



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

TEMA:

**Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles
fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena**

AUTORES:

Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo.

Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván.

Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO ELECTRICO

TUTOR:

Ing. Alexander Mero, M.sc

Guayaquil, Ecuador

2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL
DESARROLLO

CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo, Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**.

Tutor

Ing. Alexander Ronald Mero Vallas, M.sc

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, PhD.

Guayaquil, a los 4 días del mes de septiembre del año 2024.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO

CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo y Carvajal Tumbaco Franklin
Lázaro Iván.

Autorizo a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 04 de septiembre del 2024.

EL AUTOR:

Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo,

f.

Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván

REPORTE COMPILATIO



tesis Paneles solares parqueadero

3%
Tesis
similitudines

- 3% Similitudines
- 1% coincidencias simples (no2/3a)
- 1% coincidencias simples (no2/3a)
- 1% coincidencias simples (no2/3a)
- 1% coincidencias simples (no2/3a)
- 1% coincidencias simples (no2/3a)

Nombre del documento: tesis Paneles solares parqueadero.docx
ID del documento: 107841ed32a212087a2ec7180bc33e4e24e3
Tamaño del documento original: 1,94 MB
Autor(es): []

Depositado: Alexander Tumbaco Meró Iván
Fecha de depósito: 23/02/2024
Tipo de carga: insertar
Fecha de fin de análisis: 23/02/2024

Número de páginas: 17/21
Número de caracteres: 119.938

Ubicación de las similitudes en el documento



Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, de los estudiantes: Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo, Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván.** Se encuentra al 3 % de coincidencias.

Atentamente.

Ing. Alexander Meró, M.Sc

Revisor del Trabajo de Titulación.

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de titulación primeramente a Dios, a nuestros Padres, a nuestros Hijos, a nuestros Familiares, por el apoyo brindado y por iluminarnos los caminos para convertir lo que fue un sueño, llevarlo a la realidad, durante nuestra carrera, requisito para nuestra titulación como Profesionales en la Ingeniería Eléctrica.

Soriano Hermenjildo Kleber Eduardo, Carvajal Tumbaco Franklin

Lázaro Iván

AGRADECIMIENTO

Expreso mis profundos sentimientos de gratitud, a la **Universidad Católica Santiago de Guayaquil**, a la **Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo**, al **Dr. Celso Bayardo Bohórquez Escobar**, y a cada uno de los **Docentes**, que tuvieron a bien compartir sus conocimientos y también a nuestro Tutor **Ing. Alexander Mero, M.sc**, que nos supo guiar paso a paso, en la ejecución del trabajo de titulación.

Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo, Carvajal Tumbaco Franklin

Lázaro Iván



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO

CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, PH.D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

ING. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ, MSC

CORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____

ING. JESUS RAMÓN MELENDEZ RANGEL, PH.D

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i>	V
<i>AGRADECIMIENTO</i>	VI
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	VIII
<i>RESUMEN</i>	XIV
<i>ABSTRACT</i>	XV
<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
<i>CAPÍTULO I</i>	3
<i>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO</i>	3
Antecedentes del Problema.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	5
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. Objetivo Principal.....	7
1.2.2. Objetivos Específicos.....	7
1.3. Justificación y Alcance.....	8
1.4. Tipo de Investigación.....	10
1.5. Metodología de Investigación.....	10
<i>CAPÍTULO II</i>	12
<i>MARCO TEÓRICO</i>	12
2.1 Energía Renovable.....	12
2.1.1 Beneficios de la energía renovable.....	15
2.1.2 Clasificación de las energías renovables.....	16
2.2 Energía Fotovoltaica.....	26
2.2.1 Características de la radiación solar.....	28
2.2.2 Distribución de la energía en luz solar.....	32

2.2.3	Conversión fotovoltaica.....	33
2.2.4	Componentes del sistema fotovoltaico.....	34
2.2.5	Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.....	35
2.3	Paneles solares	40
2.3.1	Beneficios de los paneles solares.....	41
2.3.2	Tipos de paneles solares	42
<i>CAPÍTULO III.....</i>		<i>47</i>
<i>MARCO INVESTIGATIVO.....</i>		<i>47</i>
3.1	Metodología	47
3.1.1	Método cualitativo.....	47
3.1.2	Investigación Exploratoria.....	47
3.1.3	Investigación Descriptiva	48
3.1.4	Método Cuantitativo.....	48
3.1.5	Medición	48
3.1.6	Observación	49
3.1.7	Trabajo de campo.....	49
<i>CAPÍTULO IV.....</i>		<i>50</i>
<i>PROPUESTA.....</i>		<i>50</i>
4.1	Diseño y Cálculos del Sistema Fotovoltaico	50
4.1.1	Información General del Sector a Implementar	50
4.1.2	Radiación Solar en la Provincia de Santa Elena	53
4.1.3	Proceso de Conexión del Sistema Fotovoltaico.....	55
4.1.4	Levantamiento de Carga.....	59
4.1.5	Rendimiento del sistema Fotovoltaico.....	59

4.1.6	Energía efectiva producida por el campo fotovoltaico.....	61
4.1.7	Potencia real a generar el campo fotovoltaico.	62
4.1.8	Cantidad de paneles solares.	62
4.1.9	Cuantificación de las baterías Acumuladoras	66
4.1.10	Inversor	68
4.1.11	Conductores por utilizar	70
4.1.12	Cálculo de la inclinación, orientación, separación, sombra en los módulos fotovoltaicos y estructura de soporte en el SFVCR	71
4.2	Estudio económico del proyecto.....	77
4.2.1	Análisis técnico-económico del Sistema Fotovoltaico.....	77
4.2.2	Inversión inicial.....	78
4.2.3	Costo de instalación fotovoltaica.....	78
4.2.4	Costo de equipos e instalación.....	79
4.2.5	Costo de permiso y dirección técnica	79
4.2.6	Costo de mano de obra en la instalación.....	80
4.2.7	Costo total de la inversión	80
4.2.8	Consumo energético real	81
<i>CAPÍTULO V</i>		83
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>		83
5.1.	Conclusiones	83
5.2.	Recomendaciones.....	84
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>		85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de las energías renovables.....	16
Tabla 2.2 Beneficios de los paneles solares	41
Tabla 3.1 Componentes vinculados a la conexión fotovoltaica.....	59
Tabla 3.2 Datos del rendimiento del sistema fotovoltaico.....	60
Tabla 3.3 Rendimiento del sistema fotovoltaico.....	61
Tabla 3.4 Clasificación de categoría de corrosión de corrosión	75
Tabla 3.5 Clasificación de velocidad de deposición de sulfatos.....	75
Tabla 3.6 Clasificación de velocidad de deposición de cloruros	76
Tabla 3.7 Clasificación de criterios para sistema de puntuación	76
Tabla 3.8 Soluciones y criterios	77
Tabla 3.9 Costo de instalación	79
Tabla 3.10 Costo de permisos y dirección técnica.....	79
Tabla 3.11 Costo de mano de obra.....	80
Tabla 3.12 Costo de inversión.....	80
Tabla 3.13 Valor de comercialización	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Energía renovable	14
Figura 2.2 Energía solar	20
Figura 2.3 Energía eólica	21
Figura 2.4 Energía hidroeléctrica.....	22
Figura 2.5 Energía geotérmica	23
Figura 2.6 Energía de la biomasa.....	24
Figura 2.7 Energía marina.....	25
Figura 2.8 Energía solar termoeléctrica	26
Figura 2.9 Energía fotovoltaica.....	28
Figura 2.10 Conversión fotovoltaica.....	33
Figura 2.11 Sistema fotovoltaico	34
Figura 2.12 Paneles monocristalinos.....	43
Figura 2.13 Paneles policristalinos	44
Figura 2.14 Paneles de película delgada	45
Figura 2.15 Paneles bifaciales.....	45
Figura 2.16 Paneles híbridos	46
Figura 3.1 Estacionamiento Cnel	50
Figura 3.2 Ubicación del estacionamiento de alumbrado en CNEL Santa Elena Satelital.....	51
Figura 3.3 Ubicación del estacionamiento de alumbrado en CNEL Santa Elena	51
Figura 3.4 Dimensiones del estacionamiento de alumbrado en CNEL Santa Elena.....	52
Figura 3.5 Radiación solar en sectores de Ecuador.....	54
Figura 3.6 Horas solares pico.....	55
Figura 3.7 Proceso de conexión del sistema fotovoltaico	57
Figura 3.8 Proceso de sistema fotovoltaico.....	58

Figura 3.9 Panel solar 400W Monocristalino Prostar	63
Figura 3.10 Batería a emplear	67
Figura 3.11 GoodWe GW5048 - E	69
Figura 3.12 Inclinación y orientación de los paneles solares.....	71
Figura 3.13 Ángulo de colocación de los paneles solares.....	73

RESUMEN

El Cantón La Libertad es conocido por su clima cálido de radiación solar muy alta, siendo ideal para la implementación de tecnologías fotovoltaicas. En este lugar, la temperatura varía entre los 17°C y 28 °C. Este clima contribuye a la eficacia del sistema de iluminación, en el parqueadero CNEL EP en Santa Elena, donde se utilizan equipos eléctricos que requieren de una temperatura adecuada para prevenir sobrecalentamientos, cortocircuitos y daños posibles.

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) en la provincia de Santa Elena enfrenta problemas con respecto a la eficiencia y costo del suministro eléctrico en sus instalaciones. Por ende, se propone desarrollar un análisis técnico – ambiental enfocado en el diseño de un sistema de iluminación eficiente y sostenible en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, incorporando paneles fotovoltaicos, con el fin de optimizar el consumo energético y reducir la dependencia de la energía eléctrica convencional.

La metodología utilizada es tipo experimental – analítica, con un enfoque cuantitativo para manejar datos numéricos como el cálculo de paneles solares requeridos para el sistema de iluminación. De la misma forma, se consideran normas reglamentarias de diseño en Ecuador, implicando conocer las características y el funcionamiento de los equipos.

Se pudo concluir que, mediante la evaluación de viabilidad técnica, se demostró los paneles son capaces de generar la energía suficiente para satisfacer las necesidades de iluminación en el parqueadero. Además, el análisis económico reveló que la inversión inicial es significativa; finalmente, el análisis de impacto ambiental evidenció la reducción en la huella de carbono, aprovechando la radiación solar, siendo una alternativa viable.

Palabras Clave: radiación solar, sistema fotovoltaico, suministro eléctrico.

ABSTRACT

The La Libertad Canton is known for its warm climate with very high solar radiation, being ideal for the implementation of photovoltaic technologies. In this place, the temperature varies between 17°C and 28°C. This climate contributes to the effectiveness of the lighting system in the CNEL EP parking lot in Santa Elena, where electrical equipment is used that requires an adequate temperature to prevent overheating, short circuits and possible damage.

The National Electricity Corporation (CNEL EP) in the province of Santa Elena faces problems regarding the efficiency and cost of electricity supply in its facilities. Finally, it is proposed to develop a technical-environmental analysis focused on the design of an efficient and sustainable lighting system in the CNEL EP Santa Elena parking lot, incorporating photovoltaic panels, in order to optimize energy consumption and reduce dependence on electricity conventional energy.

The methodology used is experimental - analytical, with a quantitative approach to handle numerical data such as the calculation of solar panels required for the lighting system. In the same way, they are considered regulatory design standards in Ecuador, implying knowing the characteristics and operation of the equipment.

It was concluded that, through the technical feasibility evaluation, it was demonstrated that the panels are capable of generating enough energy to satisfy the lighting needs in the parking lot. Furthermore, the economic analysis revealed that the initial investment is significant; Finally, the environmental impact analysis showed the reduction in the carbon footprint, taking advantage of solar radiation, being a viable alternative.

Keywords: *solar radiation, photovoltaic system, electrical supply.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo energético en los sectores como el industrial, comercial y residencial, se presentan como soluciones viables las energías renovables como la fotovoltaica, debido a la capacidad que poseen para reducir la contaminación ambiental y generar ahorros en cuanto al consumo de energía eléctrica. Dicho esto, en Ecuador, el aprovechamiento de la energía fotovoltaica enfrenta diversos problemas que limitan su adopción general, como costos altos de inversión inicial y falta de conciencia sobre beneficios potenciales en términos de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental (El Universo, 2023).

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) enfrenta presiones con respecto a los costos elevados que se asocian con el uso de energía convencional, lo que afecta su viabilidad financiera, sino que también compromete su capacidad para cumplir con estándares del ambiente. Por tal motivo, se propone la implementación de un sistema de iluminación fotovoltaico en el parqueadero de CNEL EP, permitiendo satisfacer la demanda de energía de manera sostenible, brindando un entorno eficiente y seguro para el uso diario.

Esta solución no solo mejorará el impacto visual del parqueadero, sino que permitirá que la empresa se alinee con sus objetivos de reducción de costos operativos, mejorando su infraestructura y adoptando estos elementos amigables con el medio ambiente, utilizando la energía solar fotostática.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO

Antecedentes del Problema.

En la Provincia de Santa Elena, la provisión de iluminación sostenible y eficiente presenta un desafío significativo, principalmente en lugares específicos como el parqueadero de CNEL EP, enfrentando problemas derivados de la dependencia de fuentes convencionales energéticas, que no solo resultan en costos elevados de operaciones, sino también en un impacto ambiental considerable. La imperante necesidad de soluciones energéticas más sostenibles, considera el potencial de la tecnología fotovoltaica, ofreciendo una alternativa eficiente y viable económicamente. En este contexto, CNEL EP representa un punto focal debido a su función en el suministro eléctrico de la zona, subrayando la relevancia de explorar la implementación de sistemas de iluminación que se basen en paneles fotovoltaicos en sus instalaciones, buscando amenorar los problemas energéticos y avanzar hacia prácticas más rentables y ecológicas.

Con respecto a la iluminación de espacios como parqueaderos, la adopción de sistemas fotovoltaicos enfrenta diferentes desafíos particulares con relación a la eficiencia energética y la rentabilidad económica. Como lo menciona (Jimbo, 2019) en su investigación, la ubicación geográfica y las condiciones ambientales juegan un papel fundamental en la eficacia de dichos sistemas, influyendo en la cantidad de energía solar disponible para generar electricidad. Así mismo, factores como el diseño de almacenamiento de energía, orientación de los paneles y la gestión del consumo eléctrico son determinantes para la optimización del rendimiento y la fiabilidad del sistema.

Por otro lado, en estudios previos como el de (Grijalva & Vélez, 2020), se demuestra la efectividad de los sistemas de iluminación que se basan en energía solar en diferentes aplicaciones urbanas y corporativas, señalando la importancia de considerar factores locales, como las variaciones climáticas estacionales, radiación solar disponible y las necesidades específicas de energía en la zona para maximizar la rentabilidad y eficiencia de la instalación fotovoltaica.

La explotación de la energía renovable en áreas urbanas está experimentando un crecimiento notable debido a la cercanía de los usuarios a la electricidad, facilitando una mayor eficiencia energética al minimizar de manera significativa las pérdidas que se asocian con la transmisión de energía desde las centrales generadoras hacia las zonas pobladas. Sin embargo, la variabilidad inherente de los recursos renovables sigue siendo un inconveniente que debe superarse, asegurando la robustez del sistema energético.

La radiación solar es esencial para la captación de energía, la cual depende de diferentes factores como las condiciones atmosféricas, el nivel de contaminación y la latitud. Ecuador, siendo rico en recursos renovables energéticos, ha dependido de combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades de energía. No obstante, el gobierno está adoptando medidas significativas para modificar esta dinámica, con el fin de que la energía renovable represente el 2% de la producción total de energía aproximadamente (Hisour, 2018).

El objetivo es aprovechar de manera eficaz la energía solar abundante que recibe el planeta diariamente; esta fuente de energía puede transformarse en electricidad y calor por medio de diversas tecnologías en distintas etapas de comercialización y desarrollo. La conversión de energía solar en electricidad se logra mediante procesos como el efecto fotovoltaico, donde los materiales semiconductores

absorben la radiación luminosa, generando corriente eléctrica en células fotovoltaicas. De forma alternativa, se pueden usar procesos térmicos para que generen calor de manera directa a partir de la radiación solar.

Al implementar un sistema de energía fotovoltaica para el sistema de iluminación, conlleva múltiples beneficios para la CNEL EP, debido a la radiación solar que existe en el Cantón La Libertad, donde los ahorros serán notables en el consumo de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO₂.

1.1. Planteamiento del Problema

En el contexto actual de consumo energético en sectores como el comercial, industrial y residencial, las energías renovables como la fotovoltaica se centran como soluciones viables debido a su capacidad para reducir la contaminación ambiental, generando ahorros sustanciales en el consumo de la energía eléctrica (CELEC, 2022). En el Ecuador, el aprovechamiento de la energía fotovoltaica enfrenta diversos desafíos que limitan su adopción general, como el alto costo de inversión inicial y la falta de conciencia sobre los beneficios potenciales en términos de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética (CELEC, 2022).

Un problema habitual en la actualidad, es que Ecuador, debido a la falta de lluvias o problemas en las centrales hidroeléctricas del país, ha presenciado interrupciones frecuentes en el suministro de la energía eléctrica. Esto ha afectado durante varios meses la luz, causando inesperados apagones que impactan tanto a la población como a las industrias. La dependencia de fuentes hidroeléctricas hace que sistema de energía sea vulnerable ante variaciones climáticas, resaltando la necesidad de diversificar las fuentes de energía, asegurando una provisión confiable y continua de electricidad.

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), es una entidad clave en el sector energético del Ecuador, el cual experimenta presiones significativas debido a costos elevados que se asocian con el uso de la energía convencional. Estos costos no solo afectan la viabilidad financiera de la institución, sino que también comprometen la capacidad para cumplir con los estándares ambientales estrictos. Por ende, el área del parqueadero de CNEL EP en el Cantón La Libertad, se presenta como un área idónea para la implementación de tecnologías avanzadas energéticas, específicamente el sistema de iluminación que se basa en energía fotovoltaica.

