

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**TEMA**

**Diseño de un sistema fotovoltaico para el área administrativa de las gerencias de la  
Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Matriz 2025**

**AUTOR:**

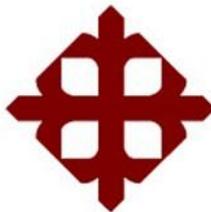
Gusque Quinde Fausto Felipe

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de  
MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**TUTOR:**

Ing. Mazzini Muñoz Gustavo Miguel, M. Sc

Guayaquil, 28 de octubre del 2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA  
CERTIFICACIÓN**

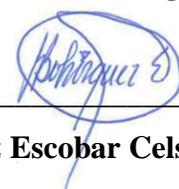
Certificamos que el presente trabajo de titulación de Maestría fue realizado en su totalidad por GUSQUE QUINDE FAUSTO FELIPE, como requerimiento para la obtención del Grado Académico de Magister en **ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

**Tutor**

f.  \_\_\_\_\_

**Ing. Mazzini Muñoz Gustavo Miguel, Mgs**

**Director del Programa**

f.  \_\_\_\_\_

**Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D**

Guayaquil, 28 de octubre de 2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Gusque Quinde Fausto Felipe**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LAS GERENCIAS DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL EP MATRIZ 2025** previo a la obtención del título de Magister en Electricidad con Mención en Energías Renovables y Eficiencia Energética, el presente trabajo ha sido elaborado respetando derechos intelectuales de terceros conforme a las citas contenidas en el documento, cuyas fuentes están consignadas en sus referencias o bibliografías. En consecuencia, esta obra es de mi autoría íntegra.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 28 de octubre de 2025

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
Gusque Quinde Fausto Felipe

C.I. 0914561857



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA  
AUTORIZACIÓN**

**Yo, Gusque Quinde Fausto Felipe**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LAS GERENCIAS DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL EP MATRIZ 2025”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi total y exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, 28 de octubre de 2025

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

Gusque Quinde Fausto Felipe

CI: 0914561857

**INFORME DE COMPILATIO**



# Tesis\_Ing\_Fausto\_Gusque-12\_agosto\_2025\_2

2%  
Textos sospechosos

2% Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
0% Idiomas no reconocidos (ignorado)  
6% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis\_Ing\_Fausto\_Gusque-12\_agosto\_2025\_2.docx  
ID del documento: b29b5a90d9cc3f217f971a9fa9dc8452dda051e1  
Tamaño del documento original: 8,73 MB

Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez  
Fecha de depósito: 14/8/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 14/8/2025

Número de palabras: 15.852  
Número de caracteres: 108.223

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TESIS DVM-Maestria-25-junio-2024.docx</b>   TESIS DVM-Maestria-25-junio-... #14d1f1 Viene de de mi biblioteca 28 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (422 palabras)
2	<b>UCSG-JORGE ANDRADE- TESIS-01-02-2023 revisada urkun (3).language...</b> #6f6373 Viene de de mi biblioteca 25 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (372 palabras)
3	<b>repositorio.ucsg.edu.ec</b>   Factibilidad de implementación de un sistema fotovoltaico... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/22830/1/UCSG-C437-22371.pdf 24 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (326 palabras)
4	<b>Trabajo de Titulación LUIS HERAS SANCHEZ final (2).docx</b>   Trabajo de de ... #40af46 Viene de de mi biblioteca 23 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (225 palabras)
5	<b>Nathaly Freire_Juan Vega,P73.docx</b>   Nathaly Freire_Juan Vega,P73 #f56993 Viene de de mi grupo 21 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (219 palabras)

Certifico que luego de revisar el documento final del trabajo de titulación “**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LAS GERENCIAS DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL EP MATRIZ 2025**”, presentado por el estudiante **GUSQUE QUINDE FAUSTO FELIPE**, fue enviado al Sistema Anti plagio **COMPILATIO**, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al (2%), por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

f.

**Ing. Mazzini Muñoz Gustavo Miguel, Mgs**

## AGRADECIMIENTO

A DIOS, por guiarme con su buena voluntad

A LA UNIVERSIDAD, por ser el sagrado terreno donde germino mi profesionalismo. Gracias por los cimientos sólidos de especialidad y excelencia, por transformar desafíos en oportunidades y forjar en mí el acero del conocimiento. Su rigor y prestigio son el sello que llevare con orgullo eterno.

A MI CONSORTE DE VIDA, por estar siempre a mi lado, empujándome día a día, para cumplir con la meta propuesta y lograr el objetivo trazado.

A MI TUTOR, Ing. Gustavo Mazzini Muñoz, M. Sc,

Cuya alta motivación fue el viento que inflo mis velas. Su guía no fue solo académica:

Fue un faro de fe en mis capacidades, un impulso inalcanzable que encendió en mí la chispa de la superación. Cada “¡Tú puedes!” resonó como un mandato de victoria.

A MIS PROFESORES,

Portadores de la antorcha de la sapiencia. Gracias por compartir no solo teoría, si no experiencia vivida; por transformar aulas en santuarios de aprendizaje, donde cada lección fue un escalón hacia la maestría. Su paciencia y pasión son el modelo que seguiré.

*Fausto Felipe Gusque Quinde*

## DEDICATORIA

A MI MADRE; ERNESTINA QUINDE RONQUILLO,

Y A LA MEMORIA INMARCHITABLE DE MI PADRE, JULIO GUSQUE GUSQUE Con la fuerza de vuestro ejemplo grabada dentro de mi ser, te dedico estas palabras de mi corazón.

Madre: tu vida ha sido una luz inquebrantable de respeto, enseñándome a honrar la dignidad en cada rostro. Eres mi compañera de vida, por estar a mi lado, junto a mi empujándome día a día, para que pueda lograr mis objetivos. Con tus manos me ayudas a ser alguien persistente y sutil, tejiendo en mi alma la honradez como mi única brújula.

Padre: a pesar de que tu presencia física ya no esté aquí con nosotros, tu espíritu y alma resiliente sigue siendo la fuerza que guía el camino, y tu compromiso silencioso es la base donde edifico mi vida entera, el legado que dejaste no son solo recuerdo: es el sustento que nutre mi soporte, el metal que refuerza mi personalidad, mi carácter, mi ser. Por cada sacrificio silencioso, por cada enseñanza que me diste con el ejemplo, para inculcar ideas firmes de la honra, el respeto y el trabajo duro en mí, siendo el único camino autentico.

Esta dedicación es más que un tributo; es juramento vivo: llevare siempre conmigo el peso sagrado de vuestros nombres y los valores que tallasteis en mi corazón. Vuestra lucha, vuestra integridad y vuestro amor permean cada paso que doy.

Con eterna gratitud y el más profundo orgullo de ser vuestro hijo.

*Fausto Felipe Gusque Quinde*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO**

**SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD ENERGÍAS  
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D**  
DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Ricardo Xavier Ubilla González, Mgs**  
REVISOR

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Daniel Bayardo Bohórquez Heras, Mgs**  
REVISOR

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Gustavo Miguel Mazzini Muñoz, Mgs**  
TUTOR

# ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO I .....	5
DESCRIPCIÓN GENERAL.....	5
1.1 Planteamiento del problema .....	5
1.2 Formulación del problema .....	7
1.3 Justificación del problema.....	8
1.4 Objetivos .....	9
1.4.1 Objetivo General .....	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
1.5 Hipótesis de la investigación.....	10
1.6 Identificación de Variables.....	10
1.6.1 Variable independiente .....	10
1.7 Metodología de la investigación .....	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes .....	11
2.1.1. Contexto Internacional.....	13
2.1.2. Contexto nacional .....	15
2.2. Fundamento Científico.....	17
2.2.1. Efecto invernadero .....	18
2.2.2. Energía renovable .....	19

2.2.	Energía solar .....	20
2.2.1.	Luz Solar .....	21
2.2.2.	Energía Solar Fotovoltaica .....	21
2.3.	Dispositivos de Conversión fotovoltaica .....	22
2.3.1.	Célula solar .....	23
2.3.2.	Panel solar .....	23
2.3.3.	Inversor .....	24
2.3.4.	Panel eléctrico .....	24
2.3.5.	Medidores .....	25
2.3.6	Consumo de energía .....	25
2.3.7	Reguladores de carga.....	25
2.3.8.	Radiación Solar .....	25
2.3.8.1	Irradiancia Solar .....	27
2.3.9.1	Irradiación Solar .....	28
2.3.9.3	Radiación Solar Directa.....	28
2.3.9.4	Radiación Solar Difusa.....	29
2.3.9.5	Radiación Solar reflejada .....	29
2.3.9.5	Radiación Solar global .....	30
2.3.5.	Componentes de un sistema fotovoltaico .....	30
2.4.	Protecciones para los sistemas eléctricos .....	30
2.5.1.	Sistema de puesta a tierra.....	31
2.5.2.	Sistemas conectados a red .....	32
2.5.3	Potencia trifásica .....	33

CAPÍTULO III.....	34
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	34
3.1.    Análisis de la información .....	34
3.1.1. Datos de consumo eléctrico actual .....	34
3.2 Historial de consumo mensual/anual (kWh) para dimensionar el sistema.....	35
3.3 Distribución del consumo: .....	36
3.3.1 Submedidores .....	36
3.3.2 Crecimiento futuro.....	37
3.4. Infraestructura del edificio .....	37
3.5 Ubicación geográfica del sitio.....	38
3.5 Superficie útil en techos, terrazas o paredes (1750 m <sup>2</sup> ). .....	39
3.6 Estudio de sombras: Obstáculos como edificios cercanos, árboles o antenas. ....	40
3.6.1 Métodos para Realizar el Estudio de Sombra.....	40
3.6 Sistema eléctrico existente: .....	42
3.7 Requisitos técnicos del sistema fotovoltaico.....	42
3.8 Normativas locales: .....	43
3.9 Aspectos legales y administrativos .....	45
CAPÍTULO IV.....	48
DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	48
4.1 Instalar y conectar el sistema. ....	48
4.2. Determinar la potencia AC necesaria (antes de pérdidas).....	49
4.3 Sistema Fovovoltaico a instalar .....	50
4.4. Cálculo del número de paneles solares .....	50

4.5. Configuración del arreglo fotovoltaico .....	51
4.6. Selección del inversor trifásico .....	51
4.7 Estimación de energía generada.....	52
4.8. Consideraciones adicionales .....	52
4.9. Costos de Equipos para instalar .....	52
4.9.1 Paneles solares.....	52
4.9.2 Estructuras .....	54
4.9.3 Inversores .....	55
4.9.4 Protecciones.....	55
4.9.5 Acometidas .....	56
4.9.6 Presupuesto Material de Sistema Fotovoltaico.....	56
4.9.7 Presupuesto General del Sistema Fotovoltaico .....	57
CAPÍTULO V.....	59
ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO .....	59
5.1. Costo del sistema fotovoltaico interconectado a la red.....	59
5.1.1. Precios según el tamaño del sistema .....	59
5.1.2 Financiación y costos .....	60
5.1.3 Proveedores e instalación.....	60
5.3 Evaluación Económica y beneficios del sistema fotovoltaico interconectado a la red	61
5.3.1 Costo Total del proyecto .....	61
5.3.1 Tiempo de Retorno de inversión .....	61
5.4. Evaluación Ambiental.....	62
5.5 Estructuras de montaje y protecciones eléctricas.....	63

5.5.1.	Características del entorno.....	63
5.5.2.	Matriz de impacto ambiental .....	64
5.6.	Funcionamiento del sistema.....	65
6.-	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	69
6.1	CONCLUSIONES .....	69
6.2	RECOMENDACIONES .....	70
	Referencias Bibliográficas .....	72
	ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros .....	34
Tabla 2 Voltajes .....	34
Tabla 3 Amperajes:.....	35
Tabla 4 Margen de crecimiento en la demanda de consumo .....	37
Tabla 5 Simuladores .....	42
Tabla 6 Sistemas y cobertura .....	43
Tabla 7 Características o Especificaciones Técnicas del panel solar .....	53
Tabla 8 Paneles solares .....	54
Tabla 9 Estructuras .....	54
Tabla 10 Características técnicas de los Inversores .....	55
Tabla 11 Inversores.....	55
Tabla 12 Protecciones.....	55
Tabla 13 Estimación de cable requerido.....	56
Tabla 14 Resumen Material de Sistema Fotovoltaico .....	56
Tabla 15 Presupuesto del Sistema.....	57
Tabla 16 Presupuesto General del Sistema y costo de mantenimiento.....	58
Tabla 17 Total General del Sistema y costo de mantenimiento.....	61
Tabla 18 Tiempo de Retorno de inversión.....	61
Tabla 19 Total General del Sistema y costo de mantenimiento.....	62
Tabla 20 Matriz de impacto ambiental .....	64
Tabla 21 Beneficios .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consumo de energía eléctrica.....	5
Figura 2 Producción solar fotovoltaica.....	13
Figura 3 Análisis de Mercado Regional.....	14
Figura 4 Esquemas de aplicaciones interactivas de utilidad.....	17
Figura 5 Análisis de Mercado Regional.....	18
Figura 6 Instalación Fotovoltaica.....	22
Figura 7 Módulos fotovoltaicos para alimentar una vivienda familiar.....	22
Figura 8 Esquema de funcionamiento de un panel solar.....	24
Figura 9 Espectro Electromagnético.....	26
Figura 10 Distribución espectral de la irradiancia directa en la atmosfera terrestre.....	27
Figura 11 Espectro electromagnético.....	28
Figura 12 Esquema de radiación solar directa y dufusa.....	29
Figura 13 Componentes de un sistema fotovoltaico para uso doméstico.....	30
Figura 14 Sistema de puesta a tierra.....	32
Figura 15 Componentes de un Sistema conectado a red.....	33
Figura 16 Facturas eléctricas:.....	35
Figura 17 Energía activa.....	36
Figura 18 Plano del sitio.....	37
Figura 19 Reporte solar del sitio.....	38
Figura 20 Mapa.....	39
Figura 21 Horizonte solar.....	40
Figura 22 Potencia solar.....	41

## RESUMEN

El presente trabajo detalla el diseño de un sistema fotovoltaico para el área administrativa de las gerencias de la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP MATRIZ 2025, entidad energética en el sector eléctrico ecuatoriano. El país registro una demanda récord de 4,682 GWh en mayo de 2023, donde el sector público – comercial representa el 26% del consumo nacional. CNEL EP enfrenta vulnerabilidades críticas, evidenciando presión sobre su matriz energética. Este organismo, actor estratégico en la distribución eléctrica, presenta dos vulnerabilidades claves: Dependencia del 70 % en hidro/termoeléctricas, expuestas a sequías y volatilidad de combustibles. Consumo anual de 150 MWh en sus oficinas corporativas, con costos operativos elevados y emisiones de CO<sup>2</sup> evitables. Componentes metodológicos: Dimensionamiento preciso mediante análisis de consumo histórico y simulación en PVsyst Profesional. Modelo de facturación adaptado al pliego tarifario vigente. Evaluación multicriterio: Retorno del 25- 40% en costos energéticos (basado en casos pilotos del INER) Operativos: Monitoreo en tiempo real de calidad energética y ahorros. Ambientales: Migración de emisiones de CO<sup>2</sup> al sustituir fuentes fósiles. Estratégicos: Cumplimiento de políticas nacionales de transición energética. Modelo escalable a otras sedes de CNEL EP. El proyecto posiciona a CNEL EP como referente de sostenibilidad en el sector público ecuatoriano, cerrando la brecha entre políticas nacionales y su aplicación operativa. Su implementación: Reduce la dependencia de la red central, contribuyendo a la seguridad energética nacional. Genera un ROI estimado en 6 años (valido por experiencias como EPMAPS- Quito). Cataliza la adopción de energías renovables en instituciones estatales, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta iniciativa propuesta sintetiza viabilidad técnica, rentabilidad económica y responsabilidad ambiental, transformando un pasivo operativo (techos subutilizados) en un activo estratégico para CNEL EP y el sistema eléctrico nacional. Su éxito

demonstrativo impulsará la generación distribuida en Ecuador, acelerando la meta del 90% de energías limpias para 2030.

**Palabras claves:** TRANSICIÓN ENERGÉTICA - EFICIENCIA - OPERATIVA

## ABSTRACT

This paper describes the design of a photovoltaic system for the administrative area of the management of the National Electricity Corporation CNEL EP MATRIZ 2025, a strategic entity in the Ecuadorian electricity sector. Ecuador recorded a record demand of 4,682 GWh in May 2023, where the public-commercial sector accounts for 26% of national consumption. CNEL EP faces critical vulnerabilities, putting pressure on its energy matrix. CNEL EP, a strategic player in electricity distribution, has two key vulnerabilities: 70% dependence on hydro/thermoelectric plants, exposed to droughts and fuel volatility. Annual consumption of 150 MWh in its corporate offices, with high operating costs and avoidable CO<sub>2</sub> emissions. Methodological components: Accurate sizing through historical consumption analysis and simulation in PVsyst Professional. Invoicing model adapted to the current tariff specifications. Multi-criteria evaluation: Return on Investment (ROI), carbon footprint reduction and regulatory alignment. Economic: 25-40% reduction in energy costs (based on INER pilot cases). Operational: Real-time monitoring of power quality and savings. Environmental: Mitigation of CO<sub>2</sub> emissions by replacing fossil sources. Strategic: Compliance with national energy transition policies. Scalable model to other CNEL EP locations. The project positions CNEL EP as a benchmark for sustainability in the Ecuadorian public sector, closing the gap between national policies and their operational application. Its implementation: Reduces dependence on the central grid, contributing to national energy security. It generates an estimated ROI in 6 years (validated by experiences such as EPMAPS-Quito). It catalyzes the adoption of renewable energies in state institutions, aligning with the Sustainable Development Goals (SDGs). This proposed initiative synthesizes technical feasibility, economic profitability and environmental responsibility, transforming an operating liability (underutilized ceilings) into a strategic asset for CNEL EP and the national electricity system. Its demonstrative

success will boost distributed generation in Ecuador, accelerating the goal of 90% clean energy by 2030.

**Keywords:** ENERGY TRANSITION - EFFICINCY – OPERATIONAL

## INTRODUCCIÓN

La electricidad ha cumplido un papel fundamental en los avances tecnológicos en todos los campos, lo que ha motivado a las empresas a innovar en metodologías que proporcionen la energía eléctrica necesaria, para alimentar los diversos dispositivos y máquinas que permitan mejorar sus entornos laborales.

A nivel global, la transición hacia energías renovables es una prioridad para mitigar el camino climático. La **IRENA (2023)** indica que los costos de los sistemas fotovoltaicos han disminuido en un 85% desde 2010, facilitando su adopción masiva.

Países líderes como Alemania y China han integrado estas tecnologías, y en Ecuador este avance se alinea con el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035, que busca incrementar al 90% la participación de energías limpias en la matriz eléctrica para 2030. Además, la Ley Orgánica de eficiencia energética 2022 establece incentivos fiscales para instituciones que implementen proyectos de autogeneración, posicionando a la energía solar como una alternativa estratégica para el sector público.

En este contexto, la presente propuesta está enfocada en determinar la potencia y los consumos de energía de las oficinas administrativas de las gerencias corporativas de CNEL EP, y diseñar un sistema eléctrico fotovoltaico que consista en aprovechar la luz solar para convertirla en energía eléctrica y será conectado a una red trifásica, para disminuir la demanda eléctrica en las oficinas.

Ecuador posee una irradiación solar promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día, lo que posiciona como uno de los países latinoamericanos con una mayor disponibilidad solar, según los datos del Ministerio de Energías y Mina. A pesar de dicho recurso abundante, su aprovechamiento en el ámbito energético es un limitado: apenas el 2% de la electricidad proviene de sistemas

fotovoltaicos. Organismos como el Instituto Nacional de Eficiencia Energética (INER) han impulsado inicialmente en edificaciones del sector público, logrando disminuir el consumo eléctrico entre un 25% y un 40%. Sin embargo, la expansión de esta tecnología enfrenta diversos obstáculos importantes, como la falta de una normativa específica para la inyección de excedente a la red eléctrica y la escasa formación técnica para en el área. Estas barreras están resueltas incompatibles con los compromisos adquiridos en el Acuerdo de Paris, en el cual Ecuador se comprometió a recortar un 20 % de sus emisiones de CO<sub>2</sub> para el año 2025, centrando sus esfuerzos especialmente en el sistema electrónico.

Sin embargo, al desarrollar e instalar un sistema solar fotovoltaico completo, considerando sus competentes, el reglamento tarifario vigente y la categoría de tarifa correspondiente, es posible alcanzar una facturación eléctrica equivalente o incluso igual a la que emitiría la empresa distribuidora convencional.

