



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en Electricidad
mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor:

Héctor Hugo Orozco Ruíz
hehugor@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-4904-0242>

Universidad Técnica de Cotopaxi

Tutor:

Carlos Francisco Pacheco Mena, PhD.
carlos.pacheco2902@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1874-7391>

Universidad Técnica de Cotopaxi

LATACUNGA –ECUADOR

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación **“Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A.”** presentado por **Héctor Hugo Orozco Ruiz**, para optar por el título magíster en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, 05 agosto, 2024



Carlos Francisco Pacheco Mena
CC.: 0503072902

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A., ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

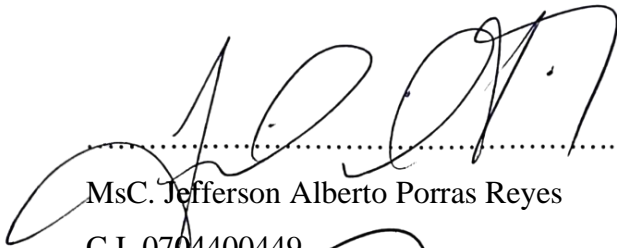
Latacunga, 05 agosto, 2024



.....
MsC. Jimmy Xavier Toaza Iza

C.I. 1717621062

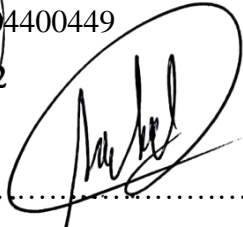
Presidente del tribunal



.....
MsC. Jefferson Alberto Porras Reyes

C.I. 0704400449

Lector 2



.....
MsC. Marco Aníbal León Segovia

C.I. 0502305402

Lector 3

DEDICATORIA

Es mi deseo, dedicar mi trabajo de grado, con todo mi cariño y amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, en primera instancia:

A MI ESPOSA E HIJA, Milena Peñaherrera y Valeria Orozco.

Por su paciencia y comprensión, por su bondad y sacrificio me inspiraron a ser mejor. Ahora puedo decir que este proyecto de grado lleva mucho de ustedes dos. Su paciencia, su comprensión, su empeño, su fuerza, su amor, sus voces de aliento, su continua preocupación por esto y mucho más son las personas que más han sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente son un pilar fundamental en mi vida que me inspiran para seguir adelante y dar el máximo de mí, gracias por estar siempre a mi lado las amo con todo mi corazón.

A MI PROGENITORA, Susy Ruíz Salamanca.

Quien permanentemente me apoyó con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos motivándome y dándome la mano cuando sentía que el camino se terminaba, madre, no tengo como pagar lo que has hecho por mí. Espero ser lo que siempre soñaste. Dios y yo siempre estaremos contigo, a ti madre por siempre mi corazón.

A MI ABUELA, Dioselina Salamanca Buitrago.

Por los valores que herede de usted, he podido llevar una vida sana y un camino recto, gracias por impulsarme para lograr mis metas y por estar siempre a mi lado apoyándome.

A mi tutor Carlos Francisco Pacheco Mena, PhD., quien me ha orientado en todo momento en la realización de este proyecto.

Héctor Hugo Orozco Ruiz, Ing.

AGRADECIMIENTO

Doy infinitas gracias a Dios, quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar exitosamente mi preparación universitaria.

Agradezco a mi esposa e hija por estar siempre a mi lado, impulsándome en todo momento con sus consejos llenos de sabiduría e infinito amor y dándome la oportunidad de amarlas, cumpliendo objetivos en común. He alcanzado mis metas junto a ellas las que nunca han dejado de darme fuerzas, alentándome desde el inicio hasta el final para poder lograr lo que en este día he hecho, gracias por amarme como solo ustedes lo saben hacer.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mi madre por todo el esfuerzo que hizo para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, enseñándome que la vida no es fácil pero que es muy fácil ser buenos con la vida, Madre gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraste todos estos años.

Gracias a todas aquellas personas y familiares que de una u otra forma me ayudaron a crecer como personas y como profesional.

Agradezco también de manera especial a mi tutor Carlos Francisco Pacheco Mena, PhD. quién con sus conocimientos y apoyo me supo guiar en el desarrollo de la presente, desde el inicio hasta su culminación.

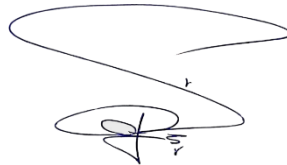
A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

Héctor Hugo Orozco Ruiz, Ing.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, 05 agosto, 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop at the top and a smaller, more intricate signature below it. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

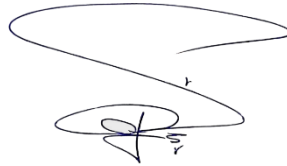
Ing. Héctor Hugo Orozco Ruiz

C.I. 1724312994

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 05 agosto, 2024



.....
Ing. Héctor Hugo Orozco Ruiz

C.I. 1724312994

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A., contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, 05 agosto, 2024



.....
Jimmy Xavier Toaza Iza

CC.: 1717621062

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

Título: Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A.

Autor: Héctor Hugo Orozco Ruiz, Ing.

Tutor: Carlos Francisco Pacheco Mena, PhD.

RESUMEN

La presente investigación aborda la temática de la implementación de un sistema fotovoltaico, el mismo que se define como un conjunto de tecnologías que aprovechan la radiación solar para generar electricidad de forma directa, a través del efecto fotovoltaico. Está compuesto principalmente por paneles solares fotovoltaicos, que captan la luz solar y la convierten en energía eléctrica de corriente continua. Además de los paneles solares, un sistema fotovoltaico típico incluye componentes como inversores, baterías de almacenamiento, reguladores de carga y estructuras de montaje. El objetivo del estudio se centró en diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos en las oficinas de la Empresa Enginmart S.A. De acuerdo a la metodología, se realizó una investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, diseño es no experimental y a través de trabajo de campo, además se utilizó el software PVsyst en su versión 7.4. En cuanto a los resultados de la simulación realizada, se observa que la potencia generada por el sistema fotovoltaico es significativa, con una alta eficiencia en la generación de energía y una reducción notable de emisiones de CO₂. Se concluye que, para soportar la demanda energética diaria es de 26.814 watts es necesario implementar 12 paneles solares, conectados en 4 series de 3 módulos, 8 baterías de 12 V conectados en serie, con una capacidad del voltaje del paquete de baterías de 96V conectados a un inversor con una potencia de 3KW, amperaje de 80A y un voltaje de entre 48-110V, ajustado a los 96 V del voltaje del paquete de baterías.

PALABRAS CLAVE: Diseño, implementación, sistema fotovoltaico, iluminación, televisión y sistema de datos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA

Title: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR LIGHTING SYSTEMS. CLOSED CIRCUIT TELEVISION, AND DATA SYSTEM IN OFFICES OF THE COMPANY ENGINSMART S.A.

Author: Héctor Hugo Orozco Ruiz, Ing.

Tutor: Carlos Francisco Pacheco Mena, PhD.