Este proyecto se centra en el Cantón La Libertad, que es reconocido por su clima favorable y radiación solar alta, ofreciendo las condiciones adecuadas para la captación eficiente de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos. Entre los problemas económicos y técnicos que requieren atención, se incluye la evaluación de los costos de implementación iniciales, gestión de la percepción de los riesgos y beneficios a largo plazo entre los encargados de tomar decisiones, así como limitaciones específicas en términos de mantenimiento e infraestructura. De la misma forma, se debe considerar cómo implementar sistemas fotovoltaicos puede incluirse de forma efectiva con las operaciones existentes de CNEL EP.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Principal

Desarrollar un análisis técnico-ambiental enfocado en el diseño de un sistema de iluminación eficiente y sostenible para el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, incorporando paneles fotovoltaicos, con el fin de optimizar el consumo energético y reducir la dependencia de la energía eléctrica convencional.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la factibilidad técnica para implementar un sistema de iluminación fotovoltaico en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena.
- Evaluar el análisis económico del sistema fotovoltaico para la iluminación, incluyendo costos, beneficios y retorno de inversión.
- Investigar el impacto ambiental y los beneficios de sostenibilidad del sistema fotovoltaico en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena.

1.3. Justificación y Alcance

La demanda universal de energía continúa en constante aumento, centrándose en sectores comerciales, industriales y residenciales, impulsándose principalmente por el crecimiento poblacional e incremento en el uso de equipos eléctricos. Este fenómeno ha traído consigo una dependencia significativa de fuentes tradicionales de energía, como combustibles fósiles, que poseen un impacto ambiental negativo considerable (El Universo, 2023). La búsqueda de alternativas energéticas sostenibles ha llevado a desarrollar e implementar tecnologías que se basan en energías renovables, las cuales destacan por su eficiencia y capacidad para mitigar los daños ambientales (El Universo, 2023).

El Cantón La Libertad, se caracteriza por tener un clima cálido y una incidencia alta de radiación solar, convirtiéndolo en el sitio ideal para la implementación de tecnologías fotovoltaicas. A pesar del clima variable, esta región mantiene condiciones favorables para captar energía solar durante la mayor parte del año, aprovechando la fuente de energía que contribuye a la reducción de costos energéticos y dependencia de combustibles fósiles, mejorando además la sostenibilidad ambiental de la región.

En promedio la temperatura gradual es de 17 °C a 28 °C, donde la temporada de lluvia es nublada y caliente, la temporada seca es ventosa, cómoda y parcialmente nublada y es opresivo durante el resto del año; motivo por el cual, un sistema de iluminación es sumamente necesario, más aún, en un área como la del parqueadero de CNEL EP Santa Elena, puesto que, se emplearán equipos eléctricos y electrónicos que requieren una temperatura idónea al estar en funcionamiento, evitando sobrecalentamientos, cortocircuitos, daños en los equipos, entre otros.

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) en la provincia de Santa Elena, enfrenta desafíos relacionados con la eficiencia y costo del suministro eléctrico

en sus instalaciones. Por esto, el presente trabajo trae beneficios al realizar un estudio para implementar un sistema de iluminación fotovoltaico en el parqueadero de la empresa, permitiendo satisfacer la demanda energética de forma sostenible, proporcionando un entorno eficiente y seguro para el uso diario, además de mejorar el impacto visual de la infraestructura del parqueadero y principalmente, ser un buen ciudadano medioambiental, utilizando las energías de forma eficiente y respetuosa con la tierra, cuidándola para el futuro. Este proyecto está alineado con los objetivos de CNEL EP en cuanto a la reducción de costos operativos, mejora de la infraestructura y la adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente.

1.4. Tipo de Investigación

El presente trabajo de titulación es de tipo correlacional, debido a la implementación de diversas variables que serán analizadas en conjunto para cumplir con el objetivo principal del estudio. Se investigarán múltiples conceptos de teoría relacionados a los sistemas de iluminación y de energía fotovoltaica, incluyendo diversos aspectos económicos y técnicos.

El enfoque de investigación es cuantitativo, ya que, se basa en la recopilación y análisis de conceptos teóricos sobre elementos que se estudiarán en el proyecto. Se adaptarán diferentes teorías ya propuestas en fuentes de literatura, como artículos científicos y trabajos de tesis, añadiendo características específicas para obtener mejores resultados en el diseño del sistema. Así mismo, la investigación de campo es fundamental, realizando un estudio detallado del consumo de energía del sistema de iluminación en el parqueadero de CNEL EP.

Por otro lado, se analizará la infraestructura existente, la disponibilidad de la radiación solar y las condiciones climáticas en la localidad, optimizando la eficiencia del sistema fotovoltaico. Este enfoque garantizará que los datos recabados sean relevantes y precisos, brindando una base sólida en el estudio para la implementación del sistema de iluminación fotovoltaico en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, con un alto grado de veracidad y eficacia.

1.5. Metodología de Investigación

Los métodos de investigación que se utilizarán en el proyecto son de tipo experimental y analítico, de modo que, se incluirá una investigación científica rigurosa para el desarrollo de los conceptos teóricos necesarios para el presente trabajo de titulación. El enfoque experimental se justifica por el objetivo de diseñar el sistema

fotovoltaico eficiente para el consumo del sistema, empleando equipos tecnológicos de última generación y costos reales del mercado, asegurando resultados preciosos y evitando gastos innecesarios.

El enfoque cuantitativo se basa en el manejo de datos numéricos, como el cálculo del número exacto de paneles solares requeridos para el sistema de iluminación, lo que busca proporcionar una solución óptima tecnológica para CNEL EP Santa Elena, que pueda aplicarse en futuros proyectos.

Así mismo, se considerarán las normas reglamentarias de diseño en Ecuador, relacionadas a la energía renovable, implicando no solo conocer las características y el funcionamiento de los equipos, sino también, asegurar la seguridad de los mismos y de los individuos involucrados en su uso, garantizando la instalación correcta y una eficiente estructura (Arrata, 2021).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Energía Renovable

La energía renovable se refiere a una energía obtenida a partir de recursos naturales que se regeneran de forma sostenible y constante, tales como el viento, luz solar, lluvia, mareas y calor geotérmico; a diferencia de los combustibles fósiles, los cuales son finitos y liberan gases de efecto invernadero cuando son quemados, las energías renovables poseen un impacto ambiental mucho menor y son cruciales para mitigar el cambio climático (Enel Green Power, 2022). Estos recursos son inagotables virtualmente a escala humana y su utilización sostenible permite tener un suministro continuo de energía sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Enel Green Power, 2022).

La energía solar es una de las formas más conocidas acerca de energía renovable, captándose a través de paneles solares que convierten la luz solar en electricidad por medio de celular fotovoltaicas o que pueden calentar fluidos que generan vapor y posteriormente, electricidad en plantas térmicas solares; la energía solar es atractiva especialmente debido a su capacidad de ser empleada en varias escalas, desde dispositivos electrónicos pequeños hasta plantas grandes de energía, que abastecen a comunidades enteras; así mismo, la tecnología solar sigue en avance continuo, haciendo que los paneles sean accesibles y eficientes (Acciona, 2023).

Otra manera prominente de energía renovable es la energía eólica, la cual se genera a través de aerogeneradores que convierten la energía cinética del viento en electricidad; los parques eólicos pueden ser marinos o terrestres, teniendo la capacidad para generar cantidades grandes de energía limpia que ha llevado a una expansión

rápida en todo el mundo; la energía eólica es efectiva de forma particular en regiones con fuertes vientos; de la misma manera, su impacto ambiental es mínimo en comparación a fuentes tradicionales de energía, aunque necesita un cuidado planeamiento para reducir el impacto en la fauna local (Argentina, 2023).

La energía hidroeléctrica es aquella que se genera por el movimiento del agua en los embalses y ríos, siendo otra fuente importante de energía renovable, por medio del uso de presas, el flujo de agua es controlado para hacer girar las turbinas que producen la electricidad (Caballero, 2023). La hidroeléctrica es una de las fuentes más antiguas de energía renovable, la cual se utiliza en el mundo; no obstante, la construcción de presas grandes puede tener impactos significativos en las comunidades o ecosistemas locales, por lo que es fundamental equilibrar el desarrollo hidroeléctrico en la conservación del ambiente (Caballero, 2023).

Los costos de las energías renovables han experimentado una significativa disminución en los últimos años, contribuyendo con su adopción global creciente; de forma inicial, las tecnologías como eólica y solar eran más caras considerablemente en comparación con los combustibles fósiles debido a los costos altos de instalación y los limitados avances tecnológicos; No obstante, con la investigación, el tiempo y desarrollo, junto con mejoras en la eficiencia, han minimizado drásticamente dichos costos; usualmente, el costo de los paneles solares ha disminuido en más del 80% en la última década (Irena, 2022).

Sin embargo, a largo plazo, las energías renovables son más económicas, debido a sus costos operativos bajos y la carencia de gastos que se relacionan con la adquisición de combustibles; así mismo, las inversiones de energía renovable también ofrecen beneficios indirectos económicos, como crear empleos y reducir los costos que se asocian con la contaminación y el cambio de clima (Irena, 2022).

Figura 2.1

Energía renovable



Nota. La energía renovable en su ambiente. Adaptado de *¿Qué son las energías renovables y por qué son importantes?* [Fotografía], por BBVA, 2023

La imagen muestra un campo grande energía renovable que se compone por paneles solares y aerogeneradores. En la parte delantera de la foto, se hallan filas y filas de paneles solares, los cuales se extienden hacia el horizonte; estos paneles están dispuestos de un patrón sobre una superficie plana, siendo una planta solar. Detrás de los paneles solares, se ven turbinas eólicas, también conocidas como los aerogeneradores, con sus aspas grandes girando.

Dichas turbinas se distribuyen de forma uniforme a lo largo del campo y se destacan contra el cielo despejado; el entorno que se visualiza es un paisaje abierto que cuenta con algunos árboles y colinas, sugiriendo que el sitio combina la energía eólica y solar para maximizar la generación de la energía renovable.

2.1.1 Beneficios de la energía renovable

La energía renovable ofrece diversos beneficios que la hacen una opción sostenible y atractiva, para satisfacer las necesidades globales energéticas. A continuación, se detallan algunos beneficios principales (Gobierno de México, 2018):

- **Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero:** A diferencia de los combustibles fósiles, la energía renovable eólica, solar, hidroeléctrica y geotérmica, no emiten dióxido de carbono ni otros gases durante su operación, siendo esencial para combatir el cambio de clima y mejorar la calidad del aire.
- **Sostenibilidad y abundancia:** Las energías renovables provienen de los recursos naturales que son inagotables a escala humana. El viento, sol, agua y calor están disponibles en cantidades grandes y se pueden aprovechar continuamente.
- **Independencia energética:** Al desarrollar las fuentes de energía renovable, los países pueden minimizar su dependencia de los combustibles fósiles importados, mejorando la seguridad energética, siendo importante especialmente en lugares donde los recursos fósiles son inestables e ilimitados.
- **Creación de empleos:** La industria de energías renovables es un sector que se encuentra en crecimiento, creando puestos numerosos de trabajo en la instalación, fabricación, mantenimiento u operación de sistemas de energía renovable.
- **Costos operativos bajos:** Una vez instaladas, las plantas de energía renovable tienen costos operativos más bajos en comparación con plantas convencionales de energía.

- **Mejora de salud pública:** Al minimizar la contaminación del agua y aire, las energías renovables contribuyen a la mejora de la salud pública, con menos emisiones de contaminantes.
- **Desarrollo tecnológico:** La inversión de energías renovables impulsa el desarrollo tecnológico e innovación; las mejoras en la eficiencia y reducción de costos hacen que las energías sean accesibles y competitivas.
- **Diversificación de suministro de energía:** La integración de diversas fuentes de energía renovable en una matriz energética incrementa la estabilidad y resiliencia del suministro energético, minimizando las interrupciones y vulnerabilidad.

2.1.2 Clasificación de las energías renovables

La clasificación de las energías renovables se realiza de acuerdo a su fuente natural de la que provienen (Repsol, 2022). A continuación, se describen las categorías principales (Repsol, 2022):

Tabla 2.1

Clasificación de las energías renovables

Categoría	Descripción
Energía solar	- Fotovoltaica: Emplea paneles solares para convertir luz solar de forma directa en electricidad por medio de células fotovoltaicas.
	- Térmica: Usa colectores solares para capturar el calor del sol, que se utiliza para

calentar fluidos y generar vapor, produciendo electricidad.

Energía eólica

- **Onshore:** Generada a través de aerogeneradores ubicados en tierra firme, siendo una de las formas más comunes de la energía renovable.

- **Offshore:** Generada por medio de aerogeneradores ubicados en el mar, aprovechando los vientos más constantes y fuertes que los que se encuentran en tierra.

- **De gran escala:** Producida por grandes embalses y presas que controlan el flujo de agua para generación de electricidad.

Energía hidroeléctrica

- **De pequeña escala:** Producida por instalaciones pequeñas, como las micro centrales hidroeléctricas, teniendo un impacto menor ambiental.

- **De alta entalpía:** Aprovecha fuentes geotérmicas con temperaturas altas para generar electricidad, encontrada en zonas de actividad volcánica.

Energía geotérmica

- **De baja entalpía:** Emplea calor del subsuelo a temperatura menor para aplicaciones de refrigeración y calefacción por medio de bombas de calor geotérmicas.

Energía de la biomasa

- **Biomasa sólida:** Usa materiales orgánicos como residuos agrícolas, madera y desechos sólidos urbanos para generación de energía por medio de combustión.
- **Biogás:** Producido por descomposición anaeróbica de materia orgánica, como plantas y residuos animales.
- **Biocombustibles líquidos:** Incluyen biodiésel y etanos, producidos a partir de cultivos de energía y residuos orgánicos.
- **Mareomotriz:** Generada por movimiento de las mareas, utilizando turbinas y otros dispositivos para convertir energía cinética de las mareas en electricidad.

Energía marina

- **Undimotriz:** Aprovecha la energía de las olas en la superficie del océano por medio de dispositivos flotantes.
- **Energía de corrientes oceánicas:** Generada por el flujo constante de corrientes marinas, semejante a la energía eólica pero debajo del agua.
- **Energía de gradiente térmico:** Usa la diferencia de temperatura entre las capas superficiales del océano para la generación de electricidad.

Energía solar termoeléctrica	Usa espejos o lentes para concentración de la luz solar en el receptor, convirtiendo el calor en vapor para accionar la turbina y generar la electricidad. Esta tecnología es conocida también como energía solar de concentración.
-------------------------------------	---

Nota. La tabla muestra los tipos de energías renovables y por qué son importantes. Datos adaptados de Repsol, 2022.

Energía solar

La energía solar es una forma de energía renovable que se obtiene de manera directa del sol; esta clase de energía se aprovecha por medio de diversas tecnologías, principalmente los paneles solares fotovoltaicos y colectores térmicos solares; los paneles solares convierten la luz solar directamente a electricidad mediante un proceso que se conoce como efecto fotovoltaico (BBVA, 2023). Este proceso implica absorber fotones de luz por materiales semiconductores, como silicio, liberando electrones y generando la corriente eléctrica; esta electricidad puede ser usada de inmediato, almacenada en las baterías e incluso conectada a la red eléctrica para distribuirla posteriormente (BBVA, 2023).

Así mismo, la energía solar térmica emplea el calor del sol para calentamiento de fluidos, los cuales se pueden utilizar para generar vapor que acciona las turbinas y produce electricidad, o para aplicaciones directas como calefacción de espacios o agua; existentes distintos tipos de sistemas solares térmicos, integrando los colectores planos, que son más idóneos para aplicaciones de temperatura baja y sistemas de concentración solar, utilizando lentes para concentración de luz solar en un punto focal (Selectra, 2023).

Figura 2.2

Energía solar



Nota. Energía solar. Adaptado de *Uso de energía solar en ciudades* [Fotografía], por Corresponsables, 2024

Energía eólica

Es una forma de energía renovable que se genera a través de la conversión de la energía cinética del viento en electricidad empleando aerogeneradores; estos dispositivos también se conocen como turbinas eólicas, estando compuestos por aspas grandes montadas en torres altas que giran cuando el viento sopla (Universidad Veracruzana, 2022). El movimiento de las aspas acciona el generador, produciendo electricidad; la energía eólica se conoce como una de las fuentes de energía renovable de crecimiento rápido en el mundo, debido a su abundancia como recurso eólico (Universidad Veracruzana, 2022).

De la misma manera, es una fuente de energía sostenible y limpia, teniendo diversos beneficios económicos y ambientales, sin producir emisiones de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes, convirtiéndolo en la opción ideal para

minimizar la huella de carbono y combatir el cambio climático; además, la instalación y mantenimiento de parques eólicos generan empleos y revitalizan economías locales (Foro Nuclear, 2023).

Figura 2.3

Energía eólica



Nota. La energía eólica. Adaptado de *Energía eólica* [Fotografía], por Wikipedia, 2024

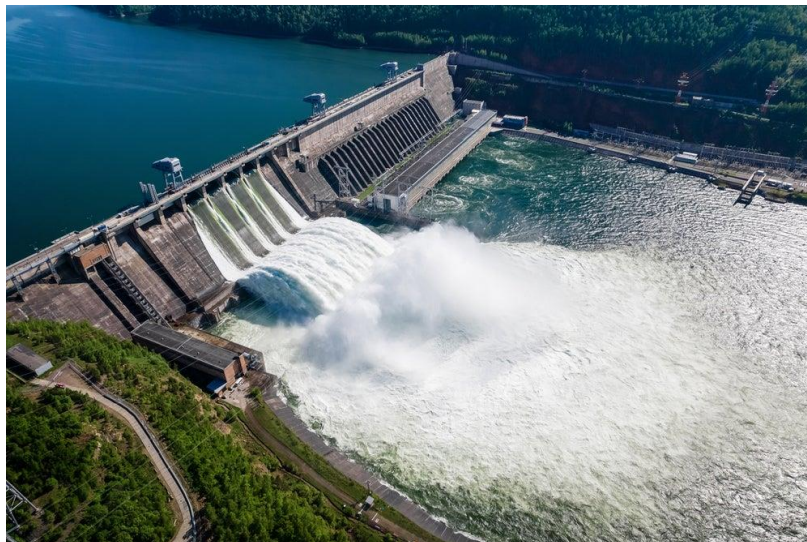
Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es renovable, obteniéndose del movimiento del agua, usualmente de embalses y ríos, generada por medio de la construcción de presas que almacenan grandes volúmenes de agua en embalses; cuando el agua es liberada, fluye mediante turbinas, cuya rotación activa generadores eléctricos produciendo electricidad; este proceso es eficiente y genera grandes cantidades de energía, lo que lleva a que la energía hidroeléctrica sea una fuente de energía renovable; de la misma manera, las plantas hidroeléctricas pueden ajustar la cantidad de electricidad que se produce para satisfacer la demanda, brindando una fuente de energía confiable (Solano, 2024).