Entre los resultados esperados, se pretende establecer los verdaderos costos energéticos para tener una facturación real mensual; tener información y control del comportamiento de la calidad y ahorro de la energía eléctrica; obtener mayor disponibilidad de la potencia total o aparente instalada, además el proyecto como producto servirá como un modelo para implementar en cada uno de los pisos de la CNEL EP.

En el sector eléctrico ecuatoriano, CNEL EP. (2015) desempeña un rol clave como distribuidor estatal, pero su operación aún depende en un 70% de hidroeléctricas y termoeléctricas, vulnerables a sequías y fluctuaciones de precios de combustibles. En el ámbito regional, iniciativas como la implementación de 1.200 paneles solares en la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable de Quito EPMAPS (2022) demuestran ventajas técnicas y financieras, con un rendimiento de la inversión de 6 años. No obstante, en el área de análisis (CNEL EP Matriz), no se encuentran

proyectos parecidos, pese a tener un inmueble administrativo de 800 m<sup>2</sup> de techo plano y un consumo anual de 150 MWh. Esta paradoja evidencia una discrepancia entre las políticas nacionales y su implementación a nivel local, además de la demanda de modelos imitables que incorporen criterios de sostenibilidad en la administración energética de las empresas.

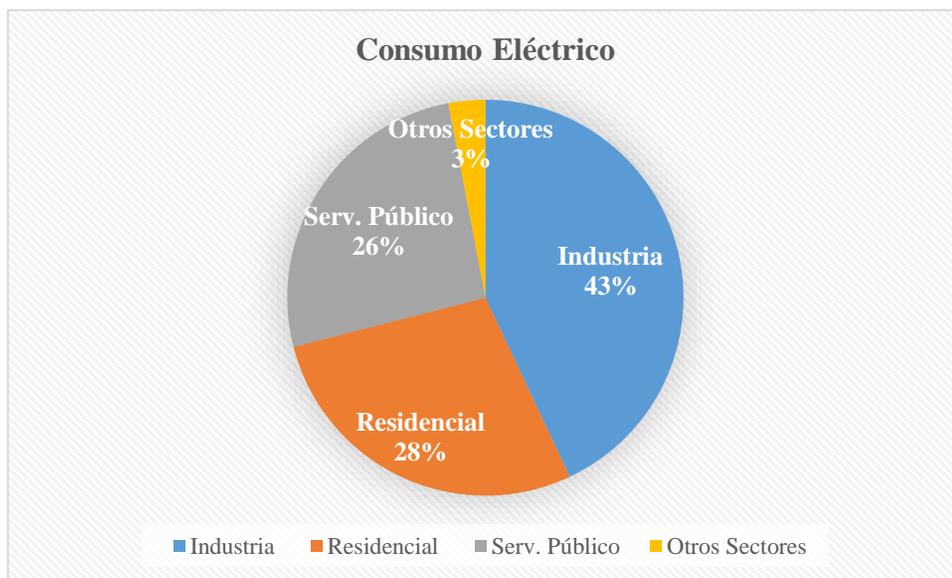
# CAPÍTULO I

## DESCRIPCIÓN GENERAL

### 1.1 Planteamiento del problema

Según último balance del Ministerio de Energía y Minas, el consumo de electricidad se concentra en mayor porcentaje en el área industrial con un 43%, así como el residencial con un 28%, el comercial más el sector público con un 26% y otros sectores 3% (Santos Alvite, 2022).

**Figura 1 Consumo de energía eléctrica**



Fuente: (Santos Alvite, 2022)

La estructura del consumo eléctrico, que refleja la dinámica económica y social del Ecuador, adquiere mayor relevancia al contextualizarla con datos recientes de la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP). Según esta institución, en mayo de 2023 se registró el pico histórico de demanda nacional, que alcanzó 4.682 gigavatios-hora (GWh), consolidado principalmente en las provincias de Guayas y Pichincha, núcleos económicos y poblaciones del país. Este récord no solo muestra el aumento de la demanda de energía estimulado por la actividad

industrial, comercial y residencial, sino que también evidencia la presión ejercida sobre el sistema eléctrico nacional, especialmente en áreas con gran densidad urbana y productiva (CNEL, 2023).

En este contexto, tanto el Ministerio de Energía y Minas como CELEC EP están en la generación de energía para satisfacer la demanda y la vulnerabilidad durante periodos de alta demanda en 2023. Estos fallos no son circunstanciales: representan un reto a largo plazo debido a elementos como:

**Desarrollo económico y demográfico:** El crecimiento de la industria, el comercio y las viviendas aumentara la demanda, particularmente en áreas urbanas.

**Variabilidad climática:** Situaciones como sequias (que impactan la producción hidroeléctrica, fue primordial del país) u olas de calor (que incrementan la utilización de aire acondicionado) requieren adaptabilidad en la matriz energética.

**Transición energética:** Es imprescindible disminuir la necesidad de combustibles fósiles y progresar hacia energías renovables (eólica, solar, geotérmica) para asegurar la sostenibilidad y la seguridad.

El planteamiento de nuevas fuentes emergentes no se restringe a soluciones de carácter temporal, sino que se dirige a una reestructuración estratégica de la matriz eléctrica, que contemple:

- **Energías renovables no tradicionales:** Parques de energía solar y eólica en áreas con capacidad, como la Península de Santa Elena (sol) o la región Amazónica (biomasa).
- **Sistemas de almacenamiento:** Baterías con almacenamiento en grandes cantidades para manejar picos de demanda y estabilizar la red central.

- Generación distribuida: Promoción para paneles solares en techos de empresas y viviendas, disminuyendo la presión sobre la red central.
- Actualización de infraestructura: Actualizar las subestaciones y las líneas de transmisión para reducir las pérdidas técnicas, en particular en Guayas Y Pichincha.

Además, es necesaria una gobernanza de múltiples niveles que incorpore políticas de tarifas justas, programas de eficiencia energética para sectores intensivos (como el industrial y estrategias de colaboración público-privada para captar inversiones. La equidad en el acceso también es clave: en zonas rurales o alejadas, donde la cobertura eléctrica aún es limitada, soluciones como micro redes híbridas (solar-diésel) podrían evitar la exclusión energética.

En síntesis, el récord de consumo de mayo de 2023 actúa como una llamada de atención para acelerar la transición hacia un sistema eléctrico resiliente, diversificado y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La planificación determinará si Ecuador logra equilibrar su desarrollo económico con la seguridad energética y la protección ambiental en las próximas décadas.

## **1.2 Formulación del problema**

El elevado consumo de energía eléctrica en las oficinas administrativas de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) representa un importante gasto operativo y contribuye al impacto ambiental debido a la dependencia de fuentes convencionales de generación. A pesar del desarrollo tecnológico con el ámbito de las energías renovables y de las políticas públicas orientadas a fomentar la sostenibilidad energética, la institución aún no ha incorporado con un

sistema fotovoltaico que permita una gestión energética más eficiente y ambientalmente responsable.

Frente a esta situación, se plantea la siguiente interrogante como eje central de la investigación:

**¿El gasto económico por consumo de energía eléctrica será disminuido a través del diseño de un sistema fotovoltaico para las oficinas de CNEL EP Corporativo?**

### **1.3 Justificación del problema**

La relevancia del presente proyecto radica en su capacidad para disminuir un impacto económico, ambiental e institucional estratégico en el contexto de la administración energética de CNEL EP Corporativo. Esta entidad, al ser parte del sector público (responsable del 26.6% del consumo eléctrico del país), desempeña un papel crucial en la transición hacia modelos de sostenibilidad. La puesta en marcha de un sistema fotovoltaico en sus instalaciones no solo aspira a disminuir los gastos operativos vinculados al uso de electricidad, sino también a establecer a la compañía como líder en la implementación de energías renovables, en concordancia con las políticas nacionales e internacionales de descarbonización.

Se pretende analizar la factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico para reducir el costo en el concepto de luz eléctrica, aprovechando la ventaja del sistema fotovoltaico, cuya función se deriva directamente de la energía solar que es una fuente renovable en el mundo, disminuyendo la contaminación ambiental y propiciando un gran impacto de disminución de energía eléctrica sin limitaciones en el uso, ya que la misma empresa podrá generarla.

El presente proyecto va más allá de solo ahorrar dinero a corto plazo. Esto también representa un movimiento estratégico clave para poder presentar como el sector público administra la energía. Ayudará a aliviar la carga sobre la red electrónica nacional (esencial ante picos de demanda como los registrados en 2023) y es ideal para la contribución a la seguridad energética del país.

Al implementar tecnologías limpias, CNEL EP no solo optimizará sus propios recursos, sino que también fortalecerá su papel fundamental en la transición hacia energía más justa e inclusiva que el país tanto necesita.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar y evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental de un sistema fotovoltaico interconectado a la red (SFVI) para el área administrativa de CNEL EP Matriz, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Estimar y analizar la demanda por consumo eléctrico generada por las oficinas de las Gerencias Corporativas de CNEL EP.
- Diseñar y dimensionar el sistema eléctrico fotovoltaico a conectar a la red trifásica, ajustándolo al modelo de facturación comercial
- Evaluar costo-beneficio de la implementación del sistema eléctrico fotovoltaico a conectar a la red trifásica.

## 1.5 Hipótesis de la investigación

El diseño y el equipamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red trifásica, demostrarán la viabilidad de optimizar el gasto por consumo de energía eléctrica de las oficinas de las Gerencias Corporativas de CNEL EP.

## 1.6 Identificación de Variables

### 1.6.1 Variable independiente

- Sistema fotovoltaico

### 1.6.2 Variable dependiente

- La optimización del gasto por consumo de energía eléctrica.

## 1.7 Metodología de la investigación

Las metodologías de investigación para este proyecto son **cuantitativa y cualitativa**.

La metodología **cualitativa** se aplicará para recopilar experiencias de proyectos similares con el fin de optimizar el diseño propuesto.

La metodología **cuantitativa** se aplicará para recopilar experiencias de proyectos similares con el fin de optimizar el diseño propuesto.

Para la obtención de la información se aplicarán las siguientes técnicas de investigación:

- Encuestas
- Entrevistas
- Estudios de casos de sistemas fotovoltaicos similares
- Información histórica de CNEL EP
- Uso del programa de cálculo PVsyst Professiona.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Los sistemas de potencia suministran energía eléctrica a cargas que ejecutan una función mecánica. Estas cargas pueden variar desde electrodomésticos hasta maquinaria (González et al., 2018) industrial, y operan a una extensión específica, o, para los dispositivos de corriente alterna, a cierta frecuencia y número de fases. Para esta investigación, es necesario establecer algunos criterios teóricos que permitan comprender el funcionamiento de la energía renovable fotovoltaica.

Según González et al. (2018), en el estudio “Análisis de eficiencia y degradación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica” del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, México, los módulos transforman la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua. Sin embargo, para la interconexión a la red eléctrica, se requiere convertida a corriente alterna mediante un inversor. Además, los paneles fotovoltaicos deben instalarse para recibir tanta luz solar como sea posible durante el día. Esta posición y el ángulo de colocación del panel son, probablemente, los detalles más importantes que se deben considerar cuando se instala una matriz solar. No obstante, si se desea aprovechar al máximo la luz solar, deben instalarse con seguidores solares. Esto mejorar considerablemente la eficiencia en los paneles porque permite que la matriz solar cambie automáticamente de posición, de tal forma que el panel siempre este perpendicular a la dirección del sol. Lo importante es orientarlos en dirección a la línea ecuatorial, dependiendo de su ubicación en los hemisferios. En conclusión, para el diseño de un sistema fotovoltaico se debe tomar en cuenta la eficiencia de cada elemento y complemento que lo componen para obtener el nivel de generación de energía eléctrica requerida. (Vera, 2025).

Según Barberá (2023), en su investigación sobre la “Radiación solar”, indica que esta es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que emite el sol. Este se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de plancha a una temperatura de unos 6000 K. Esta radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, alcanzando la superficie de la Tierra. Las ondas ultravioletas, por unidad de tiempo y área, alcanzan la Tierra con una unidad de irradiación que se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ )

La energía eléctrica es un elemento imprescindible para el desarrollo de la sociedad, porque es un complemento para satisfacer necesidades de la vida cotidiana. Esto conlleva al progreso socioeconómico tanto de las familias como de las micro, medianas y grandes empresas (Guerrero, 2024).

Ante el evidente cambio climático y calentamiento global del planeta, que amenaza con afectar el ecosistema, se ha ido apostando por investigar fuentes de energías alternativas que sean menos contaminantes para garantizar un futuro energético sostenible

Las energías alternativas renovables se basan en recursos como el viento, la luz del sol y el agua; es decir, son gratuitas. Por lo tanto, además de ser menos contaminantes, su uso trascenderá en el ahorro de las energías no renovables.

Dentro del grupo de energías renovables, encontramos tres importantes tecnologías de generación eléctrica:

- Generación hidráulica
- Generación eólica
- Generación fotovoltaica

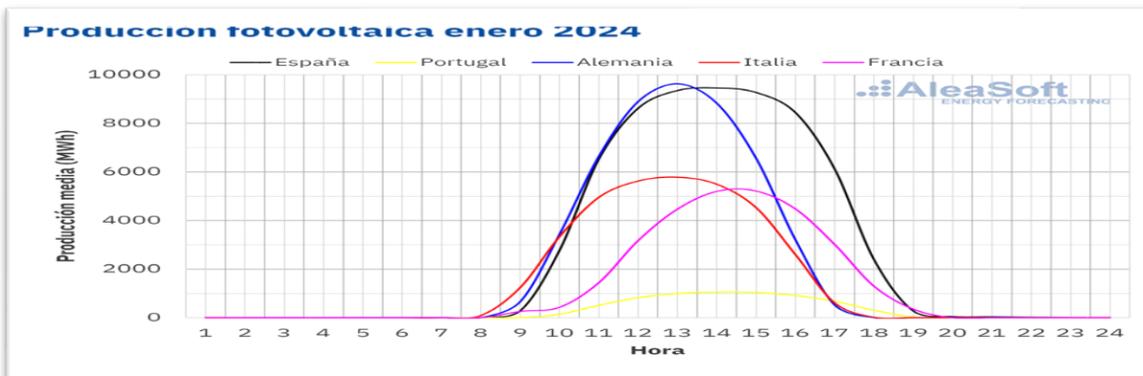
Según (Roldán. José, 2023), de estos tipos de generación hay que sacar la máxima rentabilidad posible por ser no contaminantes, además de aprovechar los recursos que disponemos como cauces fluviales, viento y luz solar, ya que son totalmente gratuitos.

De acuerdo con (Cevallos et al., 2019), la energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de energía solar a electricidad mediante el uso de la célula solar. Este fenómeno físico que origina la conversión de energía lumínica a energía eléctrica se denomina efecto fotovoltaico. Bajo este contexto, se propone el desarrollo de un sistema de energía solar vinculado a la red trifásica, configurado al modelo de facturación comercial, que evidenciará la posibilidad de disminuir el consumo de energía eléctrica de las oficinas de las Gerencias Corporativas de CNEL EP.

### 2.1.1. Contexto Internacional

Según datos de la Revista “Energética” AleaSoft Energy Forecasting (2024), en enero 2024 la producción solar aumentó en los principales mercados eléctricos europeos respecto al mismo mes del año 2023. Hace referencia también a que la producción solar fotovoltaica de enero de 2024 batió récords en todos los mercados en comparación con la producción histórica de los eneros de años anteriores, liderado por el mercado español.

**Figura 2 Producción solar fotovoltaica**



Fuente: Revista Energética

La Organización Latinoamericana de Energías (OLADE, 2024), (Energías Renovables, Tendencias en Latinoamérica, 2024), refiere que América Latina y Caribe poseen un 25% de energías renovables en su matriz energética primaria. Además, un 59% de su electricidad proviene de fuentes renovables, y la región aspira a alcanzar el 70% antes de 2030. En este contexto, América Latina busca cumplir el objetivo de descarbonización y transición energética, posicionándose como una potencia en transformación energética que impulse el desarrollo socioeconómico con miras a la protección del medioambiente energías renovables en su matriz energética primaria. Además, un 59% de su electricidad proviene de fuentes renovables, y la región aspira a alcanzar el 70% antes de 2030. En este contexto, América Latina busca cumplir el objetivo de descarbonización y transición energética, posicionándose como una potencia en transformación energética que impulse el desarrollo socioeconómico con miras a la protección del medioambiente.

En este contexto, América Latina mantiene una gran ventaja, basada en las riquezas naturales y sus recursos renovables y no renovables con los que cuentan sus países. De esta manera, su desarrollo en energías no convencionales como la eólica y fotovoltaica es muy asequible e ineludible. (EMR, 2024), en su artículo “Análisis de Mercado de Energía Solar de América Latina”, refiere que uno de los factores que estimulan el mercado de energía solar en América Latina es el aumento de los gastos en electricidad.

### Figura 3 Análisis de Mercado Regional



Fuente: Artículo SEG Ingeniería

Actualmente, empresas y familias, en busca de mejorar sus condiciones económicas y reducir los gastos por energía, apuntan a buscar mejores alternativas rentables. Esto conlleva a dinamizar el mercado de la energía solar, disminuyendo también la contaminación medioambiental.

Dentro de la recapitulación del desarrollo energético, la coordinación de la política pública y privada es fundamental para intensificar los esfuerzos requeridos en el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas por los gobiernos. Estrategias como financiamientos, subsidios y planes de eficiencia energética deben estudiarse con miras a que su aplicación tenga un impacto positivo, no solo en el cuidado del medioambiente, sino que también proyecte un nivel efectivo de gestión gubernamental.

Según R. Gill (2020), los gobiernos de todo el mundo están apoyando la transición a las energías renovables. En muchos países existen incentivos gubernamentales para fomentar la adopción de la energía solar, como subvenciones, créditos fiscales y tarifas de electricidad bajas.

### **2.1.2. Contexto nacional**

De acuerdo con lo expuesto Medrano (2023), se prevé que para 2023 la demanda global de energía solar aumentará entre un 20% y 30%, tal como lo demostró el informe mundial Solar Energy 2023. Además, es importante destacar que Ecuador ha empezado a avanzar hacia una transición hacia una energía más limpia, especialmente en el sector industrial, comercial y agrícola.

Una de las compañías que ha optado por el uso de energía solar es almacenes Tía. Esta cadena de supermercados está edificando una planta de energía solar en su centro de distribución regional en Calacalí, Quito. La misma estará conformada por 2000 paneles solares y se prevé que genere 1500 MWH por año y reduzca 350 t de CO2 anuales.

A nivel local, hay muchas compañías con la capacidad y anhelos de implementar proyectos fotovoltaicos, lo que va a depender del costo de puerto. Medrano expone, además, que en el sector comercial o industrial tiene un costo aproximado de \$800 por kW instalado y su tamaño máximo estimado de 1000 kW. En el sector residencial, el precio está en aproximadamente los 1000 dólares por cada kW instalado y el tamaño promedio es 10 kW.

Según Mordor (2023), su análisis de mercado de energía solar proporciona datos respecto al crecimiento, la participación, las tendencias, las políticas y regulaciones gubernamentales, el panorama competitivo, la dinámica del mercado y las oportunidades que se generan en el mercado de energía solar 2023-2028. Según este informe, se considera que Ecuador tiene al momento emisiones de CO<sup>2</sup> per cápita con una tasa de crecimiento anual alrededor del 3.3%. Se espera que, con el mercado potencial de energía solar, las oportunidades y proyectos que está promoviendo el gobierno para que la inversión extranjera ingrese al mercado renovable, se genere un mejor futuro para este campo de la electricidad.

Una muestra de los proyectos que el gobierno está fomentando es que, a través del Ministerio de Energía, firmó en marzo de 2023, con la empresa SOLARPACK, la concesión del proyecto “EL AROMO”, para el desarrollo de un proyecto fotovoltaico denominado el Aromo cuya sede será en la provincia de Manabí. El contrato incluye diseño, construcción, financiamiento, instalación, montaje y puesta en servicio operación y mantenimiento de la central fotovoltaica, así como la posterior venta de energía eléctrica con una potencia de 200 megavatios (El Comercio, 2023).

Se considera que esta central de energía fotovoltaica se extenderá sobre un área de 300 hectáreas, donde lo que se busca es aprovechar la energía solar, tomando en cuenta que una de las

ventajas en esta área que tiene el Ecuador en esta área es el alto nivel de radiación solar. Esto como consecuencia de que se encuentre ubicado en la mitad del mundo.