ABSTRACT

The present research addresses the implementation of a photovoltaic system, which is defined as a set of technologies that harness solar radiation to generate electricity directly through the photovoltaic effect. It is mainly composed of photovoltaic solar panels that capture sunlight and convert it into direct current electrical energy. In addition to the solar panels, a typical photovoltaic system includes components such as inverters, storage batteries, charge controllers, and mounting structures. The study aimed to design and implement a photovoltaic system for the lighting systems, closed-circuit television, and data system in the offices of EnginSMART S.A. According to the methodology, applied research with a quantitative approach, non-experimental design, and fieldwork was conducted, and the software PVsyst version 7.4 was used. Regarding the simulation results, it is observed that the power generated by the photovoltaic system is significant, with high energy generation efficiency and a notable reduction in CO₂ emissions. It is concluded that to meet the daily energy demand of 26,814 watts, it is necessary to implement 12 solar panels connected in 4 series of 3 modules, 8 12V batteries connected in series with a voltage capacity of the battery pack of 96V connected to an inverter with a power of 3KW, current of 80A, and a voltage between 48-110V, adjusted to the 96V voltage of the battery pack..

KEYWORD: Design, implementation, photovoltaic system, lighting, television, data system.

Yo, Marco Paul Beltrán Semblantes con cédula de identidad número 0502666514 Magister en Lingüística Aplicada en la enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT, 1020-2021-2354162 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN, CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN Y SISTEMAS DE DATOS EN OFICINAS DE LA EMPRESA ENGINSMART SA." de Héctor Hugo Orozco Ruiz, aspirante a Magister en Electricidad - Mención en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Atentamente:
Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes



Latacunga, agosto del 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

NOMENCLATURA.....	11
1. INFORMACIÓN GENERAL	13
2. INTRODUCCIÓN	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Metodología.....	21
3.2. Dimensionamiento de la edificación	22
4. RESULTADOS.....	24
5. DISCUSIÓN	31
6. CONCLUSIONES	31
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa ENGINSMART S.A.	22
Figura 2 Diagrama del sistema fotovoltaico autónomo	24
Figura 3 Histograma de distribución horaria de consumo	25
Figura 4 Producción normalizada en el período anual (enero-diciemnbre)	26
Figura 5 Producción normalizada en el período anual (enero-diciemnbre)	26
Figura 6 Diagrama de pérdida.....	27
Figura 7 Análisis financiero	28
Figura 8 Recuperación de la inversión	29
Figura 9 Colocación de los paneles fotovoltaicos	29
Figura 10 Instalación del paquete de baterías ORION del sistema fotovoltaico	30
Figura 11 Instalación del inversor e interconexión con el paquete de baterías ORION	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Potencia de los equipos utilizados en la empresa ENGINSMART S.A.</i>	22
Tabla 2 <i>Caracterización de cada uno de los equipos utilizados en la empresa ENGINSMART S.A.</i> ..	23
Tabla 3 <i>Necesidad energética diaria</i>	23
Tabla 4 <i>Características del sistema fotovoltaico</i>	24
Tabla 5 <i>Balance y resultados</i>	28

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:	Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A.
Línea de investigación:	Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.
Proyecto de investigación asociado:	
Grupo de Investigación:	
Red nacional o internacional:	

2. INTRODUCCIÓN

Según Valladolid [1], la energía fotovoltaica ha experimentado un notable desarrollo desde su concepción, encontrando aplicaciones diversas que van desde sistemas de iluminación hasta complejos sistemas de datos y circuito cerrado de televisión (CCTV). Este avance tecnológico se ha visto impulsado por la creciente necesidad de fuentes de energía renovables frente a los desafíos ambientales y económicos. En Ecuador, los sistemas fotovoltaicos están experimentando un aumento notable en su uso, impulsado por políticas de apoyo del gobierno y progresos tecnológicos [2]. Sin embargo, se encuentran con obstáculos como la dificultad de integrarse a la red eléctrica y problemas de viabilidad económica, así como la disponibilidad de proveedores de paneles solares, entre otros factores.

La adopción creciente de energía solar en el país no solo demuestra la viabilidad de proyectos fotovoltaicos en términos tecnológicos y políticos, sino que también

subraya la importancia de considerar los desafíos asociados, como la sostenibilidad financiera [3]. Para una empresa como Enginmart S.A., que busca implementar un sistema fotovoltaico para alimentar sus sistemas de iluminación, CCTV y de datos, el entorno actual ofrece oportunidades significativas para aprovechar las ventajas de la energía solar, al tiempo que enfrenta los retos de asegurar una integración eficiente y sostenible con la infraestructura existente.

Desde la perspectiva de Pesantez et al. [4], la integración de la energía fotovoltaica en los sistemas de oficinas no solo responde a una estrategia de sostenibilidad, sino que también se alinea con las tendencias de eficiencia energética y reducción de la huella de carbono en el entorno laboral. La relevancia de la energía renovable, particularmente la fotovoltaica, en las oficinas modernas, se manifiesta en su capacidad para proporcionar soluciones energéticas limpias y económicamente viables, adaptándose a las necesidades específicas de iluminación, seguridad y gestión de datos. En el contexto de la ingeniería, la incorporación de sistemas basados en energía fotovoltaica no solo mejora la eficiencia energética de los edificios, sino que también promueve un ambiente laboral más saludable[1][2].

El estudio de Ajay et al. [5] sobre ahorro de energía mediante sistemas de iluminación artificial en edificios inteligentes con integración fotovoltaica, implicó el uso de herramientas de simulación y análisis para evaluar las condiciones de iluminación y la eficiencia energética, lo que incluyó una evaluación de parámetros específicos del espacio de oficina y cómo estos influyen en el diseño del sistema de iluminación y la integración de sistemas de iluminación con integración fotovoltaica. Lo que respalda a la presente investigación ya que, la configuración del espacio de trabajo, las características de diseño de iluminación afectan el consumo energético, por lo que permitirá desarrollar soluciones más eficientes y sostenibles para circuito cerrado de televisión y sistema de datos en oficinas.

La investigación realizada por Vargas et al [6], descubre que la modulación eficiente de la corriente continua es crucial para maximizar la eficiencia energética de las luminarias, lo cual es un componente clave en cualquier sistema que busque optimizar el uso de energía renovable, como los sistemas fotovoltaicos, gracias a que

estos sistemas fotovoltaicos generan energía en forma de corriente continua, por lo que la capacidad de controlar y modular esta corriente para alimentar sistemas de iluminación de manera directa y eficiente es directamente relevante en el campo atendido.

López [7] en su investigación resalta la importancia de la autoproducción de energía para el consumo residencial y la movilidad, lo que es paralelo a la idea de las oficinas, debido a que se produce energía para la iluminación. Aunque la presente investigación se centra en un contexto diferente, los principios de sostenibilidad, descarbonización y regulación que facilita la implementación de sistemas fotovoltaicos son aplicables y relevantes, la exploración del impacto, los desafíos y las oportunidades de estos sistemas en entornos de oficina no solo ampliaría el alcance de la investigación en energía renovable, sino que también proporcionaría datos valiosos para stakeholders interesados en la sostenibilidad.