Por otro lado, las plantas hidroeléctricas ofrecen otros beneficios significativos, como las presas que brindan controles de inundaciones, suministro de agua para riego y consumo humano, así como las oportunidades de turismo y recreación; no obstante, la construcción de grandes presas puede contar con impactos sociales y ambientales considerables, como alteración de ecosistemas marinos, desplazamiento de comunidades locales y modificación de hábitats; por ende, es esencial llevar a cabo evaluaciones ambientales, adoptando estrategias de mitigación para reducir dichos impactos (Valdivielso, 2022).

Figura 2.4

Energía hidroeléctrica



Nota. La energía hidroeléctrica. Adaptado de *La generación hidroeléctrica y la transición energética de América Latina y el Caribe* [Fotografía], por BID, 2023

Energía geotérmica

Esta energía se obtiene del calor almacenado en el interior de la Tierra, proveniente de la desintegración de elementos radioactivos en el núcleo del planeta, manifestándose en forma de géiseres, aguas termales y volcanes; la energía geotérmica puede aprovecharse por medio de perforación de pozos en áreas activas

geotérmicamente para acceso de agua caliente y vapor; este vapor se emplea para accionar turbinas que generan electricidad; existen distintas tecnologías para aprovechar la energía geotérmica, siendo las plantas de vapor seco, de vapor flash y de ciclo binario (National Geographic, 2021).

Además, la energía geotérmica posee aplicaciones directas como calefacción de edificios, calentamiento de agua y en procesos industriales que necesitan calor; uno de los beneficios principales es su capacidad para proporcionar una fuente de energía fiable, independientemente de las condiciones del clima, a diferencia de otras fuentes renovables como la eólica o solar (Gencat, 2022).

Figura 2.5

Energía geotérmica



Nota. La energía geotérmica. Adaptado de *Introducción a la energía geotérmica* [Fotografía], por Rincón Educativo, 2022

Energía de la biomasa

Es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la materia orgánica, como restos de madera, residuos agrícolas, desechos forestales y sólidos urbanos; esta biomasa puede convertirse en energía mediante diversos procesos,

incluyendo la gasificación, combustión directa, pirólisis y digestión anaeróbica; en la combustión directa, la biomasa se quema produciendo calor, que puede utilizarse para la generación de vapor y accionar la turbina, produciendo electricidad (Universidad VIU, 2022).

La gasificación convierte la biomasa en gas combustible, que puede utilizarse en motores de combustión interna o turbinas de gas, generando electricidad; así mismo, el pirólisis descompone la biomasa en carencia de oxígeno, produciendo bioaceite, biocarbón y gas; mientras que, la digestión anaeróbica emplea microorganismos para la descomposición de la biomasa en biogás, que puede quemarse para la producción de energía (Endesa, 2023).

Figura 2.6

Energía de la biomasa



Nota. La energía de la biomasa. Adaptado de *¿Qué es la Biomasa?* [Fotografía], por Repsol, 2022

Energía marina

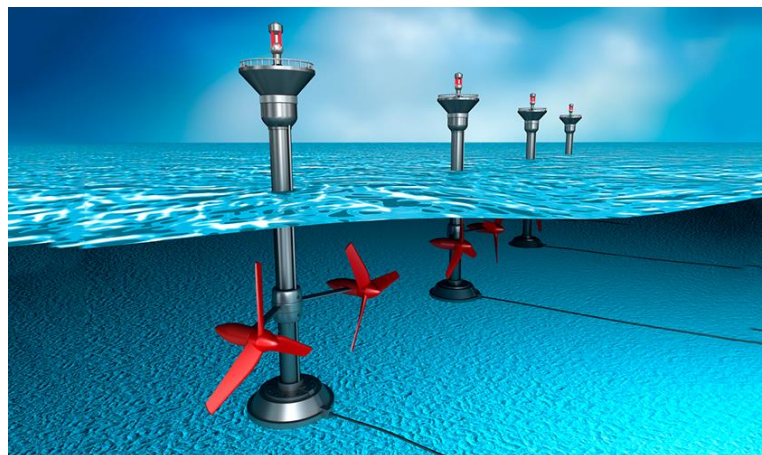
Este tipo de energía se obtiene del movimiento y propiedades físicas del agua de mar; existen diferentes maneras de aprovechar dicha energía, integrando la energía undimotriz, mareomotriz, energía de corrientes oceánicas y energía de gradiente térmico; la energía mareomotriz emplea el movimiento de las mareas para la

generación de electricidad, por medio del uso de turbinas submarinas colocadas en estuarios donde el flujo o reflujo de mareas mueven las turbinas, generando la energía (Appa, 2023).

La energía undimotriz, aprovecha la energía de las olas en la superficie de océano, empleando dispositivos flotantes que capturan el movimiento de las olas, convirtiéndolo en electricidad; la energía de corrientes oceánicas aprovecha el flujo constante de corrientes marinas, semejante a cómo los aerogeneradores capturan la energía del viento; así, la energía marina representa una fuente sostenible de energía renovable que contribuye significativamente en la diversificación del suministro global energético y a la minimización de emisiones de gases (EVE, 2022).

Figura 2.7

Energía marina



Nota. La energía marina. Adaptado de *Energía marina: el océano como fuente de energía limpia* [Fotografía], por Avatar Energía, 2022

Energía solar termoeléctrica

También se conoce como energía solar de concentración, siendo una tecnología que usa espejos o lentes para concentración de la luz solar en un receptor específicos, lo que genera temperaturas altas; este calor concentrado se utiliza para producción de

vapor, que acciona la turbina para generar electricidad; existen diversos tipos de sistemas CSP, como los colectores cilindro – parabólicos, torres solares y sistemas de disco Stirling (IDAE, 2021).

Uno de los beneficios principales de la energía solar termoeléctrica, es la capacidad para incluir sistemas de almacenamiento de energía térmica, permitiendo generar electricidad incluso cuando el sol no está brillando; esto se logra almacenando el calor en materiales, que liberan el calor para producir vapor y generar electricidad durante los días nublados o la noche, aumentando la capacidad del suministro continuo de energía en las plantas CSP, diferenciándolas de otras maneras de energía solar, dependiendo de manera directa de la irradiación solar (Delgado, 2022).

Figura 2.8

Energía solar termoeléctrica



Nota. La energía solar termoeléctrica. Adaptado de *¿Conoces la energía solar termoeléctrica?* [Fotografía], por Noticias de la Ciencia, 2021

2.2 Energía Fotovoltaica

La energía fotovoltaica se genera a partir de la conversión directa de luz solar en electricidad por medio del uso de células fotovoltaicas; dichas celular, se realizan

comúnmente de materiales semiconductores como el silicio, aprovechando el efecto fotovoltaico, un fenómeno por el cual los electrones son excitados por luz solar, generando una corriente eléctrica; los paneles solares fotovoltaicos, que se componen por múltiples células fotovoltaicas, capturan la luz del sol y producen electricidad de corriente continua, convirtiéndola en corriente alterna a través de inversores (Inca & Cabrera, 2023).

Una de las ventajas principales es su capacidad para generar electricidad limpiamente, sin emisiones de gases de efecto invernadero ni demás contaminantes durante su operación; esto la convierte en una tecnología fundamental para combatir el cambio climático y minimizar la dependencia de combustibles fósiles; así mismo, los sistemas fotovoltaicos pueden instalarse en varias escalas y configuraciones, desde sistemas pequeños en tejados de hogares hasta parques grandes solares, cubriendo áreas extensas de terreno, permitiendo una considerable flexibilidad en la implementación (Aula21, 2022).

El costo de la energía fotovoltaica ha mejorado de forma significativa en los últimos años, gracias a los avances de la tecnología y economía de escala; los costos de paneles solares han disminuido de manera drástica, haciendo que la energía fotovoltaica sea competitiva en nivel de costos comparada con fuentes convencionales de energía; de la misma forma, la instalación de sistemas fotovoltaicos puede brindar ventajas económicas a los propietarios de empresas o viviendas mediante ahorros en las facturas de electricidad (Ovacen, 2021).

No obstante, la energía fotovoltaica también afronta diversos desafíos; la producción de electricidad depende en gran medida de la disponibilidad de la luz solar, significando que la generación puede ser intermitente y variada según la ubicación geográfica o las condiciones meteorológicas, con sistemas de almacenamiento de

energía, como fuentes de energía renovable (Enercity, 2023). Además, el desecho y producción de paneles solares, implican sostenibilidad y consideraciones ambientales, gestionándose de forma adecuada (Enercity, 2023).

Figura 2.9

Energía fotovoltaica



Nota. La energía fotovoltaica. Adaptado de *¿Qué es la energía solar fotovoltaica?* [Fotografía], por APREAN, 2021

2.2.1 Características de la radiación solar

La radiación solar es la energía que emite el sol en forma de partículas y ondas electromagnéticas; siendo esencial para la vida en la Tierra, contando con diversas características que influyen en el comportamiento e impacto (Solarama, 2023). A continuación, se detallan algunas de las principales características (Solarama, 2023):

Espectro electromagnético

La radiación solar abarca un rango amplio de longitudes de onda en cuanto al espectro electromagnético, incluyendo luz visible, infrarroja y ultravioleta; aproximadamente, el 50% de energía solar que llega a la Tierra se encuentra en el espectro visible, que es la luz que los ojos del ser humano pueden percibir; la radiación ultravioleta, constituye alrededor del 10% de radiación solar, posee longitudes de onda más cortas y una mayor energía, causando daños en la piel; la radiación infrarroja por

su lado, representa el 40% de la radiación solar, cuenta con longitudes de onda más largas y es responsable del calor (EC Europa, 2022).

Cada parte del espectro electromagnético posee distintas aplicaciones; la radiación visible es fundamental para la fotosíntesis, proceso mediante el cual las plantas producen el alimento; la radiación UV tiene efectos beneficiosos como perjudiciales, siendo necesaria para la producción de vitamina D para los seres humanos; la radiación infrarroja es usada en aplicaciones térmicas, como calefacción solar y diversos tipos de sensores (Martínez, 2024).

Intensidad y distribución

La intensidad de la radiación solar varía de forma considerable según la ubicación geográfica, altitud, hora del día, condiciones atmosféricas y estación del año; en las regiones cercanas al Ecuador, la radiación solar es más intensa debido a la perpendicularidad de rayos del sol; en particular, las regiones polares reciben menor radiación solar, especialmente durante el invierno, cuando los días son cortos y el sol es más bajo en el horizonte; así mismo, la altitud también juega un papel importante (EnergcitySA, 2022).

Las condiciones atmosféricas, como presencia de polvo, nubes u otros aerosoles, pueden afectar la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre; en los días despejados, la radiación solar es mayor, mientras que en los días nublados, disminuye la cantidad de radiación; las variaciones diarias en la intensidad de radiación solar son elementos críticos que se deben considerar en el diseño y ubicación de sistemas solares fotovoltaicos, así como la planificación de actividades de agricultura y otras industrias que dependen de la luz del sol (EnergcitySA, 2022).

Irradiancia y energía total

Se refiere a la cantidad de energía solar que incide significativamente sobre la superficie por unidad de área, midiéndose en vatios por metro cuadrado; la constante solar, siendo la irradiancia solar media que llega a la parte superior de la atmósfera, es aproximadamente 1361 W/m² (Solarama, 2023). No obstante, la cantidad de energía solar que alcanza la superficie varía según diversos factores como la hora del día, latitud y condiciones meteorológicas; las superficies inclinadas, como paneles solares, pueden optimizarse captando la mayor cantidad de radiación posible, incrementando la eficiencia de la captación de la energía del sol (Solarama, 2023).

La energía total que se recibe en la superficie terrestre depende de la orientación e inclinación de las superficies receptoras; los sistemas solares deben estar diseñados para maximizar la captación de radiación solar difusa y directa, adaptándose a condiciones específicas del lugar; en regiones con irradiancia solar alta, como desiertos, la energía solar tiene un potencial enorme para generar electricidad a gran escala; la medición y análisis de la misma, son esenciales para desarrollar proyectos solares rentables y eficaces (Solarama, 2023).

Componentes directa y difusa

La radiación solar que llega a la tierra está compuesta por radiación directa y difusa; la radiación directa es la que llega en línea recta desde el sol y es más intensa cuando el cielo se encuentra despejado, siendo la más aprovechada por sistemas solares fotovoltaicos, debido a la alta concentración de energía; por otro lado, la radiación difusa, es la luz solar que ha sido dispersada por partículas o moléculas en la atmósfera, llegando a la superficie desde muchas direcciones (Martínez, 2024).

La capacidad de sistemas solares para captar radiación directa como difusa, es esencial para su rendimiento general; los paneles solares y colectores deben diseñarse y posicionarse de forma que maximicen la captación de ambas clases de radiación, en especial en regiones donde las condiciones del clima varían; la integración de las tecnologías que pueden optimizar la captación de radiación difusa, como concentradores de sol, puede mejorar la eficiencia de los sistemas solares (Martínez, 2024).

Efectos atmosféricos

La atmósfera de la Tierra desempeña un papel fundamental en la modulación de radiación solar que llega a la superficie; los gases de la atmósfera, como dióxido de carbono, ozono y vapor de agua, así como partículas y aerosoles, pueden reflejar, absorber y dispersar la radiación del sol; por ende, la capa de ozono absorbe la mayor parte de radiación ultravioleta dañina, reduciendo la cantidad de radiación que llega a la superficie, incrementando la proporción de radiación (EnergcitySA, 2022).

La comprensión de efectos atmosféricos es crucial para predecir el rendimiento de sistemas solares; los modelos climáticos y mediciones de la atmósfera ayudan a evaluar cómo las variaciones en las condiciones meteorológicas y composición atmosférica afectan a la radiación solar que se dispone; así mismo, las tecnologías solares deben adaptarse para reducir los efectos negativos de la atmósfera, como ensuciar los paneles solares por el polvo o algunos contaminantes (EnergcitySA, 2022).

Variabilidad temporal

La radiación solar no es constante y presenta temporales variaciones en distintas escalas de tiempo, las cuales pueden ser estacionales, diurnas y anuales, que se influyen por la rotación u órbita de la Tierra; durante el día, la radiación solar es

variable desde el amanecer hasta el atardecer, alcanzando un punto máximo alrededor del mediodía; las variaciones estacionales se relacionan con la inclinación del eje terrestre y órbita elíptica de la Tierra, resultado en diferencias con respecto a la intensidad de radiación solar y duración en el día (Solarama, 2023).

A largo plazo, la actividad solar como las erupciones volcánicas, pueden causar variaciones adicionales en cuanto a la radiación solar; la actividad que sigue un ciclo de aproximadamente 10 años, afecta la cantidad de radiación que llega a la Tierra, influenciando el clima y los diferentes patrones meteorológicos; la capacidad de predicción y adaptación a estas temporales variaciones es fundamental para el diseño u operación de sistemas solares confiables (Solarama, 2023).

2.2.2 Distribución de la energía en luz solar

La distribución de energía en luz solar se refiere a cómo se distribuyen las distintas longitudes de onda y energías dentro del espectro del sol; la luz solar se compone por radiación electromagnética que abarca desde las longitudes de ondas cortas, como rayos X o Gamma, hasta longitudes de ondas largas como microondas y de radio; no obstante, la parte visible del espectro solar, que se percibe como luz, abarcando longitudes de onda aproximadamente entre los 400 nm y 700 nm (IDEAM, 2023).

La distribución de energía en la luz solar se domina por el espectro visible y parte cercana infrarroja; esta distribución posee implicaciones en la fotosíntesis de las plantas, visión humana y en diversas aplicaciones tecnológicas, dependiendo de la radiación solar (IDEAM, 2023).

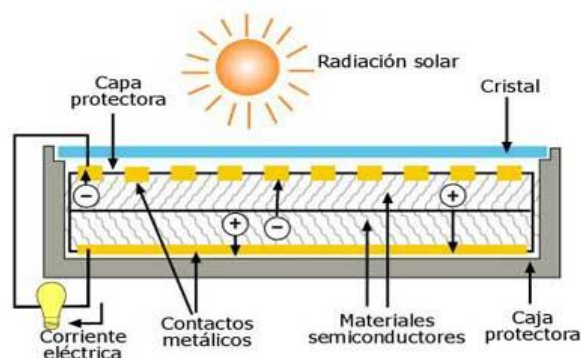
2.2.3 Conversión fotovoltaica

La conversión fotovoltaica es un proceso esencial en la generación de la energía renovable, aprovechando la radiación solar incidente para la producción de electricidad de forma directa; este proceso está basado en el efecto fotovoltaico, descubierto en el año 1839 por Alexandre Edmond Becquerel, el cual describe cómo distintos materiales semiconductores generan corriente eléctrica cuando se exponen a la luz solar; las celdas solares, son dispositivos que se encargan de realizar esta conversión, componiéndose de capas de materiales semiconductores dopados con impurezas (Segui, 2022).

