

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

TEMA:

Estudio de la implementación de un generador solar fotovoltaico para abastecer la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la Empresa BIRA.S.A ubicada en la ciudad de Piñas.

AUTOR:

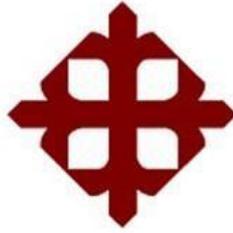
Ing. Javier Alexander Chan Samaniego

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

TUTOR:

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Msc

Guayaquil, 06 de septiembre de 2023



**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 fue realizado en su totalidad por **ING JAVIER ALEXANDER CHAN SAMANIEGO** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

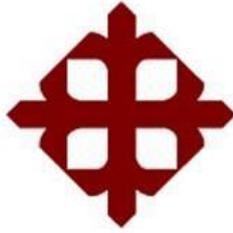
TUTOR

ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, MSC

DIRECTOR DEL PROGRAMA

ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, MSC

Guayaquil, 06 de septiembre de 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, ING JAVIER ALEXANDER CHAN SAMANEIGO

DECLARO QUE:

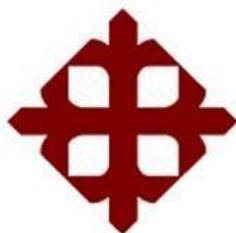
El trabajo de titulación “**Estudio de la implementación de un generador solar fotovoltaico para abastecer la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la Empresa BIRA.S.A ubicada en la ciudad de Piñas.**”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, 06 de septiembre de 2023

EL AUTOR

CHAN SAMANIEGO JAVIER ALEXANDER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, CHAN SAMANEIGO JAVIER ALEXANDER

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **“Estudio de la implementación de un generador solar fotovoltaico para abastecer la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la Empresa BIRA.S.A ubicada en la ciudad de Piñas.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 06 días del mes de septiembre del año 2023

EL AUTOR

CHAN SAMANIEGO JAVIER ALEXANDER

INFORME DE URKUND

Document Information

Analyzed document	TESIS JAVIER CHAN.-PME2 (1).docx (D164344302)
Submitted	2023-04-18 16:49:00
Submitted by	
Submitter email	efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado **“ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LA CARGA DE LAS OFICINAS ADMINISTRATIVAS E ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA EMPRESA BIRA.S.A UBICADA EN LA CIUDAD DE PIÑAS”** del Ingeniero Chan Samaniego Javier Alexander. Una vez efectuado el análisis anti plagio el resultado indica 2% de coincidencia.



Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc
Tutor

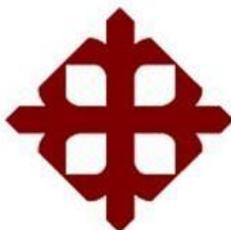
Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi madre Dra. Rosa María Samaniego Iñiguez, fuente de inspiración y logro de todas mis metas. Gracias por su apoyo incondicional y valores inculcados, que contribuyeron a que pudiera culminar está y todas las metas que me proponga.

Agradecimientos

A Dios por darme sabiduría, salud y vida para cumplir esta meta.
A todas las personas que de una u otra forma me animaron y apoyaron cuando me quería dar por vencido.

A mi madre, a mis amigos, y mi familia en general que me apoyaron para poder cumplir con cada objetivo que me he propuesto ofreciéndome toda su confianza para poder llegar a mi meta.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

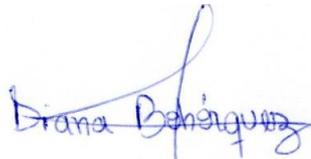
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, MSC
TUTOR

f. 

ING. GUSTAVO MIGUEL MAZZINI NUÑOZ, MSC
REVISOR

f. 

ING. DIANA CAROLINA BOHORQUEZ HERAS, MSC
REVISOR

f. 

ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, MSC
DIRECTOR DEL
PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
GLOSARIO	XVII
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	1
1.1 Justificación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Antecedente	2
1.4 OBJETIVOS	2
1.4.1 Objetivo general	2
1.4.2 Objetivos específicos	2
1.5 Hipótesis	3
1.6 Tipo de investigación	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	4
2.1 Energías renovables	4
2.2 Importancia de la energía renovable	5
2.2.1 Características de la energía renovable	7

2.2.2	Tipos de fuentes de energías renovables	8
2.2.3	Ventajas del uso de la energía solar fotovoltaica	11
2.2.4	Radiación	14
2.2.5	Horas pico solares	16
2.2.6	El efecto fotovoltaico	17
2.2.7	Celda fotovoltaica	20
2.2.8	Panel fotovoltaico	22
2.2.9	Sistema solar fotovoltaico	26
2.2.10	Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red	29
2.3	Eficiencia energética	31
2.3.1	Ecuador promueve la eficiencia energética a nivel nacional	32
2.4	Escala de clasificación energética	34
2.5	Cambio Climático	37
2.5.1	Programa de plan nacional de mitigación	38
2.6	Regularización y Control De Energía y Recursos Naturales y no Renovables (ARCERNNER)	39
2.6.1	Resolución Nro. ARCERNNR 013/2021	39
2.6.2	Resolución Nro. ARCERNNR 042/18	40
2.6.3	Resolución Nro. ARCONEL 018/18. Franjas de servidumbre en líneas del servicio de energía y distancias de seguridad entre las redes eléctricas y edificaciones	40
2.6.4	Regulación Nro. CONELEC 003/08	43

2.6.5	Regulación Nro. ARCONEL 003/18. Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica.	43
CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN		44
3.1	Descripción del área de la empresa a realizar el estudio.	44
3.1.1	Ubicación de la empresa BIRA.S.A.	44
3.1.2	Radiación solar del cantón Piñas	45
3.1.3	Horas sol pico	46
3.2	Descripción de oficinas administrativas y sistema de iluminación.	47
3.3	Causas técnicas y operativas del consumo de energía actual.	48
3.4	Análisis de las condiciones de consumo eléctrico actual	49
3.5	Propuestas de alternativas para mejorar el sistema de iluminación	50
3.6	Rendimiento de la instalación	52
3.7	Energía real actual a suministrar	53
3.8	Potencia que debe generar el sistema solar fotovoltaico	53
3.9	Características del panel solar	53
3.10	Número de paneles solares	54
3.11	Selección de inversor	55
3.12	Cálculo del banco de baterías	56
3.13	Cálculos de la energía y valores económicos de la facturación	57
3.14	Rentabilidad del generador solar fotovoltaico	58
CONCLUIONES		59

RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Energías renovables.....	4
Figura 2: Tipos de energías renovables	8
Figura 3: Energía solar fotovoltaica.....	10
Figura 4: Energías renovables sin efecto invernadero	11
Figura 5: Radiación solar	14
Figura 6: Horas sol pico.....	16
Figura 7: Efecto fotovoltaico	17
Figura 8: Celda fotovoltaica.....	20
Figura 9: Panel solar fotovoltaico	22
Figura 10: Paneles solares fotovoltaicos conectados a la red	24
Figura 11: Partes de un panel solar fotovoltaico.....	24
Figura 12: Sistema solar fotovoltaico.	26
Figura 13: Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red.....	29
Figura 14: Eficiencia energética	31
Figura 15: Lineamientos estratégicos de EL Ministerio De Energía y Recursos Naturales Y No Renovables.....	32
Figura 16: Escala de clasificación energética	34
Figura 17: Efectos del cambio climático.	37
Figura 18: Factor de emisiones de CO2 del sistema nacional interconectado del Ecuador. ...	38
Figura 19: Distancias de franjas de servidumbre.....	41
Figura 20: Ubicación física de la empresa.....	44
Figura 21: Temperatura máxima y mínima en la empresa BIRA.S.A.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempo de vida útil aplicable para cada tecnología de generación eléctrica.....	39
Tabla 2: Distancias mínimas de seguridad a edificaciones.....	42
Tabla 3: Distancias de seguridad para vías de tránsito peatonal y vehicular.....	42
Tabla 4: Radiación solar promedio mensual.....	46
<i>Tabla 5: horas sol pico promedio diarias.....</i>	<i>47</i>
Tabla 6: Información de la demanda eléctrica de la empresa.....	48
Tabla 7: Demanda eléctrica propuesta.....	50
Tabla 8: Datos de la ficha técnica del panel solar.....	54
Tabla 9: Datos de la ficha técnica del inversor 7700W.....	55
Tabla 10: Datos de la ficha técnica del inversor 3000W.....	56
Tabla 11: Ficha técnica de las baterías de gel.....	57
Tabla 12: Cálculo de facturación del mes de enero.....	57
Tabla 13: cálculos <i>de energía de oficinas e iluminación.....</i>	<i>57</i>
Tabla 14: Cuadro de rentabilidad del generador solar fotovoltaico.....	58

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el estudio de la demanda eléctrica a efectuar el diseño para la implementación de un sistema solar fotovoltaico, previo al diseño del sistema se presentó un plan de mejoras en el sistema energético de iluminación reemplazando iluminarias convencionales por iluminarias led, siendo estas más eficientes con un ahorro energético considerable.

Este diseño de estudio plantea alimentar con energía solar fotovoltaica las oficinas administrativas y parte de la iluminación de la empresa Bira.S.A. para ello se realizó el cálculo de la demanda con elementos de iluminación propuestos rigiéndose de la norma de eficiencia energética lo cual contempla el reemplazo de iluminarias antiguas de alto consumo energético cambiando por iluminarias led, siendo estas más eficientes, de alta durabilidad y menor consumo siendo una alternativa para el ahorro energético en cuanto a iluminación.

Para el diseño del sistema solar fotovoltaico se tomó en cuenta los datos nominales de las oficinas administrativas y datos nominales propuestos por iluminación recomendada, obteniendo estos datos se procedió al cálculo de equipos que son el número de paneles solares, la capacidad del inversor, número de baterías, finalizando el trabajo se expondrán las conclusiones y recomendaciones acerca del sistema fotovoltaico.

PALABRAS CLAVE: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO, AHORRO ENERGETICO, EFICIENCIA ENERGÉTICA, ILUMINACIÓN LED, PANELES SOLARES.

ABSTRACT

In the present work, the study of the electrical demand was carried out to carry out the design for the implementation of a photovoltaic solar system, prior to the design of the system, an improvement plan was presented in the lighting energy system, replacing conventional lighting with LED lighting, being these more efficient with considerable energy savings.

This study design proposes to feed the administrative offices and part of the lighting of the company Bira.S.A. with photovoltaic solar energy. For this, the calculation of the demand with proposed lighting elements was carried out, governed by the energy efficiency standard, which contemplates the replacement of old lamps with high energy consumption, changing for LED lamps, these being more efficient, with high durability and lower consumption. an alternative for energy savings in terms of lighting.

For the design of the photovoltaic solar system, the nominal data of the administrative offices and nominal data proposed by recommended lighting were taken into account, obtaining these data, we proceeded to calculate the equipment that is the number of solar panels, the capacity of the inverter, the number of batteries, finishing the work the conclusions and recommendations about the photovoltaic system will be presented.

KEYWORDS: PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM, ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, LED LIGHTING, SOLAR PANELS

GLOSARIO

KWH: kilo watts hora

HSP: hora sol pico

EE: eficiencia energética

AC: corriente alterna

DC: corriente continua

Wp: vatio pico

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad

INER: Instituto Nacional de Eficiencia y Energías Renovables

Msnm: metros sobre el nivel del mar

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

ARCERNNR: Agencia de Regularización y Control De Energía y Recursos Naturales No Renovables.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

1.1 Justificación

En el presente trabajo se realizará un estudio para la viabilidad de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica, con la finalidad de mantener un flujo constante de energía eléctrica que abastezca la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la empresa BIRA.S.A.

En la parte alta de la provincia de El Oro se producen constantes interrupciones del fluido eléctrico suministrado por la empresa eléctrica CNEL EP., el sistema de generación de energía solar fotovoltaica que se sugiere sería la solución más idónea y la más amigable para el medio ambiente, este sistema mejorara la calidad de energía en las oficinas administrativas en tanto a la iluminación exterior mantenía un flujo luminoso constante en las ocasiones que existan los cortes de energía los trabajadores no tendrán inconvenientes al trasladarse hacia el tablero de transferencia manual para realizar el cambio de energía suministrada por CNEL EP. al sistema de emergencia de la empresa BIRA.S.A.

1.2 Planteamiento del problema

Las interrupciones continuas de energía eléctrica suministrada por la empresa eléctrica CNEL EP, afectan constantemente los equipos eléctricos de las oficinas administrativas de la empresa BIRA.S. A, por ello se plantea el estudio para la implementación de un generador solar fotovoltaica la cual sería la mejor solución para abastecer de energía limpia y sustentable, cuidando y a su vez prolongando su tiempo de vida útil.

En tanto a la iluminación exterior de la empresa, este sistema facilitará a los trabajadores poder trasladarse hacia el tablero de transferencia manual para realizar el cambio de la energía suministrada por CNEL EP al sistema de emergencia de la empresa BIRA.S.A. debido a que en horas de la madrugada se producen constantes interrupciones del fluido eléctrico de la red pública.

1.3 Antecedente

BIRA BIENES RAÍCES S.A. inicia sus labores de explotación geológica desde 1985, desde aquel momento la empresa trabaja de manera interrumpible por el desarrollo de la minería en el Ecuador.

En sus primeros años inicio con aproximadamente 30 trabajadores, ahora en la actualidad da trabajo directo aproximadamente a 600 trabajadores entre ellos: mineros, obreros de superficie, mecánicos, electricistas, personal administrativo, técnicos, y personal sumamente capacitado a la vanguardia del desarrollo geológico y minero del Ecuador.

La empresa BIRA.S.A. ejerce la actividad metalúrgica con una tecnología limpia cuidando respetando y cuidando cautelosamente el medio ambiente, rigiéndose de las normativas vigentes en el Ecuador, las mismas q son emitidas por los Ministerios de Energía y Minas. Sus operaciones metalúrgicas inician en 1986 en la ciudad de Zaruma, luego en 1991 se traslada 12 km, y se ubica a la orilla derecha del río Calera, en el cantón Piñas donde funciona actualmente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Estudiar la viabilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico mediante inversores conectados a la red. Garantizando de tal manera un flujo constante de energía limpia a las oficinas administrativas e iluminación exterior de la empresa BIRA.S.A

1.4.2 Objetivos específicos

- Conocer y analizar la demanda eléctrica de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la empresa BIRA.S.A.
- Realizar el diseño de un solar fotovoltaico
- Conocer los beneficios que tendría la instalación solar fotovoltaica en la empresa.

- Dimensionar la central solar fotovoltaica de acuerdo a la carga estudiada

1.5 Hipótesis

La implementación de un sistema de generación de energía eléctrica a través de energía solar fotovoltaica para la empresa BIRA.S.A. tendrá como consecuencia energía de calidad para las oficinas administrativas en tanto a la iluminación exterior será constante sin interrupciones y les facilitará a los operarios realizar las maniobras pertinentes en caso de ausencia de energía suministrada por la empresa eléctrica CNEL EP.

1.6 Tipo de investigación

Las etapas del presente proyecto se emplearán dos tipos los cuales son: investigativo y descriptivo.

Investigativo porque se considera la obtención de información mediante distintas fuentes de información confiables con la finalidad de obtener los conocimientos necesarios y óptimos acerca de la energía solar fotovoltaica.

Mediante el tipo de investigación descriptivo se desea analizar y conocer cuál sería la capacidad que requiere cada panel solar para cumplir con el abastecimiento de energía limpia a la carga destinada para suplir de energía solar fotovoltaica

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Energías renovables



Figura 1: Energías renovables
Fuente: (IEA, 2022).

La energía renovable, a menudo denominada energía limpia, proviene de fuentes o procesos naturales que se reponen constantemente (Centro de Soluciones de Recursos, 2021). La reposición de los recursos naturales se da en menos de una vida humana sin agotar los recursos del planeta. Estos recursos, como la luz solar, el viento, la lluvia, las mareas, las olas, la biomasa y la energía térmica almacenada en la corteza terrestre, tienen la ventaja de estar disponibles de una forma u otra en casi todas partes. Son virtualmente inagotables. Y, lo que es aún más importante, causan poco daño climático o ambiental como se puede notar la figura 1 la diferencia de contaminación entre el uso de energías renovables y las convencionales.

Si bien la energía renovable a menudo se considera una nueva tecnología, el aprovechamiento de la energía de la naturaleza se ha utilizado durante mucho tiempo para la calefacción, el transporte, la iluminación y más (International Renewable Energy Agency, 2019). Es evidente que el sol ha proporcionado calor durante el día y ha ayudado a encender

fuegos que duran hasta la noche. Pero durante los últimos 500 años más o menos, los seres humanos recurrieron cada vez más a fuentes de energía más baratas y sucias, como el carbón y el gas extraído mediante fractura hidráulica.

En la actualidad existen formas cada vez más innovadoras y menos costosas de capturar y retener la energía eólica y solar, las energías renovables se están convirtiendo en una fuente de energía más importante, ya que representan más de una octava parte de la generación de EE. UU. (Ibrahim, 2018).