El estudio realizado por Mejía [8] explora la capacidad operativa y teórica del sistema fotovoltaico y su eficacia en cubrir la demanda de energía específica de un laboratorio, un principio que se alinea con el objetivo de la presente investigación, puesto que, esto asegura que los sistemas fotovoltaicos diseñados para oficinas sean capaces de satisfacer las necesidades energéticas de manera eficiente y sostenible. La mención de un mantenimiento adecuado y un manejo racional como garantías de sostenibilidad resalta la importancia de la gestión y el mantenimiento en la viabilidad a largo plazo de estos sistemas, una consideración crucial para cualquier implementación fotovoltaica, ya sea en contextos educativos o corporativos[2][5].

En el ámbito de los sistemas fotovoltaicos aplicados a entornos de oficina, los estudios y desarrollos tecnológicos recientes han puesto de manifiesto la creciente importancia de estas soluciones energéticas en la lucha contra el cambio climático y en la promoción de la sostenibilidad en el sector de la construcción, la implementación de comunidades energéticas, impulsadas por nuevas regulaciones, emerge como una herramienta efectiva para combatir el cambio climático, garantizando un sistema energético justo e inclusivo [9]. Por otro lado, el impacto medioambiental de la tecnología solar fotovoltaica ha sido objeto de estudio,

destacando su potencial para reducir significativamente la huella de carbono en entornos de oficina.

Dado lo anterior, la integración de sistemas fotovoltaicos no solo contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también promueve la eficiencia energética y la independencia energética [6]. Según Vargas y López [10], la conversión de energía solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico es un proceso que se fundamenta en la física de los semiconductores, cuando la luz solar incide sobre una célula fotovoltaica, compuesta principalmente por materiales semiconductores como el silicio, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del material semiconductor, lo que los electrones ganen suficiente energía para liberarse de sus átomos y moverse libremente dentro del material.

Al establecer un campo eléctrico dentro de la célula fotovoltaica, estos electrones libres son dirigidos hacia un flujo ordenado, creando corriente eléctrica, este campo eléctrico se logra mediante la unión de dos tipos de material semiconductor, uno con exceso de electrones (tipo n) y otro con exceso de huecos o ausencia de electrones (tipo p), conocido como unión p-n [1], [2]. Por otro lado, la eficiencia de este proceso depende de múltiples factores, incluyendo la calidad del material semiconductor, la capacidad del mismo para absorber la luz solar y la configuración de la célula fotovoltaica, los avances en la tecnología de fabricación y en los materiales han permitido desarrollar células fotovoltaicas que pueden convertir una mayor proporción de la energía solar en electricidad, mejorando así la eficiencia general del sistema fotovoltaico [10].

Existen varias tecnologías centradas en el uso de paneles solares, cada una con sus características específicas, eficiencias, ventajas y limitaciones; el silicio monocristalino, el cual es fabricados a partir de un único cristal de silicio, estos paneles son conocidos por su alta eficiencia y durabilidad, especialmente porque su proceso de producción es más costoso, lo que generalmente se traduce en un precio más elevado [5]. El silicio policristalino, este compuesto por múltiples cristales de silicio, estos paneles son ligeramente menos eficientes que los monocristalinos, con eficiencias que suelen estar entre el 13-16%, su proceso de fabricación es más simple

y menos costoso, lo que los hace más accesibles [6].

Según Sierra et al [11], otra de las tecnologías usadas son las película delgada o Thin Film, las cuales un proceso de fabricación, que deposita una o varias capas delgadas de material fotovoltaico sobre un sustrato, los paneles de película delgada pueden ser menos eficientes que los basados en silicio cristalino, alrededor del 10-13), pero su producción es generalmente más barata, son flexibles y más ligeros, lo que los hace adecuados para una variedad de aplicaciones donde la flexibilidad y el peso son factores críticos, incluyen materiales como el telurio de cadmio (CdTe), diseleniuro de cobre e indio (CIS/CIGS) y silicio amorfo (a-Si). Al diseñar un sistema fotovoltaico para oficinas, es crucial evaluar la demanda energética específica del edificio y seleccionar la tecnología que ofrezca el mejor balance entre eficiencia y costo, asegurando que el sistema sea capaz de satisfacer las necesidades energéticas de manera sostenible y eficiente.

Por otra parte, el diseño de sistemas fotovoltaicos se basa en principios que aseguran su eficiencia, sostenibilidad y adaptabilidad. Según Jiménez [12] estos principios incluyen la optimización de la captación solar y la integración de sistemas de almacenamiento de energía para garantizar un suministro constante, adaptándose a las condiciones locales para maximizar el rendimiento. Se puede decir que la eficiencia de un sistema fotovoltaico depende en gran medida de su capacidad para captar la energía solar incidente de manera efectiva, lo que implica la selección adecuada de la ubicación del sistema, la orientación de los paneles solares y el ángulo de inclinación para maximizar la exposición al sol a lo largo del día y durante todo el año.

En cuanto a los sistemas de iluminación, Cachimue et al [13], explican que la tecnología de diodos emisores de Luz (LED) ha revolucionado la iluminación gracias a sus notables ventajas sobre las tecnologías tradicionales como las incandescentes, fluorescentes y halógenas. Uno de los beneficios más destacados de los LED es su larga vida útil, que puede variar de 25,000 a 50,000 horas o más, significativamente mayor que las bombillas incandescentes o fluorescentes[6]. Esta larga duración reduce la frecuencia de reemplazo, lo que ahorra costos de

mantenimiento y reduce el impacto ambiental asociado con la producción y disposición de unidades de iluminación.

Por otro lado, los LED ofrecen una iluminación de alta calidad que puede ser diseñada para adaptarse a diferentes ambientes y tareas, ya que su capacidad para emitir luz en un espectro de colores específicos y su bajo desprendimiento de calor los hacen ideales para espacios de trabajo donde el confort y la precisión visual son cruciales, al mismo tiempo, su diseño compacto y versatilidad permiten integrar soluciones de iluminación innovadoras que pueden mejorar la estética y funcionalidad de los espacios de oficina[2], [5].

Los sistemas de control de iluminación avanzados juegan un papel clave en la maximización de la eficiencia energética y el confort en el entorno de oficina, puesto que estos sistemas permiten una gestión dinámica de la iluminación, ajustándola según las necesidades ocupacionales y la disponibilidad de luz natural[14]. Mediante el uso de sensores de ocupación y luz natural, los sistemas de control pueden ajustar automáticamente la iluminación encendiéndola, apagándola o atenuándola según sea necesario, esto asegura que la iluminación se utilice solo cuando y donde se necesite, evitando el desperdicio de energía, así lo sostiene [13]. La implementación de tecnología LED y sistemas de control de iluminación avanzados en oficinas no solo contribuye a la reducción del consumo energético y a la sostenibilidad ambiental, sino que también mejora la calidad del entorno laboral.