Uno de los materiales semiconductores más comunes que se utilizan en las celdas solares el silicio cristalino, debido a las propiedades adecuadas para absorber la luz solar y disponibilidad en el mercado; las celdas solares pueden ser de distintos tipos, variando en cuanto al costo y eficiencia, impulsando la investigación en nuevos diseños o materiales para la mejora de la conversión de la energía solar en electricidad, reduciendo los costos operativos (Ambientum, 2022).

Figura 2.10

Conversión fotovoltaica



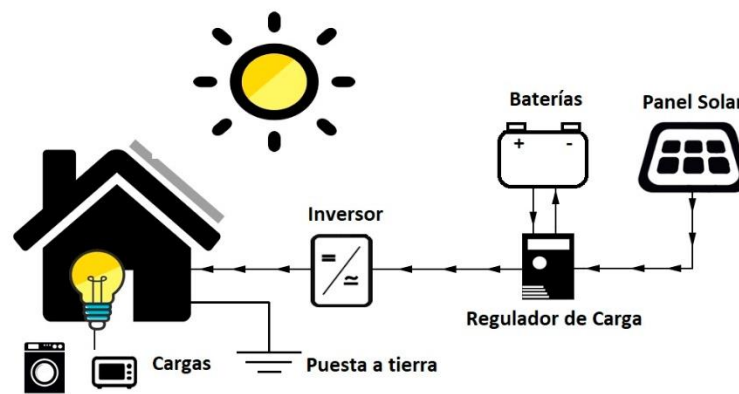
Nota. Elementos de la conversión fotovoltaica. Adaptado de *Energía solar fotovoltaica* [Fotografía], por CANALTIC 2022

2.2.4 Componentes del sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico se compone por diversos elementos fundamentales que trabajan en conjunto para convertir energía del sol en electricidad utilizable; cada componente desempeña un papel esencial en dicho proceso, desde captar la luz solar hasta convertir y almacenar la energía generada; estos sistemas se usan principalmente en aplicaciones residenciales, industriales y comerciales, brindando una fuente de energía sostenible; a continuación, se detallan los componentes principales del sistema fotovoltaico (McGraw Hill España, 2023):

Figura 2.11

Sistema fotovoltaico



Nota. Componentes del sistema fotovoltaico. Adaptado de *Diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos* [Fotografía], por Sun - Supply 2021

- **Paneles solares:** Son dispositivos que se componen por células solares que convierten la luz solar en electricidad por medio del efecto fotovoltaico. Estos paneles se diseñan para poder captar la mayor cantidad posible de radiación solar, estando disponibles en distintos tipos como policristalinos, monocristalinos y de capa delgada.
- **Inversor:** Es un componente que convierte la corriente continua

que se produce en los paneles solares en corriente alterna, siendo la forma de electricidad usada en la mayoría de hogares. Los inversores gestionan también el rendimiento del sistema.

- **Estructura de montaje:** Es el soporte físico que sostiene los paneles solares en su sitio, que puede ser a manera de rieles, estructuras fijas u otros; que orientan los paneles hacia el sol para la maximización de captación de luz solar durante el día.
- **Baterías:** Almacenar energía es esencial en sistemas fotovoltaicos autónomos, permitiendo almacenar el exceso de electricidad que se produce durante el día para su uso durante días nublados o noche.
- **Sistema de cableado y protecciones:** Incluye conectores, cables eléctricos, interruptores de circuito, entre otros dispositivos de protección, garantizando la seguridad del sistema fotovoltaico.
- **Medidores y monitoreo:** Permiten tener una supervisión del rendimiento de sistema fotovoltaico, midiendo la energía producida y optimizando su funcionamiento a lo largo del tiempo.

2.2.5 Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en distintas categorías según su configuración y aplicación:

Según la conexión a la red

Sistemas conectados a la red (Grid - Tie)

Los sistemas fotovoltaicos conectados a una red eléctrica, también conocidos como sistemas grid – tie, son aquellos que se diseñan para operar de forma sincronizada con la red pública de distribución eléctrica; estos sistemas emplean

paneles solares para convertir la energía solar en electricidad de corriente continua; un inversor convierte esta CC en corriente alterna, que es la manera de electricidad usada en negocios; el principal beneficio de estos sistemas es la capacidad para aprovechar la energía solar durante el día para la reducción del consumo de electricidad en la red (Ecotech, 2022).

No obstante, estos sistemas dependen de la disponibilidad de redes eléctricas para operar, lo cual significa que no brindan energía durante los cortes de luz a menos que sean instalados los sistemas de respaldo; la regulación gubernamental puede influir en la rentabilidad de los sistemas conectados en la red, variando según la ubicación geográfica (Novum, 2020).

Sistemas aislados o autónomos (Off - Grid)

Los sistemas fotovoltaicos autónomos son independientes de la red pública eléctrica y se diseñan para brindar electricidad en áreas remotas o donde no poseen acceso a la red convencional eléctrica; estos sistemas usan paneles solares para generar electricidad durante el día, almacenada en baterías para su uso durante la noche; el controlador de carga administra la carga y descarga de baterías, asegurando la durabilidad; esta clase de sistemas son idóneos para aplicaciones como refugios, cabañas, estaciones meteorológicas, telecomunicaciones rurales, entre otros (Enel X, 2023).

La ventaja principal de los sistemas aislados es la capacidad que tienen para proporcionar energía de forma independiente de la infraestructura existente eléctrica, aumentando la autonomía y resiliencia energética; no obstante, la planificación adecuada del almacenamiento de energía y tamaño del sistema, son esenciales para asegurar un suministro constante energético; los costos iniciales de inversión pueden

ser altos, debido a la necesidad de baterías y componentes para almacenar y gestionar energía (Peña, 2023).

Según la aplicación

Sistemas residenciales

Los sistemas fotovoltaicos residenciales se diseñan para satisfacer las necesidades de energía de los hogares empleando energía solar; estos sistemas usualmente se instalan en techos de la propiedad, maximizando la captación de luz solar; los paneles solares convierten la energía solar en electricidad que puede utilizarse de manera directa para alimentar dispositivos y electrodomésticos en la vivienda (Solar Bolivia, 2024).

La instalación de dichos sistemas no solo minimiza la dependencia de red convencional eléctrica, sino que también genera ahorros significativos a lo largo del tiempo, especialmente en las regiones con tarifas eléctricas elevadas; así mismo, los propietarios pueden beneficiarse de programas de net metering e incentivos fiscales, permitiendo la venta del exceso de electricidad (Maldonado & Velastegui, 2022).

Sistemas comerciales

Se implementan en negocios comerciales con el objetivo general de reducir los costos de energía y cumplir con objetivos de la sostenibilidad del ambiente; estos sistemas son diseñados para el manejo de demandas energéticas durante el horario comercial, aprovechando la energía solar para alimentar equipos eléctricos u operaciones diarias (SolarReviews, 2024).

La instalación de paneles solares en tejados comerciales o espacios de estacionamiento, puede maximizar el uso de espacios disponibles, mejorando la

eficiencia energética del lugar; además, los sistemas fotovoltaicos comerciales pueden mejorar también la imagen corporativa al demostrar el compromiso con responsabilidad ambiental y sostenibilidad mediante el uso de energía renovable (Marsam Solar, 2023).

Sistemas industriales

Este tipo de sistemas se implementan en instalaciones grandes industriales, con el fin de satisfacer demandas energéticas significativas y mejorar la eficacia operativa; estos sistemas se diseñan para manejar consumos elevados de electricidad que se asocian con procesos industriales, como la producción, manufactura y otras operaciones intensivas sobre energía; la instalación de paneles solares en extensas áreas de terreno o estructuras industriales, permite aprovechar superficies grandes para generar energía solar, contribuyendo a la fiabilidad del suministro energético, diversificando fuentes de energía usadas en la industria (Iñarra & López, 2023).

Además de los beneficios económicos que se asocian con la reducción de costos energéticos a largo plazo, los sistemas fotovoltaicos pueden mejorar la sostenibilidad del ambiente de las operaciones industriales, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuyendo a la par, la dependencia de combustibles fósiles; la integración de tecnologías avanzadas de gestión de energía y monitoreo, permite a las instalaciones a optimizar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, lo que garantiza una producción eficiente de energía (Ener City, 2022).

Según la configuración del sistema

Sistemas de tejado

Consisten en la instalación de paneles solares directamente sobre techos de edificios, aprovechando el espacio disponible en dichos lugares para generar

electricidad cerca de un punto de consumo; al integrarse en la estructura del edificio, los paneles solares de tejado no necesitan espacio adicional en tierra y pueden orientarse de forma óptima para maximizar la captación de luz solar durante el día; esto reduce la huella ambiental al usar espacios que ya existen, contribuyendo con la eficiencia energética al reducir la cantidad de energía importada en la red de electricidad (Technova, 2023).

Sistemas de montaje en tierra

Son instalaciones de paneles solares que se ubican en estructuras o soportes contruidos den el suelo, usualmente en amplios terrenos donde se optimiza la orientación e inclinación de los paneles; esta configuración es idónea para proyectos de escala mayor y donde no existen limitaciones de espacio en techos; los paneles solares montados en tierra pueden ajustarse para maximizar la captación de luz solar a lo largo del día, mejorando la eficacia de generación de la electricidad (Sola Racks, 2019).

Así mismo, permiten instalar sistemas de seguimiento solar que orientan los paneles hacia el sol en un periodo de tiempo real, optimizando más el rendimiento del sistema; esta flexibilidad en el diseño hace que los sistemas de montaje en tierra sean un elemento preferido para parques industriales y comerciales, así como en proyectos de la comunidad de energía renovable (Wanhos, 2023).

Sistemas flotantes

Los sistemas fotovoltaicos flotantes son una configuración innovadora donde los paneles solares se montan sobre estructuras flotantes en cuerpos de agua como lagos, embalses o estanques; esta tecnología no solo aprovecha el espacio en el agua que de otra forma no sería empleado, sino que también ofrece ventajas significativas

como la reducción de evaporación del agua y mejora de la calidad del líquido al brindar sombra y reducir la proliferación de las algas (EDP, 2022).

Los paneles solares flotantes se pueden diseñar para resistir condiciones ambientales adversas y de movimientos del agua, garantizando la durabilidad y seguridad del sistema; dicha configuración es adecuada particularmente para instalaciones municipales e industriales, que buscan la maximización de la eficiencia en el uso, mitigando impactos ambientales negativos (HSB Marine, 2021).

2.3 Paneles solares

Los paneles solares son dispositivos que convierten energía solar en eléctrica utilizable, aprovechando la radiación del sol por medio del efecto fotovoltaico; estos paneles se componen por celdas fotovoltaicas, usualmente hechas de silicio, generando corriente eléctrica cuando se exponen a la luz del sol; el proceso empieza cuando los fotones de luz golpean las celdas fotovoltaicas, excitando electrones en el material, creando flujo de corriente (Celsia, 2019). La energía que se genera puede utilizarse de forma directa en baterías para su posterior uso (Celsia, 2019).

Además de ser una fuente de energía renovable, los paneles solares poseen un impacto positivo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a la mitigación del cambio climático (AutoSolar, 2022). Su implementación puede reducir la dependencia de combustibles fósiles, disminuyendo la huella de carbono; la eficacia de los paneles solares ha mejorado de forma significativa en los últimos años, haciendo que sea una opción más viable y económica para generar electricidad (AutoSolar, 2022).

2.3.1 Beneficios de los paneles solares

A continuación, se describen los beneficios más importantes acerca de los paneles solares (Generación verde, 2024):

Tabla 2.2

Beneficios de los paneles solares

Beneficio	Descripción
Energía renovable	Los paneles solares emplean luz solar, una fuente inagotable de energía, disponible en casi todas las partes del mundo.
Reducción de emisiones de CO2	Generan electricidad sin producir gases de efecto invernadero, ayudando a mitigar el cambio climático.
Ahorro en costos de electricidad	La instalación de paneles solares ayuda a reducir significativamente las facturas de electricidad, permitiendo a las personas generar su propia energía y depender menos de proveedores.
Mantenimiento bajo	Requieren poco mantenimiento, necesitando solo limpieza periódica y revisiones usuales.
Independencia energética	Permiten a los usuarios generar su propia electricidad, minimizando la dependencia de los proveedores de energía externos.
Incentivos y subsidios	Existen incentivos fiscales o subsidios, fomentando la instalación de paneles solares.

Aumento de valor en la propiedad	Las propiedades con sistemas solares instalados pueden tener un mayor valor del mercado.
Desarrollo tecnológico	La inversión en energía solar impulsa al desarrollo de tecnologías nuevas e innovación.
Versatilidad de las aplicaciones	Los paneles solares pueden utilizarse en una gama amplia de aplicaciones, alimentando dispositivos pequeños y brindando energía para hogares o empresas grandes.
Contribución a la economía local	La instalación y el mantenimiento de paneles solares crean empleos y fomentan al desarrollo local económico, integrando puestos de manufactura, entre otros.
Reducción de huella de carbono	Ayudan a minimizar la huella de carbono comunitaria e individual, promoviendo las prácticas más sostenibles, contribuyendo en la lucha contra el cambio global de clima.
Resiliencia energética	Brindan una fuente de energía continua y fiable, especialmente en las áreas remotas o con limitado acceso a la red eléctrica.

Nota. La tabla muestra los beneficios de los paneles solares. Datos adaptados de Generación verde, 2024.

2.3.2 Tipos de paneles solares

Los paneles solares son una tecnología esencial para el aprovechamiento de la energía solar y convertirla en electricidad que se pueda utilizar; existen diversos tipos

de paneles solares, cada uno con sus aplicaciones y características específicas. A continuación, se describen los tipos más relevantes:

Paneles monocristalinos

Los paneles monocristalinos se hacen de un solo cristal de silicio puro, permitiéndoles alcanzar una eficiencia alta y durabilidad; se diferencian por su oscuro color y bordes redondeados; estos paneles poseen una eficiencia que varía entre 15% y 22% y se conocen por su óptimo rendimiento en altas condiciones de radiación solar; su proceso de fabricación es más costoso, ofreciendo una vida útil mayor y un rendimiento mejor en los espacios limitados (Hilcu, 2022).

Figura 2.12

Paneles monocristalinos



Nota. Paneles monocristalinos. Adaptado de *Diferencias entre paneles solares monocristalinos y policristalinos* [Fotografía], por El Consultor Solar 2022

Paneles policristalinos

Se fabrican a partir de fragmentos múltiples de silicio fundidos; los paneles solares policristalinos son menos eficientes usualmente en comparación a los monocristalinos, con la eficiencia entre 13% y 16%; su apariencia es azulada y posee

bordes rectos; dichos paneles son más económicos de producir y se emplean ampliamente en instalaciones de residencias y comercios, siendo una opción regular debido al balance que tienen entre eficiencia y costo (Sotysolar, 2023).

Figura 2.13

Paneles policristalinos



Nota. Paneles policristalinos. Adaptado de *Paneles solares policristalinos* [Fotografía], por Factor Energía 2023

Paneles de película delgada

Los paneles de película delgada emplean una capa delgada de material fotovoltaico depositado sobre la base como plástico, vidrio o metal; las clases más comunes integran el silicio amorfo, di seleniuro de cobre, telurio de cadmio, indio y galio, entre otros; aunque son menos eficientes en comparación con los demás paneles, poseen ventajas como flexibilidad, rendimiento en condiciones de poca luz, peso ligero, etc; siendo ideales para aplicaciones donde la versatilidad y el peso son más importantes que una máxima eficiencia (Solarbuy, 2024).

Figura 2.14

Paneles de película delgada



Nota. Paneles de película delgada. Adaptado de *Paneles solares de capa fina: ¿Qué son y cuáles son sus características?* [Fotografía], por SolarPlak 2022

Paneles bifaciales

Estos paneles pueden capturar la luz solar de ambos lados, incrementando la cantidad de energía generada por un metro cuadrado; son útiles especialmente donde la luz se refleja en el suelo o de superficies cercanas que se puede aprovechar; aunque su valor es más costoso, puede ofrecer un rendimiento mejor significativamente en condiciones determinadas, como instalaciones sobre superficies reflectantes (TraceSoftware, 2023).

Figura 2.15

Paneles bifaciales



Nota. Paneles bifaciales. Adaptado de *Paneles solares bifaciales: Características y ventajas* [Fotografía], por TraceSoftware 2023

Paneles híbridos

Los paneles solares híbridos combinan la tecnología fotovoltaica con tecnologías térmicas, permitiendo generar simultáneamente calor y electricidad; siendo útiles en aplicaciones donde se requiere tanto energía eléctrica como la calefacción, como en instalaciones residenciales que también necesitan agua caliente; esta combinación puede mejorar la eficacia del sistema, optimizando el uso de un espacio disponible (Endef, 2022).

Figura 2.16

Paneles híbridos



Nota. Paneles solares híbridos. Adaptado de *Panel solar híbrido – Qué es, ventajas y para qué sirve* [Fotografía], por Endef 2022

CAPÍTULO III

MARCO INVESTIGATIVO

3.1 Metodología

En este capítulo, presentamos el proceso y el tipo de investigación que llevamos a cabo para la elaboración de este proyecto y orientándonos a métodos de investigación analítica y vinculando a las metodologías que las respalda. La investigación se apoyó en estudios técnicos del fenómeno investigado, utilizando los siguientes métodos de investigación, los cuales fortalecieron el proyecto de la siguiente manera:

3.1.1 Método cualitativo

La investigación cualitativa intenta describir sistemáticamente las características de variables y fenómenos (generar y refinar categorías conceptuales, descubrir y probar relaciones entre fenómenos o comparar constructos e hipótesis generados a partir de fenómenos observados en diferentes contextos), así como revelar relaciones de causa y efecto, pero evita asumir estructuras o relaciones, buscando descubrir teorías que expliquen los datos, que luego puedan desarrollar y respaldar hipótesis o afirmaciones causales generadas inductivamente que se ajusten a los datos y creen estructuras. Los datos pueden recopilarse antes de la formulación final de una hipótesis o pueden obtenerse con fines descriptivos y analíticos en un estudio exploratorio (Quecedo Lecanda, 2020).