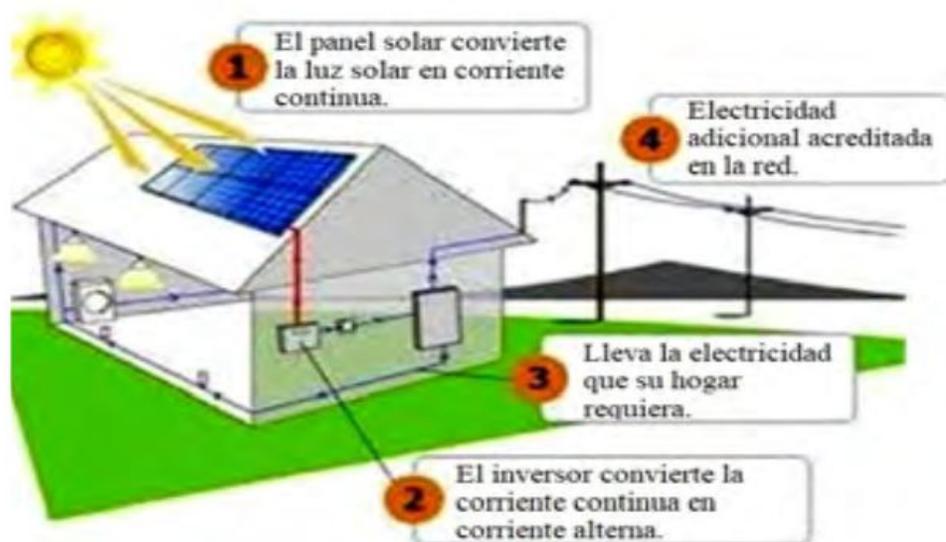
## 2.2. Fundamento Científico

Para el desarrollo del presente trabajo se explican las características principales del sistema fotovoltaico y se definen conceptos que explican su funcionamiento y dimensión.

Cosme et al. (2018), explican en su artículo “Sistemas fotovoltaicos, un análisis de revisión” que las utilidades de las aplicaciones interactivas de los sistemas fotovoltaicos de conexión se conforman por módulos fotovoltaicos que se conectan a inversores que transforman la corriente discreta producida por módulos fotovoltaicos a corriente alterna, misma que puede utilizarse para los electrodomésticos o ser vendida directamente a la red.

Estos sistemas generalmente se utilizan en hogares o edificios comerciales para compensar el coste de la electricidad.

**Figura 4 Esquemas de aplicaciones interactivas de utilidad**



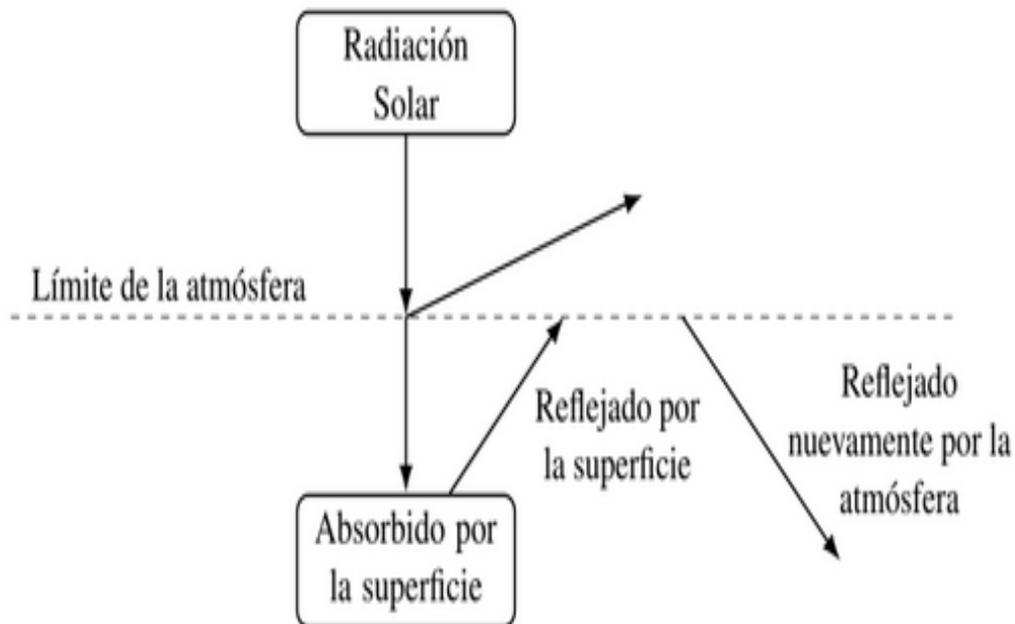
Fuente: (Cosme et al., 2018)

### 2.2.1. Efecto invernadero

Las emisiones de CO<sup>2</sup> originan el conocido efecto invernadero. La atmósfera produce el mismo efecto tanto en la Tierra como en el techo de un invernadero: permite pasar las radiaciones solares, y en su mayor parte, estas calientan la superficie terrestre y emiten el calor en ondas infrarrojas, las cuales no pueden salir en su totalidad debido a la presencia de la atmósfera(MAPFRE Global Risks, 2024).

El filtro de la atmosfera se vuelve más denso con el aumento de las emisiones de dióxido de carbono, lo que provoca que se genere más calor en la superficie de la tierra. La consecuencia de este efecto se evidencia en el incremento del nivel de la temperatura.

**Figura 5 Análisis de Mercado Regional**



Fuente: (Cevallos et al., 2019)Apuntes de energía fotovoltaica

### **2.2.2. Energía renovable**

Según Diaz (2015), la energía renovable es conocida por definición como una fuente de energía inagotable y auto regeneradora. Es decir, se usa la radiación solar para generar calor, y esto se hace mediante paneles fotovoltaicos. Se considera que la cantidad de energía que el sol es capaz de producir en todas las direcciones no es minimizada con este tratamiento. Además, se considera que las energías renovables tienden a aportar ventajas con recursos inagotables y no contaminantes.

Para Silva Maza & Mendoza Puruncajas (2024) , el concepto de renovable agrupa varios procedimientos tecnológicos que son alimentados con energía primaria Del Sol la que se considera que siempre se renueva por proceder de esta fuente son renovables estos procedimientos que aprovechan la luz solar.

Ambos autores coinciden en que la energía renovable se fundamenta en recursos inagotables y autosustentables, destacando el papel central del Sol como fuente primaria. Diaz (2015) destaca su naturaleza inagotable y autónoma, relacionada con tecnologías como los paneles solares (fotovoltaicos) que utilizan la radiación solar sin limitar su disponibilidad, destacando su reducido impacto en el medio ambiente., por otro lado, expande la idea al indicar que lo “renovable” incorpora varios procesos tecnológicos impulsados por la energía solar, cuya renovación continua asegura su sostenibilidad.

Estas ideas resaltan que la luz solar, al ser un recurso inagotable, permite desarrollar sistemas energéticos que disminuyen la contaminación y se basan en una fuente disponible para todos. El punto clave es que la adaptación de esta tecnología no se debe solo a la disponibilidad del sol, sino a su habilidad para integrarse en modelo de producción de energía limpias y eficientes.

En esencia, estos conceptos refuerzan que las energías renovables van as allá de su aspecto técnico: son un modelo fundamental para lograr un equilibrio entre nuestras necesidades energéticas y la protección del medio ambiente.

## **2.2. Energía solar**

La energía solar es vista como una alternativa para el futuro de la humanidad, (Editorial Etece, 2024), hace referencia a que el sol Es la estrella que da vida a la tierra mediante energía constante e inagotable está en el centro del sistema estelar y de ella nos separan 150`000.000 de kilómetros, su potencia de fuerza de gravedad como consecuencia de su masa es el motor de los planetas que giran a su alrededor y la energía que irradia se origina en la fusión nuclear que se produce en su interior.

En la practica la implementación del uso de energía solar persigue la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y el ahorro de energía no renovable. La energía solar se muestra como una opción decisiva para un futuro sustentable, al utilizar una fuente de energía inagotable y limpia que, como indica (Solar Energy, 2023), respalda la vida en la tierra desde su lugar central en el sistema solar. Su energía, producida por la fusión nuclear y transmitida por 150 millones de kilómetros, no solo controla el equilibrio cósmico, sino que facilita una respuesta palpable para atender la crisis climática. Al cambiar la utilización de combustibles fósiles, se disminuyen elocuentemente las emisiones de gases de efecto invernadero y se conservan recursos no renovables, en consonancia con metas mundiales de transición energética, Su puesta en marcha no solo representa un progreso tecnológico, sino también una responsabilidad moral hacia las generaciones venideras, al incorporar al respecto a los ciclos naturales en la actividad humana. Por lo tanto, la energía solar va más allá de su papel práctico para representar un modelo de desarrollo equilibrado entre el avance y la protección del planeta.

### **2.2.1. Luz Solar**

Para Díaz (2015), manifiesta que la luz solar se renueva cada día se le supone al sol una vida por delante de 5000 millones de años la electricidad que se genera es mediante el procedimiento fotovoltaico de alta temperatura y agua caliente sanitaria ACS con el térmico de baja temperatura Se produce electricidad con energía cinética contenida en los vientos los cuales se originan con el efecto del calentamiento de la superficie terrestre al ser desigual.

La forma en que esta luz solar llegue a la superficie terrestre va a depender de factores como la posición orbital del planeta y también del movimiento de rotación, así como la energía que es disipada por la atmósfera en la capa de ozono

### **2.2.2. Energía Solar Fotovoltaica**

Según Díaz (2015), indica que la energía solar fotovoltaica es una tecnología fundamentada en aplicación práctica del conocido efecto fotovoltaico que es de allí de donde se toma su nombre este es un efecto físico que aparece al incidir la radiación lumínica sobre determinados materiales semiconductores de tal manera que se produce un flujo de electrones dentro del mismo de manera que con base en las circunstancias adecuadas se origina un voltaje de electricidad.

Para Roldán. José (2023) este procedimiento es 1 de los grandes de las energías renovables tiene como base la célula fotovoltaica semiconductor en forma de oblea encerrada en un soporte transparente por su cara activa que reacciona con la luz del Sol y genera una corriente eléctrica en correspondencia con una intensidad recibida.

**Figura 6 Instalación Fotovoltaica**



Fuente: (Roldán. José, 2023)

**Figura 7 Módulos fotovoltaicos para alimentar una vivienda familiar**



Fuente:(Roldán. José, 2023)

### **2.3. Dispositivos de Conversión fotovoltaica**

El dispositivo mediante el cual se desarrolla el efecto fotovoltaico es la célula solar las que se interconectan entre ellas formando los paneles o módulos fotovoltaicos.

### **2.3.1. Célula solar**

Las células solares están hechas de materiales semiconductores. Cuando se genera energía solar, también se produce un par de portadores de carga que da lugar a una corriente eléctrica que puede recogerse en un circuito externo. La estructura de una célula solar es una Unión PN (Novelec, 2023).

Las células fotovoltaicas son dispositivos electrónicos capaces de convertir la energía que proviene de la radiación solar que se transmite a la tierra, en una forma determinada de luz, denominados fotones, en energía eléctrica, que son los electrones, esto se considera el efecto fotoeléctrico.

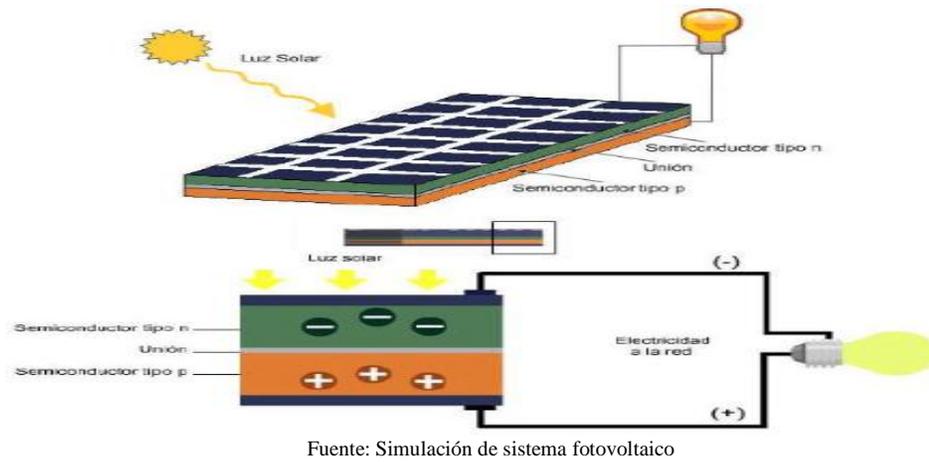
### **2.3.2. Panel solar**

Los paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales de estructura rectangular cuyo objetivo es captar la energía que proviene del Sol y convertirla en electricidad. Cuando la luz solar llega a los paneles solares, una de las células se comporta como una batería que almacena la luz del Sol que recibe y separa los electrones, formando una carga positiva y una carga negativa en la célula solar. Esta diferencia de potencial genera una corriente eléctrica.

Los paneles deben conectarse a una batería, que es la que almacena la electricidad que se haya generado y esta es la carga que se va a utilizar (Ponce, 2023).

Los paneles solares están compuestos de células fotovoltaicas (PV), que tienden a convertir la luz del Sol en electricidad de corriente continua (DC).

**Figura 8 Esquema de funcionamiento de un panel solar**



### **2.3.3. Inversor**

Los inversores de corriente o convertidor de corriente son dispositivos que se encargan de convertir o transformar la electricidad que generan los paneles solares en electricidad de corriente continua CC.

### **2.3.4. Panel eléctrico**

Los paneles eléctricos son los tableros indispensables para realizar las conexiones eléctricas y su objetivo es garantizar la seguridad en las instalaciones. El panel eléctrico es la caja donde se ubican los interruptores termomagnéticos de seguridad y distribuyen la electricidad en todos los circuitos, consta también de un disyuntor o fusible, para evitar sobrecargas eléctricas(Herrera et al., 2021).

Entre las funciones de los paneles eléctricos que va a depender de su modelo o tipo son las de medición, distribución, control y protección.

### **2.3.5. Medidores**

El contador de servicio mide el consumo de energía, este irá hacia atrás cuando se genere mayor energía de la que se requiera dicho exceso de energía solar va a compensar la energía que se utiliza por la noche a esto se le denomina medición neta.

### **2.3.6 Consumo de energía**

La información actualizada o en tiempo real acerca del consumo de energía eléctrica de una vivienda, compañía, aparato, zona o sistema en un instante concreto. Esta información es esencial para administrar la eficiencia energética, reducir costos y asegurar el alcance entre la oferta y la demanda en las redes de electricidad.

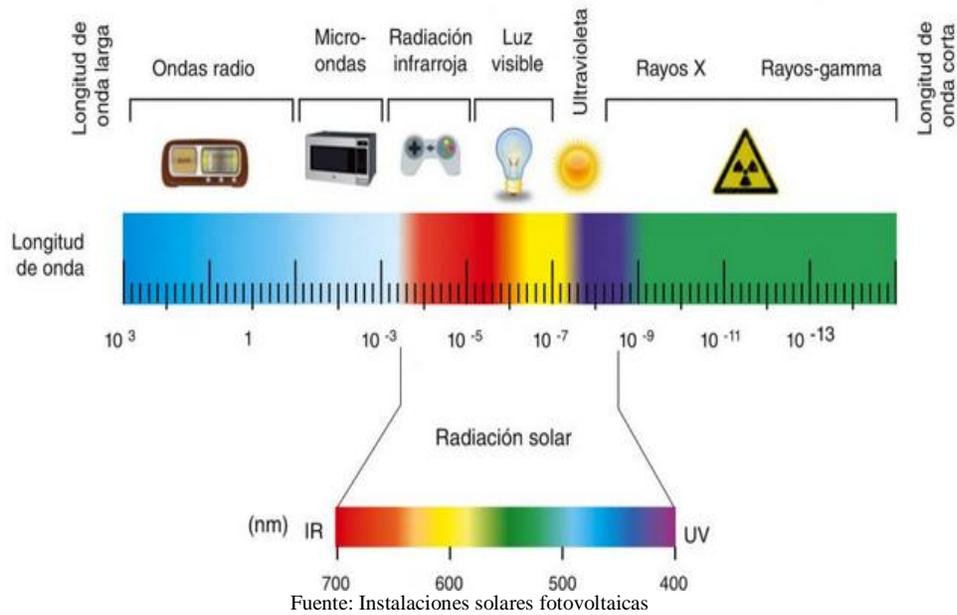
### **2.3.7 Reguladores de carga**

Los reguladores de carga son dispositivos electrónicos que cumple una función de regular la energía generada de los paneles solares y qué pasa a las baterías.

### **2.3.8. Radiación Solar**

La cantidad de energía recibida por unidad de superficie se llama radiación H, se mide en WH/m<sup>2</sup> y no solo se compone de luz visible, sino que también está formada por rayos infrarrojos y ultravioletas que son invisibles(Onuba Electrónica, 2023).

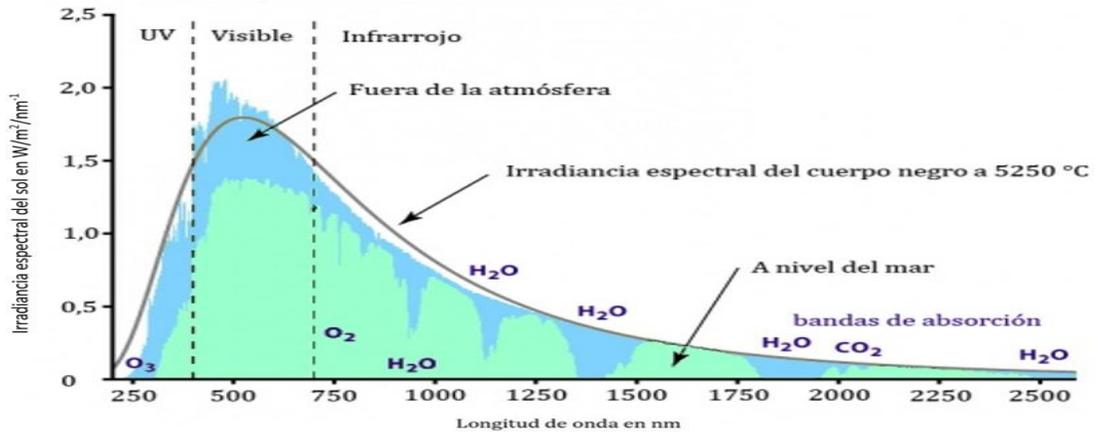
**Figura 9 Espectro Electromagnético**



La energía solar tiende a convertirse en electricidad denominada energía fotovoltaica o en calor considerada energía termo solar.

La radiación o energía solares, que llega desde el extremo de la atmósfera hasta la superficie de la tierra debe interactuar con una gran cantidad de materia (Alvarado et al., 2020) Las nubes son principales componentes de la atmósfera que a su vez interactúan con la radiación solar y por su forma y tamaño pueden absorber la radiación solar con lo que enfrían la superficie de la tierra, pero esto va a depender del agua líquida o hielo que ella tenga en su interior.

**Figura 10 Distribución espectral de la irradiancia directa en la atmosfera terrestre**



Fuente: Chopra (1981)

La figura 10 ilustra el funcionamiento de la distribución solar libre de elementos perjudiciales como aerosoles o contaminantes, evaluando la irradiación directa del sol y la atenuación que experimenta debido a la absorción de los elementos atmosféricos, creando una curva de radiación entre las distintas masas de aire y las capas atmosféricas.

### 2.3.8.1 Irradiancia Solar

Según Ponce (2023) define como la energía de origen solar por unidad aérea sobre la superficie. La irradiancia proveniente del Sol, es reducida por la atmósfera, tanto así que, al llegar a la tierra, llegan aproximadamente  $1000 W/m^2$ , si el cielo está despejado. El valor de irradiancia varía ya sea en el amanecer o el atardecer; de la misma forma, en el invierno es menor que en el verano y va a depender de las condiciones climatológicas. Vera (2025) indica que la radiación solar en el suelo. en muchas ocasiones es conocida como insolación.

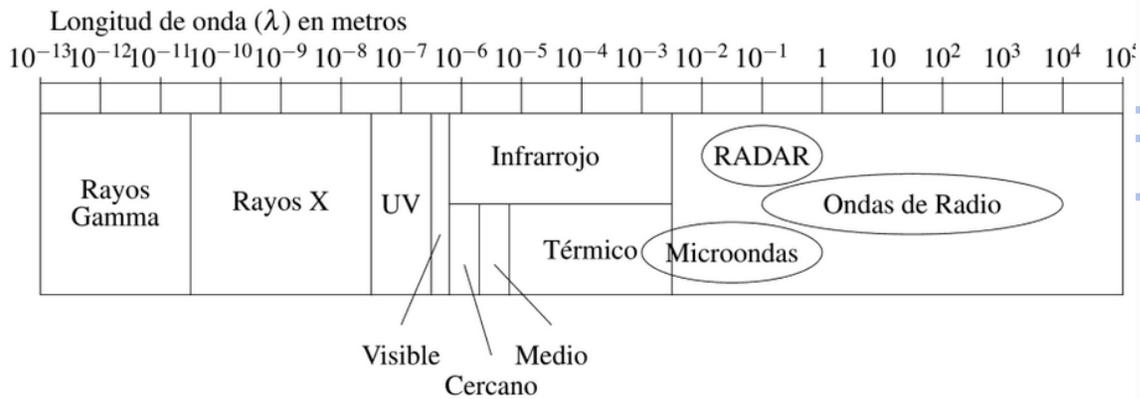
### 2.3.9.1 Irradiación Solar

La irradiación o radiación global es considerada como la cantidad de radiación solar que se recibe por la superficie por unidad de área dentro un período de tiempo determinado y se expresa en unidades de energía por unidades de área. Podemos aducir que la irradiancia es la potencia de la radiación, mientras que la irradiación es la energía recibida en un determinado período de tiempo.