La expansión de las energías renovables también está ocurriendo a escalas grandes y pequeñas, desde paneles solares en los techos de los hogares que pueden vender energía a la red hasta gigantescos parques eólicos marinos. Incluso algunas comunidades rurales enteras dependen de la energía renovable para la calefacción y la iluminación (Ritchie y Roser, 2020)

Todo esto demuestra que las energías renovables jugarán un papel clave en la descarbonización de los sistemas energéticos en las próximas décadas. Además, su carácter local y descentralizado, así como el desarrollo tecnológico generarán importantes beneficios para la economía y las personas.

2.2 Importancia de la energía renovable

Como cualquier actividad humana, todas las fuentes de energía tienen un impacto en el medio ambiente. La energía renovable no es una excepción a la regla, y cada fuente tiene sus propias compensaciones. Sin embargo, las ventajas sobre los impactos devastadores de los combustibles fósiles son innegables: desde la reducción del uso del agua y la tierra, menos contaminación del aire y del agua, menos pérdida de vida silvestre y hábitat, hasta la ausencia o reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (International Renewable Energy Agency, 2019).

La energía renovable es importante porque no emite o emite pocos gases de efecto invernadero (International Energy Agency, 2022). Eso es bueno para el clima. La incineración de combustibles fósiles para obtener energía da como resultado una cantidad significativa de emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global (Belu, 2020). La mayoría de las fuentes de energía renovable dan como resultado pocas o ninguna emisión, incluso cuando se considera el ciclo de vida completo de las tecnologías.

El aumento mundial del transporte por carretera basado en combustibles fósiles, la actividad industrial y la generación de energía (así como la quema de desechos al aire libre en muchas ciudades) contribuye a niveles elevados de contaminación del aire. En muchos países en desarrollo, el uso de carbón vegetal y leña para calentar y cocinar también contribuye a la mala calidad del aire interior (Centro de Soluciones de Recursos, 2021).

La energía renovable viene con bajos costos. Eso es bueno para mantener los precios de la energía a niveles asequibles. Los conflictos y trastornos geopolíticos a menudo vienen con el aumento de los precios de la energía y el acceso limitado a los recursos.

La importancia también radica en que la energía renovable crea puestos de trabajo. La mayor parte de las inversiones en energía renovable se gasta en materiales y mano de obra para construir y mantener las instalaciones, en lugar de las costosas importaciones de energía (International Renewable Energy Agency, 2019).

La energía renovable hace que el sistema energético sea resiliente (Belu, 2020). Eso es importante para evitar cortes de energía. Las energías renovables hacen que las infraestructuras energéticas urbanas sean más independientes de fuentes y redes remotas. Las empresas y la industria invierten en energía renovable para evitar interrupciones, incluida la resiliencia a los impactos del cambio climático relacionados con el clima.

La energía renovable es segura, lo que contribuye a la estabilidad (International Renewable Energy Agency, 2019). Los mercados energéticos en evolución y la incertidumbre

geopolítica han llevado la seguridad energética y la resiliencia de la infraestructura energética al frente de muchas estrategias energéticas nacionales.

La energía renovable se puede utilizar en todos los sectores energéticos: desde la producción de energía y el confort térmico en los edificios hasta la industria y el transporte. Es evidente entonces, que el uso de energía limpia y renovable es una de las acciones más importantes que puede tomar para reducir su impacto en el medio ambiente.

2.2.1 Características de la energía renovable

Las fuentes de energía renovables como la eólica, solar, hidráulica y geotérmica no implican costos de combustible ni requieren transporte, por lo que ofrecen una mayor estabilidad de precios. De hecho, algunas empresas eléctricas tienen esto en cuenta en sus precios minoristas de electricidad, eximiendo a los clientes que compran energías renovables de ciertos cargos relacionados con el combustible.

La energía renovable se caracteriza por varios factores, según lo establece el Centro de Soluciones de Recursos (2021):

- Factor de capacidad, pues resume los patrones de salida.
- La geotermia y la mayoría de las plantas de biomasa proporcionan energía de carga base.
- La mayoría de las plantas hidroeléctricas y algunas de biomasa son altamente despachables y ofrecen una variedad de opciones, desde carga base hasta pico.
- La hidroelectricidad de pasada es intermitente, pero las variaciones en su producción tienden a ser lentas y predecibles.
- La energía solar varía de intermitente a intermedia, dependiendo de qué tan bien coincida con el patrón de uso de energía.
- Es relativamente barato
- Tiene un buen impacto ambiental

- La energía renovable minimiza la contaminación de carbono y tiene un impacto mucho menor en nuestro medio ambiente.

La industria de la energía renovable es más intensiva en mano de obra que su contraparte de combustibles fósiles, lo que significa, en promedio, una mayor creación de empleo. La industria también crea un efecto dominó positivo en la cadena de suministro de energía renovable y negocios no relacionados debido al aumento de los ingresos de los hogares.

2.2.2 Tipos de fuentes de energías renovables



Figura 2: Tipos de energías renovables

Fuente: (Ruiz, 2021).

La energía renovable proporciona suministros de energía confiables y diversificación de combustibles, lo que mejora la seguridad energética y reduce el riesgo de derrames de combustible al tiempo que reduce la necesidad de combustibles fósiles. La energía renovable también ayuda a conservar los recursos naturales de la nación.

Existen diversos tipos de fuentes de energía renovable como detalla la figura 2 (International Energy Agency, 2022):

- Energía eólica: la energía obtenida del viento
- Energía solar: la energía obtenida del sol. Las principales tecnologías aquí son la solar fotovoltaica (utilizando la luz del sol) y la solar térmica (utilizando el calor del sol)
- Energía hidráulica o hidroeléctrica: energía obtenida de los ríos y otras corrientes de agua dulce
- Biomasa y biogás: energía extraída de materia orgánica
- Energía geotérmica: energía térmica del interior de la Tierra
- Energía mareomotriz: energía obtenida de las mareas
- Energía de las olas: energía obtenida de las olas del mar
- Bioetanol: combustible orgánico apto para vehículos y obtenido de la fermentación de la vegetación
- Biodiesel: combustible orgánico para vehículos, entre otras aplicaciones, obtenido a partir de aceites vegetales

Todos estos tipos de energías renovables permiten entender que es posible utilizar los combustibles fósiles como fuente de energía con energía verde, lo que se convierte en la acción más importante que se puede tomar para abordar los impactos del cambio climático en la salud y reducir los contaminantes que pueden provocar enfermedades.

2.2.3 Energía solar fotovoltaica

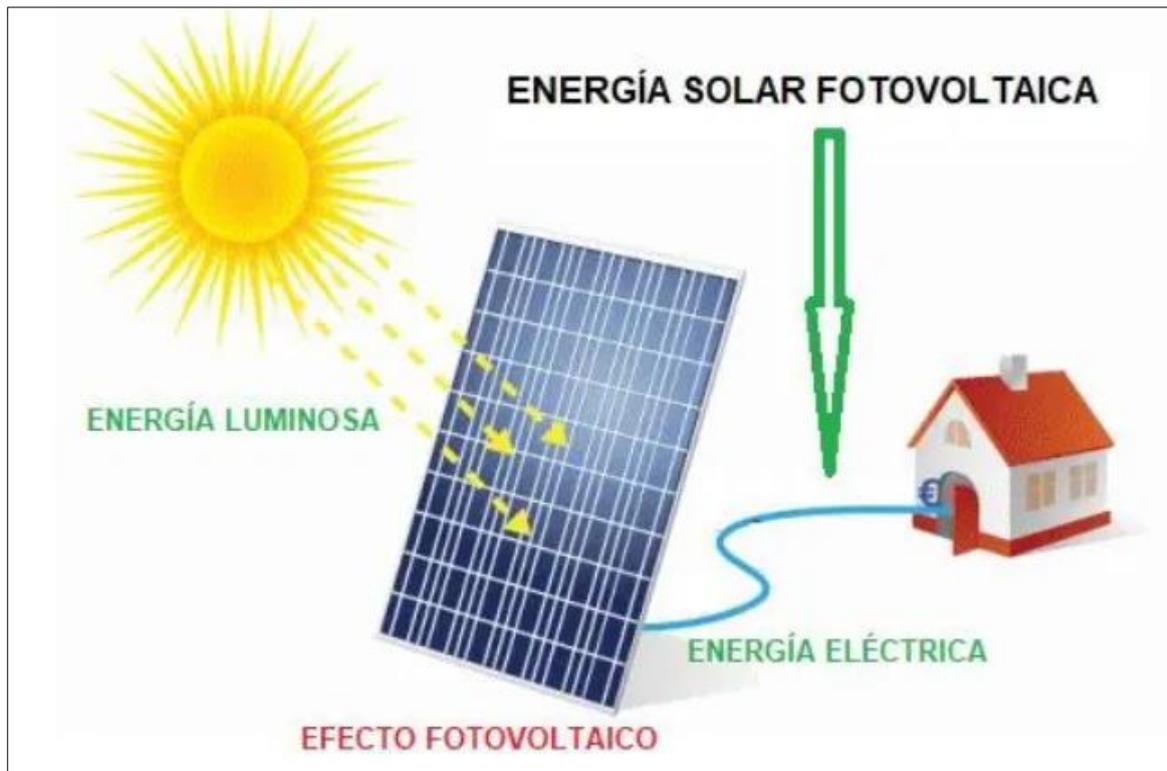


Figura 3: Energía solar fotovoltaica
Fuente: (Ingeoexpert, 2019).

La energía fotovoltaica (abreviada con PV) recibe su nombre del proceso de convertir la luz (fotones) en electricidad (voltaje), lo que se denomina efecto fotovoltaico (Zhang et al., 2018). Este fenómeno fue explotado por primera vez en 1954 por científicos de Bell Laboratories, quienes crearon una celda solar funcional hecha de silicio que generaba una corriente eléctrica cuando se exponía a la luz solar (Centro de Soluciones de Recursos, 2021). Las celdas solares pronto se usaron para alimentar satélites espaciales y artículos más pequeños como calculadoras y relojes.

Hoy en día, la electricidad de las células solares se ha vuelto competitiva en costos en muchas regiones y los sistemas fotovoltaicos se están implementando a gran escala para ayudar a alimentar la red eléctrica (Ibrahim, 2018). Los materiales y dispositivos fotovoltaicos convierten la luz solar en energía eléctrica. Un solo dispositivo fotovoltaico se conoce como celda.

Una celda fotovoltaica individual suele ser pequeña y normalmente produce alrededor de 1 o 2 vatios de potencia (Mohammadi, 2014). Estas células están hechas de diferentes materiales semiconductores y, a menudo, tienen menos del grosor de cuatro cabellos humanos. Para resistir el exterior durante muchos años, las celdas se intercalan entre materiales protectores en una combinación de vidrio y/o plástico (Oficina de Tecnologías de Energía Solar, 2019).

La energía solar fotovoltaica convierte directamente la luz solar en electricidad, utilizando una ciencia basada en el efecto fotovoltaico como se muestra en la figura 3. Cuando la radiación del sol incide en una de las caras de una célula fotoeléctrica (muchas de las cuales forman un panel solar), se produce un diferencial de tensión eléctrica entre ambas caras que hace que los electrones fluyan entre una y otra generando una corriente eléctrica (Ritchie y Roser, 2020).

2.2.4 Ventajas del uso de la energía solar fotovoltaica



Figura 4: Energías renovables sin efecto invernadero
Fuente: (Borras, 2022)

La energía solar fotovoltaica no emite gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global en los procesos de generación de energía, lo que la convierte en la solución más limpia y viable para evitar la degradación ambiental como se nota en la figura 4 un ambiente sin efecto invernadero.

De acuerdo con Reynolds (2015), la energía fotovoltaica, tiene varias ventajas:

- Fuente inagotable. En comparación con las fuentes de energía convencionales como el carbón, el gas, el petróleo y la nuclear, cuyas reservas son finitas, las energías limpias están tan disponibles como el sol del que se originan y se adaptan a los ciclos naturales, de ahí su nombre de “renovables”. Esto los convierte en un elemento esencial en un sistema energético sostenible que permita el desarrollo hoy sin poner en riesgo el de las generaciones futuras.
- No contamina. La energía fotovoltaica no emite sustancias tóxicas ni contaminantes al aire, que pueden ser muy perjudiciales para el medio ambiente y para el ser humano. Los elementos tóxicos pueden acidificar los ecosistemas terrestres y acuáticos y corroer los edificios. Los contaminantes del aire pueden desencadenar enfermedades cardíacas, cáncer y enfermedades respiratorias como el asma.
- La energía fotovoltaica no genera residuos ni contamina el agua. Factor de suma importancia dada la escasez de agua. A diferencia de los combustibles fósiles y las plantas de energía nuclear, la energía eólica tiene una de las huellas de consumo de agua más bajas, lo que la convierte en clave para conservar los recursos hídricos.
- Cada vez más competitivo. Hoy en día la energía renovable, concretamente la eólica y la fotovoltaica, son más baratas que las energías convencionales en gran parte del mundo.
- Las principales tecnologías renovables –como la eólica y la solar fotovoltaica– están reduciendo drásticamente sus costes, de forma que son plenamente competitivas con

las fuentes convencionales en un número creciente de localizaciones. Las economías de escala y la innovación ya están dando como resultado que las energías renovables se conviertan en la solución más sostenible, no solo ambientalmente sino también económicamente, para alimentar al mundo.

- Crea riqueza y puestos de trabajo. Es una energía nativa, porque está disponible prácticamente en todo el territorio de la planta, lo que contribuye a reducir las importaciones de energía ya crear riqueza y empleo local.

Por estas razones, producir electricidad a través de la energía solar fotovoltaica y su uso eficiente contribuye al desarrollo sostenible. El desarrollo de las energías renovables es fundamental si se quiere frenar el cambio climático y luchar para que todos los habitantes del planeta tengan acceso a la electricidad. Pero todavía hay gente que duda de la eficiencia de las energías limpias.

2.2.5 Radiación

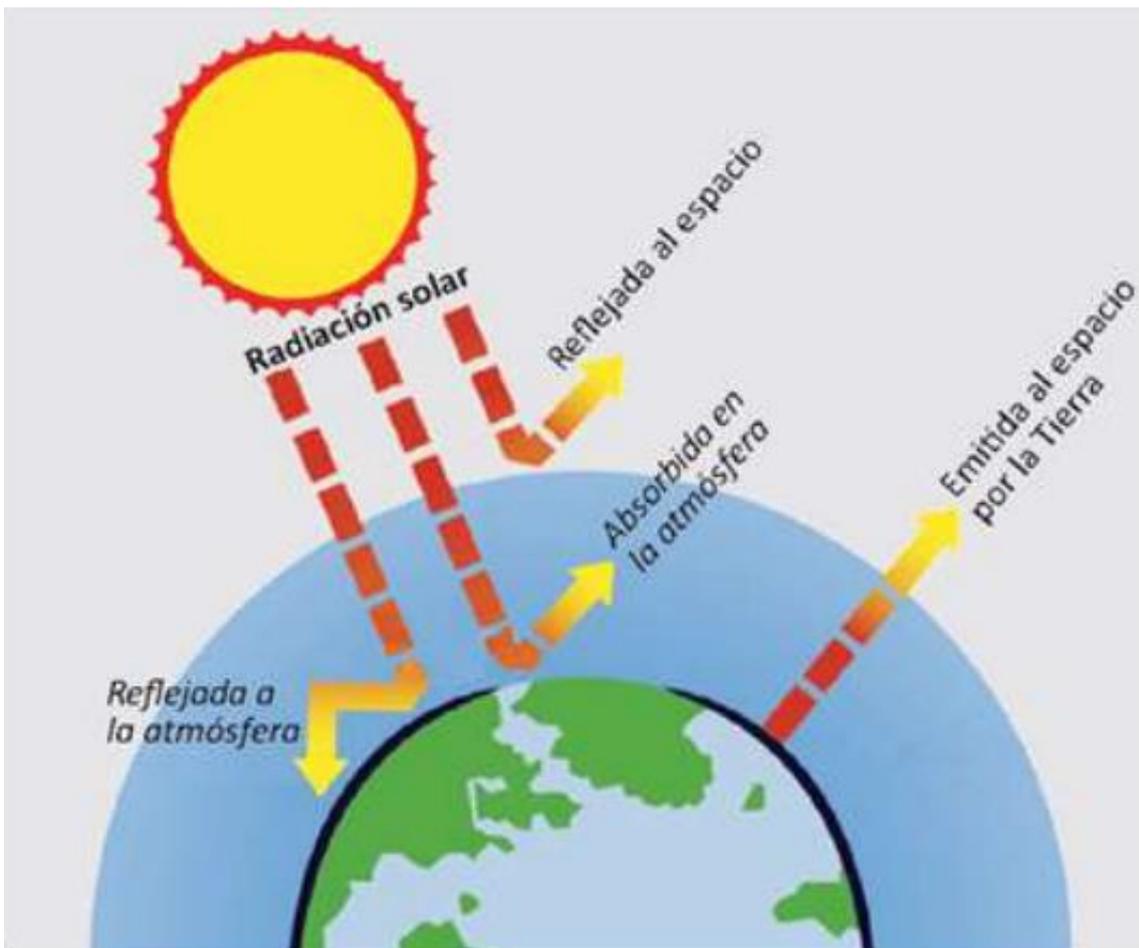


Figura 5: Radiación solar
Fuente: (Zamora, 2021).