3.1.2 Investigación Exploratoria

Utilizamos este tipo de investigación que nos permite estudiar y explorar el fenómeno en estudio con una perspectiva amplia para comprender la problemática

que enfrentan los usuarios que dejan su vehículo en el parqueadero de CNEL La Libertad.

3.1.3 Investigación Descriptiva

Básicamente, la investigación descriptiva es un enfoque sistemático mediante la observación del área de trabajos en la que se van a instalar los paneles y la manera en que se realizara el sistema eléctrico en la empresa eléctrica del cantón La libertad, especificando los puntos claves y determinando la solución para el parqueadero que se encuentra sin luminaria.

3.1.4 Método Cuantitativo

Utilizando métodos cuantitativos de investigación para identificar patrones de comportamiento en el problema de investigación y probar hipótesis, mediante un enfoque que permite medir el fenómeno en estudio, se obtiene la presunción, para realizar análisis causales y utilizar los datos recopilados para probar la conjetura.

3.1.5 Medición

La información obtenida por este método permite brindar la información real sobre el fenómeno en estudio y aclarar el propósito de la investigación, aportando datos importantes que permiten comparar la información actual con la información necesaria.

Este método permitió a los investigadores determinar la presencia de una sobrecarga en el transformador de 90 W. conectado a la CNEL en la empresa eléctrica en el Cantón La Libertad, se realizaron mediciones directas en diferentes momentos en el circuito de distribución de baja tensión, en las líneas abiertas, mediante una herramienta vatímetro.

3.1.6 Observación

La elección de este método es esencial para nuestra investigación, permite realizar un análisis comparativo de los sistemas instalados y por instalar, proporcionando así un "registro sistemático, válido y fiable de comportamientos y situaciones observables" que lo confirma.

En la empresa Eléctrica del cantón la Libertad Cnel. se observaron diversas situaciones en los conductores por instalar, había una gran cantidad de nodos, transformadores separados, siendo que en la localidad es el punto de concentración de la electricidad a nivel de la provincia de Santa Elena, los conductores pasaban por los techos de las oficinas, para esto el proyecto enfrentó la necesidad de resolver estos pequeños inconvenientes para el análisis de instalación.

3.1.7 Trabajo de campo

El trabajo de campo es un método para observar y obtener información sobre el entorno de trabajo en donde se realiza un estudio, normalmente, el trabajo de campo se lleva a cabo en nuestro entorno cotidiano en lugar de en un laboratorio. Permitiendo a los investigadores recopilar datos sobre lugares dinámicos y las personas que los habitan.

Este trabajo se utiliza con mayor frecuencia en campos de las ciencias sociales como la antropología y las profesiones de la salud, donde existe un vínculo esencial entre la teoría y la práctica. Las ciencias naturales, como la biología o la química, se ocupan de las propiedades físicas de la naturaleza y del medio ambiente natural (Narvaez, 2022).

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

Este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de los objetivos planteados en la tesis que se titula “Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena”, especificando los datos de implementación e investigación para determinar la factibilidad de la instalación de este sistema, mediante cálculos de costo-beneficio, detallando mediante un presupuesto los costos del desarrollo de la propuesta.

4.1 Diseño y Cálculos del Sistema Fotovoltaico

4.1.1 Información General del Sector a Implementar

El presente proyecto de titulación se realizará en la Corporación de Electricidad CNEL S.A. de la provincia de Santa Elena en el sector del estacionamiento que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones, con el fin de brindar protección y seguridad a los vehículos que pertenecen a la institución. Este sector cuenta con 8 postes eléctricos de los cuales no se estima un funcionamiento adecuado por el acceso a la electricidad. En este parqueadero se estacionan más de 35 vehículos, de los cuales constan vehículos privados y propios como se muestra en la gráfica.

Figura 3.1

Estacionamiento CNEL



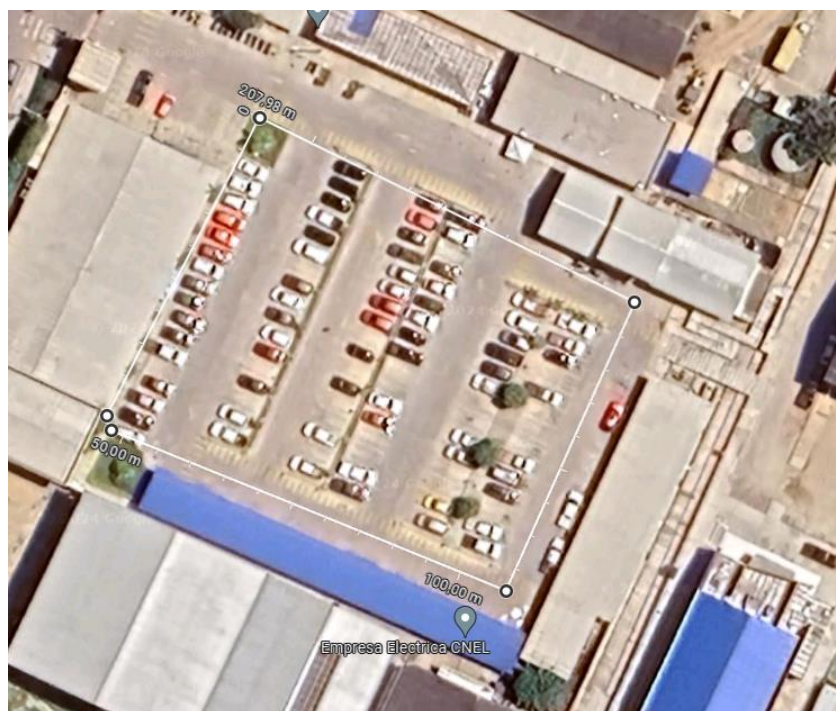
Nota. Estacionamiento CNEL. De la provincia de Santa Elena

Nota. Ubicación estacionamiento CNEL. De la Provincia de Santa Elena [Fotografía], por Google earth 2024.

Dimensión del Área del Proyecto

Figura 3.4

Dimensiones del estacionamiento de alumbrado en CNEL Santa Elena.



Nota. Dimensiones estacionamiento Cnel. De la provincia de Santa Elena [Fotografía], por Google earth 2024

Las dimensiones para la ejecución de esta instalación son completamente esenciales, ya que, como es un espacio abierto en las cuales las distancias que se van a cubrir serán las diferentes oficinas que se encuentran en el estacionamiento, se preserva la efectiva adecuación de los puntos de los paneles fotovoltaicos en las diversas oficinas de alumbrados públicos en el área administrativa que se situarán, manteniendo una sostenibilidad y rigidez que cumplen con todo lo requerido para estas instalaciones en distintos puntos. De igual manera, el personal mantiene conocimiento del armado, ángulos y refracción solar para su instalación.

Área cubierta del área estacionamiento administrativo= 156 m².

4.1.2 Radiación Solar en la Provincia de Santa Elena

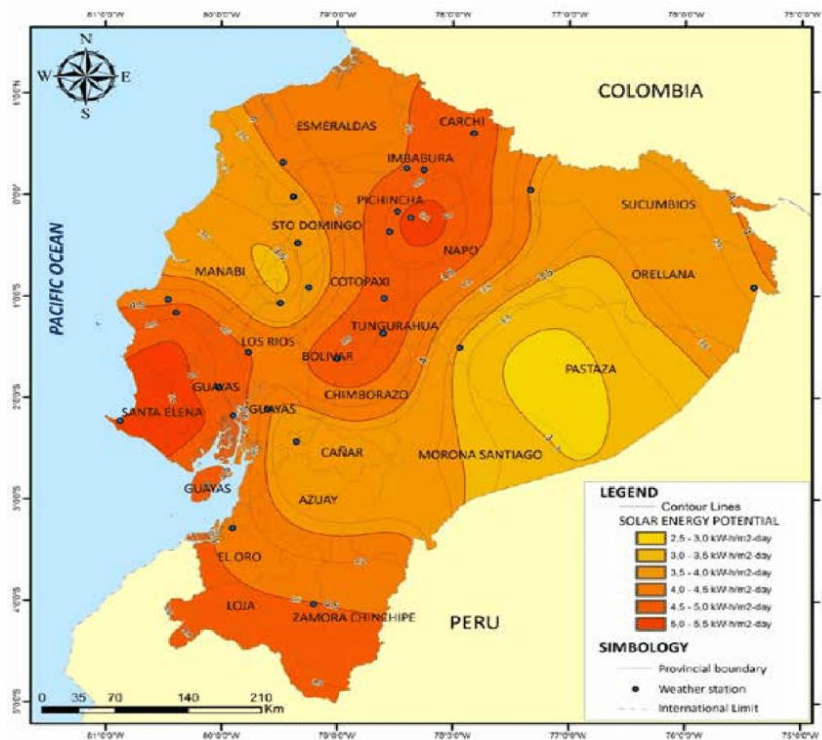
La energía que irradia el sol es inagotable y limpia, de las cuales se puede beneficiar de una radiación solar directa e indirecta, siendo los dos tipos principales de radiación solar, que son importantes en la generación de electricidad fotovoltaica, destacando que:

- La radiación solar directa es energía que proviene directamente del sol.
- La radiación solar indirecta es energía que proviene del sol que viaja a través de la atmósfera.

En Ecuador, en sectores costeros esta radiación solar es mucho más fuerte que en otras regiones del país, siendo un lugar favorable para el uso de estas energías naturales. La Península de Santa Elena en los últimos años ha generado altas temperaturas en el índice de radiación normal, razón por la cual el uso de paneles fotovoltaicos es una de las mejores alternativas para generar electricidad pura, teniendo estaciones del año con un promedio de 81% de temporada cálida en todo el año, y a su vez, contando con balnearios que aportan la absorción de radiación energética. La empresa de Energía eléctrica CNEL está situada en la avenida principal de la vía Libertad – Santa Elena y cuenta con un amplio espacio para el uso de paneles solares, siendo un punto estratégico para captar esta energía como lo demuestra la gráfica de radiaciones solares tomada por el gobierno nacional para la ejecución de un proyecto de paneles solares que se mantiene en vigencia para años futuros en el país.

Figura 3.5

Radiación solar en sectores de Ecuador



Nota. Radiación solar en sectores de Ecuador [Fotografía], por researchgate 2023

Horas Sol Pico (HSP)

En el ámbito de energía solar, entender y sacarles el máximo provecho a las horas pico es fundamental, estos tiempos son muy importantes para determinar la cantidad máxima de energía que puede obtener de la radiación solar, para ello, se analiza qué son las horas pico, cómo se calculan y se proporciona información sobre el tiempo exacto en la provincia de Santa Elena.

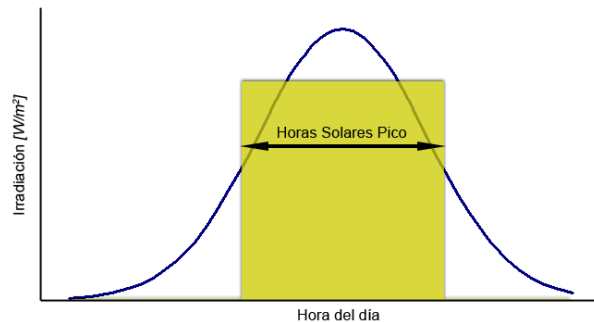
En pocas palabras, la hora solar máxima (SSP) es la cantidad de energía solar recibida por metro cuadrado de superficie, en resumen, si un sitio tiene 5 HSP, se tiene 5 horas de luz solar transmitiendo 1000 W/m². Ese día la superficie recibirá 5000 Wh/m², lo que corresponde a recibir 5 Kwh/m².

El tiempo solar máximo (HSP) es la cantidad de energía que se recibe por metro cuadrado (en horas), y esta energía varía según la ubicación (cuanto más cerca del Ecuador, esta) y la época del año.

Entonces cuando se dice que en Santa Elena en el verano de julio el sol alcanza un máximo de 4 horas. Esto significa que el sol producirá aproximadamente 4.000 Wh/m² de electricidad al día este mes.

Figura 3.6

Horas solares pico



Nota. Horas solares pico [Fotografía], por demesol 2024

4.1.3 Proceso de Conexión del Sistema Fotovoltaico.

En el estudio se implementará una conexión para alumbrado público utilizando energía pura mediante el uso de paneles solares para el almacenamiento de electricidad y brindar luz durante las noches en el parqueadero, determinando la cantidad de postes que se emplearán para cada panel solar, considerando la cantidad de energía que se usará para el alumbrado del parqueadero y su funcionamiento detallado, de la siguiente forma:

- **Paneles:** Son sistemas de producción que generan energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico, los fotones chocan con los electrones

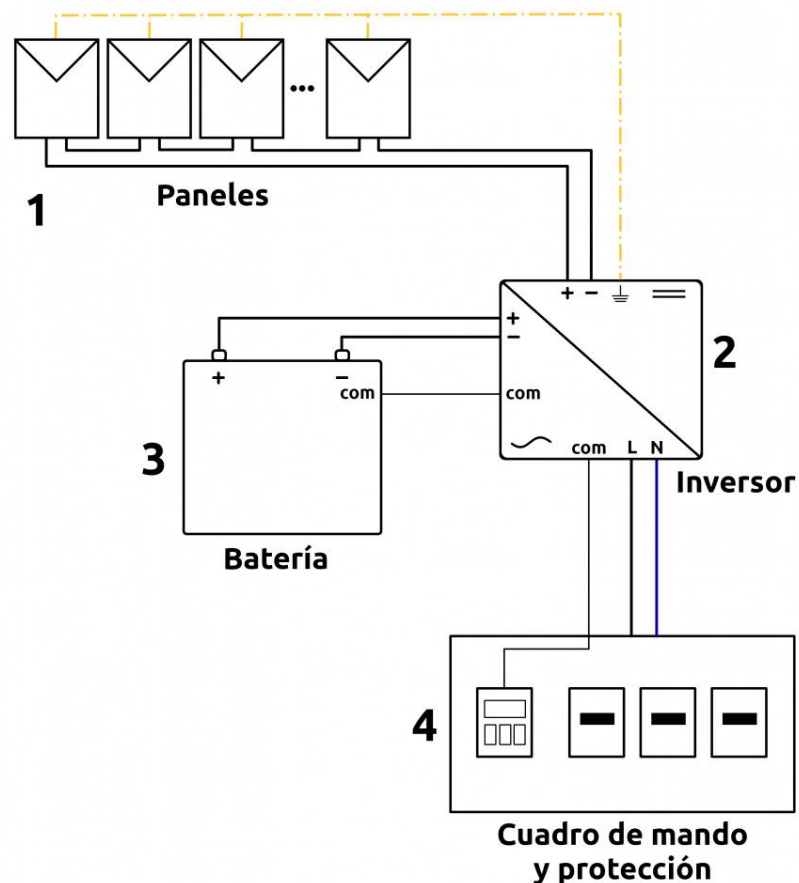
de la célula fotovoltaica y producen una pequeña corriente; Estos paneles están conectados en serie o paralelo para aumentar la potencia de salida. Una conexión en serie aumenta el voltaje entre los paneles y mantiene la resistencia, mientras que una conexión en paralelo aumenta la resistencia y mantiene el mismo voltaje. Por lo tanto, es importante que los paneles tengan características eléctricas lo más similares posible, evitando que el panel con menor resistencia limite a los demás paneles (cuando se conectan en serie) o que el panel con menor voltaje limite a los demás paneles (cuando se conectan en paralelo).

- **Inversor:** Los paneles generan corriente continua, pero, en nuestros hogares, la electricidad que se utiliza se hace indistintamente. Un inversor es el elemento encargado de convertir la energía eléctrica en corriente continua, convirtiéndola en corriente alterna y sincronizándola con las ondas de la red; También es responsable de alimentar el excedente a la red o al sistema de almacenamiento (si está configurado) siendo el componente básico del sistema de generación de energía fotovoltaica.
- **Batería:** Es un sistema de almacenamiento de energía eléctrica de manera que la energía no utilizada (sobrante) generada en el hogar se almacena en la batería. Sin sistemas de almacenamiento de energía, el exceso de la misma se puede inyectar directamente a la red o con dispositivos de "inyección cero" que impiden que los paneles produzcan más energía de la que consumen, estos últimos mediante inversores que actúan sobre la curva característica y el límite del panel terminado.

- Panel de Control y Protección:** Es el panel que alberga los dispositivos de protección eléctrica como diferenciales o unidades magnetocalóricas. Si se quiere entender la producción y el consumo de energía solar en el hogar, se necesita añadir un contador de energía. Es un dispositivo que controla el consumo y la producción y, gracias a la comunicación con el inversor, gestiona la energía según la configuración que se elija. Además, se debe incorporar un sistema de protección fotovoltaica en las líneas de CA.