Ahora bien, los sistemas de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y los sistemas de datos son fundamentales para la seguridad y la operatividad en entornos de oficina, debido a que el consumo energético de estos sistemas puede variar significativamente dependiendo de la configuración, el número de dispositivos, y la tecnología empleada[15]. Por ejemplo, un sistema de CCTV tradicional que opera continuamente puede consumir una cantidad considerable de energía debido a las cámaras, dispositivos de almacenamiento y monitores que requieren alimentación constante, similarmente, los sistemas de datos que incluyen servidores, switches, y equipos de red también representan una porción significativa del consumo eléctrico de una oficina

La alimentación de estos sistemas mediante energía solar no solo es viable sino también estratégicamente beneficiosa, de igual forma, a implementación de paneles solares y sistemas de almacenamiento de energía puede proveer una fuente de alimentación sostenible y reducir la dependencia de la red eléctrica, lo que es especialmente crítico para los sistemas de seguridad que deben operar sin interrupciones [15]. El diseño del sistema fotovoltaico debe ser capaz de cubrir la demanda energética de los sistemas de CCTV y datos, incluso en los días con menor irradiación solar. Por lo anteriormente expresado, es importante un análisis detallado de la radiación solar disponible en la ubicación, la capacidad de almacenamiento de energía necesaria para garantizar la operatividad continua, y la selección adecuada de paneles solares y baterías.

Para Falcón [9], la implementación de un sistema de gestión de energía puede optimizar el consumo de los sistemas de CCTV y datos, ya que esto puede incluir la programación de operaciones para aprovechar las horas de mayor producción solar, el uso de energía almacenada durante las horas pico, y la implementación de políticas de ahorro energético durante las horas de menor necesidad. El diseño y la implementación de sistemas de CCTV y de datos alimentados por energía solar requieren una planificación cuidadosa y una comprensión profunda de las necesidades energéticas específicas [14]. Al adoptar tecnologías de bajo consumo y optimizar el diseño de sistemas fotovoltaicos, las oficinas pueden mejorar su sostenibilidad, reducir costos operativos y garantizar la continuidad y seguridad de sus operaciones, la transición hacia la alimentación solar de estos sistemas críticos no solo es un paso hacia la independencia energética sino también una contribución significativa a la reducción del impacto ambiental de las operaciones comerciales.

En base a lo anterior, el objetivo general de esta investigación es “Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos en las oficinas de la Empresa Enginsmart S.A., con el fin de mejorar la eficiencia energética, reducir los costos operativos y promover la sostenibilidad ambiental de la empresa. La implementación de un sistema fotovoltaico permitirá aprovechar fuentes de energía renovable para

alimentar los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos, lo que puede reducir significativamente la dependencia de fuentes de energía convencionales y disminuir el consumo de electricidad.

La eficiencia energética se ve significativamente mejorada mediante la implementación de sistemas fotovoltaicos [6][7]. Al utilizar energía solar, una fuente renovable, para alimentar sistemas críticos en oficinas, se reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables y se disminuye la emisión de gases de efecto invernadero, esto es esencial en el contexto del cambio climático y los esfuerzos globales para mitigar su impacto. Según Cachimue et al [13], los sistemas fotovoltaicos pueden ofrecer ahorros significativos en los costos de energía a largo plazo, de hecho, la implementación de tecnologías LED y sistemas de control de iluminación avanzados, junto con la alimentación solar para CCTV y sistemas de datos, optimiza el consumo energético, reduciendo así los gastos operativos de las oficinas.

Las empresas que adoptan sistemas fotovoltaicos para sus operaciones envían una señal poderosa sobre su compromiso con la responsabilidad ambiental y social. Esto no solo mejora su imagen pública, sino que también puede alinearlas con las expectativas de los consumidores que valoran la sostenibilidad [12]. Prácticamente, la implementación de sistemas fotovoltaicos ofrece a las empresas una mayor autonomía respecto a sus necesidades energéticas, reduciendo la dependencia de la red eléctrica y los costos asociados a su consumo, la energía solar, por ser gratuita y abundante, puede disminuir significativamente los gastos operativos relacionados con la iluminación, la seguridad y la gestión de datos.

Desde el ámbito social, la adopción de sistemas fotovoltaicos en espacios de oficina puede servir como un modelo a seguir para otras empresas y la comunidad en general, promoviendo la conciencia sobre la importancia de las energías renovables y la eficiencia energética [6]. Por otro lado, la implementación de iluminación eficiente y el uso de energías limpias tienen un impacto positivo en el ambiente laboral, lo cual puede traducirse en una mejora del bienestar y la productividad de los empleados. Para López [7], la calidad de la iluminación, especialmente cuando

se complementa con luz natural, puede afectar significativamente la salud visual, el estado de ánimo y el rendimiento general del personal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología

Según su finalidad, la investigación es de tipo aplicada, porque tiene como propósito desarrollar conocimientos técnicos que puedan ser usados inmediatamente para resolver un problema, en el caso específico del estudio, es aplicada puesto que se implementará el sistema fotovoltaico propuesto para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A.

De igual manera, el estudio posee un enfoque cuantitativo por su forma estructurada de recopilar y analizar datos haciendo uso de herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas para obtener resultados para dimensionamiento del sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos. El diseño es no experimental porque el investigador no tiene control sobre la variable independiente. Para su parametrización y simulación se utilizó el programa PVsyst en su versión 7.4.

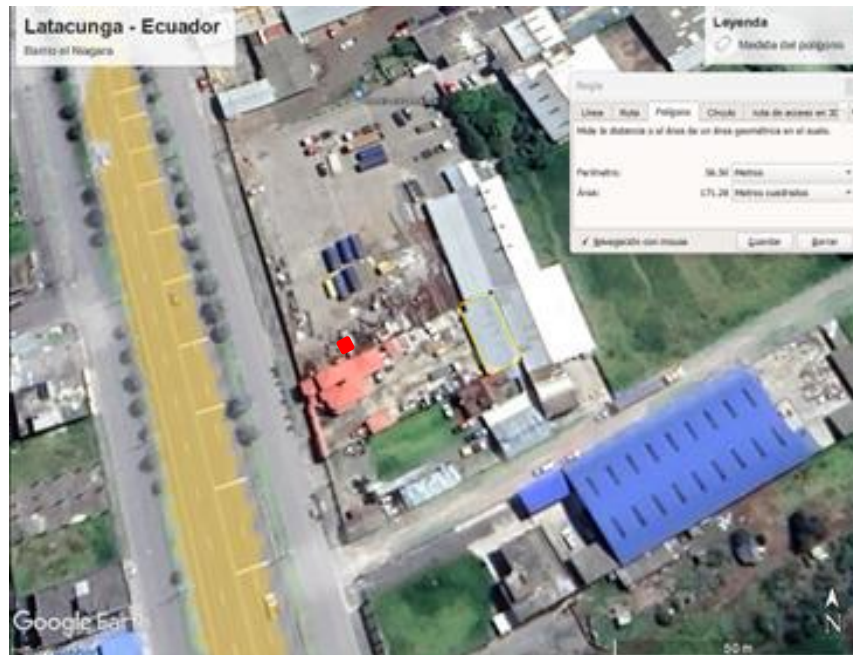
Finalmente, el estudio se desarrolló a través de un trabajo de campo, es decir, in situ, en donde se realizó el levantamiento de la información inicial para recoger información sobre la ubicación, potencia de cada uno de los equipos, así como la planeación para la colocación del sistema fotovoltaico.