La radiación está relacionada con la transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de luz como se puede notar en la figura 5. La velocidad de la luz en el vacío es de aproximadamente 3×10^8 m/s. el tiempo que toma luz del sol en llegar a la tierra es de 8 minutos y 20 segundos (Beckman y Wiley, 2001).

La transferencia de calor por la radiación electromagnética puede viajar a través del espacio vacío. Cualquier cuerpo por encima de la temperatura del cero absoluto (-273.150 C) irradian energía a su entorno ambiente (Ibrahim, 2018).

Según Wald (2017) cualquier objeto emite radiación electromagnética, siempre que su temperatura sea superior a 0 K. La radiación espectral está totalmente determinada por la

temperatura y las propiedades emisoras de la superficie del objeto. Las leyes de Kirchhoff y Planck describen este proceso. La radiación solar es aproximadamente la de un cuerpo negro (es decir, un cuerpo radiativo perfecto) a una temperatura de 5 780 K. La radiación emitida abarca un espectro muy amplio, desde los rayos X hasta el infrarrojo lejano. No obstante, aproximadamente el 99,9 % de la radiación emitida se sitúa entre 0,2 μm y 8 μm y el 98 % entre 0,3 μm y 4 μm .

La distribución espectral muestra cuánta energía hay para cada longitud de onda. Una gran parte de la energía se encuentra en la parte visible del espectro [0,39, 0,76] μm . El espectro se aparta de la suave curva espectral de Planck, especialmente en longitudes de onda inferiores a 0,8 μm . Exhibe numerosas líneas que se deben a la absorción y emisión selectiva en el sol. La distribución espectral puede cambiar según el nivel de actividad solar, especialmente en longitudes de onda muy pequeñas. En la escala de interés para aplicaciones energéticas, la actividad solar es insignificante (Karmakar et al., 2020).

La distribución de energía en el espectro de radiación solar puede determinarse mediante mediciones directas o por extrapolación más allá de la atmósfera de mediciones espectrométricas realizadas a nivel del suelo.

La radiación extraterrestre varía debido a las variaciones en la distancia sol-tierra, el ángulo de incidencia en la atmósfera y, en mucha menor medida, las variaciones del espectro de un día a otro debido a la actividad solar (Centro de Soluciones de Recursos, 2021).

De particular interés es la irradiancia extraterrestre E_0 que cae sobre un área perpendicular a los rayos solares. La constante solar es el nombre que se le da a esta cantidad cuando la distancia de la tierra al sol es igual al radio medio de la órbita terrestre; está representado por ESC. El valor de ESC ha variado a lo largo de los años con el aumento de la precisión de la instrumentación. En 1981, la referencia radiométrica mundial para ESC era 1 370 $\text{W m}^{-2} \pm 6 \text{ W m}^{-2}$. Hoy se utiliza un valor de 1 367 W m^{-2} . La influencia relativa de la

actividad solar diaria en el ESC es del orden del 0,15 % y es insignificante para los cálculos de ingeniería (Beckman y Wiley, 2001).

2.2.6 Horas pico solares

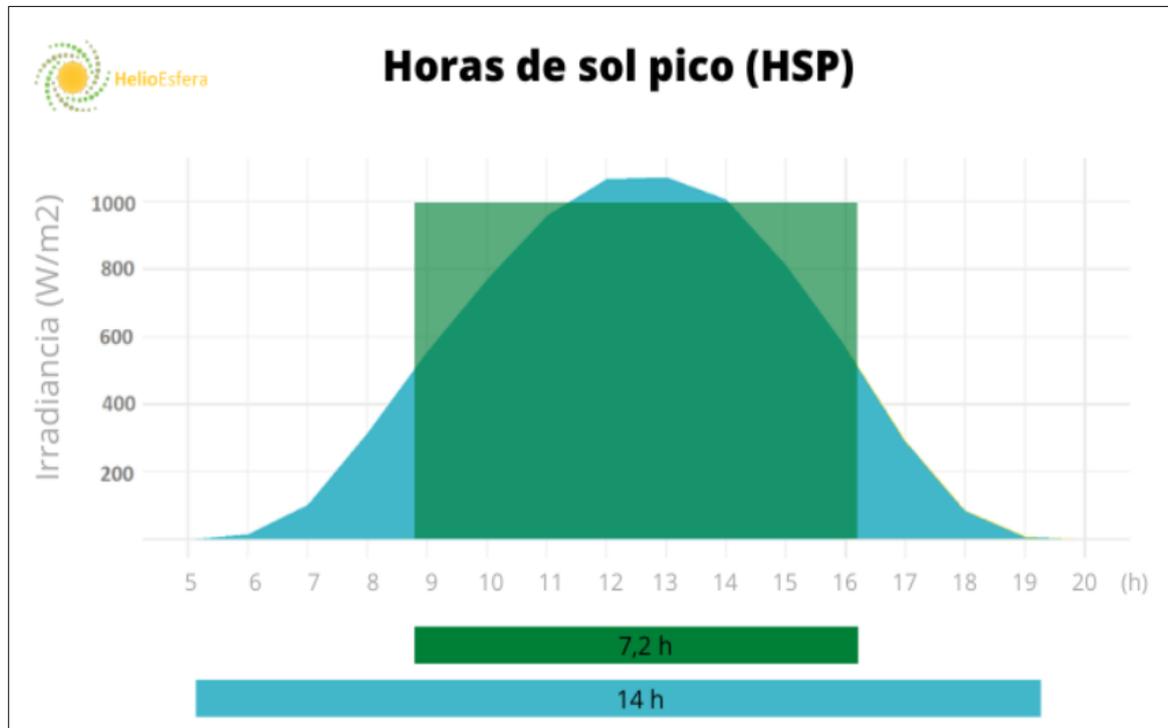


Figura 6: Horas sol pico
Fuente: (HelioEsfera, 2021).

A veces se pregunta ¿Qué es una Hora Solar Pico Equivalente? En opinión de Pérez et al. (2017) la respuesta a esta pregunta contribuiría significativamente a la clarificación del término en discusión, por lo que los autores se arriesgan proponer una definición que pueda ser mejorada o rechazada en el futuro por la comunidad científica.

De esta forma, se podría afirmar que una Hora Solar Pico Equivalente (1 HSPE) coincide matemáticamente con la hora requerido por un sol hipotético para que un PSP reciba 1 kW/m² de irradiancia constante, dependiendo de la irradiancia variaciones del sol real y debe expresarse en kWh/m² (Manoj, 2018).

Este análisis impide hacer coincidir el tiempo normal con el HSP o lo que ahora sería Solar Hour Peak Equivalent (HSPE) ya que tomaría más o menos tiempo para recibir 1 kW/m²

de energía radiante, en función de la irradiancia del sol real en cada periodo de medida. Por ejemplo, si consideramos que se acumularon 6 HSPE (6 kWh/m²), el hipotético sol radiando 1 kW/m² debe interpretarse como que se requieren 6 horas (equivalente) para acumular energía radiada por el sol real durante un día como nos explica la gráfica de la figura 6, por lo que se sigue que 1 HSPE = 1 kWh/m² (Sarmiento, 2017).

2.2.7 El efecto fotovoltaico

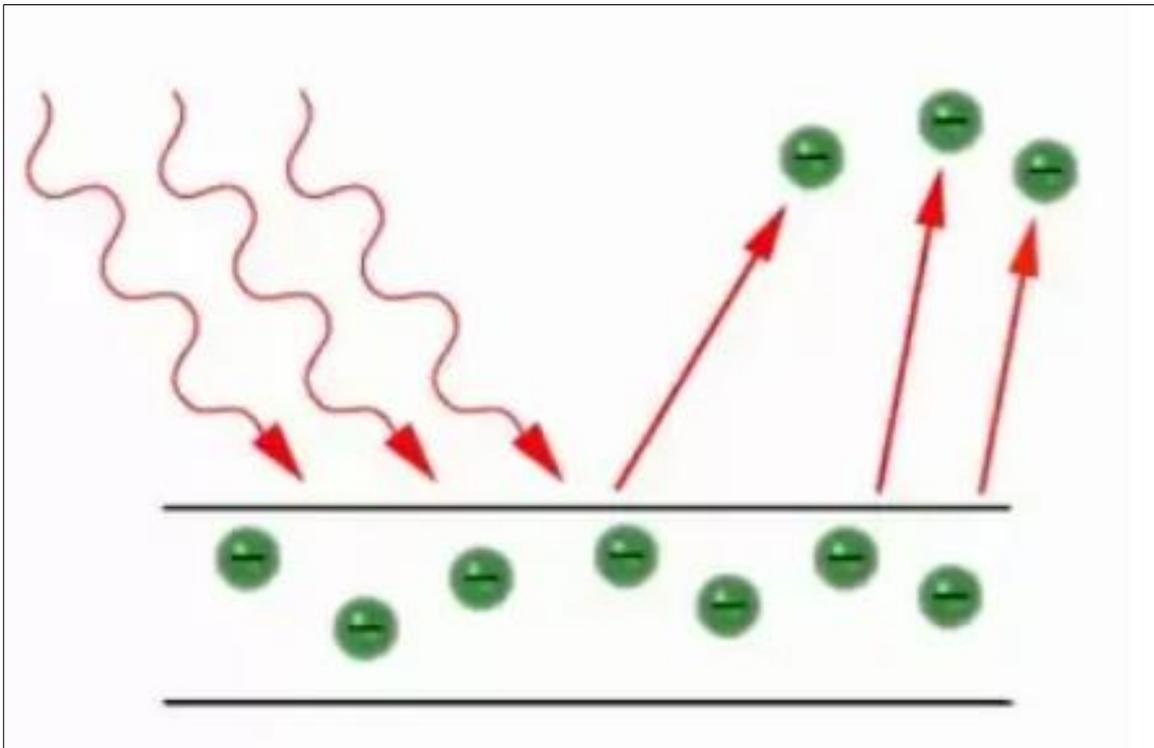


Figura 7: Efecto fotovoltaico
Fuente: (Planas, 2022).

El efecto fotovoltaico es un proceso que genera voltaje o corriente eléctrica en una celda fotovoltaica cuando se expone a la luz solar. Es este efecto el que hace que los paneles solares sean útiles, ya que es la forma en que las celdas dentro del panel convierten la luz solar en energía eléctrica (Jordan y Kailyn, 2015). El efecto fotovoltaico fue descubierto por primera vez en 1839 por Edmond Becquerel. Al realizar experimentos con celdas húmedas, notó que el voltaje de la celda aumentaba cuando sus placas plateadas se exponían a la luz solar (Global Energy Transformation, 2019).

El efecto fotovoltaico se produce en las células solares. Estas células solares están compuestas por dos tipos diferentes de semiconductores, un tipo p y un tipo n, que se unen para crear una unión p-n. Al unir estos dos tipos de semiconductores, se forma un campo eléctrico en la región de la unión a medida que los electrones se mueven hacia el lado p positivo y los huecos se mueven hacia el lado n negativo. Este campo hace que las partículas cargadas negativamente se muevan en una dirección como se podrá notar en la figura 7 mostrada anteriormente, y las partículas cargadas positivamente en la otra dirección (Pinho y Galdino, 2016).

La luz está compuesta de fotones, que son simplemente pequeños paquetes de radiación o energía electromagnética. Estos fotones pueden ser absorbidos por una celda fotovoltaica, el tipo de celda que compone los paneles solares (Ibrahim, 2018). Cuando la luz de una longitud de onda adecuada incide sobre estas células, la energía del fotón se transfiere a un átomo del material semiconductor en la unión p-n. Específicamente, la energía se transfiere a los electrones en el material. Esto hace que los electrones salten a un estado de mayor energía conocido como banda de conducción. Esto deja un "agujero" en la banda de valencia de donde saltó el electrón. Este movimiento del electrón como resultado de la energía añadida crea dos portadores de carga, un par electrón-hueco (Rashid & Fatin, 2022).

Cuando no están excitados, los electrones mantienen unido el material semiconductor formando enlaces con los átomos circundantes y, por lo tanto, no pueden moverse. Sin embargo, en su estado excitado en la banda de conducción, estos electrones pueden moverse libremente a través del material. Debido al campo eléctrico que existe como resultado de la unión p-n, los electrones y los huecos se mueven en la dirección opuesta a la esperada. En lugar de ser atraído por el lado p, el electrón liberado tiende a moverse hacia el lado n. Este movimiento del electrón crea una corriente eléctrica en la celda. Una vez que el electrón se mueve, queda un "agujero" (Oficina de Tecnologías de Energía Solar, 2019).

El efecto fotovoltaico (PV) es la base de la conversión de la luz en electricidad en las células fotovoltaicas o solares. Descrito simplemente, el efecto PV es el siguiente:

Luz, que es energía pura, ingresa a una celda fotovoltaica e imparte suficiente energía para algunos electrones (cargados negativamente partículas atómicas) para liberarlas. Una barrera de potencial incorporada en la celda actúa sobre estos electrones para producir un voltaje (el llamado foto-voltaje), que se puede utilizar conducir una corriente a través de un circuito.

Por lo general, cuando un sólido absorbe luz de energía relativamente baja, genera calor sin alterar las propiedades eléctricas del mismo material. Es decir, luz de baja energía que golpea un silicio. El cristal hace que los átomos de silicio vibren y se tuerzan en sus posiciones atadas, pero no se sueltan. De manera similar, los electrones en los enlaces también ganan más energía y se dice que alcanza un nivel de energía más alto. Dado que estas energías los niveles no son estables, los electrones pronto regresan a sus niveles de energía más bajos originales, emitiendo como calor el energía que habían ganado (Ibrahim, 2018).

La luz de mayor energía puede alterar las propiedades eléctricas del cristal. Si tal luz incide sobre un electrón enlazado, el electrón es arrancado de su lugar en el cristal. Esto deja un enlace de silicio al que le falta un electrón y libera un electrón para moverse en el cristal. Se dice que el cristal está en la banda de conducción del cristal, porque los electrones libres son el medio por que fluye la electricidad. Tanto la banda de conducción, los electrones y los huecos juegan un papel importante en el comportamiento eléctrico de las células fotovoltaicas, electrones y huecos liberados de sus posiciones en el cristal de esta manera se dice que son pares electrón-hueco generados por la luz (Zhang et al., 2018).

2.2.8 Celda fotovoltaica



Figura 8: Celda fotovoltaica
Fuente: (Planas, 2022).

Durante la fabricación de células solares de silicio se utilizan obleas monocristalinas, obleas policristalinas o películas delgadas como se podrá notar en la figura 8 mostrada anteriormente. Las obleas monocristalinas se trituran (alrededor de 1/3 a 1/2 milímetro de espesor) a partir de un gran lingote monocristalino que se ha estirado a unos 1400 °C, lo cual es un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy alta y tener una estructura cristalina casi perfecta para que pueda absorber la luz solar (Tunahan, 2015).

Las celdas de silicio cristalino están directamente relacionadas con la eficiencia del sistema solar, por lo que dominan el mercado fotovoltaico. Sin embargo, los monocristales son más efectivos debido a que son costosos, las células ahora a menudo se fabrican con material multicristalino en lugar de monocristalino para reducir los costos. Según, los módulos tienen una larga vida útil (20 años y más) y su mejor eficiencia de producción se acerca al 18%, se puede decir que la tecnología de celdas de silicio cristalino está bien establecida.

Además, las células solares de silicio amorfo son un tipo de células de silicio más baratas, pero también menos eficientes. Las células solares de silicio que están hechas de películas amorfas delgadas se utilizan para alimentar una variedad de productos de consumo. Los módulos solares de silicio amorfo más grandes también están disponibles con la mejora en la industria solar (Wald, 2017).

El diseño de celdas solares de alta eficiencia a partir de arseniuro de galio, fosfuro de indio o sus derivados se utilizan en aplicaciones especializadas, como para alimentar satélites o en sistemas que funcionan bajo luz solar concentrada de alta intensidad.

La transformación de energía en las celdas solares es diferente del proceso clásico del motor térmico, por lo que las limitaciones y pérdidas que ocurren con más detalle (Tunahan, 2015). Los mecanismos fundamentales responsables de las pérdidas en las celdas solares son explícitos a partir de la discusión sobre el funcionamiento de las celdas solares. Una parte considerable del espectro solar no se utiliza debido a la incapacidad de un semiconductor para absorber la luz debajo de la brecha de banda que provoca el calor producido en la generación de portadores en el semiconductor por fotones con energía superior a la brecha de banda (Reynolds, 2015).

Se pueden reducir las pérdidas, un dispositivo llamado celda tándem porque pasa a estructuras más complejas basadas en varios semiconductores con diferentes bandas prohibidas (Tunahan, 2015). La celda superior del tándem está hecha de un semiconductor de banda prohibida alta y convierte la radiación de longitud de onda corta. La luz transmitida es luego convertida por la celda inferior. Este ajuste favorece considerablemente la eficiencia alcanzable para el sistema.