Figura 3.7

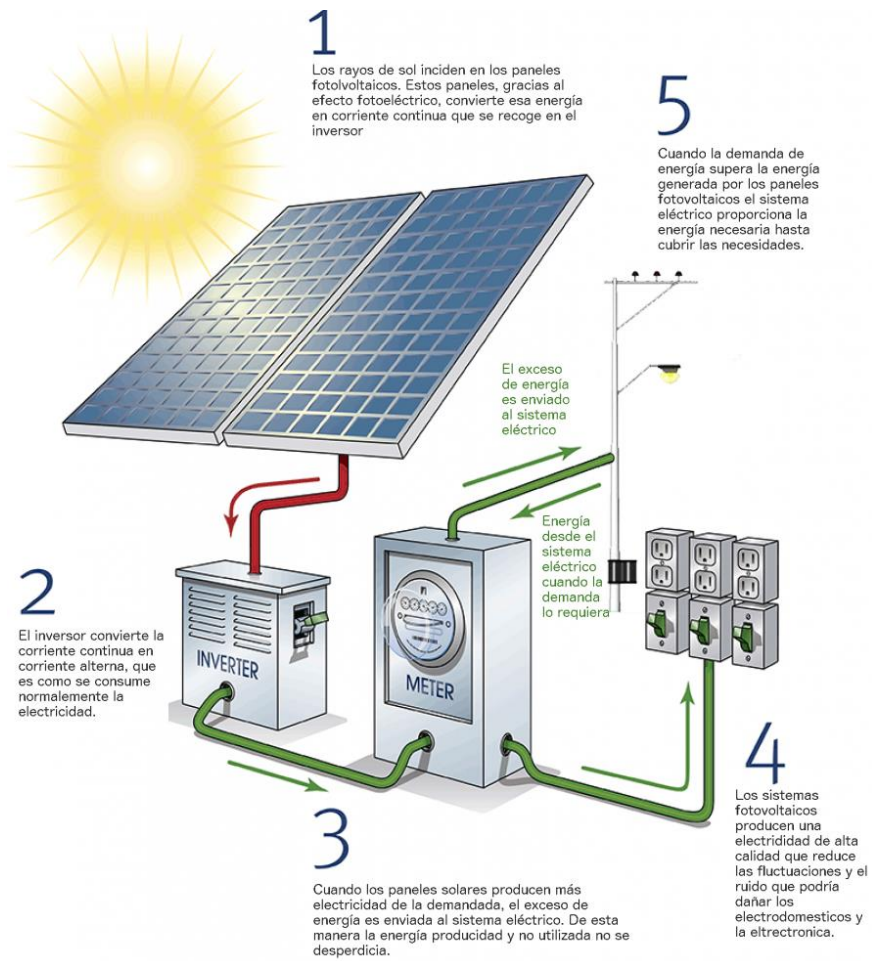
Proceso de conexión del sistema fotovoltaico



Nota. Se muestra la estructura del proceso de conexión del sistema fotovoltaico

Figura 3.8

Proceso de sistema fotovoltaico



Nota. Se muestra el proceso de sistema fotovoltaico

Cálculo de Consumo del alumbrado

Se utilizará el valor del consumo de los postes de alumbrados públicos, entre los cuales oscila aproximadamente entre 24960 Wh, permaneciendo encendidos durante toda la noche.

4.1.4 Levantamiento de Carga.

El levantamiento de carga permitirá determinar el consumo de energía que se utilizará en la implantación del sistema, por lo cual se procede a listar todos los componentes que estarán vinculados a la conexión fotovoltaica.

Tabla 3.1

Componentes vinculados a la conexión fotovoltaica.

ALUMBRADO PÚBLICO				
Cantidad	Potencia de funcionalidad por unidad (Kw)	Potencia total (Kw)	Horas de funcionamiento	Cantidad d Wh
32	65	2080	12	24960

Nota. La tabla muestra los componentes que se vinculan a la conexión fotovoltaica consumida en un día.

4.1.5 Rendimiento del sistema Fotovoltaico.

El rendimiento del panel solar representa la eficiencia del sistema fotovoltaico para convertir la energía solar en electricidad. A mayor rendimiento, mayor cantidad de Kwh producidos por placa, es decir, mayor energía. Esto significa que los paneles solares de alta eficiencia producen más energía que los paneles solares de eficiencia estándar. Si tiene un espacio limitado en el techo y facturas de energía elevadas, el rendimiento es un factor crítico.

Para verificar el valor del rendimiento fotovoltaico, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (1 - K_b - K_c - K_r - K_v) \left(1 - \frac{ka(N)}{Pd} \right) * 100\%$$

La fórmula contiene varias variables relacionadas con los daños causados por diferentes partes del sistema fotovoltaico, siendo estas:

Kb: Coeficiente de pérdidas por ganancia en el acumulador.

Ka: Porción de energía que se pierde por auto descarga.

Kc: Pérdidas por el rendimiento del inversor.

Kr: Pérdidas en el controlador de carga.

Kv: Otras pérdidas del sistema.

N: Días de autonomía para garantizar el servicio al vacío.

Pd: Profundidad máxima de descarga admisible.

Datos reales del rendimiento del Sistema Fotovoltaico.

Tabla 3.2

Datos del rendimiento del sistema fotovoltaico.

DATOS	
Kb	0.050
Ka	0.005
Kc	0.050
Kr	0.100
Kv	0.150
N	5
Pd	0.800

Nota. La tabla muestra los datos del rendimiento del sistema fotovoltaico.

$$\text{Rendimiento} = (1 * K_b - K_c - K_r - K_v) \left(1 - \frac{ka(N)}{Pd} \right) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (1 - 0.050 - 0.050 - 0.100 - 0.150) \left(1 - \frac{0.005(5)}{0.800} \right) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (0.65)(1 - 0.03150) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (0.6295) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 62.95\%$$

Tabla 3.3

Rendimiento del sistema fotovoltaico.

Kb	Pérdidas en el proceso de acumulación
0.05	Acumulados nuevos, sin descargas intensas
0.1	Acumulados viejos, descargas intensas, temperaturas bajas
Ka	Auto descarga de la batería
0.002	Baterías de baja auto descarga, sin mantenimiento
0.005	Baterías estacionarias de energía solar
0.012	Baterías de alta auto descarga
Kc	Pérdidas por el rendimiento del inversor
0	No hay inversor en la instalación
0.05	Rendimiento inversor 95%
0.1	Rendimiento inversor 90%
0.15	Rendimiento inversor 85%
0.2	Rendimiento inversor < 85%
Kv	Otras pérdidas no consideradas
0.15	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos
0.05	Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos
Pd	Profundidad de descarga máxima admisible
0.9	Batería descargada hasta el 90%
0.8	Batería descargada hasta el 80%
0.7	Batería descargada hasta el 70%
0.6	Batería descargada hasta el 60%
0.5	Batería descargada hasta el 50%
0.4	Batería descargada hasta el 40%
0.3	Batería descargada hasta el 30%
N	Número de días de autonomía
3	Vivienda fines de semana
5	Vivienda habitual
15	Instalaciones especiales con servicio prioritario
20	Instalaciones especiales alta fiabilidad
Kr	Pérdidas en el controlador de carga
0.1	Controlador de carga eficiente
0.15	Controlador de carga antiguo, poco eficiente

Nota. La tabla muestra el rendimiento del sistema fotovoltaico, por sfe-solar 2024.

4.1.6 Energía efectiva producida por el campo fotovoltaico

Para determinar la cantidad que se necesitará en el sistema fotovoltaico, también se debe la perdida que se producirá en el estudio.

$$Energia Real = \frac{Energia en cantidad de Wh}{Redimiento}$$

$$Energia Real = \frac{24.960 Wh}{0.6295}$$

$$Energia Real = 39,650 kWh$$

4.1.7 Potencia real a generar el campo fotovoltaico.

Para generar la potencia que debe usar para que la cantidad de energía no solo esté ligada a los componentes, radica de la radiación solar que recibe el panel, por tal causa, se debe calcular la potencia correspondiente a la misma.

$$Potencia Real = \frac{Energia Real}{HPS}$$

$$Potencia Real = \frac{39,650Wh}{5.25 h}$$

$$Potencia Real = 7,552 kW$$

4.1.8 Cantidad de paneles solares.

Para evaluar la cantidad necesaria de paneles solares que se van a requerir para el uso del estacionamiento, se usarán los datos antes determinados para poder brindar una cifra exacta de equipos que se requerirán para proporcionar un buen servicio eléctrico al alumbrado.

$$Cantidades de Paneles = \frac{Energia Real}{Potencia de Paneles * Hps}$$

$$Cantidades de Paneles = \frac{39,650 kWh}{0.4 kW * 5.25h}$$

$$Cantidades de Paneles = 18.88 Paneles$$

Teniendo una totalidad de 19 paneles

Tipo de panel solar a emplear

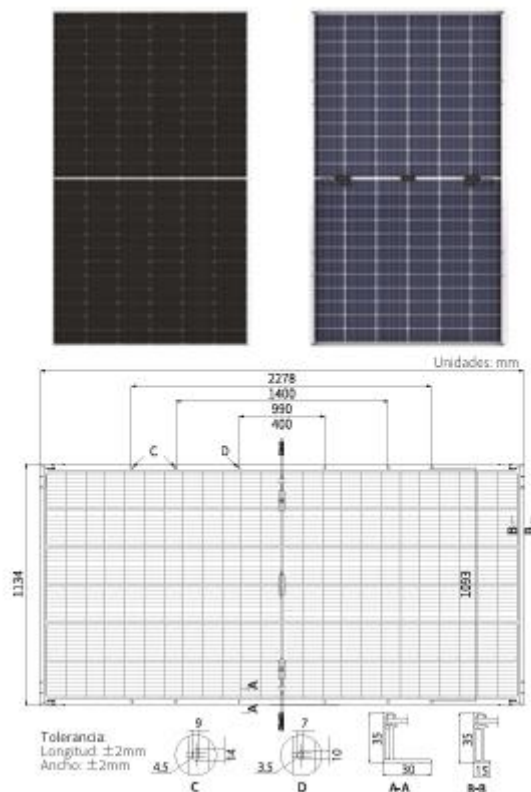
Panel solar 400 W Monocristalino Prostar

Figura 3.9

Panel solar 400 W Monocristalino Prostar.

Datos mecánicos

Distribución de las celdas	144 (6×24)
Caja de conexiones	IP68, tres diodos
Cableado	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm la longitud puede personalizarse
Vidrio	Doble vidrio templado de 2.0+2.0 mm
Marco	Marco de aleación de aluminio anodizado
Peso	32.6kg
Dimensión	2278×1134×35mm
Embalaje	31 pzas. por palet / 155 pzas. por 20' GP / 620 pzas. o 558 pzas. (solo para EUA) por 40' HC



Nota. Se muestran las especificaciones del panel solar 400 W monocristalino prostar [Fotografía], por

Prosta manual técnico 2023.

Cálculo de la conexión de los Paneles Solares.

La cantidad de paneles en el sistema estará determinada por las capacidades del equipo convertidor de CC a CA. Mediante una fórmula exacta se puede conocer el número de paneles a conectar en serie o en paralelo, teniendo en cuenta la temperatura del equipo y así establecer el número máximo de paneles conectados en serie, obteniendo cuando exista una temperatura mínima, dependiendo del modelo del dispositivo, este valor es variable. Para ello, es necesario consultar el manual técnico de usuario.

- **Vca (Temp.Min)** = Voltaje de circuito abierto a una temperatura mínima.
- **Vca (25°C)** = Voltaje de circuito abierto a 25°C.
- **CT Vca**= Coeficiente de temperatura de voltaje de circuito abierto.

$$Vca(Temp.Min) = Vca(25^{\circ}C) + Vca(25^{\circ}C)CT Vca(Temp.Min - 25^{\circ}C)$$

$$Vca(21^{\circ}C) = 47.2 + 47.2V(-0.304\%/^{\circ}C)CT Vca(Temp.Min - 25^{\circ}C)$$

$$\mathbf{Vca(Temp.Min) = 43.77V}$$

$$Cantidad\ Maximo\ en\ Serie = \frac{VmaxInversor}{Vca(Temp.Min)}$$

$$Cantidad\ Maximo\ en\ Serie = \frac{600V}{43.77V}$$

$$\mathbf{Cantidad\ Maximo\ en\ Serie = 13}$$

A diferencia de determinar la cantidad mínima de la serie en paralelo de los paneles solares, se tomará en cuenta la temperatura máxima, que se detalla a continuación:

- **Vmp (Temp.Max)** = Voltaje de circuito abierto a una temperatura máxima.
- **Vmp(25°C)** = Voltaje de potencia máxima a 25°C.
- **CT PMP**= Coeficiente de temperatura de potencia máxima.

- **VminMPP Inversor** = Voltaje mínimo MPP Inversor.

$$Vmp(Temp. Max) = Vmp(25^{\circ}C) + Vmp(25^{\circ}C)CT PMP(Temp. Max - 25^{\circ}C)$$

$$Vmp(35^{\circ}C) = 37.5V + 37.5V(-0.43\%/^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$\mathbf{Vmp(35^{\circ}C) = 35.89V}$$

$$Cantidad Minima en Serie = \frac{VminMPP Inversor}{Vmp(Temp. Max)}$$

$$Cantidad Maximo en Serie = \frac{100V}{35.89V}$$

$$\mathbf{Cantidad Maximo en Serie = 3}$$

El total de paneles solares que lo compondrán estarán vinculados por la temperatura máxima del sector en donde se ubicarán los paneles. En este caso, en el área administrativa cercana al parqueadero.

- **Icc(Temp.Max)** = Corriente de cortocircuito a una temperatura máxima.
- **Icc(25°C)** = Corriente de cortocircuito a 25°C.
- **CT Icc**= Coeficiente de temperatura de corriente de cortocircuito.

$$Icc(Temp. Max) = Icc(25^{\circ}C) + Icc(25^{\circ}C)CT IccIcc(Temp. Max)$$

$$Icc(35^{\circ}C) = 9.55A + 9.55A(0.042\%/^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$\mathbf{Icc(35^{\circ}C) = 9.59A}$$

$$Cantidad Maxima en paralelo = \frac{Corriente de entrada del Inversor}{Icc(Temp. Max)}$$

$$Cantidad Maxima en paralelo = \frac{15.5A}{9.59A}$$

$$\mathbf{Cantidad Maxima en paralelo = 2}$$

- 6 conjunto de celdas para un inversor, dividida en 2 paneles en paralelo y 13 en serie.

4.1.9 Cuantificación de las baterías Acumuladoras

El término "Acumuladores" generalmente se refiere a la batería utilizada para almacenar la energía producida por los paneles solares, estos dispositivos de almacenamiento son el componente elegido para los sistemas fotovoltaicos porque pueden almacenar la electricidad producida durante el día para utilizarla en la noche o cuando la producción solar es insuficiente.

Las baterías de paneles solares se pueden utilizar para asegurar un suministro continuo de electricidad, ya que, la producción de energía solar está directamente relacionada con la disponibilidad de luz solar, y más las horas pico del sol, los paneles solares convierten la energía solar en electricidad, parte de la cual se utiliza inmediatamente para alimentar los dispositivos conectados al sistema, de igual manera el exceso de energía se almacena en la batería para su uso posterior.

Algunos de los tipos de baterías utilizadas en los sistemas de células solares incluyen baterías de plomo-ácido, baterías de iones de litio y otras tecnologías más avanzadas. La elección del tipo de batería depende de varios factores como el coste, la capacidad de almacenamiento, la vida útil y la eficiencia del sistema.

$$\text{Capacidad del Banco de Baterías} = \frac{\text{Energía Real} * N}{V \text{ batería} * Pd}$$

$$\text{Capacidad del Banco de Baterías} = \frac{39,650 * 1}{360 * 0.8}$$

$$\text{Capacidad del Banco de Baterías} = 137.673 \text{ Ah}$$

La capacidad del paquete de baterías utiliza un sistema de baterías compuesto por 4 baterías de fibra de vidrio absorbente AGM, con una capacidad de 45 Ah y con

un voltaje de 12 V. Las baterías se conectan de forma híbrida, en serie, logrando la capacidad requerida de 137.673 Ah y 360V.

Tipo de batería a emplear

La serie HTB utiliza un electrolito de nanogel recientemente desarrollado, un aditivo alemán Super-C y un diseño de placa interna de alta resistencia. La serie HTB tiene una larga vida útil, proporcionando condiciones óptimas y un servicio confiable en condiciones extremas, como altas temperaturas y frecuentes cortes de energía. La gama es ideal para aplicaciones al aire libre, como estaciones de telecomunicaciones y sistemas de energía solar fuera de la red en áreas tropicales.

- Baterías de GEL de Ciclo Profundo de 45Ah @ C20
- Apto para operar en climas tropicales de 40 a 60°C
- 1500 ciclos @ 50% DOD o 2600 Ciclos @ 30% DOD
- Vida útil Float de 20 años a 25°C y 12 años a 40°C

Figura 3.10

Batería a emplear



Nota. Se muestran la batería a utilizar en el sistema fotovoltaico [Fotografía], por proviento manual técnico 2024

4.1.10 Inversor

Un inversor de paneles solares es un convertidor que transforma la corriente continua recibida de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, se puede utilizar esta electricidad en casa, almacenarla en baterías o inyectarla a la red, su funcionalidad del inversor en el sistema solar es muy importante para el funcionamiento de los equipos. Cuando los paneles solares reciben luz solar, los electrones comienzan a moverse en las células solares y producen electricidad continuamente. Los circuitos dentro de las células fotovoltaicas recogen energía para utilizarla en los hogares o negocios.

Aquí es donde entran en juego los inversores solares, ya que, la mayoría de los hogares funcionan con corriente alterna en lugar de corriente continua, por lo que la energía producida por los paneles solares no es útil por sí sola. Cuando los paneles solares recogen la luz solar y la convierten en energía, la envían a un inversor que recibe corriente continua y la convierte en corriente alterna.

Inversor híbrido bidireccional de 5,0Kw 48V de Goodwe, es diseñado para las instalaciones más avanzadas, el inversor controla la energía de los paneles solares y la distribuye para el consumo doméstico, almacenando la energía restante en la batería.

El GoodWe GW5048-EM funciona en paralelo a la red eléctrica, a batería o solar, tiene salida monofásica y es compatible con baterías de litio de 48V y baterías de plomo-ácido.

Figura 3.11

GoodWe GW5048-E



Nota. Se muestra el inversor GoodWe GW5048-E [Fotografía], por ypsolar manual técnico 2024

Datos técnicos del inversor GoodWe GW5048

- **Datos Artículo No:** GW5048-EM
- **Tipo de Batería:** Li-Ion
- **Voltaje nominal de la batería (V):** 48
- **Max. Voltaje de entrada de DC (V):** 550
- **MPPT rango (v):** 100-500
- **No.de MPP rastreadores:** 2
- **Max. Potencia de entrada de DC (W):** 6500 técnicos del inversor

Cantidad de inversores

Después de establecer las cantidades de baterías y de paneles, también se debe determinar la cantidad de inversores que se utilizarán.

$$\text{Numero de Inversores} = \frac{\text{Potencia del sistema fotovoltaico}}{\text{potencia del inversor}}$$

$$\text{Numero de Inversores} = \frac{7.552 \text{ Kw}}{6.05 \text{ Kw}}$$

$$\text{Numero de Inversores} = 2 \text{ Unidades}$$

Para mayor seguridad en el proceso es recomendable tener un inversor de respaldo teniendo como totalidad 3 unidades.

