



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DIVERSAS LUMINARIAS
FOTOVOLTAICAS BASADO EN LA CANTIDAD DE LUZ VISIBLE Y EN EL
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: WELLINGTON RENE ROSADO RIVERA

TUTOR: Dr. JUAN CARLOS LATA, PhD.

Guayaquil – Ecuador

2024

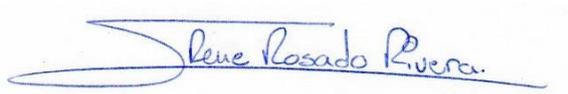
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Wellington Rene Rosado Rivera con documento de identificación No. 0930972211, manifiesto que:

Soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 30 de septiembre del año 2024.

Atentamente,



Wellington Rene Rosado Rivera

0930972211

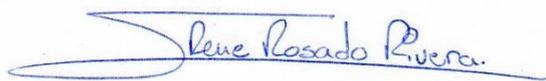
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Wellington Rene Rosado Rivera con documento de identificación No. 0930972211, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Análisis técnico económico de diversas luminarias fotovoltaicas basado en la cantidad de luz visible y en el tiempo de funcionamiento”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de septiembre del año 2024.

Atentamente,



Wellington Rene Rosado Rivera

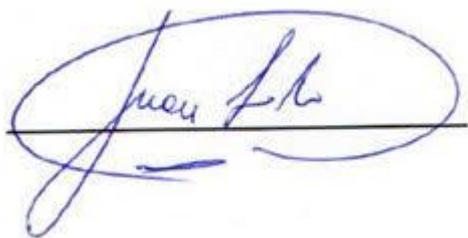
0930972211

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Carlos Lata García, con documento de identificación No. 0301791893, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DIVERSAS LUMINARIAS FOTOVOLTAICAS BASADO EN LA CANTIDAD DE LUZ VISIBLE Y EN EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO, realizado por Wellington Rene Rosado Rivera con documento de identificación No. 0930972211, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de septiembre del año 2024.

Atentamente,



Ing. Juan Carlos Lara García, PhD.

0301791893

Análisis Técnico Económico de Diversas Luminarias Fotovoltaicas Basado en la Cantidad de Luz Visible y en el Tiempo de Funcionamiento.

Wellington Rene Rosado Rivera
 Universidad Politécnica Salesiana
 Departamento de electricidad
 Guayaquil, Ecuador
 wrosador@est.ups.edu.ec

Juan Lata-García
 Universidad Politécnica Salesiana
 Grupo de investigación GIPI
 Guayaquil, Ecuador
 jlatag@ups.edu.ec

Resumen— En la actualidad donde la tecnología avanza a pasos agigantados y el uso de fuentes renovables es esencial para generar electricidad, las luminarias de alumbrado público utilizan este tipo de fuentes. En el presente trabajo se analiza el rendimiento técnico y económico de tres luminarias fotovoltaicas, la primera es de tipo LED: Solar Light 150W, la segunda es una de tipo led street solar P23998 y la tercera es de tipo Led outdoor Orion 150 W P25215. A través de simulaciones realizadas en el software DIALuxEVO, se evaluó su eficiencia energética, la cantidad de luz visible emitida y el tiempo de funcionamiento. Se instalaron 7 luminarias a una altura de 6 metros para maximizar el rendimiento lumínico. La lámpara Solar Light mostró un rendimiento lumínico de 166.3 lm/W con un ahorro económico anual de \$430.44, basado en un consumo de 7174 kWh. La lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 presentó una iluminancia perpendicular de 41.7 lx y un ahorro similar de \$430.44. Finalmente, la lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215 tuvo un rendimiento lumínico de 129.9 lm/W y un ahorro económico anual de \$375.30 con un consumo de 6255 kWh. El análisis destaca la viabilidad de estas luminarias fotovoltaicas para aplicaciones exteriores, considerando tanto su eficiencia operativa como su impacto económico.

Palabras Clave— *Luminarias, DIALuxEVO, Lumínico, Fotovoltaicas, Rendimiento.*

I. INTRODUCCIÓN

Cata y Rodríguez [1] enfatizan la relevancia en ejecutar proyectos fotovoltaicos con el fin de generar energía eléctrica a partir de la radiación solar, dado que esto ayuda significativamente al cambio climático, ya que este inconveniente ha impulsado a buscar soluciones de diversos tipos como son; tecnológicas, ambientales y entre otras. Esto conlleva a generar interés a diversos investigadores y futuros profesionales para aprovechar el uso de las energías renovables, ya que esto ayuda al desarrollo energético sostenible, por ende, surge un rumbo considerable el implementar este tipo de tecnologías, y la más empleada a nivel mundial es la energía solar fotovoltaica ya que es una opción rentable por el nivel capacidad de aprovechar y generar la energía de manera sostenibles y además, minimiza los efectos negativos hacia el medio ambiente.