2.2.9 Panel fotovoltaico



Figura 9: Panel solar fotovoltaico
Fuente: Global Energy Transformation (2019).

Los dispositivos fotovoltaicos (PV) como se muestra en la figura 9, generan electricidad directamente de la luz solar a través de un proceso electrónico que ocurre naturalmente en ciertos tipos de materiales, llamados semiconductores. Los electrones de estos materiales son liberados por la energía solar y pueden ser inducidos a viajar a través de un circuito eléctrico, alimentando dispositivos eléctricos o enviando electricidad a la red (Ibrahim, 2018).

De acuerdo con Rashid y Fatin (2022) los dispositivos fotovoltaicos se pueden utilizar para alimentar cualquier cosa, desde pequeños dispositivos electrónicos, como calculadoras y señales de tráfico, hasta hogares y grandes empresas comerciales.

Por otra parte, Sarmiento (2017) explica brevemente como funciona la energía fotovoltaica, señalando que los fotones golpean e ionizan el material semiconductor del panel solar, lo que hace que los electrones externos se liberen de sus enlaces atómicos. Debido a la estructura del semiconductor, los electrones son forzados en una dirección creando un flujo de corriente eléctrica. Las celdas solares no son 100% eficientes en las celdas de silicio cristalino, en parte porque solo se puede absorber cierta luz dentro del espectro.

Además, existen otros dos tipos principales de tecnología fotovoltaica:

- La energía fotovoltaica de película delgada es una parte pequeña, pero de rápido crecimiento del mercado solar comercial. Muchas empresas de película delgada son nuevas empresas que desarrollan tecnologías experimentales. Por lo general, son menos eficientes, pero a menudo más baratos, que los módulos c-Si (Global Energy Transformation, 2019).
- En los Estados Unidos, los conjuntos fotovoltaicos de concentración se encuentran principalmente en el desierto del suroeste. Utilizan lentes y espejos para reflejar la energía solar concentrada en células de alta eficiencia. Requieren luz solar directa y sistemas de seguimiento para ser más efectivos.

La energía fotovoltaica integrada en edificios sirve tanto como la capa exterior de una estructura como para generar electricidad para uso en el sitio o exportar a la red. Los sistemas BIPV pueden proporcionar ahorros en materiales y costos de electricidad, reducir la contaminación y aumentar el atractivo arquitectónico de un edificio.

Los paneles fotovoltaicos, también conocidos como paneles solares, capturan la energía del sol y la convierten en electricidad. La electricidad generada por los paneles fotovoltaicos se utiliza principalmente para alimentar electrodomésticos y equipos.

El sistema de paneles fotovoltaicos más típico es el sistema conectado a la red que como su nombre indica, está conectado a la red nacional como se puede notar en la figura 10 mostrada a continuación. Esto significa que, por la noche, cuando los paneles solares no funcionan, puede usar electricidad de la red.

La energía solar fotovoltaica es la energía solar en la azotea que se ve en los hogares y las empresas: produce electricidad a partir de la energía solar directamente. Las tecnologías de energía solar térmica utilizan la energía del sol para generar calor, ya partir de ahí se genera electricidad.

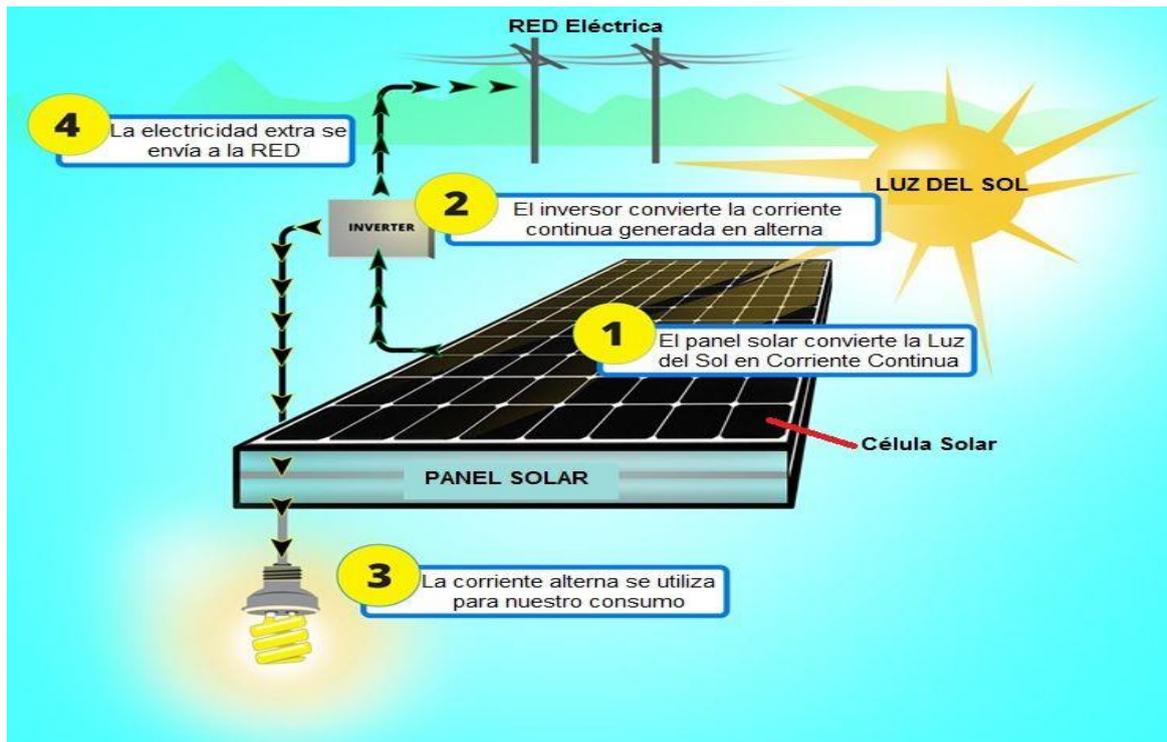


Figura 10: Paneles solares fotovoltaicos conectados a la red
Fuente: Global Energy Transformation (2019).

Cuanto mayor sea el panel solar, es decir, más superficie tenga, más energía recibirá del sol, más celdas tendrá y más electricidad podrá generar.

A continuación, en la figura 11, se muestran las partes de un panel fotovoltaico:

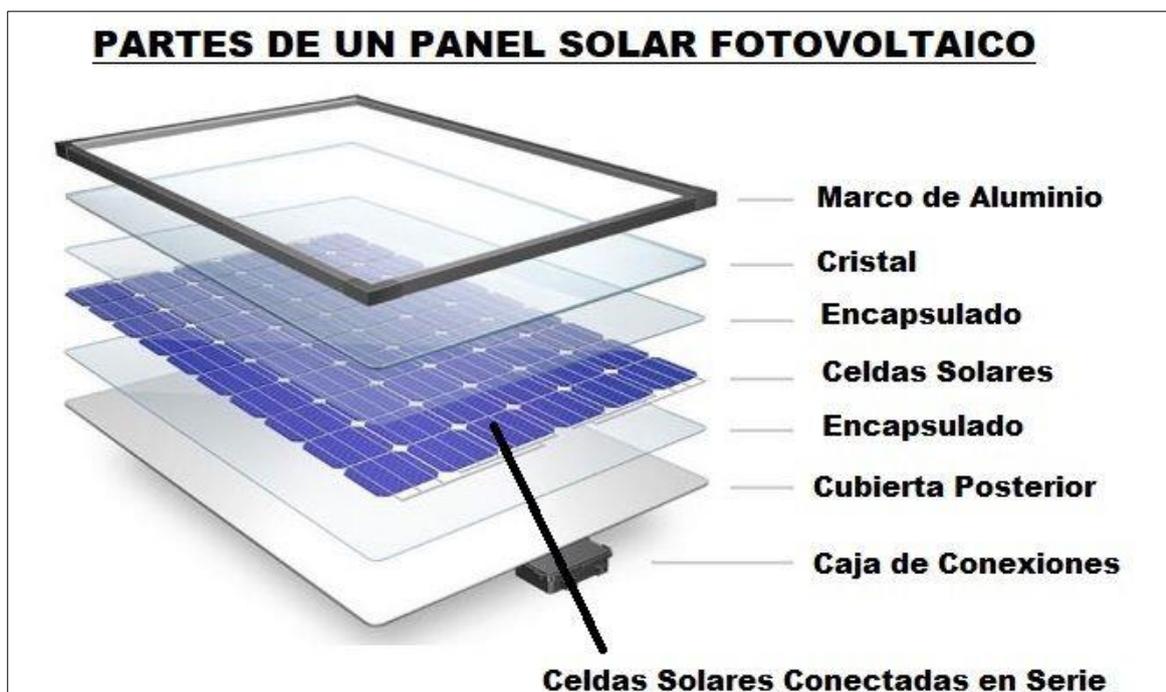


Figura 11: Partes de un panel solar fotovoltaico.
Fuente: Jordan y Kailyn (2015).

En la figura 11 anterior, se muestra cómo funciona la energía solar fotovoltaica, la cual se considera que es una tecnología elegante que produce electricidad a partir de la luz solar sin partes móviles.

En una celda fotovoltaica, la luz solar separa electrones de sus átomos de silicio anfitriones. Pequeños paquetes de energía luminosa llamados fotones son capturados por electrones e imparten suficiente energía para liberar al electrón de su átomo anfitrión. Cerca de la superficie superior de la célula hay una "membrana unidireccional" llamada unión pn. La unión pn se forma mediante la difusión de pequeñas cantidades de fósforo a una profundidad de aproximadamente un micrómetro en una fina oblea de silicio.

Cuando un electrón libre cruza la unión pn, no puede regresar fácilmente, lo que hace que aparezca un voltaje negativo en la superficie que mira hacia el sol (y un voltaje positivo en la superficie posterior). Las superficies delantera y trasera se pueden conectar entre sí a través de un circuito externo para extraer corriente, voltaje y energía de la celda solar (Rashid & Fatin, 2022). Las células solares se empaquetan detrás de un vidrio para formar módulos fotovoltaicos, que tienen una vida útil típica de 20 a 40 años.

En muchas circunstancias, los módulos fotovoltaicos montados en los techos de los edificios pueden producir tanta electricidad como la que consume el edificio. Un módulo típico generará unos 200 kilovatios hora (CA) por metro cuadrado al año, por lo que se necesita un área colectora de 25 a 50 m² para alimentar una casa australiana con un consumo razonable de energía. Una casa así exporta más electricidad a la red durante el día que la que importa durante la noche (Cumbre Pueblos, 2019).

Igualmente es necesario contar con 10 m² adicionales para compensar las emisiones anuales de gases de efecto invernadero de un automóvil eficiente en combustible que emite 0,2 kg de dióxido de carbono por km y conduce 10 000 km por año (Belu, 2020).

La energía fotovoltaica es la conversión directa de la luz en energía eléctrica utilizando

materiales semiconductores como el silicio. El efecto fotovoltaico es un importante fenómeno estudiado en física y química.

En conclusión, al usar el fenómeno fotovoltaico, podemos convertir fácilmente la energía solar en electricidad y usarla como una alternativa a los medios tradicionales de generación de energía.

2.2.10 Sistema solar fotovoltaico

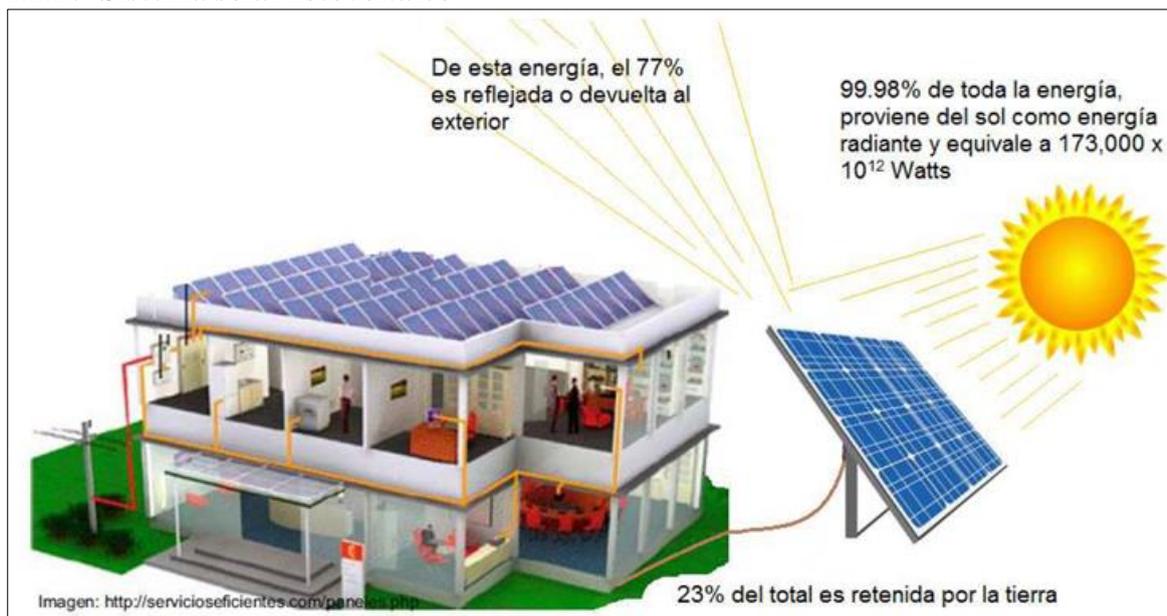


Figura 12: Sistema solar fotovoltaico.

Fuente: (Carballo, 2016).

El sol proporciona una fuente abundante de energía limpia y renovable. Esto se puede convertir en electricidad utilizando paneles solares fotovoltaicos, generalmente denominados solar PV (Ibrahim, 2018). La electricidad generada por un sistema solar fotovoltaico doméstico se puede utilizar para alimentar su hogar como se puede observar en la figura 12, lo que genera ahorros en sus facturas de electricidad.

Los sistemas solares fotovoltaicos convierten la luz del sol en electricidad a través de las células solares que contienen. Estas celdas están hechas de capas delgadas de un material semiconductor (tradicionalmente silicio) entre capas de vidrio. La electricidad sale del panel como corriente continua (DC) y pasa a través de un inversor que la convierte a 240V de

corriente alterna (AC), para que pueda ser utilizada en su hogar (International Renewable Energy Agency, 2019). Esta electricidad puede entonces alimentar cualquier electrodoméstico que esté encendido (lavadora, TV, etc.), mientras que el excedente (si lo hay) se exporta a la red eléctrica o se almacena en una batería si tiene una.

Según la Oficina de Tecnologías de Energía Solar (2019), los paneles solares vienen en tres tipos básicos, que difieren en eficiencia, apariencia y costo:

- Monocristalinos: hechos de láminas delgadas de silicio, cortadas de un solo cristal
- Policristalinos: hechos de láminas delgadas de silicio, cortadas de un bloque de cristales
- Híbrido: combinación de células cristalinas con una fina capa de silicio sobre una base de vidrio o metal. Estos tienden a ser los más eficientes.

Los sistemas solares fotovoltaicos se clasifican en kilovatios pico (kWp). Esta es la tasa máxima de generación de electricidad en el máximo rendimiento (por ejemplo, al mediodía de un día soleado con el panel orientado directamente hacia el sur). Pero un panel de 1kWp rara vez (o nunca) generará 1kW de potencia, la mayoría de las veces la salida será menor. Los kWp de un panel solar dependen del tamaño, el tipo y la cantidad de paneles, pero lo típico es un panel de 3 o 4 kWp (Global Energy Transformation, 2019).

La energía eléctrica generada por los paneles solares se mide en kilovatios hora (kWh), la misma unidad que se muestra en la factura de electricidad de su hogar. La cantidad de electricidad producida anualmente está determinada por la orientación del sistema (es decir, hacia dónde miran los paneles), si hay alguna sombra, qué tan soleada es la ubicación y el tamaño del sistema en kWp.

Puede esperar generar anualmente entre 700 y 900 kWh por kWp instalado, pero la producción varía mucho de una temporada a otra. El hogar promedio usa alrededor de 3,000 kWh al año, pero solo una parte de esto se reemplazará con electricidad generada a menos que tenga cuidado de aprovecharla al máximo.

Antes de invertir en un sistema solar fotovoltaico, se debe verificar lo siguiente:

- Los paneles solares necesitan la máxima exposición al sol, que se logra colocando los paneles en una dirección entre el sureste y el suroeste.
- Si incluso una parte de un panel está a la sombra, la cantidad de electricidad generada se reducirá considerablemente.
- Se requiere de una estructura sólida, pues tendrá que soportar el peso extra de los paneles solares más los marcos de fijación.

Para maximizar el uso de la electricidad generada, se debe hacer funcionar los electrodomésticos de alto uso, como lavadoras, durante el día (cuando brilla el sol), aunque es mejor escalonar su uso para que no funcionen todos a la vez. Si está fuera durante el día, los temporizadores de inicio diferido para electrodomésticos pueden ser útiles.

Su sistema fotovoltaico debe incluir una pantalla que muestre las baterías eléctricas se está presentando actualmente, para que pueda juzgar qué aparatos se pueden usar de forma gratuita en ese momento. La compra de electrodomésticos de bajo consumo que consumen menos electricidad también a reducir la demanda general de energía de su hogar.