4.1.11 Conductores por utilizar

Los conductores deben tener un tamaño efectivo y pueden tener una clasificación hasta un 25% mayor que la corriente nominal que fluye a través de ellos. Cuando la corriente continua lo atraviesa, el conductor debe soportar las siguientes corrientes:

$$\text{Conductor 1} = 14.44A * 1.25 = 18A$$

$$\text{Conductor 2} = 14.44A * 1.25 = 18A$$

$$\text{Conductor 3} = 375A * 1.25 = 469A$$

Los conductores que utilicen 1 y 2 deben utilizar 2 cables #12 AWG-Cu/600V. 2 conductores #250 MCM-Cu/600v están mecanizados para el conductor 3. Los cables de CA están dimensionados según la misma base nominal y deben soportar las siguientes corrientes:

$$\text{Conductor 1} = 4.95A * 1.25 = 6.19A$$

$$\text{Conductor 1} = 59.34A * 1.25 = 74.18A$$

4.1.12 Cálculo de la inclinación, orientación, separación, sombra en los módulos fotovoltaicos y estructura de soporte en el SFVCR

Un factor muy importante a considerar al analizar y calcular el número de células solares, es la forma en que se genera la energía al disponer las células solares, su inclinación, orientación y sombras se pueden estudiar en SFVCR. Para ello, se realiza el siguiente análisis.

Inclinación y orientación de los paneles solares

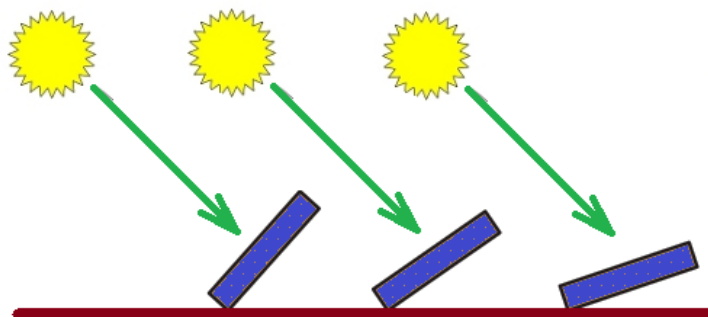
Se analizará la inclinación máxima de los paneles solares, tomando en cuenta que el ángulo de inclinación estará determinado por el ángulo (β) y es importante para el posicionamiento, es decir a la derecha del panel solar al comienzo del día y a la izquierda del panel solar al final del día. Se coloca en el centro del panel solar al mediodía porque se considera el punto más alto de radiación solar. Por lo tanto, es necesario calcular la altura a la que llega el sol sobre el horizonte (α), por lo que se utiliza la siguiente ecuación:

$$\beta = 90 - \alpha$$

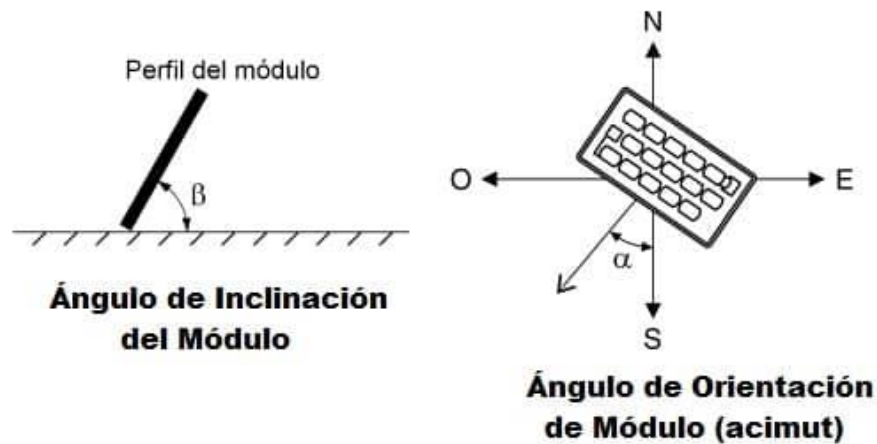
$$\alpha = 90 - \text{Latitud} - \text{Declinacion solar}$$

Figura 3.12

Inclinación y orientación de los paneles solares



INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICA



Nota. Se muestra la inclinación y orientación de los paneles solares

Dado que Ecuador está ubicado en el hemisferio sur, se supone que para máxima eficiencia los paneles solares deben estar orientados al norte, es decir, la orientación de los paneles es hacia este punto cardinal para maximizar la superficie de radiación solar.

En la ciudad de La Libertad, donde se ubica este proyecto, el ángulo de elevación solar (α) al mediodía del solsticio de invierno es de $87,67^\circ$, mientras que el ángulo de elevación solar (α) al mediodía del solsticio de verano es de $74,38^\circ$, es por eso:

$$\beta = 90 - \alpha$$

$$\beta = 90 - 87.67^\circ = 2.33^\circ$$

$$\beta = 90 - \alpha$$

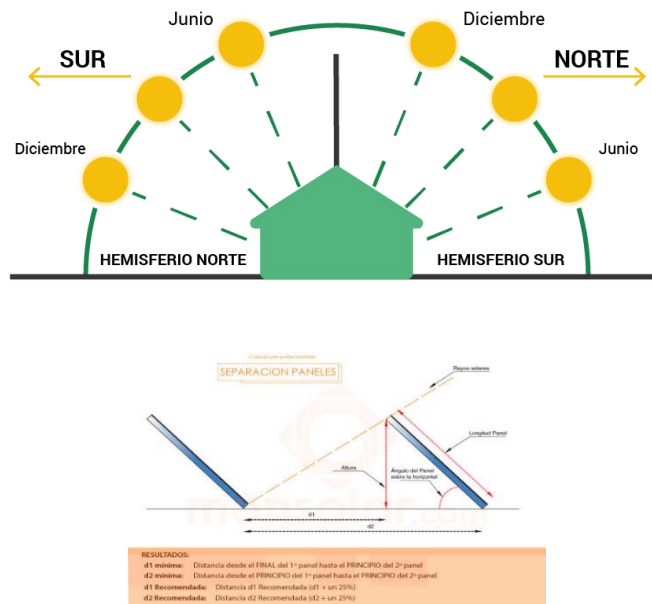
$$\beta = 90 - 74.38^\circ = 15.62^\circ$$

Para optimizar el rendimiento de los paneles, estos deben estar siempre a la altura del sol, debido a la ubicación de Ecuador en la península de Santa Elena, los

paneles tuvieron que colocarse en un ángulo de 10° o menos para obtener el máximo beneficio.

Figura 3.13

Ángulo de colocación de los paneles solares



Nota. Se muestra el ángulo de colocación de los paneles solares

$$d = d_1 + d_2$$

$$d = \frac{Z}{\tan(h_o)} + \frac{Z}{\tan(\beta)} = \frac{\iota \text{Sen}(\beta)}{\tan(h_o)} + \frac{\iota \text{Sen}(\beta)}{\tan(\beta)}$$

$$d = \iota \left(\frac{\text{Sen}(\beta)}{\tan(h_o)} + \cos(\beta) \right)$$

Donde ; $\alpha = h_o$

$$\alpha = 90 - \text{Latitud} - \text{Declinacion Solar}$$

$$\alpha = 90 - 2.13 - 25.62$$

$$\alpha = 62.25$$

Por Consiguiente;

$$\beta = 10^\circ$$

$$\iota = 2 * 1.662 = 3.24m$$

De Donde:

$$Z = \iota * \text{Sen}(\beta)$$

$$Z = 3.24m * \text{Sen}(10^\circ) = 0.557m$$

$$d = \iota \left(\frac{\text{Sen}(\beta)}{\text{Tan}(h_o)} + \text{Cos}(\beta) \right)$$

$$d = 3.24m \left(\frac{\text{Sen}(10^\circ)}{\text{Tan}(62.25)} + \text{Cos}(10^\circ) \right) = 3.57m$$

Por lo tanto;

$$d_1 = d - d_2$$

$$d_1 = d - \frac{Z}{\text{Tan}(\beta)}$$

$$d_1 = 3.57 - \frac{0.557m}{\text{Tan}(10^\circ)} = 0.30m$$

Mediante la fórmula se determina que el espacio entre los paneles desde la base sería de 30cm para que no se encuentre afectada de la sombra.

Estructura de soporte de celdas solares

Este proyecto implicó el estudio para la instalación de tubos de alambre con tornillos y colectores químicos de sulfato y cloruro en la localidad de La Libertad, a 600 metros del mar, para la instalación temporal de paneles solares. Para ello se sigue

la norma ISO 9223, donde se clasifica el grado de corrosión en función de la velocidad de corrosión obtenida durante un año para muestras de alambre de acero al carbono y acero galvanizado.

Tabla 3.4

Clasificación de categoría de corrosión

Categoría de corrosión	Rangos de las categorías de corrosión (CR)= g/m ² x año	
	Acero	Zinc
C1	CR ≤ 10	CR ≤ 0.7
C2	10 < CR ≤ 200	0.7 < CR ≤ 5
C3	200 < CR ≤ 400	5 < CR ≤ 15
C4	400 < CR ≤ 650	15 < CR ≤ 30
C5	650 < CR ≤ 1500	30 < CR ≤ 80

Nota. Se muestra la clasificación de categoría de corrosión

Además, la norma ISO 9223 clasifica la agresividad de la atmósfera en función de su contenido en sulfatos y cloruros y de la deposición de estos elementos en miligramos por metro cuadrado y día.

Tabla 3.5

Clasificación de velocidad de deposición de sulfatos

Velocidad de deposición de Sulfatos (Pd)= mg/m ² x día	Nivel de contaminación
Pd ≤ 4	P0 Atmosfera rural
4 < Pd ≤ 24	P1 Atmosfera urbana
24 < Pd ≤ 80	P2 Atmosfera industrial
80 < Pd ≤ 200	P3 Atmosfera industrial altamente contaminante

Nota. Se muestra la clasificación de velocidad de deposición de sulfatos

Tabla 3.6

Clasificación de velocidad de deposición de cloruros

Velocidad de deposición de Cloruro (Sd)= mg/m ² xdia	Nivel de contaminación
Sd ≤ 3	S0 Atmosfera rural
3 < Sd ≤ 60	S1 Atmosfera urbana
60 < Sd ≤ 300	S2 Atmosfera industrial
300 < Sd ≤ 1500	S3 Atmosfera industrial altamente contaminante

Nota. Se muestra la clasificación de velocidad de deposición de cloruros

Los criterios de selección de materiales se dan en forma de indicaciones y el objetivo es realizar de acuerdo con los criterios seleccionados, teniendo menores costos asociados con la compra del material y/o procesamiento de la aleación en forma de hilo, tener alto contenido químico y resistencia, por lo que se utilizan en paneles solares. La aplicación en el soporte es posible, tiene buena flexibilidad y puede determinar si la estructura tiene una deformación evidente, lo que significa que el soporte en sí tiene que soportar menos peso.

Considerando la variedad de soluciones y criterios a tomar en cuenta, es necesario utilizar una matriz de decisión para seleccionar objetivamente el material a presentar. Para ello se comparan los criterios entre sí en función de la importancia del sistema de puntuación y la aplicabilidad final al proyecto. Por tanto, la importancia del estándar se mide objetivamente.

Tabla 3.7

Clasificación de criterios para sistema de puntuación

	Presentación de hilo > Bajo precio > Alta resistencia química > Ductilidad > Baja densidad						
Criterios	Presentación de hilo	Bajo precio	Alta resistencia química	Buena ductilidad	Baja densidad	Suma + 1	Porcentajes
Presentación de hilo		1	1	1	1	5	33%
Bajo precio	0		1	1	1	4	27%

Alta resistencia química	0	0		1	1	3	20%
Buena ductilidad	0	0	0		1	2	13%
Baja densidad	0	0	0	0		1	7%

Nota. Se muestra la clasificación de criterios para sistema de puntuación

Tabla 3.8

Soluciones y criterios

Soluciones \Criterios	Presentación de hilo	Bajo precio	Alta resistencia química	Buena ductilidad	Baja densidad	Suma	Prioridad
Acero inoxidable	33% * 20%	27% * 20%	27% * 30%	13% * 13%	7% * 23%	21%	3er lugar
Acero galvanizado	33% * 30%	27% * 27%	27% * 17%	13% * 27%	7% * 23%	26%	1er lugar
Acero al carbono A360	33% * 30%	27% * 33%	27% * 7%	13% * 27%	7% * 23%	25%	2do lugar
Acero A588	33% * 10%	27% * 10%	27% * 30%	13% * 7%	7% * 23%	14%	4to lugar
Acero A572	33% * 10%	27% * 10%	27% * 17%	13% * 27%	7% * 7%	13%	5to lugar

Nota. Se muestran las soluciones y criterios

Dada la evaluación mediante la normativa, se decidió instalar estos paneles solares con Acero galvanizado, siendo la mejor opción ante la inclemencia del clima.

4.2 Estudio económico del proyecto

El estudio económico del proyecto a evaluar se realiza calculando el precio real del material en el mercado actual; Este presupuesto se aproximará al valor real del sistema para determinar si el proyecto es factible en el área del parqueadero de la empresa eléctrica CNEL con sede en Santa Elena.

4.2.1 Análisis técnico-económico del Sistema Fotovoltaico

Este estudio de instalación de paneles solares determina la viabilidad definitiva previa a la instalación y se predice en función de la inversión en el proyecto en sí y los costos operativos de la instalación física. Además, se analizará el retorno de la inversión del proyecto en función de la inversión inicial requerida para instalar el sistema fotovoltaico. Este análisis determinará el consumo eléctrico mensual de los

equipos actuales, teniendo en cuenta los costos de instalación, costos de equipos y costos de mano de obra, y de igual forma, los ahorros que se lograrán con su uso.

4.2.2 Inversión inicial

El estudio de ROI se basará en el análisis económico de las inversiones en dispositivos optoelectrónicos, considerando que la vida útil del sistema de energía solar después de su instalación es de 20 años, todos los elementos serán utilizados para la investigación, ya que esto determina el valor del consumo energético del área del estacionamiento. El análisis incluye los costes de operación y mantenimiento de los paneles solares, que son los factores de inversión más importantes en una instalación solar, y tardará aproximadamente 28 años en realizar un análisis de la inversión inicial y la rentabilidad, así como el retorno financiero del proyecto.

4.2.3 Costo de instalación fotovoltaica

El precio final de todo el sistema solar tiene en cuenta los siguientes componentes con mayor valor económico, como:

- Ensamblaje de la estructura
- Importación de paneles solares.
- Análisis y diseño de la estructura.
- Permiso de construcción de los puntos de anclaje.
- Mano de obra especializada con asistencia técnica del personal local
- Sistema de cableado de equipos
- Instalación de equipos
- Remuneraciones
- Pagos de consumo de servicios
- Costos previos.

4.2.4 Costo de equipos e instalación

El área del estacionamiento es una parte abierta en la cuales en los alrededores se encuentran oficinas en donde se instalarán los paneles de los cuales los precios derivan:

Tabla 3.9

Costo de instalación

Cantidades	Descripción	Precio unitario	Total
19	Paneles solares	\$210	\$3990
4	Baterías	\$161	\$644
3	Inversores	\$559	\$1677
20	Estructuras para paneles	\$150	\$3000
	Total, a Pagar		\$9311

Nota. Se muestran los costos de instalación

4.2.5 Costo de permiso y dirección técnica

Estos costos de permisos son tan importantes para la implementación tanto eléctrica del todo el Sistema con los precios especificados de cada rubro.

Tabla 3.10

Costo de permisos y dirección técnica

Rubro	Cantidad	Valor Total
Diseño y aprobación de plano eléctrico en CNEL	1	\$500
Sistema de puesta a tierra	1	\$550
Permiso de construcción	1	\$150
Dirección técnica	1	\$2000
Costos imprevistos	1	\$100
Total		\$3300

Nota. Se muestran los costos de permisos

4.2.6 Costo de mano de obra en la instalación

Se realiza con especialista en la rama de ingeniería eléctrica e ingenieros en sistema fotovoltaico, los cuales se detallarán en lo siguiente:

Tabla 3.11

Costo de mano de obra

	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Residente de obra (Técnico responsable)	1	\$1100	\$1100
Jefe técnico	1	\$850	\$850
Técnicos eléctricos	2	\$550	\$1100
Total			\$3050

Nota. Se muestran los costos de mano de obra

4.2.7 Costo total de la inversión

Se definirá los valores totales de los diferentes ítems en donde se genera valores de instalación e implementación.

Tabla 3.12

Costo de inversión

Definición de rubro	Valor Obtenido
Costos de equipos y herrajes.	\$9311
Costos de dirección técnica, permisos de construcción y otros.	\$3300
Costos profesionales y mano de obra para desarrollo instalación.	\$3050
Costos imprevistos (a recurrencia)	\$200
Total, inversión	\$15861

Nota. Se muestran los costos de inversión

4.2.8 Consumo energético real

Se realizará una comparación preliminar de los sistemas fotovoltaicos para determinar el consumo actual en el estacionamiento de la empresa eléctrica nacional CNEL sede Santa Elena, las tarifas vigentes de ARCONEL se aplicarán a este rubro en el plan tarifario 2024 del año en curso.

4.4 TARIFAS DE MEDIO VOLTAJE

Se aplican a los consumidores de la categoría general (ver numeral 4.1.2) en el nivel de medio voltaje. Si un consumidor de este nivel de voltaje, está siendo medido en bajo voltaje, la distribuidora debe considerar un recargo equivalente al 2% de los montos medidos de potencia y de energía; en razón de las pérdidas de potencia y energía eléctrica del transformador.

4.4.1 Tarifa General con demanda

Se aplica a los consumidores de la categoría general de medio voltaje que disponen de un registrador de demanda máxima.