Los materiales seleccionados para la investigación correspondieron a paneles solares de la marca ORION con una capacidad de 275 watts, además de un inversor híbrido inverter de 3KW – 120VAC y finalmente, batería DACAR 31-DC-100-S2000 de 12V.

3.2. Dimensionamiento de la edificación

Figura 1

Ubicación de la empresa ENGINSMART S.A.



Nota. En la figura se observa la ubicación de la empresa, desde una perspectiva panorámica vista desde la parte superior. Fuente: Google Earth (2024).

Las oficinas de la empresa ENGINSMART S.A. se encuentran ubicadas en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi-Ecuador, geográficamente, se encuentra en latitud $0^{\circ}58'75''$ S, longitud $78^{\circ}36'70''$ O. En la figura 1 se observa la ubicación de la empresa vista desde una perspectiva superior. Debido a su ubicación geográfica, en promedio, la hora solar pico (HSP) es de 4,2 horas. Dentro de los parámetros de orientación, se puede observar que, se tomó una orientación de 20 grados en relación al plano horizontal.

Tabla 1

Potencia de los equipos utilizados en la empresa ENGINSMART S.A.

Ítems	Equipo	Cantidad	Potencia unitaria (watts)
1	Iluminación	1	760 W
2	Circuito cerrado de televisión	1	216 W
3	Sistema de datos	1	1935 W
Potencia total diaria			3.921 W

Nota. En la tabla se observa el *check list* de los equipos utilizados por la empresa, su inventario y potencia unitaria. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

En relación a la cantidad de equipos y potencia de cada uno de ellos se puede

identificar que, la potencia total es de 3.921 W. A continuación, en la tabla 2 se establece la energía total diaria, teniendo en consideración cada una de los componentes de los sistemas anteriormente planteados.

Tabla 2

Caracterización de cada uno de los equipos utilizados en la empresa ENGINSMART S.A.

Iluminación		
3	Foco led	10
1	Cafetera	750
Circuito cerrado de televisión		
1	Monitor	192
1	Dvr	16
4	Cámaras	8
Sistema de datos		
2	Regulador de voltaje	5
1	Router	20
1	Teléfono	2
1	Pc de escritorio	120
3	Portátil	120
1	Copiadora	1584
1	Impresora	84

Nota. En la tabla se observa el *check list* de los equipos utilizados por la empresa, su inventario y potencia unitaria. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

En la tabla se observa a detalle cada uno de los componentes del circuito de iluminación, cerrado de televisión y sistema de datos, los cuales, al sumar la potencia de cada uno de ellos, se refleja que, la potencia total es de 3.921W. En la tabla 3 se observa la energía total diaria y mensual. Para conocer la necesidad energética, se dimensionó cada uno de los equipos y circuitos, en relación a la potencia y el número de horas diarias en que se utilizarán, los cuales se describen en la tabla 3:

Tabla 3

Necesidad energética diaria

Ítems	Equipo	Cantidad	Potencia unitaria (watts)	horas	subtotal
1	Iluminación	1	760 W	3	2.280
2	Circuito cerrado de televisión	1	216 W	24	5.184
3	Sistema de datos	1	1935 W	10	19.350
TOTAL					26.814

Nota. En la tabla se observa la necesidad energética diaria de acuerdo al dimensionamiento de los equipos, potencia y horas al día funcionando. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

Teniendo en consideración la potencia unitaria de cada uno de los circuitos, así como

el número de horas que se encuentran funcionando al día, se puede establecer que la demanda energética diaria es de 26.814 watts.

4. RESULTADOS

Tabla 4

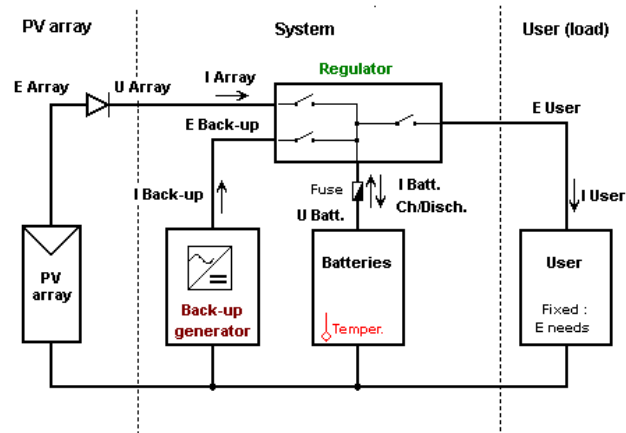
Características del sistema fotovoltaico

Módulo fotovoltaico	
Marca	ORION
Modelo	TPS-P6U (60) -xxxW
Número de módulos	60 celdas
Cantidad	12 módulos
Batería	
Marca	DACAR
Modelo	31-DC-100-S2000
Cantidad	8 baterías
Voltaje del paquete de baterías	96 V
Inversor	
Marca	ORION
Modelo	PV0012
Cantidad	1
Potencia	3KW
A	80
Voltaje	48-110

Nota. En la tabla se observan las características de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico.

Figura 2

Diagrama del sistema fotovoltaico autónomo



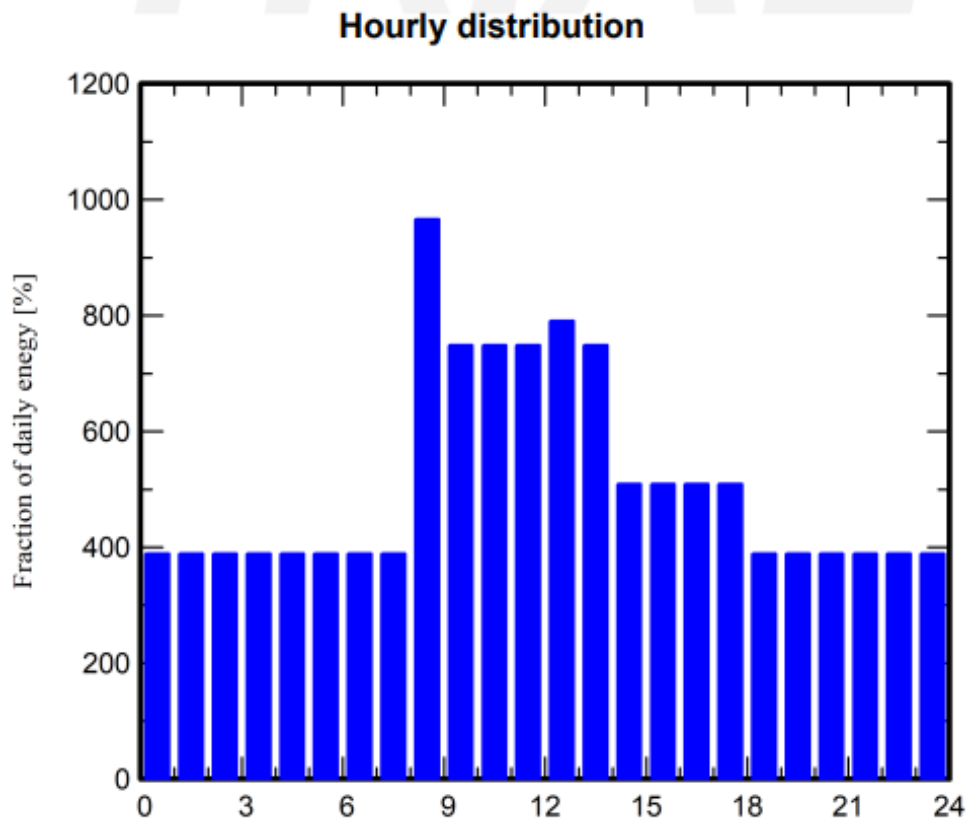
Nota. En la figura se observa el diagrama del sistema fotovoltaico autónomo y cada uno de sus componentes Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