Los sistemas solares fotovoltaicos se pueden combinar con el almacenamiento de baterías, lo que le permite almacenar el excedente de energía generada por los paneles y utilizarlo cuando lo necesite. Aunque el almacenamiento doméstico en baterías es actualmente bastante costoso, la tecnología se está desarrollando rápidamente y los costos están cayendo (Global Energy Transformation, 2019).

El costo de un sistema solar fotovoltaico depende del tamaño de la matriz, el tipo de celdas solares utilizadas y la facilidad de instalación en un sitio en particular. La mayoría de los sistemas requieren poco o ningún mantenimiento y los paneles deberían durar décadas, aunque vale la pena comprobar que no se ensucien demasiado cada año, ya que esto puede reducir el rendimiento.

2.2.11 Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red

El sistema solar fotovoltaico conectado a la red es el que genera energía eléctrica con la ayuda de cosechadoras solares fotovoltaicas y entrega la energía a la red eléctrica como se puede detallar en la figura 13 mostrada a continuación. (Manoj, 2018).

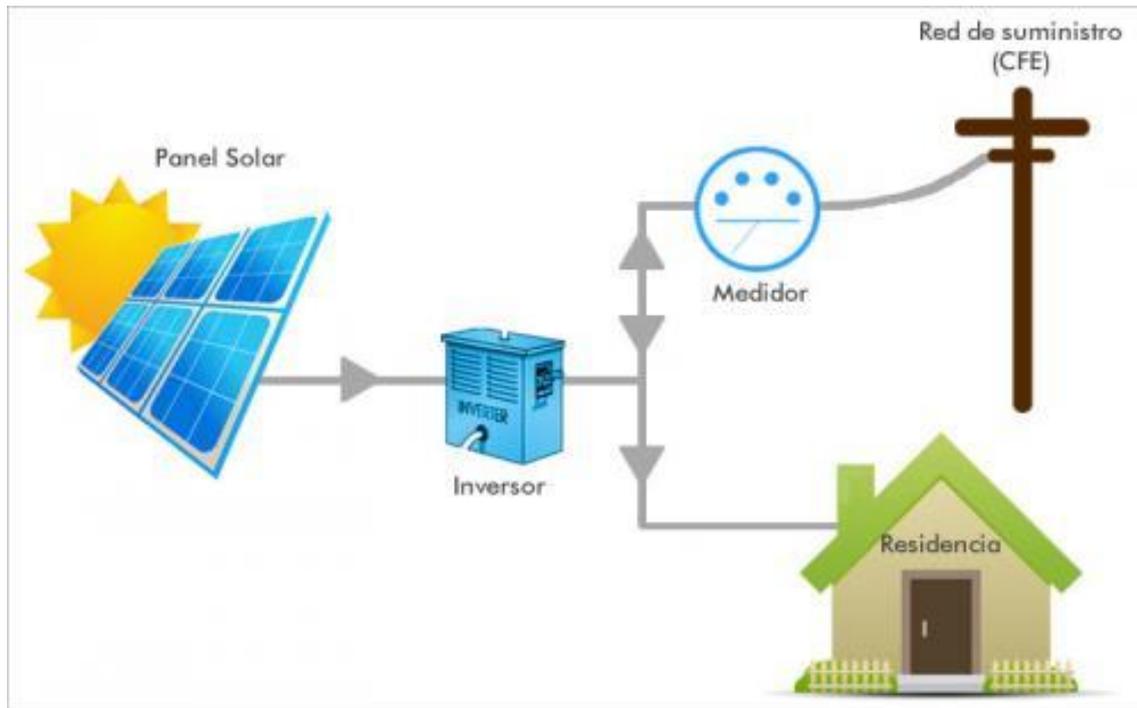


Figura 13: Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red
Fuente: Tomado de Chávez (2019).

El sistema está compuesto de dos secciones: sección-A, y subsección B.

A. Componentes

Los diversos componentes que intervienen en la red conectada sistema fotovoltaico son los siguientes:

1) Módulos fotovoltaicos: Las células solares monocristalinas son simplemente referido como Si-mono. Módulos fotovoltaicos si-mono. Las celdas están hechas de un solo lingote de cristal cilíndrico que tiene alta pureza. Desde el cristal único, la oblea se puede cortar en formas octogonales. En condiciones de prueba estándar, es decir, STC 1000 W/Sq. m, las celdas Si-mono muestran el mejor rendimiento, pero la misma celda muestra un bajo rendimiento cuando la temperatura los niveles aumentan (Karmakar et al., 2020).

2) Caja de conexiones: Las cajas de conexiones se utilizan principalmente en dos lugares diferentes en los sistemas fotovoltaicos, es decir, uno está en la interconexión al convertidor de potencia. Aquí están todas las cadenas fotovoltaicas juntos unidos (Karmakar et al., 2020).

3) On-Grid Inverter: On-grid inverter es el que convierte la corriente continua en corriente alterna. éste es uno de componentes esenciales del sistema fotovoltaico para interconectarse con el sector eléctrico actual (Karmakar et al., 2020).

4) Desconexión de CA y panel principal: en sistemas fotovoltaicos La desconexión de CC y CA son las dos cajas donde la CA la función de desconexión es separar el convertidor de energía en la red, es decir, Inversor CC-CA de la red eléctrica. Producción deben tenerse en cuenta las corrientes de los inversores mientras dimensiona la desconexión de CA y simplemente se conecta el circuito interruptor automático. Esto generalmente se coloca en el panel principal (Karmakar et al., 2020).

5) Medidor de red: el medidor de red es un dispositivo que se usa para monitorear la entrada y salida de electricidad entre el sistema eléctrico sistema de generación de energía a la red eléctrica. En sistemas fotovoltaicos si se genera un exceso de energía que puede ser vendido a la empresa de servicios públicos por medio de este (Karmakar et al., 2020).

6) Red Eléctrica: Es una red de energía eléctrica interconectando los centros de carga y los proveedores de energía. Es una de las partes principales de la red del sistema de energía eléctrica que actúa como interfaz entre la planta de generación de energía, la transmisión de energía línea y líneas de distribución (Karmakar et al., 2020).

B. Operación

Un sistema fotovoltaico opera para generar electricidad y el funcionamiento es similar tanto para fuera de la red como para conexión a la red sistemas fotovoltaicos. Siempre que la energía de la luz incidente en el módulo fotovoltaico es suficiente para producir electrones,

entonces la energía de CC se genera en los terminales de salida de la matriz fotovoltaica y luego se alimenta a los convertidores de potencia que a su vez ayuda en Conversión de CC a CA. La energía de CA se puede utilizar directamente para cargas eléctricas, o puede ser suministrado a la red pública por medio instalación de medición neta (Rashid y Fatin, 2022)

Si lo generado se utiliza para cargar aplicaciones en el nivel de generación en sí, entonces se dice que es un sistema fotovoltaico independiente, si la energía generada continuamente alimenta a la red de servicios públicos, entonces se puede denominar como en la red sistema fotovoltaico (Global Energy Transformation, 2019).

2.3 Eficiencia energética



Figura 14: Eficiencia energética
Fuente: (Sustant, 2021).

La eficiencia energética se define como la relación entre la energía requerida para realizar una actividad en particular y la cantidad inicial de energía utilizada en el proceso. El concepto de eficiencia energética se ve como una solución a dos cuestiones importantes en la agenda actual de la industria. Consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero como podrá notarse en la figura 14 mostrada anteriormente. Este artículo tiene como objetivo ampliar el concepto de eficiencia energética de la literatura, obtener una descripción general de la investigación del consumo de energía en varios campos y considerar los componentes de un sistema de eficiencia energética. Demostrar capacidades y esfuerzos relevantes

2.3.1 Ecuador promueve la eficiencia energética a nivel nacional



Figura 15: Lineamientos estratégicos de EL Ministerio De Energía y Recursos Naturales Y No Renovables. Fuente: (renovables, 2022).

Ecuador, ha establecido el Plan Nacional de Eficiencia Energética entre los cuales dispone de lineamientos estratégicos del Ministerio de Energía y Recursos Naturales y no Renovables como los detalla la figura 15, (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable , 2017). el cual recoge las mejores propuestas aplicables a la realidad del país algunas de estas ideas las detalla en la figura 14, las cuales se basan en prácticas internacionales de uso y aprovechamiento de tecnologías, así como en las experiencias y lecciones aprendidas de la aplicación de la eficiencia energética en el Ecuador, en el Periodo 2007-2015.

La eficiencia energética es un paso clave para reducir nuestro impacto en el cambio climático y crear un futuro energético sostenible. Cada vez que enciende un interruptor de luz, usa su computadora, toma una ducha caliente o enciende el calentador, está usando energía (Belu, 2020).

Por ello, pequeños cambios pueden sumar grandes ahorros. Es preferible usar la iluminación de bajo consumo, como bombillas fluorescentes compactas (CFL) o LED en su hogar y lugar de trabajo; bajar su calentador de agua a la configuración cálida; desconectar los cargadores de su teléfono celular y computadora portátil cuando no los esté usando; usar la configuración de ahorro de energía en los electrodomésticos que tiene y compre electrodomésticos con la etiqueta Energy Star cuando los reemplace.

El Ecuador ha experimentado un crecimiento económico que se traduce en el mejoramiento de la calidad de vida de la población y, por tanto, en un incremento de la demanda interna de energía. Este aumento de las necesidades energéticas puede verse controlado gracias a la aplicación de programas de eficiencia energética que, en términos sencillos, consisten en lograr que el Ecuador consuma una menor cantidad de energía para generar una misma unidad de producto o servicio (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable , 2017).

Sin duda que la demanda de energía está aumentando en todo el mundo. La situación del mercado de la energía se está calentando y los precios de la energía van en aumento. La inestabilidad en muchos países exportadores y de tránsito es motivo de preocupación y el aumento de la combustión de fuentes de energía fósil está acelerando el cambio climático. Una expansión de las opciones de suministro de energía es costosa y llevará tiempo.

Por otro lado, el aumento de la eficiencia energética reduce los precios de la energía, reduce la dependencia de las importaciones de energía, contrarresta los conflictos de distribución de energía y reduce las emisiones de dióxido de carbono que dañan el clima (Belu, 2020).

Las medidas de ahorro eléctrico se llevan la mayor parte del ahorro de energía primaria debido a su alto factor de energía primaria de 2,5. Desde 1990, el consumo de electricidad se ha desvinculado claramente del desarrollo económico (como resultado del aumento de la productividad energética) (Beckman y Wiley, 2001).

Varios estudios (Centro de Soluciones de Recursos, 2021) han confirmado que el potencial económico de ahorro de electricidad en los sectores de los hogares, el comercio, los servicios y la industria oscila entre 80 y 110 TWh (teravatios hora), lo que corresponde a aproximadamente el 20 por ciento de la demanda neta de electricidad en Ecuador.

El progreso de la eficiencia energética se recupera en 2021, pero debe duplicarse para el cero neto para 2050. Se espera que las tendencias de eficiencia energética regresen a su

promedio de diez años después del peor año en una década. Sin embargo, la tasa de mejora debe duplicarse desde los niveles actuales para igualar la ganancia descrita.

En los últimos cinco años, la intensidad energética ha mejorado en promedio en un 1,3 % anual, por debajo del 2,3 % entre 2011 y 2016, y muy por debajo del 4 % descrito en el Escenario.

2.4 Escala de clasificación energética



Figura 16: Escala de clasificación energética
Fuente: (Universalblue, 2021).

La eficiencia energética es cada vez más importante para la sociedad. Por tanto, es hora de decir adiós a las antiguas etiquetas de calificación energética. Este cambio tiene en mente al consumidor, lo que facilita que todos comprendan cuán ecológicos son los electrodomésticos (Centro de Soluciones de Recursos, 2021).

Las etiquetas energéticas se introdujeron originalmente en los años 90 para que las personas se dieran cuenta de la eficiencia de un electrodoméstico. No pasó mucho tiempo hasta que la tecnología se puso al día, lo que provocó que se actualizarán para incluir tres nuevas clases de energía en 2011 (Belu, 2020).

Los A+, A++ y A+++ eran extremadamente comunes. Más del 90% de los productos se encontraban dentro de este rango, lo que generaba una gran confusión cuando las personas buscaban comprar algo nuevo (International Energy Agency, 2022).

En los últimos años, quedó increíblemente claro que esta báscula ya no funcionaba, y que los productos menos eficientes tenían una clasificación A y A+ en lugar de una clasificación C y D. El conflicto aquí era que muchos consumidores creían que solo porque tenían una calificación A o A+, eran algunos de los electrodomésticos más eficientes del mercado. Este simplemente no fue el caso.

De hecho, según la nueva escala de calificación energética, los productos que alguna vez se clasificaron como A+++ en 2020, ahora probablemente se clasifiquen como B o C. A++ ahora se clasifica como D o E, y A+ se clasificará como F o G. Esto varía de un producto a otro, junto con el tipo de producto (International Energy Agency, 2022).

El principal cambio es la nueva escala. Todas las etiquetas van de la A a la G como se puede ver en la figura 16, mientras que las etiquetas antiguas iban de la A+++ a la D. Para empezar, esto se aplicará a los frigoríficos, lavadoras, lavadoras secadoras, enfriadores de vino y lavavajillas.

Cada nueva etiqueta ahora muestra un código QR en la esquina superior derecha que puede ver usando el teléfono. Esto permite conocer más información sobre ese electrodoméstico y su calificación energética (Ibrahim, 2018).

Las clasificaciones energéticas vienen en varias formas diferentes, y si bien están ahí para ayudar a tomar decisiones acertadas basadas en los costos de funcionamiento a largo plazo y las emisiones de carbono de los productos que se usan, a veces pueden malinterpretarse.

El consumo de energía de los productos se muestra en la sección central de la etiqueta. El consumo se presenta como kWh por año, kWh por 1000 horas o kWh por 100 ciclos, según el grupo de productos. Los productos más eficientes, anteriormente etiquetados como A+++,

corresponderán aproximadamente a la nueva etiqueta de clase B o C, según el grupo de productos. Sin embargo, no es posible hacer coincidir con precisión la clase energética que se muestra en la etiqueta anterior y la clase energética que se muestra en la nueva. Esto se debe a que se han introducido nuevos métodos de prueba del rendimiento de los productos para dar un reflejo más preciso de cómo funcionarán los productos en los hogares, y no solo en los entornos de prueba.

Los Certificados de Eficiencia Energética, o EPC, son requeridos legalmente al comprar o alquilar una casa. Te dicen qué tan eficiente energéticamente es la propiedad, desde A (muy eficiente) hasta G (muy ineficiente). La mayor parte del stock de viviendas del Reino Unido se encuentra en algún lugar entre los dos, con la calificación promedio de eficiencia energética de los hogares en el Reino Unido en la banda D, lo que significa que, en general, hay margen de mejora.

La etiqueta de eficiencia energética está diseñada para proporcionar a los consumidores información precisa y comparable sobre la eficiencia energética de los electrodomésticos y equipos. La clase de eficiencia energética real de cada electrodoméstico se indica mediante una letra blanca en una barra codificada negra corta en la columna, que se extiende de derecha a izquierda. Los electrodomésticos más eficientes energéticamente tendrán, por tanto, una clase energética correspondiente a la barra de eficiencia energética de color verde oscuro.

2.5 Cambio Climático



Figura 17: Efectos del cambio climático.

Fuente: (La UE analizará en Ecuador el impacto del cambio climático, 2015).

Los sectores prioritarios de la Estrategia Nacional De Cambio Climático fueron identificados con base en la información disponible relacionada con el cambio climático generada por el Gobierno de Ecuador con el apoyo de otros actores a nivel nacional y la cooperación internacional. Temas negociados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La priorización sectorial es necesaria porque la estrategia debe enfocarse en áreas de trabajo y sectores donde la evidencia teórica y práctica indica que el cambio climático es más vulnerable en algunos puntos del país, un efecto se puede evidenciar en la figura 17 mostrada anteriormente, cuyos impactos son susceptibles de causar los mayores daños económicos, sociales y ambientales al país. Estos sectores no necesariamente se corresponden con sus sectores económicos tradicionalmente conocidos, ya que en sus definiciones se han tenido en cuenta dos consideraciones específicas del cambio climático elaboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (ENCC, 2017).

Los primeros criterios del IPCC para priorizar sectores sobre el cambio climático clasificaron las actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero a nivel

mundial como "sectores". Un sector que se puede encontrar en múltiples sectores económicos, también conocidos como "subsectores" en el campo de la mitigación del cambio climático. Por ejemplo, en el sector "Energía" del IPCC, se puede encontrar como un subsector de transporte. Dado que las reducciones de emisiones son una respuesta a la acción global, tiene sentido trabajar de manera sectorial y sub-sectorial en el IPCC, ya que así lo están haciendo países de todo el mundo bajo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, informando sobre su Contribución y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel internacional en el marco de la Convención Marco sobre Cambio Climático (ENCC, 2017).