### 2.3.4.2 Espectro solar

El espectro de radiación solar se refiere a la representación gráfica de la variación de la energía de radiación en función de la longitud de onda:

**Figura 11 Espectro electromagnético**



Fuente: (Rodríguez, Ruiz, & Valiente, 2022)

### 2.3.9.3 Radiación Solar Directa

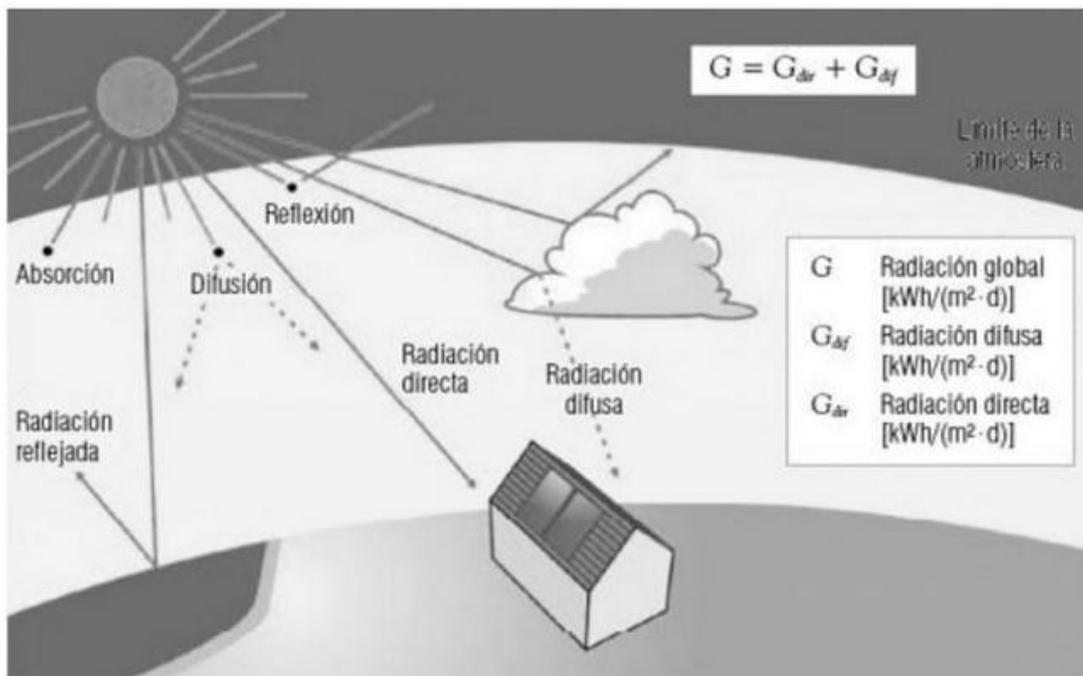
Este tipo de radiación proviene directamente del Sol sin experimentar modificaciones y su dirección de incidencia es única, se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), con lo que mientras mayor sea la cantidad de radiación solar directa que acapare el sistema fotovoltaico se generará

mayor electricidad. Es decir que si los sistemas fotovoltaicos se los ubica en áreas con mucha radiación solar directa serán más eficaces.

#### 2.3.9.4 Radiación Solar Difusa

La radiación difusa se interpreta como aquella que llega a la superficie de la tierra experimentando muchos cambios de dirección, generados durante su paso por la atmósfera a diferencia de la radiación directa no se puede redirigir. Cuando hay días soleados sin presencia de nubes este tipo de radiación supone el 15% a nivel global, sin embargo, cuando hay días nublados se reduce la radiación directa y aumenta la radiación difusa.

**Figura 12 Esquema de radiación solar directa y difusa**



Fuente: (Rodríguez, Ruiz, & Valiente, 2022)

#### 2.3.9.5 Radiación Solar reflejada

Esta radiación comprende una parte de la radiación incidente sobre la superficie u otros objetos, es decir proviene en forma de rebote de la superficie terrestre. Su aporte a la radiación global no se toma en cuenta ya que es muy pequeña.

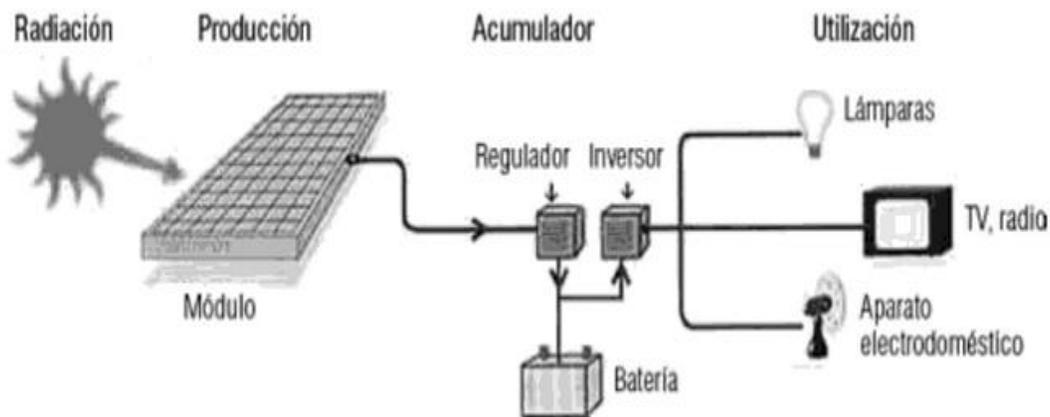
### 2.3.9.5 Radiación Solar global

Este tipo de radiación se conforma por la radiación directa y difusa, es decir es la totalidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre. La radiación solar global diaria se considera como la cantidad de radiación que se genera entre las 6:00 h de la mañana y las 18:00 h de la tarde.

### 2.3.5. Componentes de un sistema fotovoltaico

Los componentes del sistema fotovoltaico son los encargados de realizar la producción de energía solar mediante un módulo fotovoltaico, a través de la acumulación de energía, la cual está controlada por un regulador y un inversor para la utilización de energía eléctrica en aparatos de uso doméstico.

**Figura 13 Componentes de un sistema fotovoltaico para uso doméstico**



Fuente: (Rodríguez, Ruiz, & Valiente, 2022)

### 2.4. Protecciones para los sistemas eléctricos

Los sistemas eléctricos de protección son dispositivos o aparatos que se utilizan generalmente para evitar fallas en las instalaciones eléctricas habitualmente cuando se presentan

errores de conexión. La función de estos equipos es saltar o cortar la corriente eléctrica evitando el daño de objetos conectados a la electricidad, como artefactos, electrodomésticos, equipos, entre otros.

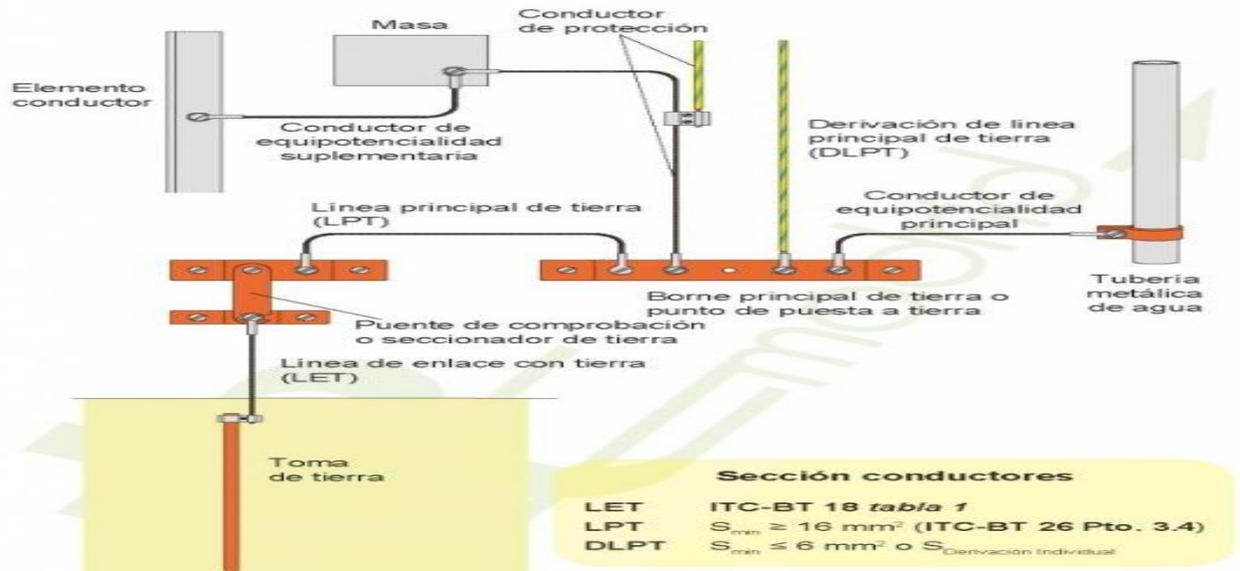
### **2.5.1. Sistema de puesta a tierra**

Un sistema de puesta a tierra es la conexión de cables de protección que van desde los enchufes de instalación donde van a ser conectados los electrodomésticos o equipos hasta la tierra. Tienen la funcionalidad de que en casos de que exista fuga de corriente eléctrica, esta sea derivada a la tierra mediante los cables o instalación de puesta a tierra.

Toda disposición de puesta a tierra se consignará de electrodo de tierra, o toma de tierra, que es un conjunto de conductores interconectados, empotrados o enterrados en el suelo y en contacto con el mismo, los que se encargan de canalizar las fugas eléctricas que procedan de una mala instalación o descargas eléctricas.

- **Las Línea de enlace con tierra:** sale del borne principal el conductor de tierra que enlazará con los electrodos de puesta a tierra.
- **Borne de puesta a tierra:** es una barra metálica sujeto a la pared mediante tornillos, a la que se conectan el resto de los conductores de la instalación de puesta a tierra.
- **Línea principal de tierra y derivaciones:** cumplen la función de unir las masas con la puesta a tierra, siendo estas la línea principal de tierra; y sus derivaciones como son las líneas secundarias y los circuitos interiores.
- **Conductores de protección:** unen eléctricamente las masas de una instalación a fin de garantizar la protección contra contactos indirectos.

**Figura 14 Sistema de puesta a tierra**



Fuente: [www.areatecnologia.com/electricidad/puesta-a-tierra.html](http://www.areatecnologia.com/electricidad/puesta-a-tierra.html)

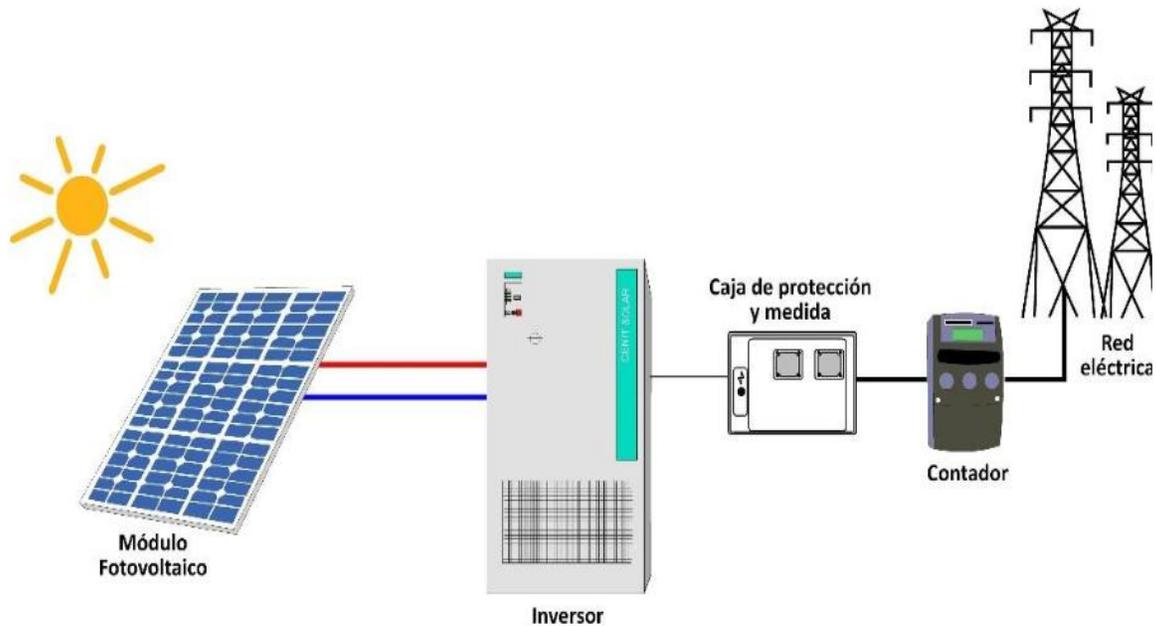
### 2.5.2. Sistemas conectados a red

Los sistemas solares pueden estar conectados a red a los cuales se los conoce como sistema fotovoltaico y trabajan en conjunto con las redes eléctricas públicas y los paneles solares. Están compuestos por paneles solares, red eléctrica, inversores y equipos de monitoreo, es decir no necesita baterías.

Su funcionamiento se basa en el trabajo de paneles solares fotovoltaicos que generan electricidad en corriente continua, donde existe la participación de los inversores para convertir esa corriente en alterna y se conecta directamente con la red pública. Estos sistemas conectados a la red son compatibles con diversas aplicaciones desde centrales de centenares de megavatios hasta sistemas pequeños de kilovatios.

Los principales componentes fotovoltaicos conectados a la red son: el arreglo fotovoltaico que se encarga de transformar la radiación solar en electricidad; y un acondicionador de potencia que es producida por un inversor de corriente continua a alterna.

**Figura 15 Componentes de un Sistema conectado a red**



Fuente: (ROBALINO, 2017)

### 2.5.3 Potencia trifásica

La potencia trifásica es un sistema de distribución eléctrica que utiliza tres corrientes alternas sincronizadas, desplazadas  $120^\circ$  entre sí. Esta configuración supera ampliamente a la monofásica, ofreciendo mayor eficiencia energética, especialmente para operaciones industriales y comerciales de alto consumo.

## CAPÍTULO III

### LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

#### 3.1. Análisis de la información

##### 3.1.1. Datos de consumo eléctrico actual

El consumo actual en una línea trifásica se calcula mediante la fórmula: Corriente (I) = Potencia (W) / ( $\sqrt{3}$  × Voltaje (V) × Factor de potencia (FP))

Los parámetros para considerar son los siguientes:

**Tabla 1 Parámetros**

<b>Descripción</b>	<b>Parámetros</b>
<b>Energía promedio día</b>	239,3 kWh día
<b>Energía al mes</b>	7.178 kWh mes
<b>Potencia máxima trifásica</b>	23 kW

Nota: Consumo actual en una línea trifásica

**Tabla 2 Voltajes**

<b>VL1-N</b>	<b>132</b>
<b>VL2-N</b>	132
<b>VL3-N</b>	133
<b>VLL</b>	229 vol.

Nota: Parámetros de los voltajes

**Tabla 3 Amperajes:**

<b>I1</b>	<b>56</b>
<b>I2</b>	74
<b>I3</b>	53
<b>I promedio</b>	71 amp.

Nota: Fuente obtuvo de un analizador de redes

**3.2 Historial de consumo mensual/anual (kWh) para dimensionar el sistema.**

**Figura 16 Facturas eléctricas:**

	PfFwdRev_Total_avg	ActiveEnergy_A_avg	ActiveEnergy_B_avg	ActiveEnergy_C_avg	ActiveEnergy_Total_avg	P (kW)	symm_comp_volt
2022-12-16 06:00	-0.79451	287.257	329.39	310.104	926.751	5560.506	
2022-12-16 06:10	-0.771684	293.971	324.032	298.282	916.284	5497.704	
2022-12-16 06:20	-0.787149	273.081	337.249	369.873	980.203	5881.218	
2022-12-16 06:30	-0.789612	288.98	337.766	330.573	957.319	5743.914	
2022-12-16 06:40	-0.793553	281.311	413.199	329.42	1023.93	6143.58	
2022-12-16 06:50	-0.808052	309.482	419.422	342.075	1070.98	6425.88	
2022-12-16 07:00	-0.799753	274.478	428.739	331.746	1034.96	6209.76	
2022-12-16 07:10	-0.793201	279.716	449.01	422.856	1151.58	6909.48	
2022-12-16 07:20	-0.806645	324.782	486.402	438.15	1249.33	7495.98	
2022-12-16 07:30	-0.873424	561.884	591.674	516.649	1670.21	10021.26	
2022-12-16 07:40	-0.889234	662.593	765.554	614.166	2042.32	12253.92	
2022-12-16 07:50	-0.915805	770.982	960.777	701.276	2433.04	14598.24	
2022-12-16 08:00	-0.948822	931.688	1196.38	769.614	2897.69	17386.14	
2022-12-16 08:10	-0.942026	1005.74	1356.13	851.072	3212.94	19277.64	
2022-12-16 08:20	-0.945732	1014.2	1391.71	892.019	3297.93	19787.58	
2022-12-16 08:30	-0.957464	1050.68	1331.58	900.601	3282.86	19697.16	
2022-12-16 08:40	-0.961297	1038.96	1237.38	919.179	3195.52	19173.12	
2022-12-16 08:50	-0.95368	1039.16	1287.04	886.788	3212.99	19277.94	
2022-12-16 09:00	-0.957642	1029.71	1194.14	902.795	3126.65	18759.9	
2022-12-16 09:10	-0.959295	1075.51	1239.41	926.115	3241.03	19446.18	
2022-12-16 09:20	-0.952122	1059.85	1226.31	942.764	3228.92	19373.52	
2022-12-16 09:30	-0.958572	1070.08	1294.9	941.479	3306.46	19838.76	
2022-12-16 09:40	-0.966816	1081.11	1238.69	1118.5	3438.3	20629.8	
2022-12-16 09:50	-0.963665	1123.41	1310.26	978.007	3411.67	20470.02	
2022-12-16 10:00	-0.961923	1110.89	1283.98	986.68	3381.54	20289.24	
2022-12-16 10:10	-0.956021	1097.82	1198.59	975.561	3271.96	19631.76	
2022-12-16 10:20	-0.94369	1049.35	1173.4	933.621	3156.37	18938.22	
		519686.924	635429.53	519731.012	1,674,847	22570.68	
					<b>1,675</b>	<b>22.57068</b>	7 días de registro
					239.3 kWh día		
					7,177.9 kWhmes		

Nota: Datos de lectura de los consumos, obtenidos del equipo Analizador de Redes.

## Figura 17 Energía activa

### Energía activa (kWh).

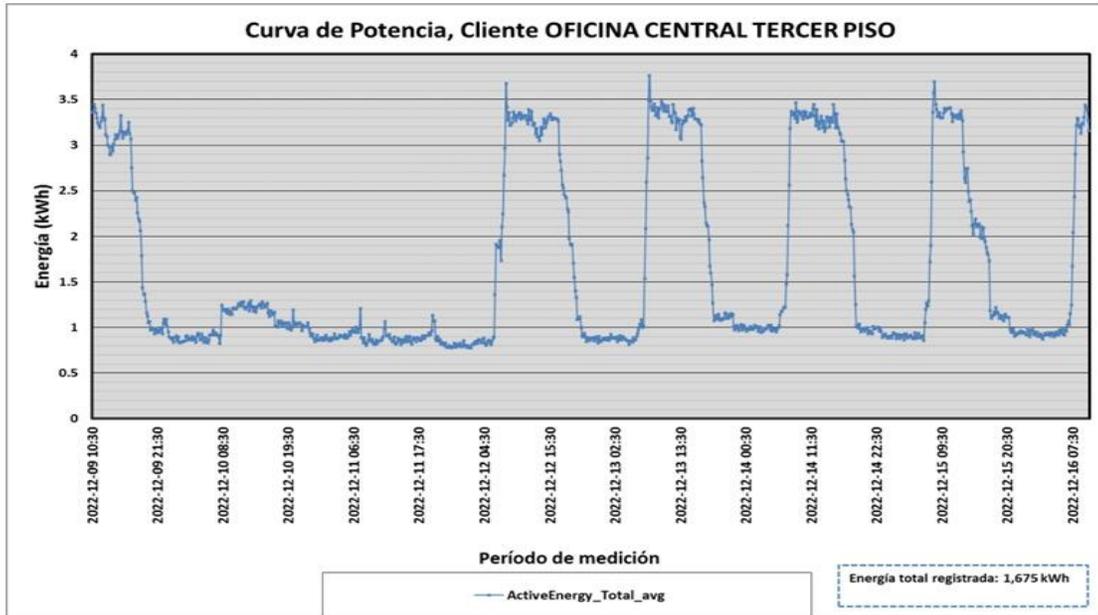


Gráfico No.10: Curva Energía del cliente CNEL CORP OFICINA CENTRAL TERCER PISO.