Al inicio de 2018, el investigador Mora Delgado [2] ejecutó un análisis técnico y económico sobre la migración de un sistema de iluminación a LED, que son alimentados por paneles FV, en diversas aulas de la Facultad Técnica de la UCSG. Para ello, se realizó una evaluación detallada de la

carga lumínica existente en los salones de clase, lo que sirvió como base para proponer la transición hacia luminarias LED, por otro lado, Torres M. et.al [3] llevó a cabo un detallado plan para mejorar la iluminación y la electrificación de un condominio residencial, para ello, se valió de una exhaustiva investigación teórica sobre el diseño eléctrico en media y baja tensión, siguiendo las normativas correspondientes, además, se adentró en estudios relacionados con la iluminación tanto en espacios exteriores como interiores, con el objetivo de desarrollar un sistema de iluminación adecuado para un edificio de siete plantas residenciales, que incluye 18 plazas de aparcamiento, 27 plazas de estacionamiento y ocho áreas de circulación.

Villegas Tapia y Alcívar Tello [4] durante el año de la pandemia del 2020 llevaron a cabo una investigación orientada al diseño FV con el objetivo de entregar energía a la "Escuela de Educación Básica Simón Bolívar" en la Comuna Masa 2, ubicada en el golfo de GYE. Con dicha investigación lograron efectuar un ramal de iluminación en las instalaciones de la escuela, permitiendo ampliar las horas de estudio y facilitando que los estudiantes puedan concentrarse de manera más eficaz sin tener que exigir la vista debido a la carencia de iluminación. Para el desarrollo del diseño arquitectónico del sistema, los autores utilizaron el software AUTOCAD, lo que les permitió representar gráficamente cómo se llevó a cabo la planificación y la implementación del sistema solar FV.

Y a finales del 2020 el autor Borbor [5] llevó a cabo con éxito la implementación de un sistema FV independiente, destinado a proporcionar energía a viviendas individuales en la Comuna Masa 2, ubicada en el Golfo de GYE, este proyecto nació por la motivación de efectuar con éxito sistemas FV con el fin de brindar un servicio de energía eléctrica a los habitantes de dicha Comuna, además para lograr disminuir los gastos por el Diésel que usan para poder encender un Generador y lograr obtener energía eléctrica.

A inicios del 2021, los autores Ordoñez et al [6] llevaron a cabo un estudio que abordaba una necesidad fundamental de los habitantes de la Comuna Masa 2 del Golfo de GYE, Ecuador: la energía eléctrica, mediante un meticuloso análisis y un estudio exhaustivo, implementaron un enfoque sistemático que incluyó encuestas para evaluar la demanda real de energía eléctrica, posteriormente, diseñaron un sistema eléctrico y verificaron la instalación tanto de las redes eléctricas como del sistema FV, se apoyaron mediante la implementación del software PVsyst®, el cual les permitió

no solo comprender y visualizar los diseños, sino también analizar los resultados de manera minuciosa, de acuerdo a la demanda que mantenía el hogar donde implementaron el proyecto técnico.

El empleo del software DIALux EVO® se destaca por su interfaz intuitiva y fácil manejo, como lo señala el autor Gómez L. [7], quien también lideró un proyecto para mejorar el alumbrado público en la Avenida De los Cofanes, situada en la parroquia Lumbaqui y bajo la administración del GAD Municipal del cantón Gonzalo Pizarro, los resultados obtenidos por este proyecto fueron alentadores, ya que se alcanzó un ahorro energético de aproximadamente un 56% en comparación con la iluminación antiguas instaladas, con una estimación de vida útil de alrededor de 50,000 horas.

Chocho y Cedillo [8] durante el 2022 ejecutaron un análisis de sistemas de iluminación empleados en diversas áreas recreativas. Estas áreas recreativas, ubicadas en la ciudad de Cuenca, Ecuador, experimentaban una incidencia considerable de actividades delictivas. Para abordar esta problemática, se emplearon herramientas como un luxómetro y una cinta métrica para realizar mediciones eléctricas detalladas, con el propósito de comparar los resultados con los estándares establecidos por la norma CIE 140-2000, definida por la regulación ARCERNR 006/20. A partir de este análisis, se propusieron mejoras que implicaban la instalación de tecnología LED, con el fin de mejorar la eficiencia y la seguridad en estas zonas. Para respaldar estas propuestas, se utilizó el software DIALux EVO® para simular y visualizar los diseños de la nueva tecnología, asegurando así una implementación efectiva y conforme a estándares reconocidos.

En ese mismo año del 2022 los autores Morán et al. [9] llevaron a cabo su trabajo de titulación, el cual examina el comportamiento de un sistema FV aislado bajo dos condiciones de irradiación diferentes: una natural, proporcionada por la luz solar, y otra artificial.