2.5.1 Programa de plan nacional de mitigación

La definición de opciones específicas para un plan nacional de mitigación puede basarse en la definición de sectores de reducción de emisiones de CO₂, y la identificación de estos sectores es en gran parte la base necesaria para determinar opciones para un plan nacional de mitigación, lo que facilitará acciones prácticas. para reducir las emisiones de CO₂ en sectores prioritarios. De esta forma, se puede evaluar la posibilidad de desarrollar planes específicos de reducción de emisiones de CO₂ para cada sector prioritario (ENCC, 2017).

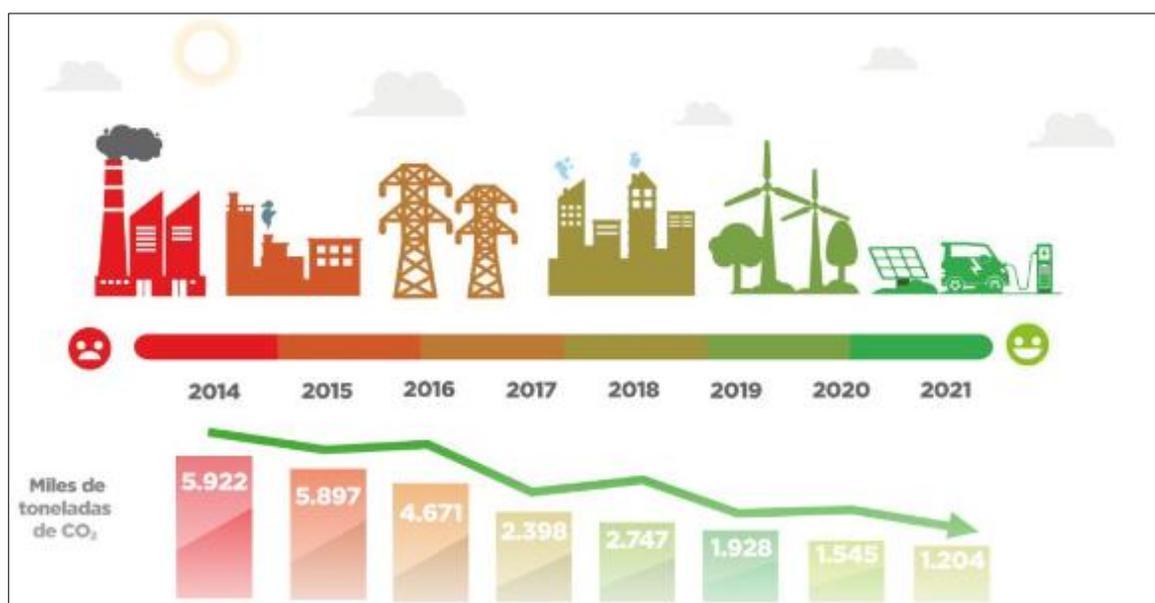


Figura 18: Factor de emisiones de CO₂ del sistema nacional interconectado del Ecuador.
Fuente: (Minas, 2022).

La definición de escenarios de programas del Plan Nacional de Mitigación debe asegurar que las acciones en curso sean articuladas o aceptadas por estos escenarios. Actualmente, Ecuador está desarrollando iniciativas que ayudarán a reducir las emisiones en todos los sectores. Entre las iniciativas más relevantes se pueden mencionar las siguientes: El “Programa RENOVA” tiene como objetivo implementar tecnologías limpias, no contaminantes y de bajo impacto para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la sustitución de equipos intensivos en energía e ineficientes, por otros más Productos con alta eficiencia y bajo consumo de energía. El plan también contempla la renovación de la flota, que se calcula que ahorrará 10.465,92 toneladas de CO2 equivalente al año, en la figura 18 mostrada anteriormente se puede notar las reducciones de emisiones de CO2 en el Ecuador debido al incremento de energías renovables en el país (ENCC, 2017).

2.6 Regularización y Control De Energía y Recursos Naturales y no Renovables (ARCERNNER) .

2.6.1 Resolución Nro. ARCERNNR 013/2021

Según la agencia de regularización y control de energía y recursos naturales no renovables la regularización Nro. 013/2021 establece un tiempo de vida útil para cada tecnología de generación de eléctrica, entre ellas menciona la energía solar fotovoltaica con un tiempo de 25 años de vida útil como se puede observar en la siguiente tabla 1, previa a la instalación del sistema solar fotovoltaica se debe cumplir con una serie de requisitos que se deben cumplir para obtener el certificado de calificación respectivo para la habilitación del sistema de generación distribuida para el autoabastecimiento (renovables, 2021).

Tecnología	Vida útil
Energía Solar Fotovoltaica	25 años
Energía Eólica	25 años
Energía Biomasa	20 años
Energía Biogás	20 años
Energía Hidráulica	30 años

Tabla 1: Tiempo de vida útil aplicable para cada tecnología de generación eléctrica.

Fuente: Autor

2.6.2 Resolución Nro. ARCERNNR 042/18

En la presente resolución emite la Regulación Técnica para la Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica, condiciones para el desarrollo, implementación y participación de consumidores con sistemas de micro-generación fotovoltaica, con capacidad nominal instalada hasta 100 kW, con pliego tarifario en baja o media tensión, de las categorías residencial y general identificados en la tabla (Electricidad, 2018).

La presente norma se aplica a las empresas distribuidoras de energía eléctrica y a aquellos usuarios regulados que, antes de cumplir con los requisitos, decidan instalar sistemas de micro-generación fotovoltaica de operación síncrona en media y/o baja tensión con una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW. red, cuya producción se auto-consuma en sus propias instalaciones, y las restantes aportaciones a la red de distribución, en su caso (Electricidad, 2018).

Los consumidores que deseen instalar un sistema de generación solar fotovoltaica deberán cumplir con lo establecido en este reglamento. La empresa distribuidora atenderá las solicitudes de conexión, instalación y operación. La normativa determina las operaciones sincronizadas con la red de distribución y el tratamiento comercial de la energía producida, la energía consumida y el excedente de generación finalmente entregado al sistema de distribución (Electricidad, 2018).

2.6.3 Resolución Nro. ARCONEL 018/18. Franjas de servidumbre en líneas del servicio de energía y distancias de seguridad entre las redes eléctricas y edificaciones.

La determinación de la franja de servidumbre será en función del voltaje de la línea eléctrica como se puede observar en la siguiente figura 19:

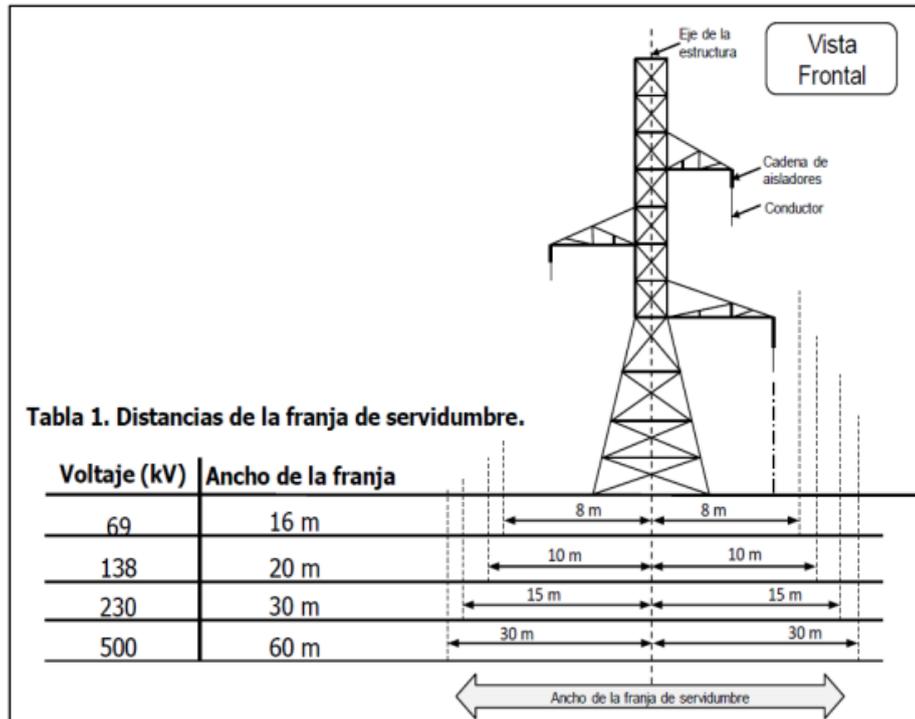


Figura 19: Distancias de franjas de servidumbre.

Autor: (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica pueden declarar bajo condiciones especiales franjas de servidumbre, esto se justifica en las zonas rurales por razones técnicas, sociales o ambientales. La empresa eléctrica es responsable de la operación y mantenimiento de todas sus instalaciones eléctricas para garantizar la calidad y continuidad del servicio y proteger contra los riesgos causados por accidentes a lo largo de su vida. Se prohíbe la construcción de cualquier tipo de edificación o estructura bajo líneas de transmisión y distribución (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

Las distancias de seguridad verticales de conductores a edificaciones van en función del voltaje, para voltajes que sean superiores a 22 Kv las distancias que se muestran en la tabla 2 siguiente se deberá aumentar un 0.01 m por cada kilo-voltio que sea excedido y rectificar un 3% por cada 300 m de altura luego de los 100 msnm.

Voltaje (V) Distancias (m)	Conductores		Partes rígidas energizadas no protegidas (Barras)	
	0 a 750 V	750 V-22 kV	0 a 750 V	750V-22kV
Vertical arriba o abajo de techos o proyecciones no accesibles a personas.	3,2	3,8	3,0	3,6
Vertical arriba o abajo de techos, cornisas y balcones, fácilmente accesibles a personas.	3,5	4,1	3,4	4,0

Tabla 2: Distancias mínimas de seguridad a edificaciones

Autor: (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018)

Las distancias de seguridad para vías de tránsito se refieren a la altura que debe mantener los conductores y cables y líneas aéreas con respecto a vías de tránsito peatonal y vehicular, estas distancias mínimas se las puede apreciar en la siguiente tabla 3 (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

Vías y superficies bajo los conductores		Nivel de voltaje	
		$0 \leq V \leq 750 \text{ V}$	$750'' \text{ V} \leq 22 \text{ kV}$
Vías férreas		7,5	8,1
Vías de tránsito de vehículos		5,0	5,6
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones		3,8	4,4
Aguas donde no está permitida la navegación		4,6	5,2
Aguas navegables con una superficie de:	a) Menores a $0,08 \text{ km}^2$	5,6	6,2
	b) Mayor a $0,08$ hasta $0,8 \text{ km}^2$	8,1	8,7
	c) Mayor a $0,8$ hasta 8 km^2	9,9	10,5
	d) Sobre 8 km^2	11,7	12,3

Tabla 3: Distancias de seguridad para vías de tránsito peatonal y vehicular.

Autor: (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

La empresa eléctrica debe mantener bajo vigilancia el cumplimiento de las de las distancias de seguridad y en caso que exista alguna inconsistencia que incumplan con las normas vigentes se notificara al GAD respectivo y se tomaran las sanciones correspondientes (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

2.6.4 Regulación Nro. CONELEC 003/08

Actualmente, no existe un estudio de seguimiento sobre la aplicabilidad del Reglamento CONELEC 003/08 y el levantamiento de estadísticas de fallas y mantenimiento del sistema de transmisión. Mientras que CENACE informa mensualmente de las averías y mantenimiento de los elementos del S.N.T. En hojas de cálculo, bitácoras operativas, informes, etc (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

Las estadísticas de degradación y mantenimiento para el período 199-2010 requieren ser mejoradas para poder compararlas con las normas regulatorias de otros países (Colombia y Chile) y las propias regulaciones de Ecuador, además, la aplicación y benchmarking del Reglamento CONELEC - 003/08 le permitirá al transmisor conocer los elementos que no cumplen con los límites especificados, para que pueda actuar en consecuencia, mientras que el regulador puede implementar ciertos estándares en Colombia y la normativa colombiana. Chile (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

2.6.5 Regulación Nro. ARCONEL 003/18. Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica.

La Resolución ARCONEL 003/18, será la que se utilizará en el presente proyecto, esta es una norma registrada el 22 de Febrero del 2019, que tiene como objetivo principal es el establecimiento de las condiciones para el desarrollo, implementación y participación se debe tener en cuenta la instalación de un sistema de micro generación solar fotovoltaica hasta 100kW de capacidad nominal consumidores residenciales o que tengan interés en instalar sistemas fotovoltaicos de hasta 300 KW de capacidad nominal instalada; y, de hasta menos de 1000 kW, para consumidores comerciales o industriales (Electricidad, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

3.1 Descripción del área de la empresa a realizar el estudio.

3.1.1 Ubicación de la empresa BIRA.S.A.



Figura 20: Ubicación física de la empresa
Autor: Autor

La planta de beneficio BIRA.S.A. se encuentra ubicada en el cantón Piñas a 3.5 km de la vía Buza como, con una altitud de 700 msnm referencia se puede ver en la figura 19, con un clima templado promedio que rodea los 22° centígrados, sus coordenadas geográficas son:

Latitud: -3.679231

Longitud: -79.645222

A continuación, se adjunta tabla que detalla las temperaturas máximas y mínimas en la zona donde se encuentra ubicada la empresa BIRA.S.A.

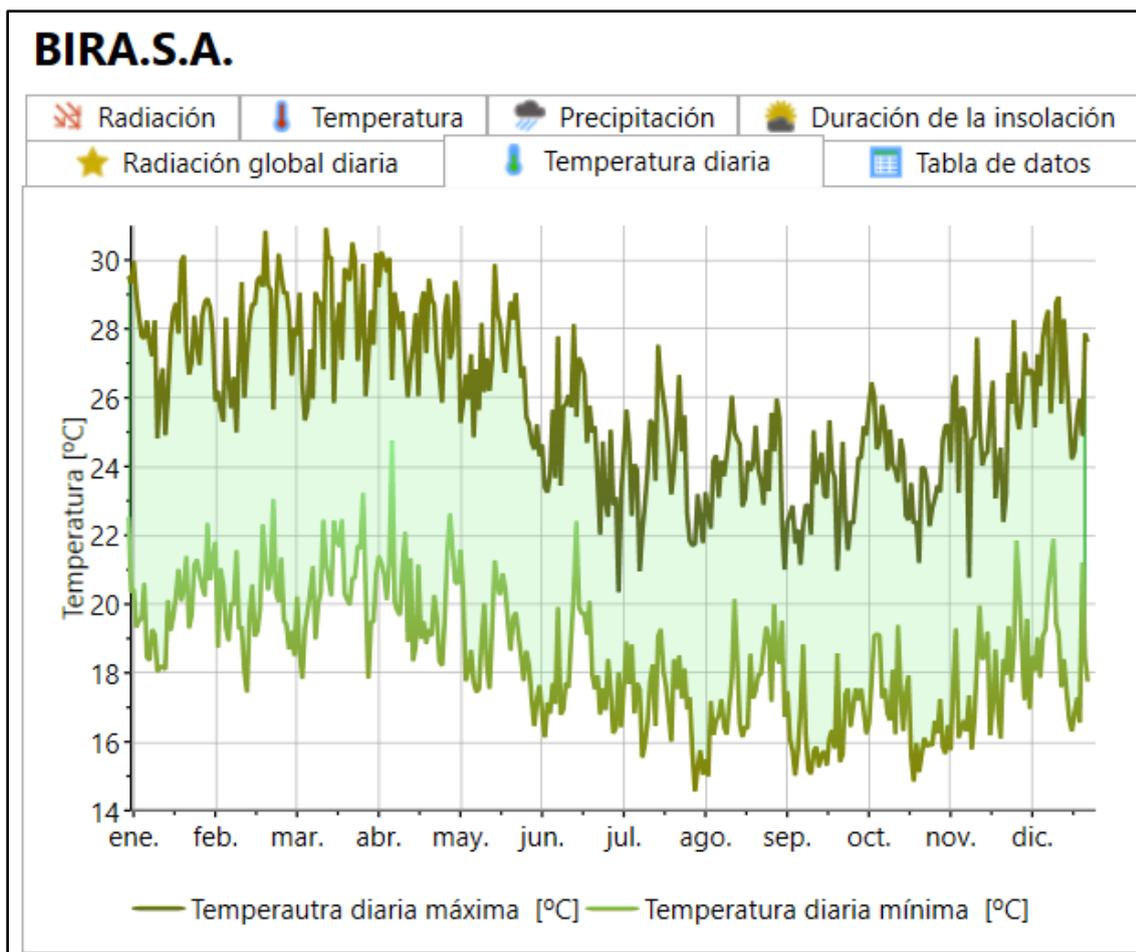


Figura 21: Temperatura máxima y mínima en la empresa BIRA.S.A.

Fuente: autor

3.1.2 Radiación solar del cantón Piñas

Los datos meteorológicos a continuación son obtenidos por un programa llamado Meteonorm, 8, este reconocido programa facilita con información para el diseño de los sistemas de energía solar fotovoltaica, en este caso nos brinda los datos promedios de radiación solar que se podía recibir por cada metro cuadrado de panel solar que se pretende instalar.

BIRA.S.A.