El consumidor debe pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
 - Un cargo por potencia en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable (indicada en el numeral 4.6.4.1) como mínimo de pago, independiente del consumo de energía.
 - Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.
- En el caso de los consumidores de asistencia social, beneficio público y culto religioso, se aplica la misma estructura tarifaria indicada en este apartado.



4.4.2 Tarifa General con demanda horaria.

Se aplica a los consumidores de la categoría general, en medio voltaje, que disponen de un registrador de demanda horaria, que les permite identificar la demanda de potencia y los consumos de energía en los periodos horarios de punta, media y base. Esta tarifa no aplica para los consumidores industriales.

El consumidor debe pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable (indicada en el numeral 4.6.4.1) como mínimo de pago, independiente del consumo de energía, multiplicado por un factor de gestión de la demanda (FGD) señalado en el numeral 4.6.5.1.
- Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de 08:00 hasta las 22:00 horas.
- Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el periodo de 22:00 hasta las 08:00 horas.

En el caso de los consumidores de asistencia social y beneficio público, se aplica la misma estructura tarifaria indicada en este apartado.

Con base en las normas y costos tarifarios, es posible calcular el consumo en el territorio del estacionamiento de la Empresa eléctrica CNEL sede santa elena. La siguiente tabla describe los montos a pagar a ARCONEL por cada título, para el

cálculo de los cargos por demanda se asume un valor de factor de gestión de la demanda de 0,95 ya que la carga se utilizará entre las 18:00 y las 05:00 horas.

Tabla 3.13

Valor de comercialización

VALOR DE COMERCIALIZACION				
Mayor 1000 Kwh/mes		\$7.066		
DEMANDA				
Demanda Kw	Demanda USD/Kw	FDG	Total	
15.85	\$4.003	0.95	\$60.28	
ENERGIA				
Kwh/diario	Dias laborables/mes	Kwh/mes	Kwh	Total
190.176	20	3803.52	\$0.090	\$342.32
0	20	0	\$0.073	\$0
TOTAL, A PAGAR POR CARGO DE ENERGIA				\$342.32

Nota. Se muestran el valor de comercialización

Con este sistema estos costes se ahorran al saldar la deuda de inversión inicial necesaria para la planta solar. Al calcular el tiempo se debe eliminar la deuda inicial y correlacionar dos de los valores debido al efecto de ahorro de energía.

$$Tiempo = \frac{Inversion\ total\ del\ SF}{Valor\ de\ Consumo}$$

$$Tiempo = \frac{\$15861}{\$4916.67}$$

$$Tiempo = 3.23\ años$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La evaluación acerca de la viabilidad técnica de la implementación de un sistema de iluminación con paneles fotovoltaicos, determinó que, dado el nivel de radiación la provincia de Santa Elena, específicamente en el parqueadero de CNEL EP, los paneles fotovoltaicos seleccionados son eficaces para convertir la energía solar en electricidad, demostrando que el sistema es capaz de generar energía suficiente para satisfacer las necesidades de iluminación en el parqueadero, incluso en condiciones de irradiación baja.
- Se realizó un análisis económico detallado del sistema de iluminación con paneles fotovoltaicos en el parqueadero CNEL EP Santa Elena, destacando que, aunque la inversión inicial es significativa, los costos operacionales y de mantenimiento a largo plazo son más bajos considerablemente en comparación a los sistemas tradicionales de iluminación. Se evaluaron las marcas, componentes y precios, comprobando la viabilidad de la instalación, demostrando un costo – beneficio positivo.
- El análisis del impacto ambiental de la implementación del sistema de iluminación con paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, evidenció una reducción en la huella de carbono, aprovechando la radiación solar, siendo especialmente útil en un país donde la electricidad escasea y se han experimentado apagones, haciendo de esta, una alternativa viable que asegure un suministro de energía pura.

5.2. Recomendaciones

- Es recomendable llevar a cabo evaluaciones periódicas de rendimiento y mantenimiento preventivo de paneles fotovoltaicos para asegurar la viabilidad técnica a largo plazo, incluyendo la limpieza regular de los paneles, maximizando la absorción de radiación solar e inspección de las conexiones eléctricas, con el fin de prevenir fallos.
- Para mejorar la viabilidad económica del proyecto, se recomienda aprovechar las oportunidades de subvenciones disponibles para trabajos de energía renovable, lo que puede minimizar el costo inicial de la inversión. Así mismo, es importante establecer contratos de mantenimiento a largo plazo con proveedores confiables, asegurando un servicio de calidad y continuo, optimizando el rendimiento del sistema.
- Para maximizar el impacto ambiental positivo y sus beneficios sostenibles en la implementación del sistema fotovoltaico, se sugiere complementar la instalación con programas y capacitaciones sobre concienciación ambiental dirigidos al personal de CNEL EP, enfatizando en la importancia de la energía solar como fuente pura y renovable, promoviendo prácticas sostenibles en la empresa y comunidad, asegurando un compromiso continuo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciona. (2023). *Energías renovables*. https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=11734293023
- Ambientum. (25 de 11 de 2022). *Conversión fotovoltaica*.
https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/articulos-energia/conversion_fotovoltaica.asp
- Appa. (2023). *¿Qué es la Energía Marina?* <https://www.appa.es/appa-marina/que-es-la-energia-marina/>
- Argentina. (2023). *¿Qué son las energías renovables?*
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables>
- Arrata, D. (2021). Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG.
- Aula21. (2022). *Energía Solar Fotovoltaica: Qué es y cómo funciona*.
<https://www.cursosaula21.com/que-es-energia-solar-fotovoltaica/>
- AutoSolar. (2022). *¿Qué es un panel solar?* <https://autosolar.es/energia-solar/que-es-un-panel-solar>
- BBVA. (2023). *¿Qué es la energía solar y cómo se produce? Cuando el sol es el protagonista*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar/>
- Caballero, A. (15 de 09 de 2023). *Energías renovables: ¿Qué son y para qué sirven?*
<https://climate.selectra.com/es/que-es/energias-renovables>

CELEC. (2022). *BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL*.

https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022_.pdf

Celsia. (05 de 05 de 2019). *Paneles solares ¿Cómo funcionan y qué son?*

<https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>

Delgado, R. (16 de 11 de 2022). *¿Cómo funciona la energía solar termoeléctrica?*

<https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/como-funciona-la-energia-solar-termoelectrica/>

EC Europa. (2022). *Espectro electromagnético*.

https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm

Ecotech. (2022). *Sistema interconectado a la RED o «GRID-TIED»*.

<https://ecotechgeccai.wordpress.com/sistema-interconectado-a-la-red-o-grid-tied/#:~:text=Los%20sistemas%20Grid%2DTie%20est%C3%A1n,los%20paneles%20a%20la%20red.>

EDP. (2022). *Paneles solares flotantes*. <https://www.edp.com/es/paneles-solares-flotantes>

El Universo. (22 de 10 de 2023). *¿Es culpa del crecimiento de la demanda de energía*

el riesgo de los apagones? <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/es-culpa-del-crecimiento-de-la-demanda-de-energia-el-riesgo-de-los-apagones-nota/>

Endef. (2022). *Panel Solar Híbrido – Energía solar para principiantes*.

<https://endef.com/paneles-solares-hibridos/>

Endesa. (2023). *Centrales de biomasa y sus tipos*.

<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>

Enel Green Power. (2022). *Energías renovables*.

<https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables>

Enel X. (2023). *¿Qué es un sistema fotovoltaico on grid y off-grid?*

<https://www.enelx.com/cl/es/preguntas-y-respuestas/que-es-un-sistema-fotovoltaico-on-grid-y-off-grid#:~:text=Off%20grid%3A%20Un%20sistema%20Off,un%20inversor%20y%20bater%C3%ADas%20solares.>

Ener City. (2022). *Plantas fotovoltaicas: una buena opción para las industrias*.

<https://enercitysa.com/blog/plantas-fotovoltaicas/>

Enercity. (2023). *Introducción A La Energía Fotovoltaica*.

<https://enercitysa.com/blog/introduccion-a-la-energia-fotovoltaica/>

EnercitySA. (18 de 10 de 2022). *Radiación solar en Ecuador y cómo funciona*.

<https://enercitysa.com/blog/radiacion-solar-en-ecuador/>

EVE. (2022). *La energía marina*. <https://www.eve.eus/Conoce-la-Energia/Que-sabes-de/La-Energia-Marina?lang=es-es>

Foro Nuclear. (2023). *¿Qué es la energía eólica?*

<https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y->

respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-energia-eolica-y-como-se-aprovecha/

Gencat. (2022). *Tipos de energía geotérmica*.

<https://icaen.gencat.cat/es/energia/renovables/geotermica/tipus/index.html>

Generación verde. (23 de 02 de 2024). *Ventajas de los paneles solares*.

<https://generacionverde.com/blog/sin-categoria/ventajas-de-los-paneles-solares/>

Gobierno de México. (25 de 09 de 2018). *Beneficios de usar energías renovables*.

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/beneficios-de-usar-energias-renovables-172766>

Grijalva, C., & Vélez, F. (2020). *Estudio e implementación de un sistema*

fotovoltaico aplicado a luminarias. Proyecto de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>

Hilcu, M. (2022). *Placas solares monocristalinas*. [https://www.otovo.es/blog/placas-](https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-monocristalinas/)

[solares/placas-solares-monocristalinas/](https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-monocristalinas/)

Hisour. (2018). *Constante solar*. <https://www.hisour.com/es/solar-constant-39498/>

HSB Marine. (2021). *Solución de planta solar flotante*.

<https://www.hsbmarine.com/es/productos/solar-flotante>

IDAE. (2021). *SOLAR TERMOELÉCTRICA*.

[https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-termoelectrica#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20termoele%C3%](https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-termoelectrica#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20termoele%C3%91)

A9ctrica%2C%20utiliza,termodin%C3%A1micas%20de%20conversi%C3%B3n%20en%20trabajo.

IDEAM. (2023). *Radiación solar*. <https://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>

Inca, G., & Cabrera, D. (2023). Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas. *Ciencia Latina*, 7(3). https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6835

Iñarra, C., & López, C. (15 de 10 de 2023). *Sistemas fotovoltaicos industriales de generación distribuida*. <https://maerenovables.com/que-son-los-sistemas-fotovoltaicos-industriales-de-generacion-distribuida/#:~:text=Un%20sistema%20fotovoltaico%20industrial%20es,de%20los%20rayos%20del%20sol.>

Irena. (07 de 2022). *Costos de generación de energía renovable en 2021*. <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021-ES>

Jimbo, M. (2019). *Iluminación del parqueadero de la Universidad Católica de Cuenca con energía fotovoltaica*. Trabajo de investigación, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca.

Maldonado, M., & Velastegui, D. (2022). *Implementación de un sistema fotovoltaico para residencias, en la comuna Masa 2*. Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22497/1/UPS-GT003706.pdf>

- Marsam Solar. (2023). *Sistemas de paneles solares para comercios*.
<https://marsamsolar.com/sistemas-paneles-solares-comerciales/>
- Martínez, B. (08 de 07 de 2024). *Sol, piel y radiación solar: todo lo que necesitas saber*. <https://www.isdin.com/es/blog/efectos-radiacion-solar-piel/>
- McGraw Hill España. (2023).
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- National Geographic. (2021). *¿Qué es la energía geotérmica?*
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-la-energia-geotermica>
- Novum. (31 de 05 de 2020). *¿Qué es un Sistema solar Conectado a Red y cómo funciona?* <https://novumsolar.com/sistema-solar-conectado-a-red/>
- Ordoñez, S. (2016). Alternativas para el desarrollo económico sostenible y sustentable en el ecuador, enmarcadas en las energías geotérmica, solar, hidráulica, eólica, biomasa.
- Orellana Lalanguí, A. G. (2015). Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de Integración Barrial, sector El Plateado servido por Empresa Eléctrica Regional del Sur (Bachelor's thesis).
- Ovacen. (2021). *Energía solar fotovoltaica*. <https://ovacen.com/energias-renovables/solar/fotovoltaica/>

Peña, L. (20 de 04 de 2023). *Sistema Fotovoltaico Aislado de la Red | Autónomo | Off Grid*. <https://ilumin.online/sistema-fotovoltaico-aislado-de-la-red-autonomo-off-grid/>

Quecedo Lecanda, R. (2020). *Introducción a la metodología de investigación cualitativa*. Revista de Psicodidáctica.

Repsol. (2022). *Tipos de energías renovables y por qué son importantes*. <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshtml>

Seguí, P. (2022). *Definición: ¿Qué es la energía solar fotovoltaica?* <https://ovacen.com/energias-renovables/solar/fotovoltaica/#:~:text=El%20proceso%20de%20transformaci%C3%B3n%20de,solar%20en%20los%20paneles%20solares>

Selectra. (26 de 09 de 2023). *Energía solar fotovoltaica y térmica: ventajas y desventajas*. <https://climate.selectra.com/es/que-es/energia-solar>

Sola Racks. (2019). *¿Cuáles son los diferentes tipos de sistemas solares de montaje en tierra?* <https://www.solaracks.com/es/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-sistemas-solares-de-montaje-en-tierra/#:~:text=Los%20sistemas%20solares%20montados%20en,orientado%20en%20horizontal%20o%20vertical.>

Solano, K. (2024). *¿QUÉ ES LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA?* <https://www.ceupe.pe/blog/que-es-la-energia-hidroelectrica.html>

- Solar Bolivia. (28 de 03 de 2024). *Energía solar residencial: Todo lo que necesitas saber*. <https://www.linkedin.com/pulse/energ%C3%ADa-solar-residencial-todo-lo-que-necesitas-saber-s-solar-srl-tleve/>
- Solarama. (2023). *Conoce los 9 tipos de radiación solar y sus características principales*. <https://solarama.mx/blog/tipos-de-radiacion-solar/>
- Solarbuy. (07 de 02 de 2024). *Paneles solares de película delgada: tecnologías, pros y contras y usos*. <https://solarbuy.com/es/solar-101/thin-film-solar-panels/>
- SolarReviews. (01 de 03 de 2024). *Paneles solares comerciales: costos, beneficios y los mejores instaladores*. <https://www.solarreviews.com/es/blog/instalar-paneles-solares-comerciales>
- Sotysolar. (31 de 03 de 2023). *Panel solar policristalino*. <https://sotysolar.es/blog/placas-solares/policristalinas>
- Spark, W. (s.f.). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en La Libertad*. <https://es.weatherspark.com/y/18292/Clima-promedio-en-La-Libertad-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Stewart, L. (2022). *atlasti*. atlasti: <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-descriptiva>
- Technova. (2023). *Tejas solares*. <https://technovasol.com/producto/tejas-solares/>
- TraceSoftware. (2023). *Paneles solares bifaciales: Características y ventajas*. <https://www.trace-software.com/es/paneles-solares-bifaciales-caracteristicas-y-ventajas/>
- Universidad Veracruzana. (2022). *¿Que es la Energía Eólica?* <https://www.uv.mx/coatza/cires/main/keeseolica/>

Universidad VIU. (08 de 09 de 2022). *Energía de la biomasa: qué es y cómo aprovecharla*. <https://www.universidadviu.com/ec/actualidad/nuestros-expertos/energia-de-la-biomasa-que-es-y-como-aprovecharla>

Valdivielso, A. (2022). *¿Qué es y cómo funciona una central hidroeléctrica?* <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-y-como-funciona-central-hidroelectrica>

Wanhos. (2023). *Sistema De Montaje En Tierra Del Panel Solar*. <https://www.pv-mounting.com/ground-mounting-system/solar-panel-ground-mounting-system.html>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo, con C.I: # 0921987426, y Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván con C.I: # 0910599851, autores del trabajo de titulación: Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro 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, 04 de septiembre de (2024)

f. 

Nombre: Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo

C.I: 0921987426

f. 

Nombre: Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván

C.I: 0921987426

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de un sistema de iluminación utilizando paneles fotovoltaicos en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena		
AUTOR(ES)	Soriano Hermenejildo Kleber Eduardo. Carvajal Tumbaco Franklin Lázaro Iván.		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Alexander Mero, M.sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	3 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS:	93
ÁREAS TEMÁTICAS:	Eficiencia energética.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	radiación solar, sistema fotovoltaico, suministro eléctrico		
RESUMEN:	<p>El Cantón La Libertad es conocido por su clima cálido de radiación solar muy alta, siendo ideal para la implementación de tecnologías fotovoltaicas. En este lugar, la temperatura varía entre los 17°C y 28 °C. Este clima contribuye a la eficacia del sistema de iluminación, en el parqueadero CNEL EP en Santa Elena, donde se utilizan equipos eléctricos que requieren de una temperatura adecuada para prevenir sobrecalentamientos, cortocircuitos y daños posibles.</p> <p>La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) en la provincia de Santa Elena enfrenta problemas con respecto a la eficiencia y costo del suministro eléctrico en sus instalaciones. Por ende, se propone desarrollar un análisis técnico – ambiental enfocado en el diseño de un sistema de iluminación eficiente y sostenible en el parqueadero de CNEL EP Santa Elena, incorporando paneles fotovoltaicos, con el fin de optimizar el consumo energético y reducir la dependencia de la energía eléctrica convencional.</p> <p>La metodología utilizada es tipo experimental – analítica, con un enfoque cuantitativo para manejar datos numéricos como el cálculo de paneles solares requeridos para el sistema de iluminación. De la misma forma, se consideran normas reglamentarias de diseño en Ecuador, implicando conocer las características y el funcionamiento de los equipos.</p> <p>Se pudo concluir que, mediante la evaluación de viabilidad técnica, se demostró los paneles son capaces de generar la energía suficiente para satisfacer las necesidades de iluminación en el parqueadero. Además, el análisis económico reveló que la inversión inicial es significativa; finalmente, el análisis de impacto ambiental evidenció la reducción en la huella de carbono, aprovechando la radiación solar, siendo una alternativa viable.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0999160280	Email: Kleber.soriano@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ubilla González Ricardo Xavier		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UCSCG	Teléfono: +593995147293		
	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):			