Íñiguez y sus colegas [10] dieron a conocer un artículo científico en la emblemática revista de impacto superior "INGENIUS", la cual destacaron un innovador estudio que abarca temas interesantes, y el que mayor énfasis tiene es sobre la eficiencia energética la cual es aplicada a un vehículo, en este caso una bicicleta eléctrica cuya alimentación viene a través de una fuente de carga que funciona mediante un sistema FV autónomo, el cual cumple con la rigurosa normativa ecuatoriana la cual es, No. ARCERNR 002/20, dicho artículo científico aborda los desafíos de movilidad humana en las ciudades de todo el mundo, estos autores emplearon una metodología experimental que incorporaba todas las características y parámetros relevantes para un proyecto de energía solar FV, y los resultados obtenidos revelaron que el cargador de la batería alcanzaba un 92% de carga, lo que equivale a 4.82 horas de movilidad, representando un avance significativo para aquellos que opten por este tipo de soluciones.

II. MARCO TEÓRICO

A) *Introducción a la energía solar FV.*

La radiación solar puede ser utilizada para producir calor directamente o para ser absorbida por dispositivos ópticos, entre otros, se emplea mucho la energía solar FV dado que es una fuente renovable y no contaminante, y se considera una de las energías más limpias y verdes usadas a nivel mundial [11].

En el blog de Noticias de la Ciencia [12] valoran y dan mucha importancia a la energía solar FV, dado que es una fuente de energía renovable y se estima una gran mejora en los próximos años, dado que la radiación solar que toca la superficie del planeta Tierra debe ser aprovechada con el fin de generar energía eléctrica, y dan a conocer que la generación de esta energía es mediante la captación de radiación solar y su conversión mediante los módulos o también conocidos paneles solares FV, estos contemplan células FV que se encuentran en el interior. Aquellas células se conforman mediante materiales semiconductores como es el silicio y este es capaz de convertir la luz solar en corriente eléctrica, y esta puede ser usada en diversos aspectos.

B) *Análisis técnico de luminarias FV.*

Orejón y Gajo [13] durante el 2018 dieron a conocer la investigación realizada mediante un análisis técnico de luminarias FV el cual menciona la forma de evaluar la viabilidad de diferentes proyectos que conllevan la instalación de alumbrado público, el cual funciona mediante energía solar FV, para ello se basaron de los diversos criterios con el fin de proporcionar una comprensión del estado actual de las soluciones disponibles.

Morcillo Ricardo [14] recalca la diferencia que existe entre la eficacia y la eficiencia luminosa, y es que la eficacia luminosa es la relación que existe entre el flujo luminoso generador por una fuente de luz y la potencia generada por esta misma tal como se verifica en la ecuación 1.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (1)$$

Donde:

η : *Eficiencia Luminosa*

Φ : *Flujo Luminoso*

P : *Potencia Consumida*

De acuerdo con lo detallado por la compañía FARO ubicados en Barcelona – España [15], mencionan que el ojo humano puede percibir una amplia cantidad de luz visible, pero a niveles bajos de iluminación, pierde la capacidad de distinguir algunos detalles, por lo tanto, es crucial medir correctamente los niveles de luz según el uso previsto del espacio para asegurar una iluminación óptima.

C) *Luminarias LED.*

FARO [16] durante el 2024 dio a conocer mediante una publicación que la iluminación LED ha reemplazado a diversas fuentes emisoras de luz como son; la bombilla halógena, focos tradicionales y entre otros, dado que la tecnología LED maneja un sin número de ventajas, y es que aprovecha términos de eficiencia energética, y recalca que se

debe de comprender sus diferentes características y considerar parámetros importantes.

La compañía Light Pro [17] se enfoca en dar criterios de alto nivel a los principios de diseño y funcionamiento de luminarias LED, como se maneja el ensamblado y el mecanismo de conexiones mediante las redes eléctricas, además recalcan que cada año aumenta la necesidad de instalar más luminarias del tipo LED, y esto ha sido considerado un logro, dado que este tipo de tecnología ayuda al medio ambiente.

D) *Impacto ambiental y social.*

El libro “Guía ambiental y social para proyectos de generación FV e híbridos menores o iguales a 1 MW” [18] presenta el objetivo principal, el cual es mitigar los impactos ambientales y sociales que son emitidos por los proyectos de generación FV y los que son Híbrido dado que deben ser menor o iguales a un megavatio.

Togrow [19] durante el año del 2024, presentó una investigación basada en el impacto ambiental de las luminarias LED, la cual enfatiza que las lampara LED destacan por su eficacia, y comparando con otras lampara como son la incandescente tiene una mejora de consumo del 80% menor, y llega a la conclusión que este tipo de tecnología reduce el consumo de energía.

La Compañía Genia Solutions [20] recalca los primordiales beneficios de emplear las luminarias LED, una de ellas es el cambio en un sistema de iluminación LED dado que se rentabiliza en poco tiempo debido al ahorro en consumo que se consigue, derivado de sus ventajas. Las luminarias LED disminuyen el consumo energético entre el 50 al 55 por ciento en comparación con la iluminación tradicional, lo que concluye que existe un ahorro económico.

ILUMINICA [21] menciona las diferentes normativas que son empleadas con mayor frecuencia, y se describen en la tabla 1.

TABLA 1. NORMATIVAS Y ESTÁNDARES USADAS CON MAYOR FRECUENCIA.