En relación a la figura 2, se puede establecer que el dimensionamiento desarrollado por el programa PVsyst 7.4. (2024) y en relación al diagrama del sistema fotovoltaico autónomo, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Necesidad de 12 paneles solares ORION TPS-P6U (60) -xxxW, conectados en 4 series de 3 módulos.
- Capacidad del voltaje del paquete de baterías DACAR 31-DC-100-S2000 de 96 V, con una cantidad de 8 baterías de 12 V.
- Uso del inversor ORION PV0012 con una potencia de 3KW, amperaje de 80A y un voltaje de entre 48-110V, ajustado a los 96 V del Voltaje del paquete de baterías.

Figura 3

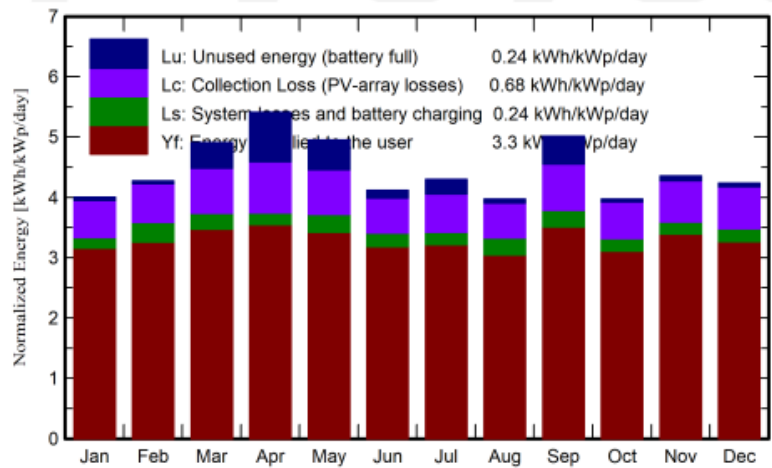
Histograma de distribución horaria de consumo



Nota. En la figura se observa el histograma del consumo o distribución horaria por consumo en watts Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

Figura 4

Producción normalizada en el período anual (enero-diciembre)

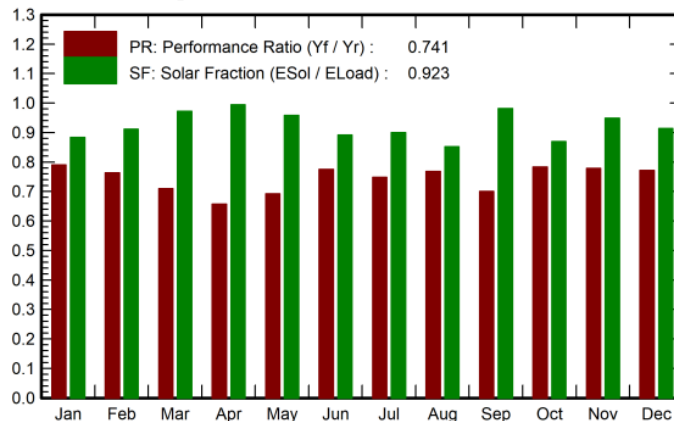


Nota. En la figura se observa la energía generada por un sistema, pérdidas de colección, pérdidas de sistema y carga de batería y la energía suministrada al usuario final. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

En la figura anterior, se puede observar, la energía generada por un sistema, pérdidas de colección, pérdidas de sistema y carga de batería y la energía suministrada al usuario final, teniendo en cuenta que, en promedio anual, la energía generada por un sistema corresponde a 0,24 KWh/kWp/día, mientras que, las pérdidas de colección corresponden a 0,68 KWh/kWp/día, lo cual, en el caso específico del estudio no se encuentran asociadas a la sombra o mal funcionamiento de los paneles solares, sino más bien al clima y partículas de suciedad en el sector. Por otro lado, se observa que, las pérdidas de sistema y carga de batería es de 0,24 KWh/kWp/día y finalmente, la energía suministrada al usuario final corresponde a 3,3 KWh/kWp/día.

Figura 5

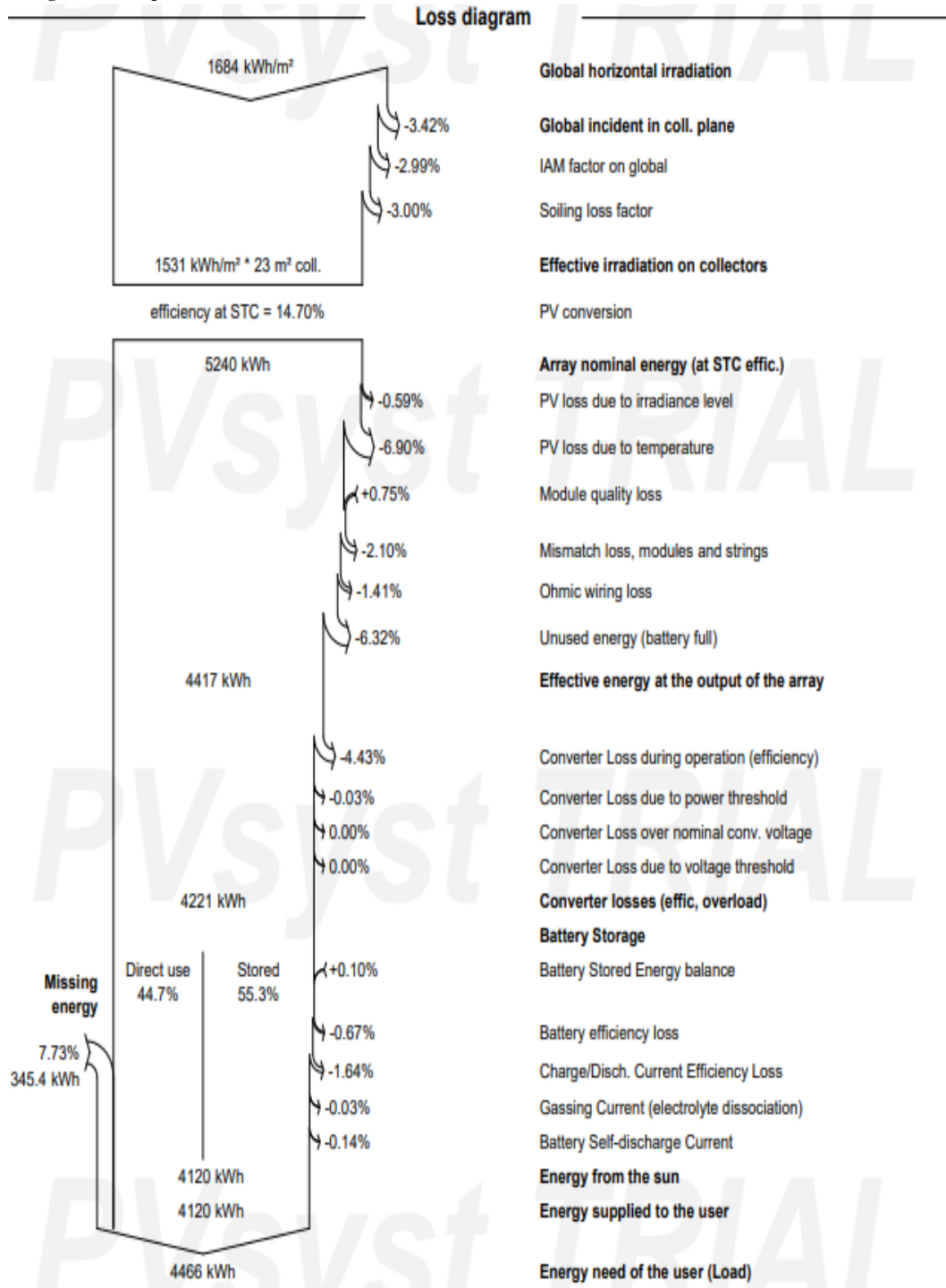
Producción normalizada en el período anual (enero-diciembre)