Se puede observar la curva de Energía total (kWh) del cliente CNEL OFICINA CENTRAL TERCER PISO, en donde se visualiza un registro total de 1,675 kWh

Demanda máxima (kW) para ajustar la potencia del sistema fotovoltaico.

### 3.3 Distribución del consumo:

#### 3.3.1 Submedidores

Los submedidores por departamento o gerencia, esto permite:

- Monitoreo individual del consumo eléctrico.
- Distribución precisa de costos/beneficios de la energía solar.
- Identificación de áreas con mayor demanda para optimizar eficiencia.

Horarios de mayor consumo (horas laborales vs. nocturnas).

### 3.3.2 Crecimiento futuro

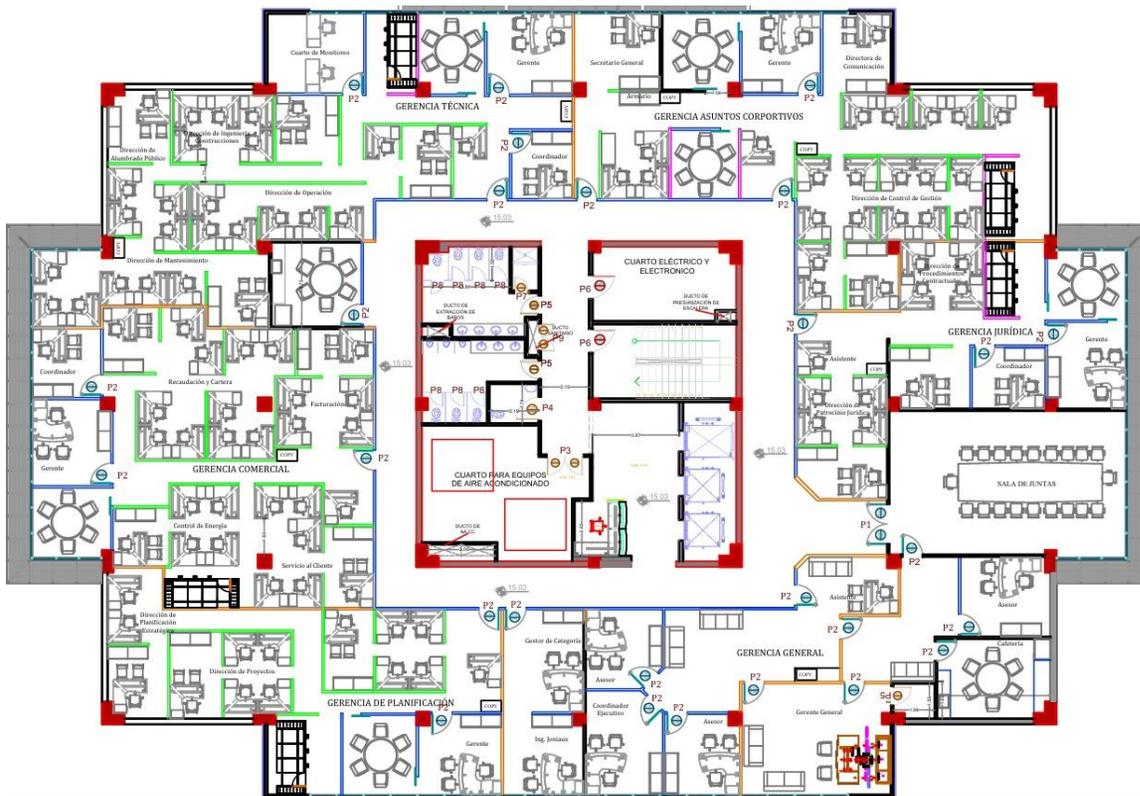
Tabla 4 Margen de crecimiento en la demanda de consumo

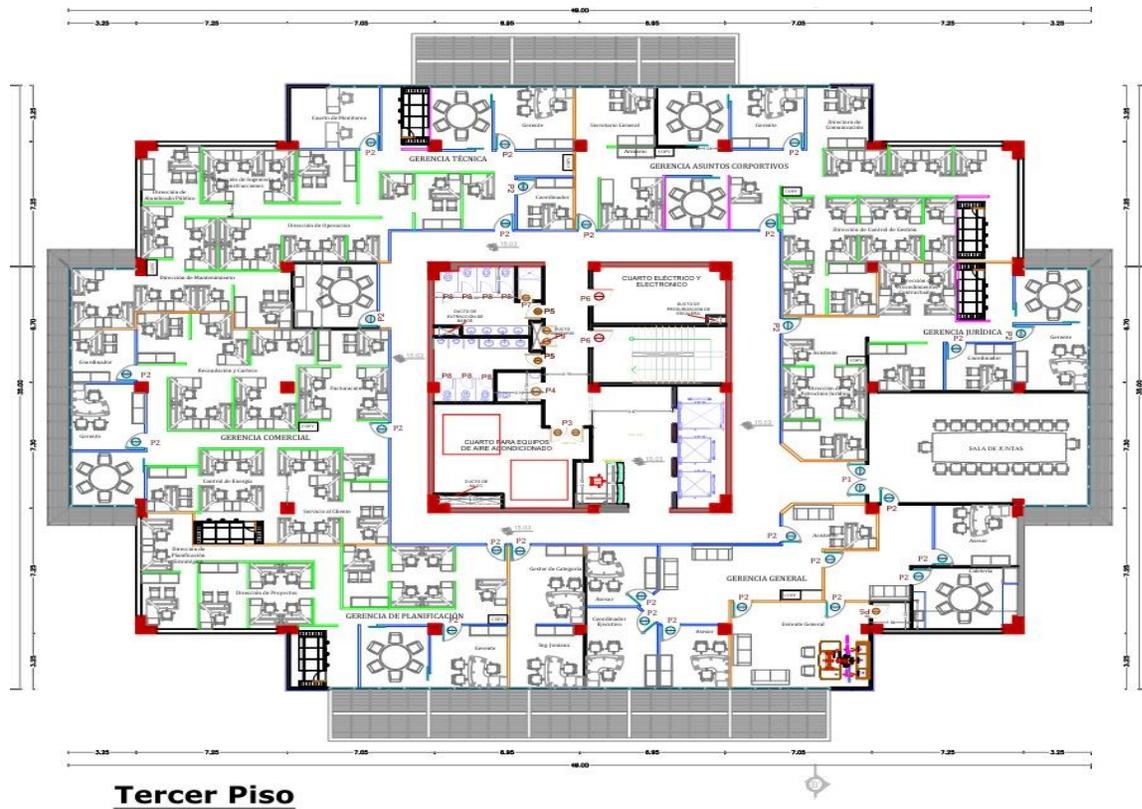
Escenario Actual	Demanda Máxima Hoy	Crecimiento Esperado	Sistema FV Recomendado
Fábrica pequeña	150 kW	+50 kW en 3 años	200 kWp (inversor 150 kW + espacio para 50 kWp extra)
Oficina corporativa	80 kW	+20% por nuevo personal	100 kWp (modular)
Supermercado	300 kW	+100 kW (nuevas cámaras)	400 kWp + baterías de 200 kWh

Nota: Crecimiento de la demanda

### 3.4. Infraestructura del edificio

Figura 18 Plano del sitio





### 3.5 Ubicación geográfica del sitio

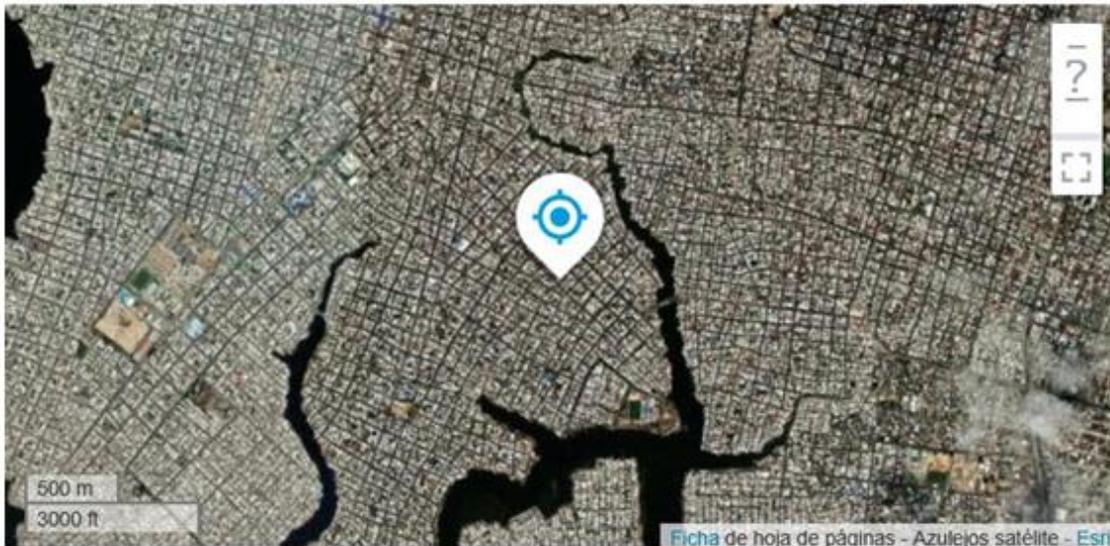
Figura 19 Reporte solar del sitio

Reporte de Atlas Solar

INFORMACIÓN DEL SITIO		
Datos de Mapa		Por día ▾
Salida de potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	<b>3.619</b> kWh/kWp por día ▾
Irradiación normal directa	DNI	<b>2.578</b> kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Irradiación horizontal global	GHI	<b>4.512</b> kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Irradiación horizontal difusa	DIF	<b>2.584</b> kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Irradiación global inclinada en ángulo óptimo	GTI opta	<b>4.521</b> kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Inciso óptimo de los módulos fotovoltaicos	OPTA	<b>4 / 0</b> ° ▾
Temperatura del aire	TEMP	<b>24.3</b> C ▾
Arritura de terrenos	ELE	<b>7</b> m m ▾

Nota: Reporte Atlas

**Figura 20 Mapa**



Nota: Foto satelital, tomada del informe del Atlas Solar.

### **3.5 Superficie útil en techos, terrazas o paredes (1750 m<sup>2</sup>).**

Área del edificio: 1750 m<sup>2</sup>

Área disponible: 1000 m<sup>2</sup>

- Cálculo de Espacio Requerido por Panel Solar
- Panel típico de 550W (monocristalino)
- Dimensiones: ~2,2 m × 1,1 m = 2,4 m<sup>2</sup> por panel.
- Espacio recomendado (incl. separación y mantenimiento): 3-4 m<sup>2</sup> por panel.

Fórmula básica:

$$\text{Número Panel} = \frac{\text{Área Disponible o útil (m}^2\text{)}}{\text{Panel Típico (550 W)}} \quad * \text{Potencia SGDA}$$

- Área útil 1000 m<sup>2</sup>
- Panel típico: 550 w

- Potencia SGDA Fotovoltaica: 56,97 kW equivalente: 56.970 W

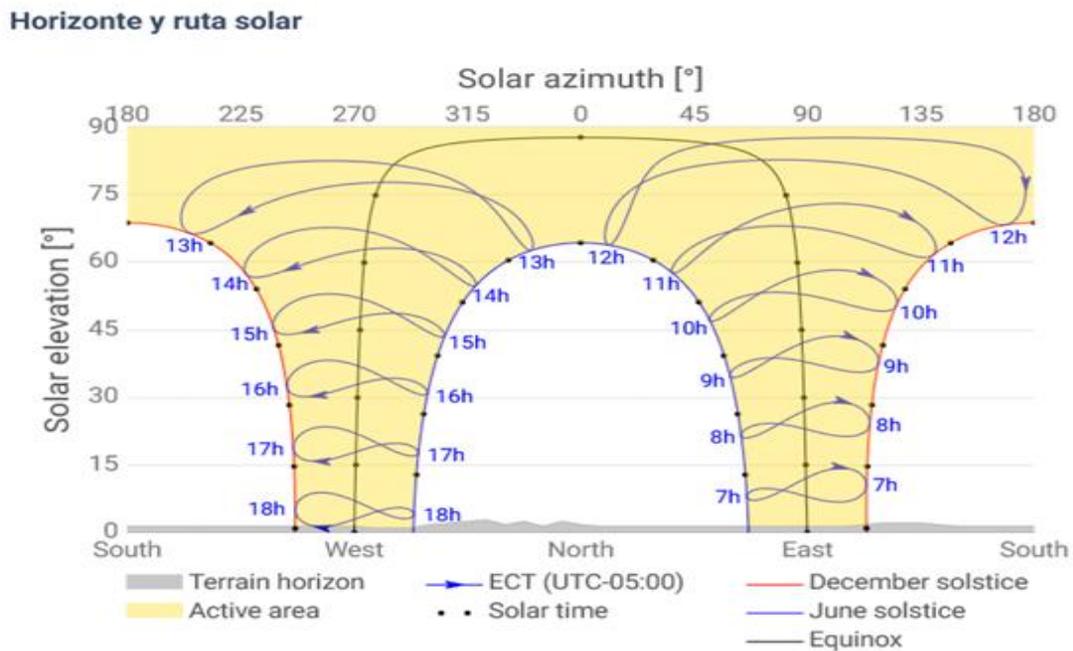
$$\text{Número Panel} = \frac{1000 \text{ m}}{550 \text{ W}} * 56970 \text{ W}$$

**Total de paneles = 104**

### 3.6 Estudio de sombras: Obstáculos como edificios cercanos, árboles o antenas.

Las sombras sobre los paneles solares pueden reducir la generación entre un 10% y 80%, dependiendo de su intensidad y duración. En sistemas con paneles conectados en serie (string), una sola sombra puede afectar a toda la cadena.

**Figura 21 Horizonte solar**

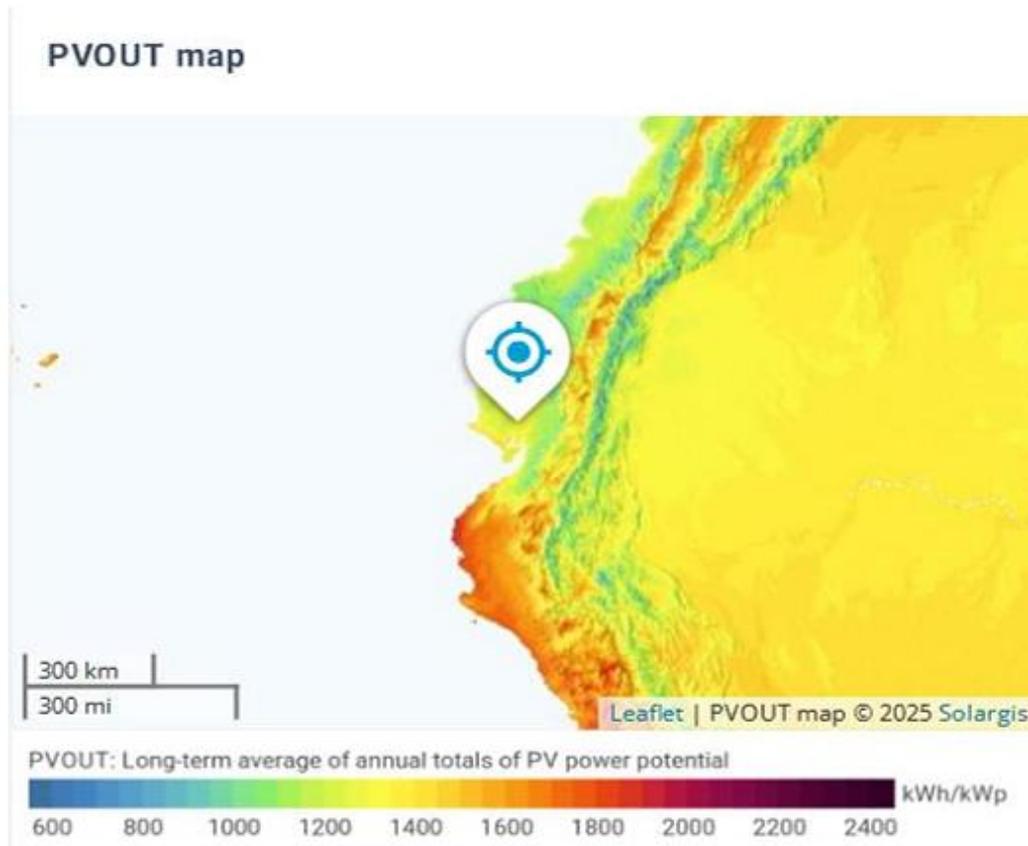


Nota: Reporte Atlas Solar

#### 3.6.1 Métodos para Realizar el Estudio de Sombra

- Análisis Visual (Básico)
- Observar el recorrido del sol a lo largo del día y las estaciones.

**Figura 22 Potencia solar**



Nota: PVOT Map

Identificar obstáculos:

- Mañana: Sombras al Este.
- Mediodía: Sombras cortas (sol alto).
- Tarde: Sombras al Oeste.

Herramientas útiles:

- Brújula solar (para orientación).
- Aplicaciones móviles: Sun Surveyor, PVSol (para simular sombras).

**Tabla 5 Simuladores**

<b>Herramienta</b>	<b>Uso</b>	<b>Ventajas</b>
<b>Google Sunroof</b>	Análisis gratuito con imágenes satelitales	Bueno para estimaciones iniciales
<b>PVSyst</b>	Modelado 3D profesional	Ideal para proyectos comerciales
<b>HelioScope</b>	Diseño rápido con nube	Integración con AutoCAD
<b>SolarEdge Designer</b>	Optimización con paneles específicos	Compatible con sus inversores

Nota: Análisis de Simuladores

- Realiza el estudio en diferentes épocas del año (el sol varía en invierno/verano).
- Prioriza paneles en zonas sin sombra y usa optimizadores en las áreas afectadas.
- Si la sombra es inevitable, considera paneles bifaciales (captan luz reflejada).

### **3.6 Sistema eléctrico existente:**

La Capacidad del cuadro general (400V trifásico).

- Estado de la instalación (¿necesita actualizarse para soportar la inyección solar?).
- Punto de conexión a la red (ubicación del transformador o contador general).

### **3.7 Requisitos técnicos del sistema fotovoltaico**

El tamaño de un sistema fotovoltaico se determina directamente por el uso de energía y el espacio a disposición para la colocación de los paneles solares. Por ejemplo, si una dirección utiliza cerca de 500 kWh mensuales, se podría proyectar un sistema de 50 a 100 kWp para satisfacer de manera parcial o completa dicha necesidad, en función de elementos como la radiación solar existente en el área, la dirección de los paneles y las pérdidas del sistema. En condiciones ideales de radiación, un sistema de 1 kWp tiene la capacidad de producir entre 6.000 y 7.500 kWh al mes. Esta capacidad puede incrementarse en función de la cantidad de gerencias o áreas que se quiera proveer. Además, la existencia de techos, estacionamientos u otras áreas útiles tiene un impacto

considerable en la viabilidad del proyecto. Es primordial llevar a cabo un análisis técnico previo para establecer el desempeño previsto y certificar que el sistema satisfaga las demandas energéticas de forma eficaz. Es necesario tener en cuenta el incremento futuro del consumo y la expansión del sistema. Un apropiado proporciona la optimización de la inversión y la maximización de las ventajas ambientales y económicas.

### Tipo de instalación:

Opciones:

- Sistema on-grid (conectado a la red con compensación de excedentes).
- Sistema híbrido (con baterías para respaldo, aunque aumenta costos).
- Inversores: Centralizados (para todo el edificio) o distribuidos (por áreas).

**Tabla 6 Sistemas y cobertura**

Escenario	Demanda Máxima (kW)	Sistema FV Recomendado	Cobertura de Picos
Pequeña industria	100 kW	50 kWp + Inversor 50 kW	~50%
Centro comercial	300 kW	150 kWp + Inversor 125 kW	~40-50%
Hospital (con baterías)	500 kW	250 kWp + Batería 200 kWh	~60-70%

Nota: Escenarios posibles de los sistemas de cobertura.