<i>Norma</i>	<i>Definición</i>
UNE –EN 12464-1: 2012.	Iluminación de lugares de trabajo en interiores.
UNE –EN 12464-2: 2008.	Iluminación de lugares de trabajo en exteriores.
UNE 72-502-84.	Sistemas de iluminación. Clasificación general.
UNE 72-153-85.	Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales.
UNE-EN 1838:2000.	Iluminación. Alumbrado de emergencia.
UNE-EN 12665:2012. Iluminación.	Términos básicos y criterios para la especificación de los requisitos de alumbrado.
EN ISO 28803:2012.	Ergonomía del entorno físico Aplicación de Normas Internacionales a personas con necesidades especiales.
UNE-EN 12193:1999.	Iluminación para Instalaciones Deportivas.

III. METODOLOGÍA Y MATERIALES

A) *Luminaria SOLAR LIGHT*

La página web Shoopee [22] da a conocer la luminaria solar light la cual maneja una tecnología LED y es usada en el

desarrollo del proyecto de análisis técnico-económico, se empleó esta luminaria dado que maneja características técnicas acorde a la necesidad del proyecto.



Fig. 1. Luminarias LED de la marca Solar Light.

B) *SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998.*

Se adquirió una segunda lámpara LED de la marca SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998, como se presenta en la figura 2. Esta luminaria fue seleccionada debido a su destacada eficiencia y durabilidad. La incorporación de las lámparas SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 permitió avanzar en el diseño del sistema fotovoltaico y analizar su rendimiento en términos de la cantidad de luz visible emitida y el tiempo de funcionamiento continuo. Este análisis es crucial para evaluar su idoneidad en aplicaciones prácticas y su capacidad para reducir costos operativos [23].



Fig. 2. Luminarias LED de la marca SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998.

C) *SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215.*

Se obtuvo una tercera lámpara LED, cuyo modelo fue el de SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215, tal como se da a conocer en la figura 3. Este modelo seleccionado fue por el alto rendimiento en aplicaciones exteriores y capacidad para ofrecer una iluminación uniforme y de gran calidad. La integración de estas luminarias fue crucial para diseñar el sistema FV y analizar cómo su uso afecta la cantidad de luz visible emitida y la duración del funcionamiento. Este análisis permite evaluar la eficiencia operativa y la viabilidad económica de implementar este tipo de luminarias en proyectos de iluminación exterior [24].



Fig. 3. Luminarias LED de la marca SYLVANIA START™

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se detallan las simulaciones empleando el software DIALuxEVO para evaluar el rendimiento lumínico de las tres lámparas LED seleccionadas. En las simulaciones se preestableció una altura de instalación de seis metros para las siete luminarias, dado que la altura es considerada óptima para escenarios como los analizados. Dicha elección permite maximizar el rendimiento de la iluminación, afirmando una distribución adecuada de la luz y un aprovechamiento eficiente de la potencia luminosa de cada lámpara. En la figura 4 se muestra el plano del área de trabajo poligonal para realizar las respectivas simulaciones en el software DIALuxEVO.

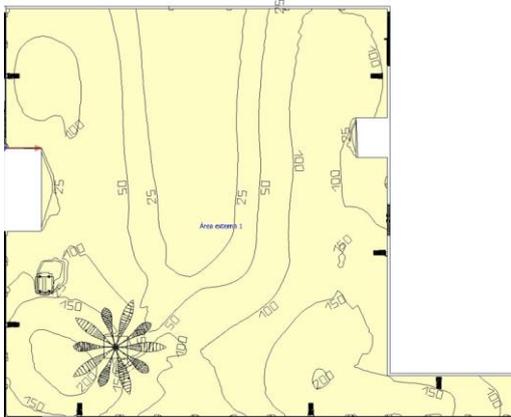


Fig. 4. Área de trabajo poligonal para las respectivas simulaciones en DIALuxEVO.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada una de las luminarias:

A) Simulación con DIALuxEVO de la lámpara Solar Light.

Para realizar la simulación en el software DIALuxEVO fue necesario obtener la información de la tabla 2, la cual presentan las características técnicas de la Lámpara Solar Light, y en la figura 5 se detalla la curva de distribución luminosa.

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA SOLAR LIGHT.

<i>N° de artículo</i>	341121-00
Potencia	117.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	19457 lm
$\Phi_{Luminaria}$	19457 lm
η	100.00 %

Rendimiento Lumínico	166.3 lm/W
Temperatura de Color Correlacionada (CCT)	4000 K
Índice de Reproducción Cromática (CRI)	70

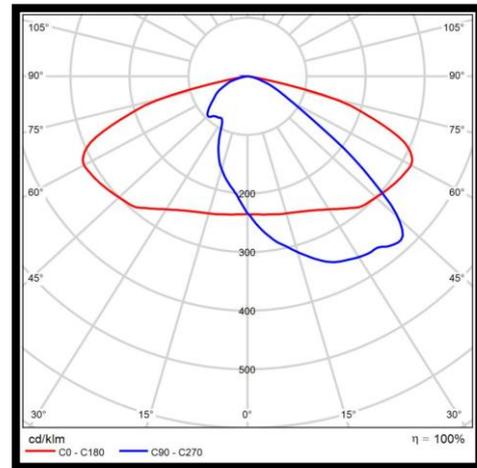


Fig. 5. Curva de distribución luminosa de la Lámpara Solar Light.