Nota. En la figura se observa el performance ratio PR de cada mes. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

En la figura anterior, se puede observar que la fracción de hora solar promedio durante los meses de enero a diciembre es de 0,923, con picos que llegan a 1 en los meses de marzo, abril y septiembre. Por otro lado, se observa el performance ratio en un promedio de 0,923.

Figura 6
Diagrama de pérdida



Nota. En la figura se observa el diagrama de pérdida. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

Tabla 5*Balance y resultados*

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	143.7	115.7	342.0	5.38	44.35	334.9	379.3	0.883
February	131.4	112.3	331.9	3.68	30.21	312.4	342.6	0.912
March	158.2	143.6	422.9	44.09	10.53	368.8	379.3	0.973
April	158.4	154.0	452.0	83.62	2.46	364.6	367.0	0.994
May	143.1	145.4	430.1	52.01	16.12	363.2	379.3	0.958
June	114.4	116.6	346.8	12.43	39.98	327.1	367.0	0.891
July	123.5	125.9	371.3	25.54	38.15	341.1	379.3	0.900
August	119.0	115.7	342.7	6.13	56.27	323.0	379.3	0.852
September	152.9	142.1	419.4	46.68	6.83	360.2	367.0	0.982
October	133.5	115.2	340.4	4.83	49.39	329.9	379.3	0.870
November	150.0	122.1	361.0	7.90	18.75	348.3	367.0	0.949
December	156.1	122.1	358.4	5.90	32.90	346.4	379.3	0.913
Year	1684.2	1530.5	4518.9	298.20	345.94	4119.8	4465.8	0.923

Nota. En la tabla se observa el balance y resultados del sistema fotovoltaico de acuerdo a cada mes y anual. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

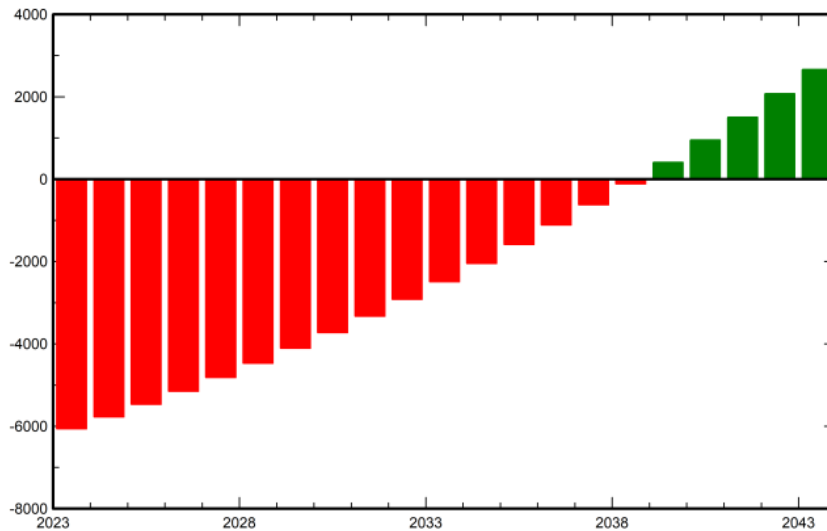
En la tabla anterior se puede observar el balance generado por la aplicación del sistema fotovoltaico, además en la figura anterior el diagrama de pérdida, evidenciando que, anualmente, se observa un horizonte global de irradiación de 1684,2 Kwh/m², seguido de un total de 1530,5 kWh/m² de efectividad global, 4518,9 kWh de energía solar disponible, además de un 296,20 kWh de energía no utilizada, y 345,94 kWh de energía perdida. Asimismo, se observa que la energía suministrada y la energía necesaria para el usuario fue de 4465,8 kWh y finalmente, la fracción solar correspondió a 983.

Figura 7*Análisis financiero*

Costo de instalación	6062,00 USD
Activo amortizable	
Financiamiento	Propio
Fondos propios	6062,00 USD
Gastos	
Costos de operación	2742,01 USD
Retorno de la inversión	
VPN	26,320,68 USD
TIR	3,32%
Recuperación	15,2 años
ROI	44%

Nota. En la tabla se observa el análisis financiero, es decir; costos iniciales y retorno de inversión. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

Figura 8
Recuperación de la inversión



Nota. En la figura se observa el análisis financiero, específicamente el retorno de inversión. Fuente: PVsyst 7.4. (2024).

El proyecto de instalación de un sistema fotovoltaico muestra un VPN positivo, una TIR del 24,93%, un período de recuperación de 10,6 años y un ROI del 44%. Estos indicadores sugieren que el proyecto es rentable y puede ser una inversión atractiva en términos financieros.

Figura 9
Colocación de los paneles fotovoltaicos



Nota. En la figura se observa los paneles fotovoltaicos instalados en la parte superior de la edificación de la empresa ENGINSMART S.A. Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

Instalación del paquete de baterías ORION del sistema fotovoltaico



Nota. En la figura se observa la conexión de las ocho baterías que forman parte del sistema fotovoltaico instalado.

Figura 11

Instalación del inversor e interconexión con el paquete de baterías ORION



Nota. En la figura se observa la conexión del inversor que forma parte del sistema fotovoltaico autónomo instalado.