 Radiación
  Temperatura
  Precipitación
  Duración de la insolación

 Radiación global diaria
  Temperatura diaria
  Tabla de datos

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	201	71	190	23,8	18,2	2,7	
Febrero	163	70	132	24	18,6	2,5	
Marzo	193	68	178	24,3	18,9	2,4	
Abril	183	66	168	24,3	18,7	2,4	
Mayo	183	57	192	23,3	18,3	2,5	
Junio	177	49	202	21,8	17,4	2,7	
Julio	187	45	219	20,7	16,5	2,7	
Agosto	185	66	176	20,1	16	2,8	
Setiembre	180	62	166	20,1	16	2,8	
Octubre	185	78	150	20,3	16,3	2,9	
Noviembre	184	70	171	20,9	16,4	2,9	
Diciembre	191	71	172	22,5	17,2	3	
Año	2210	772	2115	22,2	17,4	2,7	

Tabla 4: Radiación solar promedio mensual

Fuente: autor

3.1.3 Horas sol pico

Las horas sol pico es la energía ganada en 1 metro cuadrado de superficie de panel solar fotovoltaico donde el sol transmite 1000w/m^2 en su punto máximo que es el medio día, en el camino del sol desde el amanecer hasta su atardecer su irradiación no va ser la misma en todo momento del día.

Para calcular las horas sol pico utilizaremos los valores de irradiancia de la tabla anterior escogeremos el mes con menor irradiancia que en este caso sería el mes de febrero, luego lo dividiremos para los días del mes correspondiente y ese valor serán las horas sol pico promedio a utilizar, en la tabla #2 a continuación se detallará las horas sol pico promedio diarias que podría aprovechar los módulos solares fotovoltaicos.

$$HSP = \frac{\text{Irradiancia}}{\frac{1000wh}{m^2} \cdot \text{día}} \quad [1]$$

Meses	HSP
Enero	6,48
Febrero	5,62
Marzo	6,23
Abril	6,10
Mayo	5,90
Junio	5,90
Julio	6,03
Agosto	5,97
Septiembre	6,00
Octubre	5,97
Noviembre	6,13
Diciembre	6,16

Tabla 5: horas sol pico promedio diarias
Fuente: autor

3.2 Descripción de oficinas administrativas y sistema de iluminación.

Para el presente estudio se escogió un área donde se encuentra las oficinas administrativas, oficinas de bodega, departamento médico, recursos humanos, sistemas, oficinas de seguridad industrial y comedor.

En tanto a la iluminación exterior e interior de la empresa se realizará el estudio de las siguientes áreas: taller eléctrico, taller mecánico, vía interna, molienda, y pasillos. Se describirá a continuación detalladamente la demanda eléctrica de cada área.

de 0.6, por tanto, la carga de las tomas de corriente con f.d será el siguiente:

$$31.6 \frac{kWh}{día} * f. d \quad [8]$$

$$31.6 \frac{kWh}{día} * 0.6 \quad [9]$$

$$18.96 \frac{kWh}{día} \quad [10]$$

La sumatoria total de la carga con factor de demanda es de 191.8 kWh/día.

Para identificar las causas técnicas y operativas del consumo energético actual de los sistemas de iluminación, se evaluó en horas hábiles de cada sistema la jornada de trabajo en la que es requerida la disponibilidad del servicio y la tecnología utilizada para su funcionamiento.

Las causas más importantes que se observan para el sistema de iluminación que dan origen en el consumo actual son las siguientes:

- Largas jornadas de trabajo de los equipos de iluminación durante todo el año, incluyendo fines de semana y días festivos
- Ausencia del programa sistema de gestión de energía enfocado a iluminación
- Utilización de lámparas fluorescentes con tubos T12 de 40 watts
- Utilización de reflectores incandescentes de 400 watts sobredimensionadas

3.4 Análisis de las condiciones de consumo eléctrico actual

Luego de haber realizado un seguimiento detallado sobre la carga que se va a realizar el estudio se pudo notar que existen casi en su totalidad iluminarias incandescentes y fluorescentes por ende se debe realizar un cambio inmediato e implementar un plan con medidas eficaces de eficiencia energética utilizando el marco de gestión de energía de la norma ISO 50001.

Estas iluminarias fluorescentes e incandescentes que se encuentran instaladas en la empresa Bira, a más de ser tener un consumo alto de energía, muchas de estas contienen mercurio siendo este un químico y nocivo para la salud y el medio ambiente.

Otro aspecto negativo de estas iluminarias convencionales es emisión de dióxido de carbono.

- La sumatoria de kWh/día con respecto a iluminación es de 85.0886 como se puede observar en la tabla 3 mostrada anteriormente, se considera un factor de demanda de 0.8, por tanto, la carga de iluminación con f.d será el siguiente:

$$85.086 \frac{kWh}{día} * f.d \quad [11]$$

$$85.086 \frac{kWh}{día} * 0.8 \quad [12]$$

$$68.068 \frac{kWh}{día} \quad [13]$$

- La sumatoria de kWh/día con respecto a las tomas de corriente es de 12.45 como se puede observar en la tabla 3 mostrada anteriormente, se considera un factor de demanda de 0.7, por tanto, la carga de las tomas de corriente con f.d será el siguiente:

$$12.45 \frac{kWh}{día} * f.d \quad [14]$$

$$12.45 \frac{kWh}{día} * 0.7 \quad [15]$$

$$8.715 \frac{kWh}{día} \quad [16]$$

- La sumatoria de kWh/día con respecto a los equipos de cómputo es de 31.6 como se puede observar en la tabla 3 mostrada anteriormente, se considera un factor de demanda de 0.6, por tanto, la carga de las tomas de corriente con f.d será el siguiente:

$$31.6 \frac{kWh}{día} * f.d \quad [17]$$

$$31.6 \frac{kWh}{día} * 0.6 \quad [18]$$

$$18.96 \frac{kWh}{día} \quad [19]$$

La sumatoria total de la carga con factor de demanda es de 98.7438 kWh/día.

Luego de proponer un reemplazo de las iluminarias incandescentes y fluorescentes por unas iluminarias tipo led de mejor eficiencia se puede notar la gran diferencia que se puede ahorrar aplicando un plan de iluminación eficiente produciendo la misma cantidad de lúmenes con un notable ahorro energético del 63.94%

El valor a continuación sería la energía que consumiría la carga destinada que será alimentada por el generador solar fotovoltaico en un día de trabajo.

$$98.74 \frac{kWh}{día} \quad [20]$$

3.6 Rendimiento de la instalación

La fórmula a continuación es para tomar en cuenta las pérdidas que se muestran en la instalación del sistema solar fotovoltaico.

$$R = (1 - K_B - K_I - K_R - K_V) * (1 - K_A * \frac{N}{PD}) \quad [21]$$

Donde:

$K_B = 0.05$ (factor de pérdidas de baterías)

$K_I = 0.1$ (factor de pérdidas de inversores senoidales)

$K_R = 0.1$ (factor de pérdidas de reguladores)

$K_V = 0.05$ (otras perdidas)

$K_A = 0.005$ (factor de pérdidas por auto descarga de baterías)

$N = 5$ (día de autonomía de las baterías)

$PD = 0.5$ (profundidad de descarga de las baterías)

$$R = (1 - 0.05 - 0.1 - 0.1 - 0.05) * (1 - 0.005 * \frac{3}{0.6}) \quad [22]$$

Según el rendimiento obtenido, la energía necesaria sería:

$$R = 0.6825 \quad [23]$$

3.7 Energía real actual a suministrar

Para encontrar la energía real actual a suministrar por el sistema solar fotovoltaico se utilizará la carga total con demanda dividido para el rendimiento de la instalación.

$$E_{real} = \frac{E_{nominal}}{R} \quad [24]$$

$$E_{real} = \frac{98.74}{0.6825} \quad [25]$$

$$E_{real} = \frac{144.67 \text{ kWh}}{\text{dia}} \quad [26]$$

3.8 Potencia que debe generar el sistema solar fotovoltaico

Para determinar la potencia que debe producir el sistema solar fotovoltaico se debe dividir para las horas sol pico determinadas, en este caso se utilizara el mes con el valor más bajo que sería el mes de febrero con 5.62 HSP.

$$P_{real} = \frac{E_{real}}{HSP} \quad [27]$$

$$P_{real} = \frac{144.67}{5.62} \quad [28]$$

$$P_{real} = 25.742 \text{ kW} \quad [29]$$

3.9 Características del panel solar

En el presente trabajo se eligió un panel mono-cristalino de 400 Wp que tiene las siguientes características:

Tipo de panel	Mono-cristalino
Diseño	72 celdas de 158mm
Voltaje de circuito abierto (Voc)	48.60
Voltaje de potencia máxima (vmpp)	39.92
Corriente de circuito cerrado (isc)	10.40
Corriente de potencia máxima (impp)	10.02
Eficiencia del panel	20.61%
Dimensiones	1980x1002x40mm
Voltaje	24 vdc
Potencia	400 Wp

Tabla 8: Datos de la ficha técnica del panel solar
Fuente: autor

3.10 Número de paneles solares

Para determinar la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación del sistema solar fotovoltaico se utilizará la siguiente fórmula:

$$N_{ps} = \frac{E_{real}}{HSP * P_{Modulo}} \quad [30]$$

Donde:

N_{ps} = número de paneles solares

HSP = horas sol pico

P_{Modulo} = potencia del módulo fotovoltaico

$$N_{ps} = \frac{144.673 \text{ kW/dia}}{5.62 \times 400 \text{ WP}} \quad [31]$$

$$N_{ps} = 64.35 \quad [32]$$

En este caso se necesitarían 65 paneles solares fotovoltaicos de 400 Wp.

3.11 Selección de inversor

Para la selección del inversor que se utilizará en el presente proyecto se considerará la potencia pico por el coeficiente de simultaneidad de uso del sistema de iluminación y la carga de las oficinas administrativas de la empresa, para ello se utilizará la siguiente formula:

$$P_{inv} = P_{Real} * fc \quad [33]$$

Donde:

P_{inv} = Potencia del inversor

P_{Real} = Potencia real

fc = coeficiente de simultaneidad

$$P_{INV} = 25.742 \text{ Kw} * 0.7 \quad [34]$$

$$P_{INV} = 18.019 \text{ Kw} \quad [35]$$

Por tanto, para el presente trabajo se utilizarán 3 inversores de red On Grid SMA, uno de 3000W y dos inversores de 7700w con las siguientes características:

Ficha técnica inversor 7700w On Grid	
Tipo	Onda senoidal pura
Dimensiones	535 * 730 * 198 mm
Peso	30kg
Tecnología	Frecuencia alta sin transformador
Voltaje	220v ac
Pantalla	No
Potencia	77000W
Eficiencia	97%

Tabla 9: Datos de la ficha técnica del inversor 7700W

Fuente: autor

Ficha técnica inversor 3000w On Grid	
Tipo	Onda senoidal pura
Dimensiones	535 * 730 * 198 mm
Peso	27kg
Tecnología	Frecuencia alta sin transformador
Voltaje	220v ac
Pantalla	No
Potencia	3000W
Eficiencia	96%

Tabla 10: Datos de la ficha técnica del inversor 3000W
Fuente: autor

3.12 Cálculo del banco de baterías

Para poder determinar el número que requiere el sistema solar fotovoltaico utilizaremos la siguiente formula:

$$\# \text{ Baterias (Ah)} = \frac{E_{Real}}{V_{DC} * Caapacidad_{Bat}} \quad [36]$$

$$\# \text{ Baterias (Ah)} = \frac{144673.99 \text{ Wh/dia}}{24vdc * 150Ah} \quad [37]$$

$$\# \text{ Baterias (Ah)} = 40.18 \quad [38]$$

Se necesitarán un total de 40 baterías de 150 Ah

Por tanto, se utilizarán 40 baterías de gel de 150 Ah de 24 voltios corriente continua, con las siguientes características:

FICHA TÉCNICA DE BATERIAS DE GEL	
Dimensiones	48 * 24 * 17 cm
Peso	45 kg
Tecnología	gel
Voltaje	24 v dc
Capacidad	150 Ah
Ciclos de vida útil a 30% DOD	2600
Ciclos de vida útil a 50% DOD	1600
Ciclos de vida útil a 100% DOD	500

Tabla 11: Ficha técnica de las baterías de gel
Fuente: autor

3.13 Cálculos de la energía y valores económicos de la facturación

A continuación, en la tabla #12, se realizó el cálculo de facturación de un mes de la empresa BIRA.S.A., en este caso se trabajó con la planilla del mes de enero del 2023, la planilla emitida por CNEL se la puede apreciar en el anexo 2.

MES	Días Facturados	Factor Multiplicación	Factor Corrección	Factor Potencia	Energía Activa kWh	Promedio Diario kWh	Costo USD	Costo kWh	Cargo por Comercialización	Cargo por Demanda	Sub Total de Servicio Eléctrico	Alumbrado Público	Total de Servicio Eléctrico	Total Cuerpo de Bomberos	Taza Recolección de Basura	TOTAL A PAGAR	COSTO kWh TOTAL
Enero	31	1,0	0,74	0,967	180807	5832,48	\$ 12.502,16	\$ 0,069	\$ 1,41	\$ 1.555,55	\$ 14.059,12	\$ 143,19	\$ 14.202,31	\$ 27,00	\$ 1.615,00	\$ 15.844,31	\$ 0,088

Tabla 12: Cálculo de facturación del mes de enero
Fuente: Autor

En la siguiente tabla #13 se realiza el cálculo de la energía consumida analizando solamente la demanda a realizarse el estudio que en este caso es del área administrativa e iluminación, para ello tomamos los valores de energía real calculados anteriormente y el costo del kWh tomado desde el pliego tarifario vigente emitido por la ARCONEL.

Energía Activa kWh	Promedio Diario kWh	Costo kWh	Costo kWh al mes
4340,1	144,67	0,083	\$ 360,23

Tabla 13: cálculos de energía de oficinas e iluminación
Fuente: autor

3.14 Rentabilidad del generador solar fotovoltaico

En el presente estudio se tomó valores de la energía real calculada en el presente trabajo siendo un valor de $CC = 144.67 \frac{kWh}{día}$, siendo éste un valor promedio se multiplicara por los 30 días del mes y por el valor de kWh establecido por el pliego tarifario actual del ARCONEL.

$$COSTO USD = E_{real} * dias del mes * costo kWh \quad [39]$$

$$COSTO USD = (144.67 \frac{kWh}{día}) * (30 dias) * (0.083) \quad [40]$$

$$COSTO USD = \$360.23 \quad [41]$$

El valor anteriormente calculado sería el valor promedio que pagaría por mes la empresa por la demanda de iluminación y carga de las oficinas, a continuación, se realizara el cálculo de la rentabilidad del generador solar fotovoltaico.

COSTO GENERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO	RED ELÉCTRICA CONVENCIONAL
\$ 48295	\$ 108.069
costo a 25 años de vida útil	Es el costo aproximado que se pagaría por un tiempo de 25 años

Tabla 14: Cuadro de rentabilidad del generador solar fotovoltaico

Fuente: Autor

Como se puede notar en la tabla #12 anterior que si es rentable la instalación del sistema solar fotovoltaico hay un ahorro económico aproximadamente del 50%

CONCLUIONES

- Luego de haber realizado el estudio de la demanda eléctrica que se pretende alimentar con energía solar fotovoltaica se ha podido concluir que se requiere de 65 paneles solares con una potencia de 400 Wp cada uno, varios inversores conectados en serie que puedan suplir una potencia de 18.019 Kw, 40 baterías que almacenen la energía necesaria para cubrir la demanda estudiada y un controlador el cual controla la energía que llega desde los paneles solares hacia las baterías.
- Para la implementación de este sistema fotovoltaico se consideró regirse a las disposiciones y reglamentaciones asociadas a las normativas vigentes que exige el marco legal del país, esto es las Resoluciones Nro. ARCONEL-042/18 y la Nro. ARCERNNR-013/2021, respectivamente, así como la regulación Nro. ARCONEL 003/18
- Luego de haber realizado el presente estudio se ha podido concluir que es indispensable aplicar los planes de eficiencia energética y poder realizar el diseño del sistema solar fotovoltaico para la empresa BIRA.S.A.
- La implementación del sistema solar fotovoltaico que abarque la carga de las oficinas administrativas tendrá como beneficio un constante flujo de energía el cual garantizara un tiempo prolongado de vida útil evitando los daños en los equipos de cómputo por la inestabilidad de la energía que suministra la empresa eléctrica Cnel.
- El uso de energía solar fotovoltaica que abarque la carga de la iluminación de la empresa ayudará para mantener iluminación sin interrupciones cuando existan los repetitivos cortes de energía evitando accidentes en los horarios nocturnos.
- Se ha podido denotar que es posible el ahorro de energía de forma no costosa, siendo una de ellas el dimensionamiento correcto de iluminación cumpliendo estándares y normas vigentes del sistema de gestión energética, la utilización de iluminación led siendo estas iluminarias de poco consumo con una mayor cantidad de iluminación.