Una vez realizado el diseño en DIALuxEVO con sus respectivas características técnicas de la Lámpara Solar Light, se procedió a realizar las simulaciones obteniendo los valores detallados en la tabla 3.

TABLA 3. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN DIALUXEVO DE LA LÁMPARA SOLAR LIGHT.

<i>Propiedades</i>	Φ	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Illuminancia Perpendicular	90.4 lx	2.87 lx	217 lx
Densidad Lumínica	7.96 cd/m ²	0.26 cd/m ²	19.1 cd/m ²

Para determinar los valores de la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie (g_1) con respecto a la Iluminancia Perpendicular se procedió a realizar los cálculos descritos en la ecuación 2. Y para la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie (g_2) con respecto a la Iluminancia Perpendicular se desarrolló los cálculos mostrados en la ecuación 3.

$$g_1 = \frac{\Phi_{Mínimo}}{\Phi_{Iluminancia\ Perpendicular}} \quad (2)$$

$$g_1 = \frac{2.87}{90.4}$$

$$g_1 = 0.0317 \approx 0.032$$

$$g_2 = \frac{\Phi_{Mínimo}}{\Phi_{Máximo}} \quad (3)$$

$$g_2 = \frac{2.87}{217}$$

$$g_2 = 0.0132 \approx 0.013$$

Para determinar los valores de la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie (g_1) con respecto a la Densidad Lumínica se empleó los cálculos descritos en la ecuación 4. Y para la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie (g_2) con respecto a la Densidad Lumínica se procedió a desarrollar los cálculos descrito en la ecuación 5.

$$g_1 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Densidad Lumínica}}} \quad (4)$$

$$g_1 = \frac{0.26}{7.96}$$

$$g_1 = 0.0326 \approx 0.033$$

$$g_2 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Máximo}}} \quad (5)$$

$$g_2 = \frac{0.26}{19.1}$$

$$g_2 = 0.0136 \approx 0.014$$

Al obtener los valores de uniformidad y desigualdad de la iluminancia sobre la superficie con respecto a la luminaria perpendicular y la densidad lumínica, se procedió a simular el evento de la lámpara Solar Light en DIALuxEVO cuyos resultados se visualizan en la figura 6.

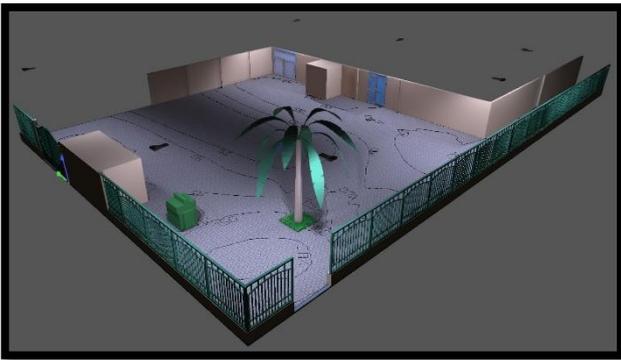


Fig. 6. Resultados de la simulación final de la Lámpara Solar Light en DIALuxEVO.

El consumo energético de la Lámpara Solar Light calculado mediante el software de DIALuxEVO fue de 7174 kWh de forma anual, tomando de referencia un valor de 6 centavos de dólar por kWh se obtiene un valor aproximado de ahorro económico descrito en la ecuación 6.

$$\text{Ahorro Económico}_{\text{Lámpara 1}} = \text{kWh} \cdot \frac{\$ 0.06}{\text{kWh}} \quad (6)$$

$$\text{Ahorro Económico}_{\text{Lámpara 1}} = 7174 \cdot \frac{\$ 0.06}{\text{kWh}}$$

$$\text{Ahorro Económico}_{\text{Lámpara 1}} = \$430.44$$

El emplear las 7 Lámpara Solar Light nos presenta un ahorro económico de \$430.44.

B) Simulación con DIALuxEVO de la lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998.

Para efectuar la simulación en el software DIALuxEVO fue necesario obtener la información de la tabla 4, la cual presentan las características técnicas de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998, y en la figura 7 se especifica la curva de distribución luminosa.

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998.

N° de artículo	7727086
Potencia	117.0 W
Ø Lámpara	- lm
Ø Luminaria	12400 lm
η	- %
Rendimiento Lumínico	106.0 lm/W
Temperatura de Color Correlacionada (CCT)	4000 K
Índice de Reproducción Cromática (CRI)	80

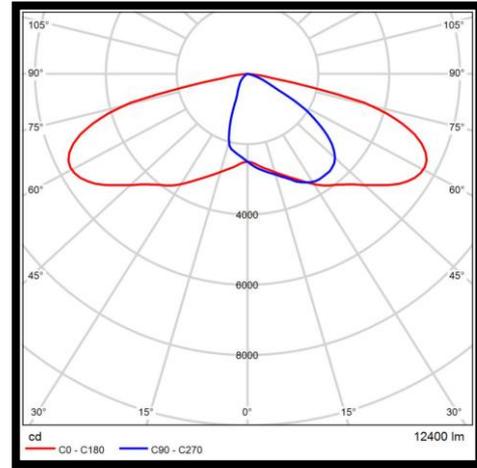


Fig. 7. Curva de distribución luminosa de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998.