### 3.8 Normativas locales:

El sector eléctrico ecuatoriano ha sido clave en el desarrollo nacional durante los últimos 50 años, aumentando desde centrales térmicas en la costa hasta modernos complejos hidroeléctricos de 4.500 MW en las cuencas orientales y occidentales. Esta transformación ha permitido migrar de energías contaminantes a fuentes renovables, posicionándose como cimiento estratégico para el progreso. Los megaproyectos implementados garantizan el abastecimiento nacional a través de sistemas integrales de captación, procesamiento y distribución. Esta infraestructura de energía fomenta el crecimiento industrial, comercial y social de la nación

demostrando un avance tecnológico clave. La imagen adjunta presenta este sistema integral que establece al Ecuador como líder regional en producción eléctrica sostenible y eficaz, tratando la ruta hacia un futuro energético y competitivo

En el artículo 313 Todo ecuatoriano se reserva el derecho la administración regulación y control en los sectores estratégicos, El estado será responsable de la prestación de los servicios, públicos de agua potable y de riego saneamiento y energía, se hace referencia a que el Estado puede con distribuir empresas públicas para la gestión de los sectores estrategia, sin embargo se ha rice referencia de los sectores estratégicos dónde el estado delega la participación en el sector estratégico y público de manera mixta pero siempre una mayoría en las acciones la inversión directa de origen extranjero será un complemento a nivel nacional, el estado fomentara la eficacia energética, según lo indica la Asamblea Nacional.

### **3.8.1 Ley Orgánica del sector público de energía eléctrica LOSPPE**

El propósito de esta ley es garantizar que el servicio público de energía eléctrica se logre brindar de forma justa, constante y eficaz en concordancia con los principios esenciales consagrados en la Constitución de la Republica del Ecuador. La obligatoriedad significa que el estado tiene la obligación de garantizar que todos los ecuatorianos tengan el acceso al servicio, sin distinciones, fomentando la equidad de condiciones en áreas urbanas y rurales. La cobertura universal tiene como objetivo que ningún ciudadano se escape del sistema eléctrico nacional, dando prioridad al desarrollo inclusivo. Además, se determina la obligación del estado y de los encargados del servicio de asegurar para una provisión fiable, con criterios de calidad tanto técnica como comercial. Otro aspecto crucial es la sostenibilidad ambiental, demandando que evolución del sistema eléctrico reduzca su efecto en el medio ambiente. También se inventa la eficacia en la utilización de los recursos energéticos, promoviendo de interrupciones y garantiza la continuidad

del abastecimiento como componentes fundamentales. Esto potencia la seguridad eléctrica de la nación. En resumen, estas normativas facilitan el progreso hacia un sistema eléctrico equitativo, resistente y sustentable.

Para lograrlo, establece normas claras sobre:

El rol del Estado en la planificación, regulación y gestión del servicio.

- La participación de actores públicos y privados en la distribución de energía.
- El impulso a proyectos renovables y medidas de eficiencia energética.
- Además, define las obligaciones y competencias de todos los actores del Sector Eléctrico Ecuatoriano.

### **3.9 Aspectos legales y administrativos**

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCONEL) ha publicado una serie de regulaciones fundamentales que supervisan la producción, distribución y venta de energía eléctrica en Ecuador, garantizando de esta manera un servicio eficaz, seguro y de alta calidad. Además, la Resolución ARCONEL 005/018 define criterios de calidad que las compañías distribuidoras y vendedoras de energía eléctrica deben respetar, afirmando la continuidad y eficacia en la presentación del servicio al cliente. En cuanto a la normativa histórica CONELEC 003/08, en esta norma se regulan los elementos técnicos vinculados con la calidad en la transmisión de electricidad dentro del Sistema Nacional Interconectado (SIN). Además, la ARCONEL 003/18 se centra en establecer las condiciones particulares para la producción fotovoltaica orientada al autoconsumo, provocando la implicación activa de los consumidores en la producción de su propia energía a través de sistemas solares.

También es vital la regulación ARCONEL 001/18, pues establece las franjas de servidumbre y las distancias de seguridad requerida en las instalaciones eléctricas, elementos fundamentales para asegurar la seguridad física y funcional del sistema (ARCONEL, 2020).

Para los proyectos de implementación de sistemas fotovoltaicos de pequeña y mediana escala, tal como los mencionados en la propuesta de sustentabilidad, se implementa principalmente la legislación actual establecida en la Resolución ARCONEL 013/2021. Esta normativa, que proviene de las estipulaciones previas en las resoluciones ARCONEL 042/18 y ARCONEL 003/18, busca principalmente definir el marco jurídico para la implementación y funcionamiento de sistemas de micro generación fotovoltaica vinculados a la red. De acuerdo con esta regulación, se autorizan instalaciones de hasta 100 kW para usuarios domésticos, hasta 300 kW para todo tipo de usuarios interesado, y hasta menos de 1000 kW para usuarios comerciales o industriales

Esto fomenta la diversificación de la matriz energética, permite reducir la dependencia del sistema nacional, y promueve el uso de energías limpias. Además, facilita que los usuarios puedan inyectar excedentes de energía a la red, ayudando a la sostenibilidad del sistema eléctrico nacional y al cumplimiento de los compromisos ambientales del país.

**Permisos:**

- Licencia de obras municipal.
- Autorización de la empresa eléctrica, para conectarse a la red y dar el excedente de energía

**Acuerdos de reparto de energía:**

- Si hay submedidores, definir cómo se distribuirá la energía solar entre las gerencias.
- Si no hay submedidores, considerar un sistema de compensación económica interna.

**Regulación de propiedad:**

- Si el edificio es alquilado, se requiere autorización del propietario.

- Si hay copropietarios, aprobación en junta de vecinos/propietarios.

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

#### 4.1 Instalar y conectar el sistema.

Para construcciones con varios usuarios, se aconseja crear un modelo de administración compartida que posibilite una distribución equitativa de las ventajas del sistema fotovoltaico. Si no existen submedidores, se recomienda su ejecución para registrar el consumo individual, lo que admite un reparto claro y justo de los ahorros producidos.

En diversos países, la legislación ya contempla al autoconsumo colectivo, facilitando que varios usuarios tengan la misma instalación solar, lo que es perfecto para construcciones multifamiliares o de uso comercial. Este procedimiento maximiza la inversión y potencia la implicación de la comunidad. En el caso del tercer piso del edificio, se cuenta con una protección eléctrica mediante un disyuntor regulable de 3 polos con capacidad de 280/400 amperios, lo que certifica la seguridad y la capacidad adecuada para la conexión del sistema. Esta protección es esencial para evitar sobrecargas y cumplir con las normativas técnicas.

La potencia eléctrica trifásica es un concepto primordial en el campo de la ingeniería eléctrica, y su cálculo es fundamental para el diseño y dimensionamiento apropiado de sistemas y dispositivos eléctricos.

Se debe calcular el proyecto para una potencia trifásica de por lo menos 40 kW esto porque recuerda que hay pérdidas por eficiencia en los paneles por eso de los 23 kW debe dimensionarlo y hacer los cálculos para 35 kW. La fórmula para calcular la potencia eléctrica trifásica, se utiliza la siguiente fórmula:

$$PT = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$$

Donde:

- PT: Potencia eléctrica trifásica en voltios-amperios (VA)
- V: Voltaje en volts (V)
- I: Corriente en amperios (A)
- $\cos\phi$ : Factor de potencia (puede ser definitivo con la ayuda de tablas o utilizando un medidor de factor de potencia)

Como se puede observar, esta fórmula incluye la raíz cuadrada de 3, lo que significa que la potencia trifásica es aproximadamente 1.73 veces mayor que la potencia monofásica para el mismo voltaje y corriente. Esto indica la importancia de realizar un cálculo preciso de la potencia trifásica.

Además, debes de asumir una reserva en kW. Esa reserva puede debe ser por lo menos el 20% del 23 Kw adicional. Es decir, tu licencia es de unos 27 Kw.

Por lo que el cálculo para los paneles debe ser de uno 40 Kw. Para dimensionar un sistema fotovoltaico que genere una potencia trifásica de al menos 40 Kw en la salida del inversor, considerando las pérdidas por eficiencia de los paneles, cableado, temperatura y otros factores, seguiremos estos pasos:

#### 4.2. Determinar la potencia AC necesaria (antes de pérdidas)

Partimos de los **40 Kw AC** requeridos a la salida del inversor, pero debemos considerar:

- **Pérdidas típicas del sistema:** ~15-25% (eficiencia del inversor, sombreado, suciedad, temperatura, etc.).
- **Eficiencia típica de inversores trifásicos:** ~95-98%.

#### Fórmula:

$$PDC = \frac{PAC}{\text{Eficiencia del inversor} \times (1 - \text{Otras pérdidas})}$$

#### Ejemplo:

- Si queremos **40 Kw AC** y asumimos:
  - Eficiencia del inversor: **97%** (0.97).
  - Otras pérdidas (sombreado, suciedad, temperatura): **18%** (0.18).

$$PDC = 40 \text{ Kw} \cdot 0.97 \times (1 - 0.18) = 40 \cdot 0.97 \times 0.82 \approx 50.3 \text{ kWp (kilovatios pico)}$$

$$PDC = 0.97 \times (1 - 0.18) \cdot 40 \text{ Kw} = 0.97 \times 0.82 \cdot 40 \approx 50.3 \text{ kWp (kilovatios pico)}$$

### 4.3 Sistema Fotovoltaico a instalar

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se calcula así: Consumo diario (239.27 kWh/día) dividido entre las horas sol pico (4.2 h a 4.5 h) da como resultado la potencia requerida (56.97 Kw). Esto significa que, para cubrir el consumo promedio de 7178 kWh/mes, se necesita un sistema de  $\approx 57$  Kw, el cual generará  $\approx 239$  kWh diarios bajo condiciones óptimas (equivalente a 4.2 horas de sol pleno). Este diseño asegura que la energía producida compense el 100% del consumo eléctrico mensual (net-zero), considerando que:

- $56.97 \text{ Kw} \times 4.2 \text{ h} = 239.27 \text{ kWh/día}$ ,
- $239.27 \text{ kWh/día} \times 30 \text{ días} = 7178 \text{ kWh/mes}$ .

Sin embargo, en la práctica se recomienda sobredimensionar un 10-15% para compensar pérdidas por sombreado, suciedad o degradación de paneles.

### 4.4. Cálculo del número de paneles solares

Los paneles de 550 Wp (comunes en proyectos comerciales/industriales):  $N^\circ \text{ paneles} = PDC$   
 Potencia panel =  $56,970 \text{ W} / 550 \text{ W}$   
 $N \approx 104$  paneles

#### 4.5. Configuración del arreglo fotovoltaico

- **Voltaje del sistema:** Para inversores trifásicos típicos (ej. 480V AC), el rango de voltaje DC suele ser **600-1000V**.
- **Conexión en serie (string):**
- Si el voltaje máximo del inversor es **1000V** y los paneles tienen un  $V_{mp} \approx 41V$  ( $V_{mp} \approx 41V$  (550W monocristalino):
- $N^\circ$  paneles por string =  $\frac{\text{Voltaje del sistema}}{V_{mp}} = \frac{1000V}{41V} \approx 24$  paneles (máximo)
- $N^\circ$  paneles por string =  $\frac{V_{mp}}{\text{Voltaje del sistema}} = \frac{41V}{1000V} \approx 24$  paneles (51 máximo)

**Recomendación:** Usar **20-22 paneles por string** para evitar superar el voltaje máximo en días fríos.

- **Número de strings:**

En 104 paneles, 22 paneles/string  $\approx 4.8 \rightarrow 5$  strings

**Total: 110 paneles** (5 strings  $\times$  22 paneles) = **60.5 kWp** (mayor margen para pérdidas).

#### 4.6. Selección del inversor trifásico

- **Potencia del inversor:** Debe soportar la potencia DC y AC.

Ejemplo:

- Inversor de **50 Kw AC** (como el Solar Edge SE50K o equivalente).
- Asegurar que el “DC/AC ratio” esté entre **1.1-1.3**:  
 $\frac{60.5 \text{ kWp}}{50 \text{ Kw}} = 1.21$  (Dentro del rango aceptable)
- $\frac{50 \text{ Kw}}{60.5 \text{ kWp}} = 1.21$  (Dentro del rango aceptable)

#### 4.7 Estimación de energía generada

- **Horas pico solares (HSP):** Depende de la ubicación (ej. España: ~4.5 HSP/día en promedio).
- **Energía diaria:**

$60.5 \text{ kWp} \times 4.5 \text{ HSP} \times 0.82 \text{ (pérdidas)} \approx 223 \text{ kWh/día}$

$60.5 \text{ kWp} \times 4.5 \text{ HSP} \times 0.82 \text{ (pérdidas)} \approx 223 \text{ kWh/día}$

**Mensual:** 6,700 kWh/mes (suficiente para cargas industriales).

#### 4.8. Consideraciones adicionales

- **Estructura de montaje:** Techo plano o inclinado, sombreados, orientación (ideal: sur en el hemisferio norte).
- **Regulaciones locales:** Normativas de conexión a red, protecciones eléctricas, etc.
- **Baterías (opcional):** Si requiere backup, calcular capacidad en kWh según autonomía necesaria.

#### 4.9. Costos de Equipos para instalar

A continuación, se presentan los equipos que se utiliza para el diseño fotovoltaico de la investigación además se incluyen los valores aproximados que están en el mercado, Con sus respectivas cantidades y valores estimado. Representan las columnas con los rubros referenciales precios y costos estimados.

##### 4.9.1 Paneles solares

El sistema fotovoltaico dispone de varios componentes esenciales que aseguran su funcionamiento adecuado. Los inversores híbridos convierten la corriente continua en alterna, facilitando la vinculación con la red eléctrica o la utilización de baterías. Las estructuras y su montaje ofrecen el respaldo físico correcto para los paneles, garantizando su estabilidad y optima

dirección. Las protecciones eléctricas y el cableado aseguran la seguridad y eficacia en la transmisión de la energía producida. Las baterías de litio (opcionales) proporcionan el almacenamiento del sobrante de energía para su utilización futura, incrementando así la independencia del sistema. Finalmente, los servicios de ingeniería y permisos aseguran que el diseño cumpla con la normativa vigente y sea aprobado por las autoridades correspondientes. (Oliveira, 2023)

**Tabla 7 Características o Especificaciones Técnicas del panel solar**

<b>Modelo</b>	<b>CS7N 680-705-TB-AG</b>
<b>Dimensiones</b>	2384*1303*33mm
<b>Peso</b>	37.8kg±5%
<b>Caja de conexiones</b>	IP68, 3 bypass diodes
<b>Conector</b>	T6 or MC4 or MC4-EVO2 or MC4-EVO2A
<b>Potencia Nominal Máxima (Pmax)</b>	690w
<b>Voltaje de operación óptima (Vmp)</b>	47.5V
<b>Corriente de operación óptima (Imp)</b>	18.39 <sup>a</sup>
<b>Voltaje de circuito abierto (Voc)</b>	39.6V
<b>Corriente de Cortocircuito (Isc)</b>	17.43 <sup>a</sup>
<b>Eficiencia del módulo</b>	22.2%
<b>Número de módulo por paquete</b>	33 piezas
<b>Número de cajas por contenedor</b>	594 piezas

Nota: Listado de las Especificaciones Técnicas



### 4.9.3 Inversores

Las características son:

**Tabla 10 Características técnicas de los Inversores**

<b>Entradas MPPT UTILIZADAS</b>	<b>8</b>	<b>u</b>
<b>Número de paneles fotovoltaicos por cada cadena MPPT</b>	13	u
<b>Potencia Fotovoltaica por cada cadena MPPT</b>	7,15	kW
<b>Voltaje máximo por cada cadena MPPT</b>	546	Vdc
<b>Corriente máxima por cada cadena MPPT</b>	13	Adc
<b>Voltaje de salida del inversor AC</b>	220	VI-1 3F
<b>Corriente de salida del inversor AC</b>	183,7	A

Nota: Equipos

**Tabla 11 Inversores**

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>Prec-Uni</b>	<b>Total sin iva</b>
<b>Inversor Growat MAX70KTL3</b>	c/u	1	5940	\$ 5.940,00
<b>Total</b>				<b>\$ 5.940,00</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

### 4.9.4 Protecciones

**Tabla 12 Protecciones**

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>Prec-Uni</b>	<b>Total sin iva</b>
<b>Disyuntores DC-1P-20A</b>	c/u	8	18,19	\$ 145,52
<b>Disyuntores AC-3P-250A</b>	c/u	1	48,78	\$ 48,78
<b>Total</b>				<b>\$ 194,30</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

#### 4.9.5 Acometidas

Tabla 13 Estimación de cable requerido

Material	Unidad	cantidad	Prec-Uni	Total sin iva
Acometida DC por cada cadena	M	50	1,10	\$ 55,00
<b>MPPT - 1F#10+N#10 SOLAR</b>				
Acometida AC por salida del inversor - 3F # 2/0	M	25	9,00	\$ 225,00
Acometida AC por salida del inversor - N # 1/0	M	25	7,00	\$ 175,00
Acometida AC por salida del inversor - T # 4 AWG SUPERFLEX	M	25	2,5	\$ 62,50
<b>Total</b>				<b>\$ 517,50</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

#### 4.9.6 Presupuesto Material de Sistema Fotovoltáico

Tabla 14 Resumen Material de Sistema Fotovoltáico

Material	Unidad	cantidad	Pre-Uni	Total sin iva
Panel Solar de 550w	c/u	104	130	\$13.520,00
Inversor Growat MAX70KTL3	c/u	1	5940	\$ 5.940,00
Disyuntores DC-1P-20A	c/u	8	18,19	\$ 145,52
Disyuntores AC-3P-250A	c/u	1	48,78	\$ 48,78

<b>Riel AL 4,33m</b>	c/u	60	15	\$	900,00
<b>Grapa final</b>	c/u	32	0,8	\$	25,60
<b>Grapa media</b>	c/u	176	0,8	\$	140,80
<b>Anclaje L</b>	c/u	120	1	\$	120,00
<b>Grapa PAT</b>	c/u	8	1	\$	8,00
<b>Otros misceláneos</b>	Glb	1	150	\$	150,00
<b>Acomedita DC por cada cadena</b>	M	50	1,1	\$	55,00
<b>MPPT - 1F#10+N#10 SOLAR</b>					
<b>Acometida AC por salida del inversor</b>	M	25	9	\$	225,00
<b>- 3F # 2/0</b>					
<b>Acometida AC por salida del inversor</b>	M	25	7	\$	175,00
<b>- N # 1/0</b>					
<b>Acometida AC por salida del inversor</b>	M	25	2,5	\$	62,50
<b>- T # 4 AWG SUPERFLEX</b>					
<b>Total</b>					<b>\$ 21.516,20</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

#### 4.9.7 Presupuesto General del Sistema Fotovoltaico

**Tabla 15 Presupuesto del Sistema**

<b>Costo de Materiales</b>	<b>\$ 21.516,20</b>
<b>Costo Mano de Obra</b>	<b>\$ 6.000,00</b>
<b>Transporte</b>	<b>\$ 1.500,00</b>
<b>Iva (15%) de 2.056,20</b>	<b>\$ 308,43</b>
<b>Total del proyecto</b>	<b>\$ 29.324,63</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

**Tabla 16 Presupuesto General del Sistema y costo de mantenimiento**

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
<b>Total del proyecto</b>	\$ 29.324,63
<b>Costo de Operación y Mantenimiento al año (semestral)</b>	\$ 2.400,00
<b>Total</b>	<b>\$ 31.724,63</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

Total: **SON TREINTA Y UN MIL SETECIENTOS VEINTICUATRO CON 63/100 DOLARES**

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO

#### 5.1. Costo del sistema fotovoltaico interconectado a la red

##### 5.1.1. Precios según el tamaño del sistema

- **Sistemas pequeños (2-4 paneles):**
  - **Kit básico de 2 paneles solares (330W):** Desde \$14,992.30 MXN + IVA (solo materiales) 9.
  - **Sistema de 4 paneles (550W):** Aproximadamente \$30,980 MXN + IVA (sin incluir instalación) 9.
  - **Hogares con consumo bajo:** Costo promedio de \$22,000 MXN para kits básicos, según ejemplo de Tecnoligente 1.
- **Sistemas medianos (6-12 paneles):**
  - **Kit de 12 paneles (550W):** \$76,740 MXN + IVA (sin instalación) 9.
  - **Sistema de 10 paneles (585W):** 128,448.28MXN+IVA, con descuento por pago de contado a 128,448.28MXN+IVA, *con descuento por pago de contado a 104,300 MXN* (incluye instalación y garantía) 10.
- **Sistemas grandes (20 paneles o más):**
  - **Kit de 20 paneles (550W):** Desde \$125,119 MXN + IVA (solo materiales) 9.
  - **Ejemplo de retorno de inversión:** Un sistema de 4.8 kW cuesta alrededor de 178,363.98MXN, con ahorros anuales de 178,363.98MXN, *con ahorros anuales de 29,831 MXN* y recuperación en ~6 años

### **5.1.2 Financiación y costos**

Presupuesto inicial:

Costo por kW instalado dependiendo de la ubicación.