5. DISCUSIÓN

La integración de la energía fotovoltaica en los sistemas de oficinas, como se discute en los estudios de Pesantez et al. [4], Ajay et al. [5], Vargas et al. [6], López [7], y Mejía [8], es fundamental para promover la sostenibilidad, la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono en entornos laborales. Estos trabajos enfatizan que la energía renovable, especialmente la fotovoltaica, ofrece soluciones limpias y económicamente viables para satisfacer las necesidades de iluminación, seguridad y gestión de datos en oficinas modernas, al tiempo que mejora la eficiencia energética de los edificios y crea ambientes de trabajo más saludables.

La investigación de Vargas et al. [6] destaca la importancia de la modulación eficiente de la corriente continua para maximizar la eficiencia energética de las luminarias, lo cual es esencial en sistemas fotovoltaicos. Por otro lado, López [7] subraya la relevancia de la autoproducción de energía, similar al contexto de las oficinas, donde la generación de energía para la iluminación es clave. Además, el estudio de Mejía [8] resalta la necesidad de un adecuado mantenimiento y gestión para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas fotovoltaicos.

En cuanto a los resultados de la simulación realizada en el software PVsyst 7.4, se observa que la potencia generada por el sistema fotovoltaico es significativa, con una alta eficiencia en la generación de energía y una reducción notable de emisiones de CO₂. El análisis detallado del consumo energético muestra cómo la energía generada directamente por el sistema fotovoltaico se utiliza de manera eficiente para cubrir las necesidades de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos en las oficinas de ENGINSMART S.A.

6. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema fotovoltaico ha demostrado ser altamente eficiente en la generación de energía limpia para cubrir las necesidades de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos en las oficinas. Esto contribuye significativamente a la eficiencia energética y a la reducción de la huella de carbono, al evitar emisiones de CO₂ y promover prácticas sostenibles en el entorno laboral.

La simulación revela que la energía utilizada proviene del sistema fotovoltaico, lo que destaca la capacidad del sistema para proporcionar una fuente de energía confiable y autosuficiente para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos en las oficinas. La modulación eficiente de la corriente continua, como se menciona en la investigación de Vargas et al., es crucial para maximizar la eficiencia energética de las luminarias. Esto subraya la importancia de un adecuado mantenimiento y manejo racional del sistema fotovoltaico para garantizar su sostenibilidad a largo plazo, tal como se destaca en el estudio de Mejía.

Para soportar la demanda energética diaria es de 26.814 watts es necesario implementar 12 paneles solares ORION TPS-P6U (60) -xxxW, conectados en 4 series de 3 módulos, 8 baterías DACAR 31-DC-100-S2000 de 12 V conectados en serie, con una capacidad del voltaje del paquete de baterías de 96V conectados a un inversor ORION PV0012 con una potencia de 3KW, amperaje de 80A y un voltaje de entre 48-110V, ajustado a los 96 V del voltaje del paquete de baterías.

Por consiguiente, la implementación del sistema fotovoltaico en los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistema de datos en las oficinas de ENGINSMART S.A. no solo cumple con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética, sino que también demuestra ser una inversión rentable y estratégica para la empresa. La combinación de beneficios ambientales, económicos y operativos respalda la importancia y relevancia del uso de energía solar en entornos empresariales modernos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Valladolid Cruz Inilupú, “Diseño e implementación de una red de monitoreo remoto CCTV con el uso de energía fotovoltaica en el refugio de vida silvestre Laquipampa Lambayeque – 2018”, 2018, Accessed: Feb. 07, 2024. [Online].
- [2] G. S. Inca Yajamín, D. F. Cabrera Carrión, D. F. Villalta Gualán, R. C. Bautista Zurita, and H. D. Cabrera Carrión, “Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 3, pp. 9493–9509, Jul. 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i3.6835.

- [3] A. Podestá, M. Silvina, E. Rubén, C. Lisperguer, and R. Salgado Pávez, “Políticas de atracción de inversiones para el financiamiento de la energía limpia en América Latina,” 2022. [Online]. Available: www.cepal.org/apps
- [4] J. P. Pesantez, A. Ríos-Villacorta, and J. González-Redrován, “Integración de Sistemas Solares Fotovoltaicos en el Sector Camaronero Intensivo y Extensivo del Ecuador: Caso de Estudio en la Provincia de El Oro,” *Revista Politécnica*, vol. 47, no. 2, pp. 7–16, 2021, doi: 10.33333/rp.vol47n2.01.
- [5] Ajay Shankar and Krishnasamy Vijayakumar, “Potencial de ahorro de energía mediante sistemas de iluminación artificial en edificios inteligentes con integración fotovoltaica,” vol. 43, 2021.
- [6] C. Vargas, J. Guamán, K. Rodríguez, and A. Ríos, “Diseño e Implementación de una Plataforma Informática CLOUD/GIS de Gestión, Operación y Control de Sistemas Fotovoltaicos de Iluminación,” *Revista Politécnica*, vol. 45, no. 2, pp. 19–30, May 2020, doi: 10.33333/rp.vol45n2.02.
- [7] López Vega Anthony Marcelo, “Diseño de un sistema fotovoltaico residencial para movilidad eléctrica en una vivienda unifamiliar ubica,” 2021, Accessed: Feb. 07, 2024. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22366/1/CD%2011832.pdf>
- [8] Mejia Eduar, “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica,” *Revista Pakamuros*, pp. 73–88, 2019, Accessed: Feb. 07, 2024. [Online]. Available: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/81/80>
- [9] C. E. Falcón-Pérez, “Las comunidades energéticas como iniciativas emergentes que luchan contra el cambio climático,” *Actualidad Jurídica Ambiental*, pp. 1–58, Jul. 2023, doi: 10.56398/ajacieda.00279.
- [10] V. Campo, B. Janeth, L. Jovinao, and D. Daniel, “Sistema fotovoltaico como alternativa sostenible para el funcionamiento de una alcaldía municipal Photovoltaic system as a sustainable alternative for the operation of a municipal mayor’s office,” vol. 19, no. 1, 2021, doi: 10.15665/rp.v19i1.2530.
- [11] M. Mónica, S. Céspedes, C. Luisa Vásquez Stanescu, and R. Ramírez-Pisco, “Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas,” *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, vol. 14, pp. 74–90, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.36089.60004/1.
- [12] G. Rocío, J. Osorio, C. María, G. López, A. María, and O. Álvarez, “Situación actual

- de la industria de la energía fotovoltaica en Colombia,” 2021.
- [13] C. Cachimuel, J. Segura-D’Rouville, and B. Remache-Vinueza, “Reingeniería aplicada al sistema de iluminación en una organización industrial,” *CienciAmérica*, vol. 9, no. 4, pp. 51–58, Dec. 2020, doi: 10.33210/ca.v9i4.343.
- [14] G. I. Vinicio Moreano-Sánchez, J. I. Eduardo Cajamarca-Villa, C. Javier Lalón-Asqui III, and J. I. Viviana Tobar-Escobar, “Sistema de control para eficiencia energética y confort lumínico,” vol. 6, no. 5, pp. 261–283, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i5.2654.
- [15] V. DE Gállego, “Planta solar fotovoltaica estera,” 2021. <https://www.aragon.es/documents/>