Una vez elaborado el diseño en DIALuxEVO con sus respectivas características técnicas de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998, se procedió a realizar las simulaciones obteniendo los valores detallados en la tabla 5.

TABLA 5. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN DIALUXEVO DE LA LÁMPARA SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998.

Propiedades	Ø	Mínimo	Máximo
Iluminancia Perpendicular	41.7 lx	0.57 lx	103 lx
Densidad Lumínica	3.67 cd/m ²	0.050 cd/m ²	9.05 cd/m ²

Para determinar los valores de la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie (g_1) con respecto a la Iluminancia Perpendicular se procedió a realizar los cálculos descritos en la ecuación 7. Y para la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie (g_2) con respecto a la Iluminancia Perpendicular se desarrolló los cálculos mostrados en la ecuación 8.

$$g_1 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Iluminancia Perpendicular}}} \quad (7)$$

$$g_1 = \frac{0.57}{41.7}$$

$$g_1 = 0.01366 \approx 0.014$$

$$g_2 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Máximo}}} \quad (8)$$

$$g_2 = \frac{0.57}{103}$$

$$g_2 = 0.0055 \approx 0.006$$

Para determinar los valores de la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie (g_1) con respecto a la Densidad Lumínica se empleó los cálculos descritos en la ecuación 9. Y para la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie (g_2) con respecto a la Densidad Lumínica se procedió a desarrollar los cálculos descrito en la ecuación 10.

$$g_1 = \frac{\Phi_{Mínimo}}{\Phi_{Densidad\ Lumínica}} \quad (9)$$

$$g_1 = \frac{0.050}{3.67}$$

$$g_1 = 0.01362 \approx 0.014$$

$$g_2 = \frac{\Phi_{Mínimo}}{\Phi_{Máximo}} \quad (10)$$

$$g_2 = \frac{0.050}{9.05}$$

$$g_2 = 0.00552 \approx 0.006$$

Al obtener los valores de uniformidad y desigualdad de la iluminancia sobre la superficie con respecto a la luminaria perpendicular y la densidad lumínica, se procedió a simular el evento de la lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 en DIALuxEVO cuyos resultados se representan en la figura 8.

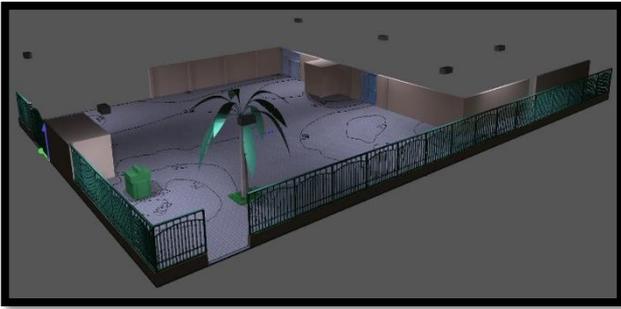


Fig. 8. Resultados de la simulación final de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 en DIALuxEVO.

El consumo energético de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 calculado mediante el software de DIALuxEVO fue de 7174 kWh de forma anual, tomando de referencia un valor de 6 centavos de dólar por kWh se obtiene un valor aproximado de ahorro económico descrito en la ecuación 11.

$$Ahorro\ Económico_{Lámpara\ 2} = kWh \cdot \frac{\$ 0.06}{kWh} \quad (11)$$

$$Ahorro\ Económico_{Lámpara\ 2} = 7174 \cdot \frac{\$ 0.06}{kWh}$$

$$Ahorro\ Económico_{Lámpara\ 2} = \$430.44$$

El emplear las 7 Lámpara SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 nos presenta un ahorro económico de \$430.44.

C) Simulación con DIALuxEVO de la lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215.

Para ejecutar la simulación en el software DIALuxEVO fue necesario obtener la información de la tabla 6, la cual presentan las características técnicas de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215, y en la figura 9 se define la curva de distribución luminosa.

TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215.

N° de artículo	3530945
Potencia	102.0 W
Ø Lámpara	13250 lm
Ø Luminaria	13250 lm
η	100.00 %
Rendimiento Lumínico	129.9 lm/W
Temperatura de Color Correlacionada (CCT)	4000 K
Índice de Reproducción Cromática (CRI)	70

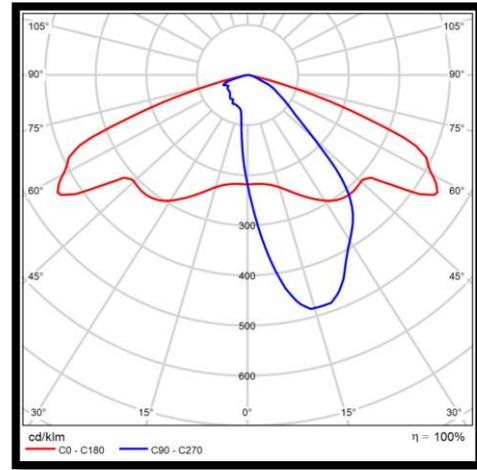


Fig. 9. Curva de distribución luminosa de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215.