#### **Incentivos:**

Subsidios gubernamentales, deducciones fiscales o tarifas Premium por excedentes.

Retorno de inversión (ROI):

Calcular ahorros mensuales vs. costo de instalación (ej: ROI típico en 5-10 años).

Según el análisis, se deduce: que al costo total de la inversión en equipos sin baterías (opcional las baterías) asciende a **31.724,63**, mientras que el costo de la planilla mensual por consumo eléctrico y demanda de facturación asciende a \$879,67 mes y \$10.556,04 año. Basándose en estos valores, se puede inferir que el costo se recuperara a partir del año 3,01 (ver Anexos en detalle de la facturación energética).

### **5.1.3 Proveedores e instalación**

La implementación de sistemas fotovoltaicos es un procedimiento que demanda consideración a diversos factores técnicos y jurídicos. Las compañías de instalación necesitan tener certificaciones como la ISO 9001, que aseguran un enfoque sistemático en la administración de calidad, sumado a la experiencia en proyectos de negocios que les facilita gestionar eficientemente los retos del sector.

Es necesario facilitar garantías a los dispositivos instalados, tales como 25 años para los paneles solares y 10 años para los inversores, avalando de esta manera la seguridad del cliente en la longevidad y la eficacia del sistema. El procedimiento de instalación se segmenta en etapas, iniciando con el diseño, que dura entre 1 y 2 semanas, y continuando con la instalación en un periodo de 2 a 4 semanas, en función de la complejidad del proyecto. Es imprescindible un

programa de mantenimiento constante, que comprende la limpieza de los paneles cada 6 a 12 meses y la evaluación de inversores y conexiones para mejorar el desempeño a largo plazo. Adicionalmente, se pone en marcha un sistema de seguimiento que posibilita a los usuarios entrar a una plataforma digital para monitorear la generación de energía en tiempo real e identificar posibles errores.

Los pasos clave para llevar a cabo este proceso incluyen realizar una auditoría energética para evaluar el consumo, consultar a un ingeniero especializado para determinar la viabilidad técnica y legal, solicitar los permisos necesarios y elegir un proveedor certificado que pueda definir el diseño adecuado para maximizar la eficiencia del sistema.

### **5.3 Evaluación Económica y beneficios del sistema fotovoltaico interconectado a la red**

#### **5.3.1 Costo Total del proyecto**

**Tabla 17 Total General del Sistema y costo de mantenimiento**

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
<b>Total del proyecto</b>	\$ 29.324,63
<b>Costo de Operación y Mantenimiento al año (semestral)</b>	\$ 2.400,00
<b>Total</b>	<b>\$ 31.724,63</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

#### **5.3.1 Tiempo de Retorno de inversión**

**Tabla 18 Tiempo de Retorno de inversión**

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
<b>Inversión Proyecto (1)</b>	\$ 29.324,63
<b>Costo de mantenimiento y operación (2)</b>	\$ 2.400,00
<b>Consumo kWh/mes (facturación CNEL GYE) (3)</b>	7.178

<b>Consumo kWh/mes (facturación CNEL GYE) dólares (4)</b>	\$ 879,67
<b>Consumo kWh/año (facturación CNEL GYE) (5)</b>	\$ 86.136,00
<b>Consumo kWh/año (facturación CNEL GYE) dólares (6)</b>	<b>\$ 10.556,04</b>

Nota: Equipos para el proyecto fotovoltaico

**Tabla 19 Total General del Sistema y costo de mantenimiento**

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
<b>Total de Inversión (1) y (2)</b>	\$ 31.724,63
<b>Recuperación de Consumo anual (6)</b>	\$ 10.556,04
<b>Tiempo de Recuperación Inversión (1) + (2) / (6)</b>	3,01
<b>Se recupera la inversión en tres años</b>	

Nota: Recuperación económica del proyecto fotovoltaico

#### **5.4. Evaluación Ambiental**

Los sistemas fotovoltaicos interconectados facilitan un equilibrio ambiental sumamente favorable, con disminuciones notables en emisiones y polución. Los posibles efectos adversos con reducidos y manejables a través de prácticas sustentables. Bajo mantenimiento: No requiere combustible ni partes móviles (solo limpieza ocasional y revisiones eléctricas).

Escalabilidad: Puede ampliarse según demanda energética. Su implementación a gran escala es fundamental para la transición energética a nivel mundial. Un sistema fotovoltaico (FV) conectado a la red eléctrica se compone de los siguientes elementos fundamentales:

- Paneles solares: Convierten la radiación solar en electricidad (CC)
- Inversor: Convierte la corriente continua (CC) en alterna (CA) para inyectarla a la red.
- Medidor bidireccional: Registra la energía consumida y la inyecta a la red (net metering).

## **5.5 Estructuras de montaje y protecciones eléctricas.**

### **Parámetros clave de evaluación técnica:**

- Eficiencia del sistema (15% -22% en paneles comerciales).
  - Factor de capacidad (20%- 30%, dependiendo de la ubicación).
  - Vida útil (25- 30 años para paneles, 10-15 años para inversores).
- Compatibilidad con la normativa local (conexión a red, seguridad eléctrica).

### **Beneficios del Sistema**

- Ahorro económico: Reduce la factura eléctrica mediante autoconsumo y compensación de excedentes.
- Independencia energética: Disminuye la dependencia de combustibles fósiles y fluctuaciones de precios.
- Incentivos fiscales: En muchos países hay subsidios, descuentos o exenciones fiscales.

#### **5.5.1. Características del entorno**

La instalación de sistemas sobre fotovoltaicos depende de varios factores clave que pueden influir en su eficiencia y rentabilidad. Uno de los más importantes es la radiación solar, donde las zonas con alta irradiación, superiores a 5 kWh/m<sup>2</sup>/día, son ideales para maximizar la producción de energía, como es el caso de desiertos o regiones tropicales. El clima y el sombreado también juega un papel crucial; la presencia de nubosidad, polvo o arboles pueden afectar notablemente la captación de luz, lo que requiere estudios de sombreado utilizando software especializado como PVSyst para optimizar la ubicación de los paneles. Además, las regulaciones locales son un factor determinante, ya que cada región tiene normativas específicas para la conexión a la red, permisos municipales y estándares técnicos que deben cumplirse, como el NEC en Estados Unidos o el RETIE en Colombia. La disponibilidad de espacio es otro aspecto que se debe considerar; los

sistemas pueden variar desde instalaciones en techos residenciales de 3 a 10 kW, hasta instalaciones industriales que van de 50 kW a MW, y plantas solares a gran escala que superan 1W. Por último, la estabilidad de la red eléctrica es fundamental; en áreas donde los cortes de energía son frecuentes, es recomendable optar por sistemas híbridos que incluyan baterías, garantizando así un suministro continuo de energía. Estos factores, en conjunto, son esenciales para el éxito de cualquier proyecto solar, asegurando un rendimiento óptimo y una inversión rentable.

### 5.5.2. Matriz de impacto ambiental

Variable      Influencia en el Sistema FV

Radiación solar      Óptimo: >5 kWh/m<sup>2</sup>/día (ej. Desiertos, zonas tropicales)

Clima      Nubosidad/polvo reducen eficiencia. Necesidad de limpieza frecuente en zonas áridas.

Normativas locales      Permisos de conexión a red, estándares técnicos (ej. NEC, RETIE, CEI)

Espacio disponible      Techos (3-10 kW), terrenos (1 MW+). Evitar zonas con sombreado crítico.

**Tabla 20 Matriz de impacto ambiental**

Actividad	Impacto	Magnitud (1-5)	Importancia (1-5)	Medidas de Mitigación
<b>Fabricación de paneles</b>	Uso de energía/químicos	3	4	Uso de energías renovables en producción
<b>Instalación</b>	Alteración de suelo	2	2	Usar estructuras en techos o zonas ya urbanizadas
<b>Operación</b>	Cero emisiones	+5 (Beneficio)	+5	-

<b>Fin de vida útil</b>	Residuos electrónicos	4	3	Reciclaje de paneles (90% materiales recuperables)
-------------------------	-----------------------	---	---	--

Nota: Matriz de impacto ambiental y seguridad.

## 5.6. Funcionamiento del sistema

Un sistema solar fotovoltaico transforma la **luz solar en electricidad** usando paneles solares, un proceso con varias etapas clave:

- **Captación de luz solar:** Los paneles solares, con sus células fotovoltaicas (normalmente de silicio), están diseñados para absorber la luz del sol.
- **Generación de corriente continua (CC):** La luz solar activa el **efecto fotovoltaico** en estas células, liberando electrones y generando **corriente continua (CC)**
- **Conversión a corriente alterna (CA):** Un inversor transforma la CC en **corriente alterna (CA)**, que es el tipo de electricidad que usamos en casas y negocios.
- **Distribución de energía:** La CA generada alimenta los aparatos eléctricos. Si se produce un **exceso de energía**, se puede enviar a la red eléctrica para obtener créditos o compensaciones.
- **Almacenamiento (opcional):** Si el sistema incluye **baterías**, la energía puede guardarse para usarla cuando no hay sol (por ejemplo, de noche o en días nublados).
- **Monitoreo y mantenimiento:** Los sistemas suelen incluir plataformas de monitoreo que permiten a los usuarios verificar la producción de energía en tiempo real y asegurarse de que todo funcione correctamente.

Un sistema solar fotovoltaico convierte la luz solar en electricidad mediante un proceso eficiente que involucra la captación de luz, la generación de corriente continua, su conversión a corriente alterna y su distribución para el consumo. Este proceso no solo promueve el uso de energía renovable, sino que también contribuye a la reducción de la huella de carbono.

**La energía solar ofrece más que una forma limpia y renovable de generar electricidad, es muy fundamental para proteger el medio ambiente y construir en un futuro más sostenibles**

**Tabla 21 Beneficios**

<p>Beneficios Económicos</p> <p>Sustanciales</p>	<p>El sistema fotovoltaico de 56.97 kW eliminan hasta el 100% del consumo mensual de 7,178 kWh, forjando ahorros inmediatos en la factura eléctrica. Considerando tarifas promedio de \$0.12-0.18 USD/kWh, esto representa \$860-\$1,300 USD mensuales (\$10,300-\$15,600 USD/año). La inversión inicial (\$53,000-\$91,000 USD) se recupera en 5-8 años, con un ROI del 80-120% en 25 años. Incentivos como créditos fiscales (30% en EE.UU.) aceleran aún más el retorno, mientras se mitiga el impacto de futuras alzas tarifarias.</p>
<p>Independencia Energética y Resiliencia</p>	<p>Al producir su propia energía, reduce la dependencia de la red eléctrica y su volatilidad (alzas históricas del 3-5% anual). En zonas con inestabilidad de suministro, el sistema opera como respaldo crítico, especialmente si se integra con baterías. Esto certifica continuidad operativa para negocios o viviendas, evitando costosas interrupciones. La capacidad de autoconsumo</p>

	también permite vender excedentes a la red mediante net metering, generando ingresos adicionales.
Impacto Ambiental Medible	La generación limpia de 86,136 kWh/año evita la emisión de ~60 toneladas de CO <sub>2</sub> anuales, equivalente a retirar 13 automóviles de circulación o plantar 1,500 árboles. Esto alinea operaciones con estándares ESG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza), mejorando la imagen corporativa. Además, favorece a metas nacionales de descarbonización (reduce la huella ecológica de forma cuantificable).
Incentivos Fiscales y Financieros	Países clave ofrecen subsidios que reducen hasta un 50% la inversión inicial: crédito fiscal del 30% (EE.UU.), deducciones del 25-30% en el impuesto predial (España/México), o préstamos verdes a baja tasa. Estos mecanismos optimizan drásticamente indicadores como el VAN (Valor Actual Neto positivo) y la TIR (12-15% en escenarios óptimos). Adicionalmente, existen programas de certificados verdes negociables por excedentes de energía.
Revalorización de Activos y Bajo Mantenimiento	Propiedades con sistemas solares incrementan su valor de mercado entre 4% y 10%, según estudios de Zillow y Lawrence Berkeley Lab. Los paneles requieren mantenimiento mínimo: limpieza semestral (\$100-200 USD) y revisiones eléctricas anuales (1-2% de la inversión). Con garantías de 25 años en

	paneles y 10 años en inversores, los costos operativos son predecibles y bajos comparados con los combustibles fósiles.
Optimización Técnica y Escalabilidad	El dimensionamiento preciso ( $56.97 \text{ kW} = 7,178 \text{ kWh/mes} \div 30 \div 4.2 \text{ h sol pico}$ ) asegura máxima eficiencia. El modularidad permite aumentar capacidad si el consumo crece (+15% con rieles preinstalados). Tecnologías como micro inversores o monitoreo remoto (ej. plataforma Growatt) detectan fallos en tiempo real, maximizando la vida útil. Integrado con redes inteligentes, el sistema se convierte en un activo estratégico para gestión energética futura.

Nota: Beneficios garantiza continuidad operativa

## 6.- CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Para la puesta en marcha de este sistema fotovoltaico, se tomó en cuenta las leyes y reglamentaciones vinculadas a las regulaciones actuales que requiere el marco jurídico del país, tal como lo establece la norma ARCONEL 003/18, así como las Resoluciones ARCONEL-042/18 y ARCERNNR-013/2021, respectivamente.
- La incidencia media de luz solar anual es de 4.5kWh/m<sup>2</sup>, tras el análisis se puede deducir que es factible implementar el diseño de un sistema fotovoltaico en el área administrativa de las gerencias de la corporación nacional de electricidad CNEL EP Matriz 2025.
- Los equipos con base a la data del analizador de redes trifásico instalado se tiene un consumo al mes de 7.178 kWh de energía, y en total anual se tiene 86.136kWh año, lo cual equivale a un valor económico de \$879,67 dólares americanos y al año \$10.555,90.
- La potencia registrada por el analizador de redes corresponde a 23 kW netos y de acuerdo a los cálculos considerando las pérdidas, el comportamiento de la carga y se tiene un total de 104 paneles y tomando por consiguiente la cantidad mayor en el análisis, cada panel debe ser de 545 W, para un total 56,97 kW adicionalmente el tipo de modulo debe ser Monocrystalino el cual garantiza la mejor absorción de rayos solares.
- La posible instalación futura de la factibilidad de este sistema solar fotovoltaico no representa un impacto que afecta al ecosistema de la universidad y el sector.
- Se realizó el presupuesto de la factibilidad y se puede evidenciar que la inversión del sistema solar fotovoltaico de 104 paneles solares con sus respectivos componentes y accesorios entre otros elementos; asciende a un monto de **\$31.724,63**

- Se efectúa análisis de Costo-Beneficio y al aplicar formulación de la ecuación se evidencia que el beneficio de este proyecto está en función de lo que se deja de gastar pagando la energía eléctrica, esto es \$10.555,9, en la cual, donde la recuperación de cartera por concepto de facturación de energía se evidencia que a partir del año 3,01 en adelante se empieza a tener ganancia respecto a la generación de energía eléctrica renovable para el consumo en referencia.
- Se ha considerado las regulaciones, normativas y convenciones vigentes de los entes de control que rigen en el sector eléctrico ecuatoriano. La anterior información mejorar literalmente de una forma clara concisa y contundente y académica,

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que las políticas del estado ecuatoriano establezcan regulaciones y normativas, donde mediante la liberación de impuestos o subsidios se puedan beneficiar a las personas que necesiten instalar paneles solares en sus viviendas y negocios, con el objetivo de fomentar un mayor estímulo para la implementación de proyectos de energías renovables.
- Es necesario programar y llevar a cabo un mantenimiento preventivo anual a los competentes como módulos fotovoltaicos, conexiones, inversor y sistemas de protección para asegurar su funcionamiento con autonomía hasta 25 años, tal como lo establece la resolución ARCERNNR-013/2021, conforme al ciclo de vida de generadores renovables. Asimismo, es necesario supervisar si se ha observado algún aumento en la demanda eléctrica y el consumo.
- Se sugiere que los quipos y componentes a instalar sean de alta calidad para asegurar su operatividad y durabilidad, además de su seguridad, y que cumplan con las correspondientes normas de producción.
- La instalación y montaje e implementación de todos los equipos deben ser realizados y supervisados por personal calificado, especialista en el tema y con vasta experiencia.

- Difundir la implementación del proyecto solar, el cual servirá como escuela de capacitación para los estudiantes de la universidad, con el fin de que sea un modelo ejemplar y una obra emblemática a nivel local y nacional.

## Referencias Bibliográficas

- AleaSoft Energy Forecasting. (2024). *La fotovoltaica y la eólica alcanzan en Europa récords para un mes de enero en 2024*. <https://elperiodicodelaenergia.com/la-fotovoltaica-y-la-eolica-alcanzan-en-europa-records-para-un-mes-de-enero-en-2024/>
- Alvarado, J., De Guevara, L., Javier, F., & Alejo, S. (2020). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. [https://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_JORGE\\_ALVARADO\\_LADRON\\_DE\\_GUEVARA.pdf](https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf)
- ARCONEL. (2020). Documento\_Regulación-Nro-ARCONEL-001-20-Distribución-y-comercialización-de-energía-eléctrica. *Regulación Arconel*. [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/Documento\\_Regulaci%C3%B3n-Nro-ARCONEL-001-20-Distribuci%C3%B3n-y-comercializaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/Documento_Regulaci%C3%B3n-Nro-ARCONEL-001-20-Distribuci%C3%B3n-y-comercializaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica.pdf)
- Barberá, D. (2023). *Introducción a la Energía Fotovoltaica Energía Fotovoltaica*. <https://biblus.us.ec/bibing/proyectos/anteproy/7071/fichero/>
- Cevallos, W., Llangarí Dennys Franklin, R., Ruiz Luis Eduardo, D., Manya Brandon Alexis, C., Juiña Mishell Esthefanny, Y., & Manya Brandon Alexis Yerovi Juiña Mishell Esthefanny, C. (2019). *Apuntes sobre la energía fotovoltaica*. <https://eumed.net/ce/2019/1/energia-fotovoltaica.html>
- CNEL. (2023). *Plan Estratégico*. <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2022/05/PLAN-ESTRATEGICO-CNEL-EP-2021-2025.pdf>
- CNEL EP. (2015). *Estatuto orgánico de gestión organizacional por procesos Guayaquil, Enero de 2015*. [https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/Estatuto-Organico\\_CNEL.pdf](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/Estatuto-Organico_CNEL.pdf)

- Cosme, J., Milagros, M., Jesus, G., Cabezas, J., & Peñares, F. (2018). Sistemas fotovoltaicos: un análisis de revisión. *Ingenium*, 03(01). <https://doi.org/10.18259/ing.2018007>
- Díaz, J. (2015). *Energías renovables*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.1.Energ%C3%ADas%20renovables.pdf?sequence=3>
- Editorial Etece. (2024). Energía Solar - Concepto, tipos, usos, ventajas y desventajas. *Etece*. <https://concepto.de/energia-solar/>
- El Comercio. (2023). El Gobierno apuesta por 11 proyectos bajo el modelo de asociación público privada - El Comercio. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/proyectos-modelo-asociacion-publico-privada-2024.html>
- EMR. (2024). *Mercado de Energía Solar en América Latina, Informe \_ 2025-2034*. Mercado de Energía Solar. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-energia-solar-en-america-latina>
- González, P., Jurado, F., Granados, D., & Ortiz, F. (2018). Análisis de eficiencia y degradación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. [www.reibci.org](http://www.reibci.org)
- Guerrero, V. (2024). *Factibilidad de implementación de un sistema fotovoltaico monofásico conectado a la red convencional para el área administrativa de la Corporación Nacional de Electricidad – CNEL EP en la ciudad de Milagro*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/22830/1/UCSG-C437-22371.pdf>