Una vez elaborado el diseño en DIALuxEVO con sus respectivas características técnicas de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215, se procedió a realizar las simulaciones obteniendo los valores detallados en la tabla 7.

TABLA 7. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN DIALUXEVO DE LA LÁMPARA SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215.

Propiedades	Ø	Mínimo	Máximo
Iluminancia Perpendicular	46.5 lx	0.45 lx	172 lx
Densidad Lumínica	4.09 cd/m ²	0.041 cd/m ²	15.2 cd/m ²

Para determinar los valores de la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie (g_1) con respecto a la Iluminancia Perpendicular se procedió a realizar los cálculos descritos en la ecuación 12. Y para la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie (g_2) con respecto a la Iluminancia Perpendicular se desarrolló los cálculos mostrados en la ecuación 13.

$$g_1 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Iluminancia Perpendicular}}} \quad (12)$$

$$g_1 = \frac{0.45}{46.5}$$

$$g_1 = 0.00967 \approx 0.010$$

$$g_2 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Máximo}}} \quad (13)$$

$$g_2 = \frac{0.45}{172}$$

$$g_2 = 0.00261 \approx 0.003$$

Para determinar los valores de la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie (g_1) con respecto a la Densidad Lumínica se empleó los cálculos descritos en la ecuación 14. Y para la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie (g_2) con respecto a la Densidad Lumínica se procedió a desarrollar los cálculos descrito en la ecuación 15.

$$g_1 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Densidad Lumínica}}} \quad (14)$$

$$g_1 = \frac{0.041}{4.09}$$

$$g_1 = 0.0100$$

$$g_2 = \frac{\Phi_{\text{Mínimo}}}{\Phi_{\text{Máximo}}} \quad (15)$$

$$g_2 = \frac{0.041}{15.2}$$

$$g_2 = 0.00269 \approx 0.003$$

Al obtener los valores de uniformidad y desigualdad de la iluminancia sobre la superficie con respecto a la luminaria perpendicular y la densidad lumínica, se procedió a simular el evento de la lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215 en DIALuxEVO cuyos resultados se visualizan en la figura 10.



Fig. 10. Resultados de la simulación final de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215 en DIALuxEVO.

El consumo energético de la Lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215 calculado mediante el software de DIALuxEVO fue de 6255 kWh de forma anual, tomando de referencia un valor de 6 centavos de dólar por kWh se obtiene un valor aproximado de ahorro económico descrito en la ecuación 16.

$$\text{Ahorro Económico}_{\text{Lámpara 3}} = kWh \cdot \frac{\$ 0.06}{kWh} \quad (16)$$

$$\text{Ahorro Económico}_{\text{Lámpara 3}} = 6255 \cdot \frac{\$ 0.06}{kWh}$$

$$\text{Ahorro Económico}_{\text{Lámpara 3}} = \$375.30$$

El emplear las 7 Lámpara SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215 nos presenta un ahorro económico de \$375.30.

V. CONCLUSIONES

Las tres luminarias evaluadas demostraron una alta eficiencia energética, destacando la Solar Light con un rendimiento de 166.3 lm/W, lo que indica su potencial para aplicaciones exteriores sostenibles. Las luminarias Solar Light y SYLVANIA START™ - LED STREET SOLAR P23998 ofrecen un ahorro económico anual significativo de \$430.44, lo que las convierte en opciones atractivas desde el punto de vista financiero. La SYLVANIA START™ - LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215, aunque presenta un menor ahorro económico de \$375.30, sigue siendo una opción viable gracias a su menor consumo energético de 6255 kWh anuales.

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de implementar luminarias fotovoltaicas en proyectos de iluminación exterior, optimizando el uso de energía renovable y reduciendo costos operativos a largo plazo.

REFERENCIAS

- [1] J. E. Cata Sánchez and F. M. Rodríguez Sócola, "ANÁLISIS MATEMÁTICO DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO DE SILICIO," Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10250/1/UPS-GT001338.pdf>
- [2] M. N. Mora Delgado, "Análisis técnico y económico de la migración a un sistema de iluminación LED alimentado por paneles fotovoltaicos en los salones de clase de la Facultad Técnica," Tesis de Grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2018. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10157>
- [3] L. F. Torres Manzano, "Diseño de iluminación eficiente y electrificación de un edificio residencial," Tesis de Grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2020. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15534>
- [4] E. S. Villegas Tapia and L. E. Alcívar Tello, "Diseño de un Sistema Fotovoltaico para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la Comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil," Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2020. Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525>
- [5] W. F. Borbor Merchán, "Sistema Fotovoltaico para casas individuales en la Comunidad Masa 2 - Golfo