- Herrera, L. M., Pablo, J., David, P., & Cortés, F. (2021). *Energías renovables fotovoltaicas: una aproximación descriptiva de su estado y su aplicación en Colombia*. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/11386/>
- IRENA, A. I. de E. R. (. (2023). *Costos de Generación de Energías Renovables En 2022 - Resumen Ejecutivo*. [www.irena.org](http://www.irena.org)
- MAPFRE Global Risks. (2024). Energías renovables, tendencias en Latinoamérica - MAPFRE Global Risks. *MAPFRE Global Risks*. <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/energias-renovables-tendencias-en-latinoamerica/>
- Medrano, S. (2023). *La energía fotovoltaica gana espacio en Ecuador*. Revista Vistazo. <https://www.vistazo.com/enfoque/la-energia-fotovoltaica-gana-espacio-en-ecuador-AX5437763>
- Mordor, I. (2023). Análisis del tamaño y la participación del mercado de energía solar en Ecuador - Informe de investigación de la industria - Tendencias de crecimiento. *Www.Mordorintelligence.Com*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/ecuador-solar-energy-market>
- Novelec. (2023, January 28). *Características técnicas de los módulos fotovoltaicos \_ Blog Grupo Novelec*. Grupo Novelec. <https://www.gruponovelec.com/grupo-novelec>
- OLADE. (2024). OLADE presenta el “Panorama Energético 2024 de América Latina y el Caribe” - OLADE. *OLADE*. <https://www.olade.org/noticias/panorama-energetico-2024-de-america-latina-y-el-caribe/>
- Oliveira, J. R. H. de. (2023). ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(3). <https://doi.org/10.51891/rease.v9i3.9030>

- Onuba Electrónica. (2023). *Itaica Manual Práctico-Fotovo Manual Práctico Energía Fotovoltaica En Español*. [www.leonardo-energy.org/espanol](http://www.leonardo-energy.org/espanol)
- Ponce, J. (2023). *Implementación de la Electrificación Rural Mediante Energía Solar en Zonas Aisladas en la Comunidad Masa 2, Isla del Golfo de Guayaquil*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1/UPS-GT004870.pdf>
- R. Gill, S. (2020). Gobernanza Global: “Cómo era, es y debería ser”. Una reflexión crítica. *Foro Internacional*, 1261–1294. <https://doi.org/10.24201/fi.v60i4.2800>
- Roldán, José. (2023). Energías renovables. Lo que hay que saber. *Paraninfo*, 9788428329682. <file:///C:/Users/Ryzen%207/Downloads/9788428329682.pdf>
- Santos Alvite, F. (2022). *Balance Energético 2022*. [www.rekursosyenergia.gob.ec](http://www.rekursosyenergia.gob.ec)
- Silva Maza, J. J., & Mendoza Puruncajas, A. J. (2024). Estudio de factibilidad para la integración de energías renovables en la red eléctrica en el sector de Conocoto, Ontaneda Alta. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1741>
- Solar Energy. (2023, January 31). *Manual de diseño e instalación Una panorámica de la energía fotovoltaica*. [Www.Solaeenergy.Org](http://Www.Solaeenergy.Org). <https://solarenergy.or/wp-content/uploads/2019/11/fotovoltaica-conedensad.pdf>
- Vera, F. (2025). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil*. [Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. <file:///C:/Users/Ryzen%207/Downloads/UCSG-C437-23872.pdf>

## **ANEXOS**

## Anexo 1 Panel solar.



### HiKu6 Mono PERC

530 W ~ 550 W  
CS6W-530 | 535 | 540 | 545 | 550MS

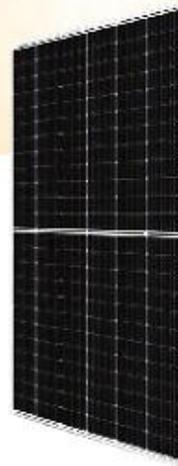
#### MORE POWER

- Module power up to 550 W  
Module efficiency up to 21.5 %
- Up to 4.5 % lower LCOE  
Up to 5.6 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- Better shading tolerance

#### MORE RELIABLE

- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa\*

CanadianSolar



**12**  
Years

Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship\*

**25**  
Years

Linear Power Performance Warranty\*

1<sup>st</sup> year power degradation no more than 2%  
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

#### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

#### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA  
CEC listed (US California)  
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68  
UNE 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



\* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. Canadian Solar was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey, and is a leading PV project developer and manufacturer of solar modules, with over 55 GW deployed around the world since 2001.

\* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CSI Solar Co., Ltd.  
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com



## Anexo 2 Pliego Tarifario 2025

PERIODO:		NIVEL VOLTAJE		BAJO VOLTAJE CON DEMANDA			
				COMERCIALES			
				4,055	0,092		
				INDUSTRIALES			
				4,055	0,082		
				ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		CONSUMOS kWh- mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066	

RANGO DE CONSUMO	(USD/kWh-mes)	(USD/kWh)	(USD/Consumidor)	CONSUMO	(USD/kWh-mes)	(USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL			CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE			NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		
1-99		0,078		1-99		0,078	
91-100		0,081		91-100		0,081	
101-150		0,083		101-150		0,083	
151-200		0,087		151-200		0,087	
201-250		0,089		201-250		0,089	
251-300		0,101		251-300		0,101	
301-350		0,103		301-350		0,103	
351-500		0,105		351-500		0,105	
501-700		0,1285		501-700		0,105	
701-1000		0,1450		701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1700		1001-1500		0,1700	
1501-2500		0,2752		1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4300		2501-3500		0,4300	
Superior		0,6812		Superior		0,6812	

ENERO - DICIEMBRE			
RESIDENCIAL TEMPORAL			
		0,1285	CONSUMOS kWh- mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066
CATEGORÍA	GENERAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA		
	COMERCIAL		
1-300		0,082	
Superior		0,110	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO		
1-300		0,072	
Superior		0,100	
	BOMBEO AGUA		
1-300		0,062	
Superior		0,090	
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
1-300		0,058	
Superior		0,066	
	INDUSTRIAL ARTESANAL		
1-300		0,064	
Superior		0,100	
	ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO		
1 - 100		0,059	
101-200		0,064	
201-300		0,068	
Superior		0,105	
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		
	4,055	0,092	
	INDUSTRIALES		
	4,055	0,082	
	ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,055	0,082	
	BOMBEO AGUA		
	4,055	0,072	

### Anexo 3 Facturación energética CNEL GYE

COMERCIAL CON DEMANDA					
COMERCIALES CON DEMANDA (Bajo Voltaje). Pliego 2022					
CONSUMO kWh		RANGO	USD/kWh	kWh	USD/kWh
DESDE	HASTA	kWh		mes	mes
0	SUPERIOR	TODO	0.092	7,178	\$ 660.38
DEMANDA DE FACTURACIÓN					
USD/kW			kW		
4.055			12.24		
TOTAL					\$ 710.01

Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	
NOMBRE	CONSUMO RECTORADO UCSG
Tipo de Tarifa Arconel	Tarifa Comercial con Demanda en Baja Tensión
Valor Consumo kWh-mes.	7,178
Valor Consumo kWh-mes	\$ 660.38
Comercialización	\$ 1.41
Valor Demanda	\$ 91.52
Penalización Bajo Fact. Pot.	\$ 0.00
<b>Sub total Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>\$ 753.31</b>
Servicio Alumbrado Público General	\$ 36.58
Subtotal Servicio Alumbrado Público (APG)	<b>\$ 36.58</b>
Base I.V.A. 0%	<b>\$ 789.89</b>
I.V.A. 0%	<b>\$ 0.00</b>
<b>Total SE y APG</b>	<b>\$ 789.89</b>
CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	
Consumo kWh-mes (pliego 2013)	\$ 516.82
Demanda kW (pliego 2013)	\$ 91.52
Comercialización (2013)	\$ 1.410
Importe	\$ 609.747
<b>Servicio Alumbrado Público (AP)</b>	<b>\$ 36.58</b>

<b>TOTAL (A)</b>	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	\$ 789.89
Valor pendiente (saldo)	\$ 0.00
Planes de Financiamiento	\$ 0.00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO</b>	<b>\$ 789.89</b>

<b>RESUMEN DE VALORES A PAGAR</b>	
Total Sector Eléctrico	\$ 789.89
Total Recaudación de Terceros	\$ 7.05
Tasa de Recolección de Basura	\$ 82.72
<b>TOTAL A PAGAR U\$D</b>	<b>\$ 879.67</b>

# Anexo 4 Resolución Nro. ARCERNNR 013/2021

## Artículo 9 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

### 9.1 Solicitud de factibilidad de conexión de una SGDA

El trámite de solicitudes de factibilidad de conexión, para proyectos de generación distribuida que vayan a ser desarrollados por los proponentes, se sujetará a las siguientes disposiciones:

- El Proponente solicitará la factibilidad de conexión a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario del ANEXO 1.
- En este formulario se consignan los datos generales del Proponente, del SGDA y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar la SGDA.
- En el formulario la Distribuidora hará constar la fecha de recepción del mismo, y asignará a la solicitud un Código Único de Trámite, con el cual el Proponente podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

### 9.2 Factibilidad de conexión para SGDA Categoría 1

Para solicitudes de factibilidad de conexión de SGDA de potencias nominales señaladas en la Tabla N.1, que requieran conectarse en sincronismo con la red de distribución, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario ANEXO 1, procederá conforme a lo siguiente:

Tabla No. 1 Potencias nominales de las SGDA Categoría 1.

Voltaje de conexión	Potencia Nominal
Bajo	≤ a 10 kW monofásica
	≤ a 20 kW bifásica
	≤ a 30 kW trifásica

- Luego de recibida la solicitud de parte del Proponente, la Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud, en caso de que esta requiera información adicional notificará al Proponente por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información, en caso de no hacerlo se dará por terminado el trámite.
- Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora, dentro de un término de quince (15) días adicionales, realizará los análisis técnicos respectivos de tal forma que la operación de la futura SGDA no afecte a la calidad del servicio eléctrico y otorgará la factibilidad de conexión del proyecto al Proponente.
- En la factibilidad de conexión, se establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir la SGDA en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

Los costos que impliquen las adecuaciones y/o modificaciones de la red de distribución estrictamente necesarias para la conexión de la SGDA, serán asumidos por el Proponente del proyecto.

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

8

- Dimensionamiento del SGDA;
  - Especificaciones del equipamiento del SGDA;
  - Diagrama unifilar de la instalación;
5. Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar para poder conectar la SGDA al sistema de distribución;
  6. Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones
  7. Cronograma de ejecución del proyecto del SGDA;
  8. Autorización del uso del agua emitido por la autoridad competente en los casos que aplique;
  9. Estar al día en los pagos a la Distribuidora del SPEE y SAPG de todos los suministros de energía eléctrica a nombre del consumidor;
- b) La Distribuidora, en un término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de todos los documentos descritos en el literal a), verificará que los mismos estén completos. En caso de que los requisitos entregados no estén completos, informará al Proponente sobre las aclaraciones, alcances o ajustes que se requieran realizar a tales documentos. En caso de que la Distribuidora no emita observaciones continuará con las siguientes etapas para la emisión del Certificado de Calificación.
- c) Las aclaraciones, alcances o ajustes requeridos por la Distribuidora, referidos en el literal b), serán atendidos por el Proponente dentro de un término de quince (15) días contados a partir de su notificación; de no existir respuesta del Proponente dentro del señalado término, la Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al Proponente.
- d) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un término adicional de quince (15) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Calificación respectivo, de acuerdo al formato establecido en el ANEXO 2.
- e) El plazo de vigencia del Certificado de Calificación será igual al tiempo de vida útil de la SGDA, dependiendo de la tecnología de generación, de acuerdo a lo establecido en la Tabla N.2.
- f) Seis meses previos a la terminación del plazo de vigencia del Certificado de Calificación, el consumidor podrá actualizar la documentación indicada en el artículo 10, para renovar el Certificado de Calificación de su SGDA.

Tabla No. 2 Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica.

<b>Tecnología</b>	<b>Vida Útil (años)</b>
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

11

Anexo 5 Transformador proveniente es de 750 KVA trifásico para toda la carga (menos los shiler de los aires acondicionados)

**TRANSFORMADOR TRIFASICO PADMOUNTED**

SERIE: 750-192-1100

ESP.: 750-1100

KVA: 750

NORMA: IEEE C.57.12

CLASE: ONAN

OPERACION m.s.n.m: 3000

ACEITE: MINERAL

CALENTAMIENTO °C Incremento de Temperatura: 65

NUMERO DE FASES: 3

FRECUENCIA Hz: 60

NIVEL AISL. PRIM/SEC KV: 06/30

GRUPO CONEXION: Dyn5

IMPEDANCIA (RSPC) %: 0.8

PESO TOTAL Kg: 2602

PESO ACEITE Kg: 900

PESO A DESENT. Kg: 1200

VOLUMEN ACEITE L: 1000

MES/AÑO: 01/16

MATERIAL PRIM/SEC: Cu / Cu

PRIMARIO		
POSICION	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
1	14140	
2	14140	31.38
3	14140	
4	14140	
5	14140	

NOTA: El cambio del TAP deberá maniobrase desenergizando el transformador

SECUNDARIO		
POSICION	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
Xa X1 Xz Xa	220	127 1968

FK: Fusible Bay - O - Net  
 LB2P: Loadbreak de dos posiciones  
 FL: Fusible Limitador de corriente

SELO DE CALIDAD INEN NTE 2120  
 www.ecuatran.com postventa@ecuatran.com

**ECUATRAN S.A.**  
 SISTEMAS INTEGRADOS

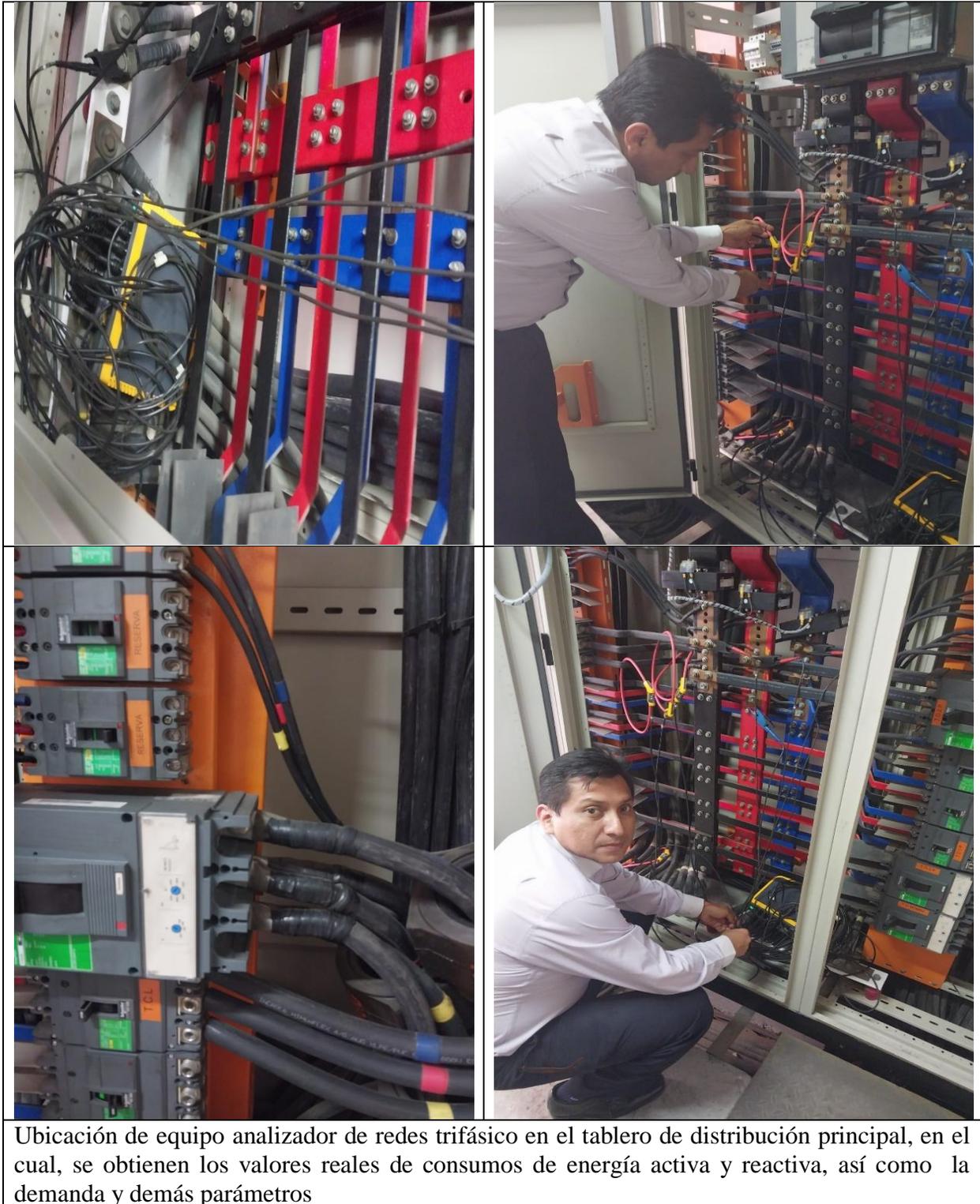
FABRICADO EN ECUADOR

## Anexo 6 Fotografía 1: Tablero principal de alimentación eléctrica



Ubicación del tablero principal de alimentación eléctrica a las diferentes áreas de la Gerencia General, en la cual, se tienen las protecciones principales, elementos de medición semi directa, como los transformadores de corriente, barras de distribución que es el sitio donde se instalan el equipo para el registro de muestras de parámetros para obtener cantidades de energía o consumo, así como la demanda eléctrica

## Anexo 7 fotografía 2: Ubicación de equipo analizador



### Anexo 8 Fotografía 3: Supervisión, verificación de la Instalación



Supervisión, verificación de la instalación, y funcionamiento de equipos del Analizador de Redes, para la obtención de data, en la cual el equipo está programado para registrar parámetros en intervalos de cada 10 minutos.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Gusque Quinde Fausto Felipe**, con C.C: # **0914561857** autor del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LAS GERENCIAS DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL EP MATRIZ 2025.”** previo a la obtención del título de Magister en Electricidad 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 114 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 28 de octubre de 2025

f. \_\_\_\_\_  
Nombre: **Gusque Quinde Fausto Felipe**

C.C: 0914561857



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LAS GERENCIAS DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL EP MATRIZ 2025.”		
<b>AUTOR(ES)</b>	Gusque Quinde Fausto Felipe		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Daniel Bayardo Bohórquez Heras / Ing. Ricardo Xavier Ubilla González / MSc. Gustavo M. Mazzini Muñoz		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Magister en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	28 de octubre de 2025	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	87
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	SISTEMA FOTOVOLTAICO, PANELES SOLARES, BATERIAS, CELDAS, RADICIÓN SOLAR, HORASOLAR PICO		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	ENERGÍA SOLAR, FOTOVOLTAICO TRANSICIÓN ENERGÉTICA - EFICIENCIA - OPERATIVA		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> El presente trabajo describe diseño de un sistema fotovoltaico para el área administrativa de las gerencias de la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Matriz 2025, entidad estratégica en el sector eléctrico ecuatoriano. Ecuador registró una demanda récord de 4,682 GWh en mayo de 2023, donde el sector público-comercial representa el 26% del consumo nacional. CNEL EP enfrenta vulnerabilidades críticas, evidenciando presión sobre su matriz energética, donde el sector público-comercial representa el 26% del consumo nacional. CNEL EP, actor estratégico en la distribución eléctrica, presenta dos vulnerabilidades clave: Dependencia del 70% en hidro/termoeléctricas, expuesta a sequías y volatilidad de combustibles. Consumo anual de 150 MWh en sus oficinas corporativas, con costos operativos elevados y emisiones de CO <sub>2</sub> evitables. Componentes metodológicos: Dimensionamiento preciso mediante análisis de consumo histórico y simulación en PVsyst Professional. Modelo de facturación adaptado al pliego tarifario vigente. Evaluación multicriterio: Retorno de Inversión (ROI), reducción de huella de carbono y alineamiento normativo. Económicos: Reducción del 25-40% en costos energéticos (basado en casos pilotos del INER). Operativos: Monitoreo en tiempo real de calidad energética y ahorros. Ambientales: Mitigación de emisiones de CO <sub>2</sub> al sustituir fuentes fósiles. Estratégicos: Cumplimiento de políticas nacionales de transición energética. Modelo escalable a otras sedes de CNEL EP El proyecto posiciona a CNEL EP como referente de sostenibilidad en el sector público ecuatoriano, cerrando la brecha entre políticas nacionales y su aplicación operativa. Su implementación: Reduce la dependencia de la red central, contribuyendo a la seguridad energética nacional. Genera un ROI estimado en 6 años (validado por experiencias como EPMAPS-Quito). Cataliza la adopción de energías renovables en instituciones estatales, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta iniciativa propuesta sintetiza viabilidad técnica, rentabilidad económica y responsabilidad ambiental, transformando un pasivo operativo, techos subutilizados en un activo estratégico para CNEL EP y el sistema eléctrico nacional. Su éxito demostrativo impulsará la generación distribuida en Ecuador, acelerando la meta del 90% de energías limpias para 2030.			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-0979856526	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:fausto.qusque@cu.ucsg.edu.ec">fausto.qusque@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D		
	<b>Teléfono:</b> +593-995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			