- de Guayaquil,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2020. Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19742>
- [6] L. A. Rivera Galarza and C. J. Ordoñez Garzón, “Diseño de un arreglo fotovoltaico para la iluminación interior de viviendas de la Comuna MASA 2 – Golfo De Guayaquil,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2021. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20326>
- [7] A. S. Gómez León, “Sistema de alumbrado público intervenido basado en tecnología LED para la av. De los Cofanes en la parroquia Lumbaqui perteneciente al GAD Municipal del cantón Gonzalo Pizarro,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2022. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22212>
- [8] D. F. Cedillo Arévalo and G. S. Chocho Rojas, “Análisis de los sistemas de iluminación utilizados en los sitios recreativos, en zonas de presencia delictiva de la ciudad de Cuenca,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2022. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22488>
- [9] C. E. Morán Carabazo and B. F. Villa Villa, “Comportamiento de un sistema fotovoltaico aislado en presencia de irradiación solar y artificial,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2022. Accessed: May 22, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23574>
- [10] V. I. Ñíguez-Morán, E. Villa-ávila, D. Ochoa-Correa, C. Larco-Barros, and R. Sempertegui-álvarez, “STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY OF AN URBAN E-BIKE CHARGED WITH A STANDALONE PHOTOVOLTAIC SOLAR CHARGING STATION AND ITS COMPLIANCE WITH THE ECUADORIAN GRID CODE NO. ARCERNNR – 002/20,” *Ingenius*, vol. 2023, no. 29, pp. 46–57, Jan. 2023, doi: 10.17163/ings.n29.2023.04.
- [11] ENERCITY, “Introducción A La Energía Fotovoltaica,” ENERÍA LIMPIA. Accessed: May 10, 2024. [Online]. Available: <https://energitysa.com/blog/introduccion-a-la-energia-fotovoltaica/>
- [12] NCYT, “Energía solar: Los principios básicos de generación y conversión en electricidad.” Accessed: May 15, 2024. [Online]. Available: https://noticiasdelaciencia.com/art/46923/energia-solar-los-principios-basicos-de-generacion-y-conversion-en-electricidad#google_vignette
- [13] R. D. Orejón-Sánchez and A. Gago-Calderón, “ALUMBRADO PÚBLICO URBANO FOTOVOLTAICO: ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL,” Sep. 2018, Accessed: May 10, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8327241.pdf>
- [14] R. Morcillo, “¿Qué son la eficiencia y eficacia luminosa (lm/W)?,” Feb. 20, 2024. [Online]. Available: <https://faro.es/es/blog/eficiencia-y-eficacia-luminosa/>
- [15] D. FARO, “¿Cómo se mide la luz? Unidades de medidas y luxómetro,” May 02, 2023. [Online]. Available: <https://faro.es/es/blog/como-se-mide-la-luz/>
- [16] FARO, “Características de la luminaria led: guía para profesionales.” [Online]. Available: <https://faro.es/es/blog/caracteristicas-de-luminarias-led/>
- [17] LightPro, “El principio de funcionamiento de las lámparas LED,” *Publicación de Tecnología*, May 18, 2020. Accessed: May 27, 2024. [Online]. Available: <https://luzjardin.com/el-principio-de-funcionamiento-de-las-lamparas-led/>
- [18] A. Planas, J. D. Quintero, and L. Montealegre, *Guía ambiental y social para proyectos de generación fotovoltaicos e híbridos menores o iguales a 1 MW*. Inter-American Development Bank, 2021. doi: 10.18235/0003114.
- [19] A. Togrow, “Mega Lámparas.” Accessed: Jun. 07, 2024. [Online]. Available: <https://megalamparas.com.gt/las-lamparas-led-y-su-impacto/#:~:text=%C2%BFLas%20l%C3%A1mparas%20LED%20son%20seguras,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero.>
- [20] S. Genia Energy, “Principales beneficios de la iluminación LED.” [Online]. Available: <https://geniaenergysolutions.com/beneficios-iluminacion-led/>
- [21] C. ILUMINICA, “Conociendo las normas internacionales sobre iluminación.” [Online]. Available: <https://iluminica.com/conociendo-las-normas-internacionales-sobre-iluminacion/>
- [22] Shoopee, “Yeelite JD 19150 Solar Street light 19 Succession 150W.” [Online]. Available: <https://shopee.ph/Yeelite-JD-19150-Solar-Street-light-19-Succession-150W-i.38289995.3752621504>
- [23] SYLVANIA STARTTM, “LED STREET SOLAR P23998.” Accessed: Jun. 20, 2024. [Online]. Available: <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2022/06/P23998-SOLAR-STREET-LED-150W-START.pdf>
- [24] SYLVANIA STARTTM, “LED OUTDOOR ORION 150W NW P25215.” Accessed: Jun. 20, 2024. [Online]. Available: <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2023/12/P25215-ORION-LED-150W-5000K.pdf>