- En la comparación de la rentabilidad del generador solar fotovoltaico hemos podido concluir que si es factible y rentable el sistema solar fotovoltaico y en comparación a costos se ahorraría aproximadamente un 50% en costos a su vez este sistema ayudará a que cuente con iluminación sin interrupciones pudiendo servir a su vez como luces de emergencia, además de mejorar la calidad de energía siendo también la más amigable con el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir las indicaciones de la norma 50001 siendo favorable y beneficiosa para toda empresa obteniendo un enfoque sistemático que se logra mejorar el rendimiento energético incluyendo su eficiencia el uso y su consumo.
- La implementación de generadores renovables es de gran beneficio por sus eficiencia y sustentabilidad generando energía continua, limpia y amigable con el ambiente.
- Se recomienda utilizar recursos energéticos renovables como la implementación de los módulos solares fotovoltaicos ya que su adquisición a través del sol es inagotable. Considerando que la zona geográfica donde se encuentra Ecuador tiene un buen índice de radiación solar, los paneles pueden aprovecharlo para producir energía limpia sin afectar el medio ambiente, reduciendo significativamente la gran cantidad de dióxido de carbono, principal contaminante ambiental.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo anual a los módulos fotovoltaicos, conexiones, inversor y sistemas de protección para garantizar su operatividad con una autonomía hasta 25 años como lo indica la resolución ARCERNNR-013/2021 para el ciclo de vida útil de generadores renovables.

Promocionar a nivel nacional este tipo de proyecto en beneficio de viviendas donde existe poca infraestructura eléctrica y bondades de la naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA

- Belu, R. (2020). *Fundamentos y características de las fuentes de los sistemas de energía renovable*. Routledge.
- Borras, C. (3 de Octubre de 2022). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/energias-renovables-ventajas-y-desventajas-3571.html>
- Carballo, G. A. (marzo de 2016). *Redvet*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- CELEC.EP. (2019). *Corporación Eléctrica del Ecuador*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/contacto/direccion/2-uncategorised/47-que-es-laenergia-eolica#:~:text=Es%20la%20energ%C3%ADa%20cuyo%20origen,sol%20se%20convierte%20en%20viento.>
- Centro de Soluciones de Recursos. (2021). *Por que es importante la energia limpia*. Obtenido de https://buycleanenergy.org/why?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc
- Cumbre Pueblos. (2019). *Energias solar fotovoltaica*. <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/fotovoltaica/>.
- Electricidad, A. d. (27 de noviembre de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC186444/>
- Electricidad, A. d. (22 de octubre de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <https://leap.unep.org/countries/ec/national-legislation/resolucion-no-arconel-04218->

regulacion-para-generacion

Electricidad, A. d. (14 de junio de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*.

Obtenido de <https://www.gob.ec/regulaciones/regulacion-arconel-nro-00118>

ENCC. (2017). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador*. Obtenido de

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIO-CLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf>

EPEC. (5 de 6 de 2018). *EPEC*. Obtenido de

<https://web.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/eolica.pdf>

Global Energy Transformation. (2019). Future of solar photovoltaic. *IRENE*, , 12-21.

HelioEsfera. (mayo de 2021). *Horas sol pico*. Obtenido de

<https://www.helioesfera.com/horas-de-sol-pico-que-es-y-para-que-sirve/>

Ibrahim, H. (2018). Energy storage systems—Characteristics and comparisons. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (5), 1221-1250.

IEA. (Mayo de 2022). *Actualización del mercado de energías renovables*. Obtenido de

Actualización del mercado de energías renovables:

<https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022>

Ingeoexpert. (19 de Marzo de 2019). *La energía solar fotovoltaica*. Obtenido de

<https://ingeoexpert.com/2019/03/29/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/>

International Energy Agency. (2022). *La mezcla de energía*. Obtenido de https://www-iea-org.translate.google.com/publications/freepublications/publication/WEB_WorldEnergyOutlook2015ExecutiveSummaryEnglishFinal.pdf?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc

[org.translate.google.com/publications/freepublications/publication/WEB_WorldEnergyOutlook2015ExecutiveSummaryEnglishFinal.pdf?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc](https://www-iea-org.translate.google.com/publications/freepublications/publication/WEB_WorldEnergyOutlook2015ExecutiveSummaryEnglishFinal.pdf?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc)

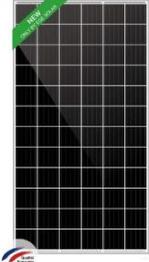
- International Renewable Energy Agency. (2019). Descripción general de la energía renovable. *IRENA*, 5 (11), 1-27.
- La UE analizará en Ecuador el impacto del cambio climático.* (31 de octubre de 2015).
Obtenido de <https://www.vistazo.com/actualidad/la-ue-analizara-en-ecuador-el-impacto-del-cambio-climatico-NWVI10294>
- Manoj, N. (2018). On-Grid Solar Photovoltaic System: Components, Design Considerations, and Case Study. *IEEE International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)*. India: At: Chennai.
- Minas, M. E. (30 de diciembre de 2022). *Ministerio Energías y Minas*. Obtenido de <https://www.bnamericas.com/es/noticias/ecuador-avanza-hacia-la-disminucion-de-emisiones-de-co2-en-el-sector-electrico>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable . (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*.
- Mohammadi, B. (2014). Large Scale Renewable Power Generation Advances in Technologies for Generation, Transmission and storage. *Academia*, 3 (3),
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32894564/1-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653911358&Signature=MJgRleiWMjXZMwppUo8~V5QwovrIM7o2SnELITPygWhcK3VpKcJYvYsZ2~CLMmPLPw-yHqXE~e-yTzjyuToBsQ6SILiIkxtOuOjgAYYED6q7Siy~mKYsvTZ4DHxPTWcIGapcC-NN2t46QhPddGza1kDPJS>.
- Oficina de Tecnologías de Energía Solar. (2019). *Conceptos básicos de tecnología solar fotovoltaica*. Obtenido de https://www-energy-gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc
- Planas, I. O. (9 de julio de 2022). *Energía solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>

- Rashid, M., & Fatin, N. (2022). A Review on Safety Practices for Firefighters During Photovoltaic (PV) Fire. *Researchgate, 1 (1)*, 36-47.
- renovables, A. d. (5 de abril de 2021). *Agencia de Regularización y Control de energía y recursos naturales no renovables*. Obtenido de https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf
- renovables, M. d. (05 de 2022). *PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL 2021-2025*. Obtenido de PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL 2021-2025: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2022/05/Plan-Estrategico-Institucional-MDT-2021-2025._compressed.pdf
- Reynolds, A. (2015). Importancia de las Energías Renovables en la Lucha contra el Cambio Climático. *Fondo Mundial para la Naturaleza, 1 (3)*, versión digital: https://www-worldwildlife-org/magazine/issues/summer-2015/articles/importance-of-renewable-energy-in-the-fight-against-climate-change--3?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc. Obtenido de Fondo Mundial para la Naturaleza.
- Ruiz, G. (19 de OCTUBRE de 2021). *ERENOVABLE.COM*. Obtenido de <https://erenovable.com/energias-renovables-ventajas-y-desventajas/>
- Sarmiento, A. (2017). Una unidad de medida que comienzan a conocer los cubanos beneficiados con instalaciones solares fotovoltaicas. *Habana, 22 (1)*, 10-28.
- Sustant. (marzo de 2021). *consultoria e ingenieria*. Obtenido de <http://www.sustantperu.com/servicios/areas/eficiencia-energetica.html>
- Tunahan, I. (enero de 2015). *Solar Cells review*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/276423464_Solar_Cells_review

- Universalblue. (Julio de 2021). *Cambio de clasificacion energetica* . Obtenido de <https://universalblue.es/blog/clasificacion-energetica-electrodomesticos-2021/>
- Wald, L. (2017). Solar radiation energy. *Centre for Energy and Processes*, 6-10.
- Zamora, I. V. (01 de 2021). *CITE Energia* . Obtenido de http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2021/01/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora_2.pdf
- ARCERNNR. (2021). *Microgeneracion*, 39.
- Electricidad, A. d. (22 de octubre de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <https://leap.unep.org/countries/ec/national-legislation/resolucion-no-arconel-04218-regulacion-para-generacion>
- Electricidad, A. d. (14 de junio de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de <https://www.gob.ec/regulaciones/regulacion-arconel-nro-00118>
- renovables, A. d. (5 de abril de 2021). *Agencia de Regularización y Control de energía y recursos naturales no renovables*. Obtenido de https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. Proforma de principales elementos a utilizar para la implementación del sistema solar fotovoltaico

Cantidad	Descripción	Equipo	Precio	Total
40	Bateria de gel 150 AH		\$414	\$16,560
2	Controlador MPPT 60AMP / 12-24VDC		\$1,232	\$2,464
2	Inversor de red 7700w OnGrid		\$3,348	\$6,696
1	Inversor de red 3000w OnGrid		\$2,100	\$2,100
65	Panel solar 400Wp monocristalino		\$220	\$14,300
65	Estructura de soporte para panel solar		\$95	\$6175
TOTAL			\$ 48,295	

ANEXO 2.

Planilla eléctrica de la empresa BIRA PLANTA del mes de enero 2023



EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA ESTRATÉGICA
CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL EP.
Dir Matriz: GUAYAQUIL: VIA_ A LA COSTA KM.6 1/2 EDIFICI
O GRACE CEIBOS_ PISO 3
Dir Sucursal: MACHALA.- Calle Arizaga 1810 y Santa Ros
Contribuyente Especial Nro: 065
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI

R.U.C.: 0968599020001
FACTURA No. 073 - 002 - 010183701
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
1002202301096859902000120730020101837011814926016
FECHA Y HORA DE AUTORIZACION 2023-02-11T07:04:03-05:00
AMBIENTE: PRODUCCIÓN EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



1002202301096859902000120730020101837011814926016

Fecha Emisión: 10-Feb-2023

Fecha Máxima de Pago: 24-Feb-2023

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

Suministro: 8149260
Nombre: BIRA BIENES RAICES S.A.
Dirección: KM 2 1/2 VIA A BUZA 0 y *-Sin Calle Secundaria-*
Provincia / Cantón / Parroquia: EL ORO PIÑAS PIÑAS, CABECERA CANT
Tipo de Tarifa: INDUSTRIAL CON MEDICION HORARIA CON INCENTIVOS MT
Código único eléctrico nacional: 0708149260
CC / RUC: 0990670307001

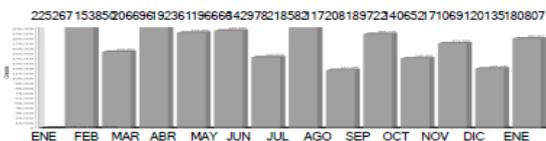
1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 27822999
Mes de Consumo: Enero-2023
Lectura Desde: 6-Ene-23
Factor de Corrección: 0.740000
Lectura Hasta: 6-Feb-23
Días Facturados: 31
Factor de Potencias: 0.967818
kWh Consumidos: 180807

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidades
Energía Medida	0252397	0201917	00050480	kWh
	0411542	0401395	00010147	kWh
	0914193	0894736	00019457	kWh
	0319376	0218653	00100723	kWh
Energía Facturada	0529383	0482370	0180807	kWh
			00047013	kVARh
Demanda No Pico	0000455		00000455	kW
Demanda Pico	0000369	0000000	0000369	kW

RUBRO	VALOR (\$)
Demanda	1555.55
Energía	12502.16
Comercialización	1.41
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	14059.12
ALUMBRADO PÚBLICO	143.19
Base IVA 12%	0.00
Base IVA 0 %	14202.31
IVA 12%	0.00
IVA 0 %	0.00
TOTAL SE Y AP (1)	14202.31

HISTORIAL DE CONSUMOS



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO



Tarifa Eléctrica:	3517.34
Total:	3517.34

TOTAL A PAGAR

Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	14202.31
TOTAL (1)	14202.31

NOTIFICACIÓN DE VALORES PARA EL PAGO DEL TRIBUTO DE
EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN PIÑAS

Nombre: BIRA BIENES RAICES S.A.	Suministro: 0708149260
Dirección del Servicio: KM 2 1/2 VIA A BUZA 0 y *-Sin Calle Secundaria-*	Cédula/RUC: 0990670307001
Fecha de Emisión: 10-Feb-2023	
CONCEPTO	VALOR
TRIBUTO A BOMBEROS	27.00
Total Tributo Cuerpo de Bomberos (2)	27.00

NOTIFICACIÓN DE PAGO POR LA TASA DE RECOLECCIÓN DE BASURA DEL
MUNICIPIO DEL CANTÓN PIÑAS

Nombre: BIRA BIENES RAICES S.A.	Suministro: 0708149260
Dirección del Servicio: KM 2 1/2 VIA A BUZA 0 y *-Sin Calle Secundaria-*	Cédula/RUC: 0990670307001
Fecha de Emisión: 10-Feb-2023	
CONCEPTO	VALOR
TASA DE RECOLECCIÓN BASURA	1615.00
Total Tasa de Recolección de Basura (3)	1615.00

RESUMEN DE VALORES A PAGAR

Total Sector Eléctrico (Hoja 1)	14202.31
Total Tributo Cuerpo de Bomberos (2)	27.00
Total Tasa de Recolección de Basura (3)	1615.00
TOTAL A PAGAR (USD)	15844.31

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	15844.31		

ANEXO 3.

Reflector incandescente de 400 watts.



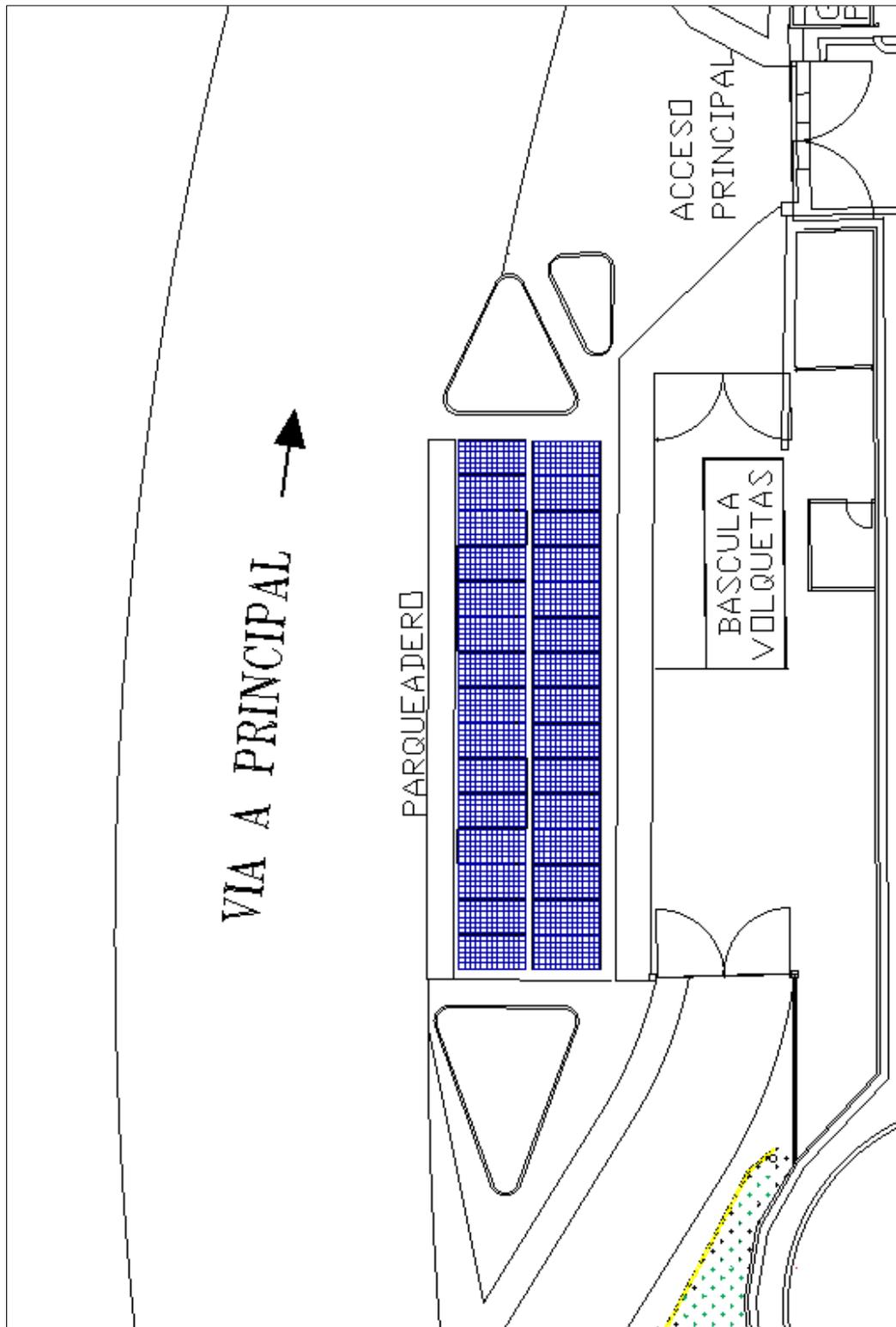
ANEXO 4.

Tubos fluorescentes de 40 watts cada uno que serán reemplazados por tubos led t8 de 15watts.



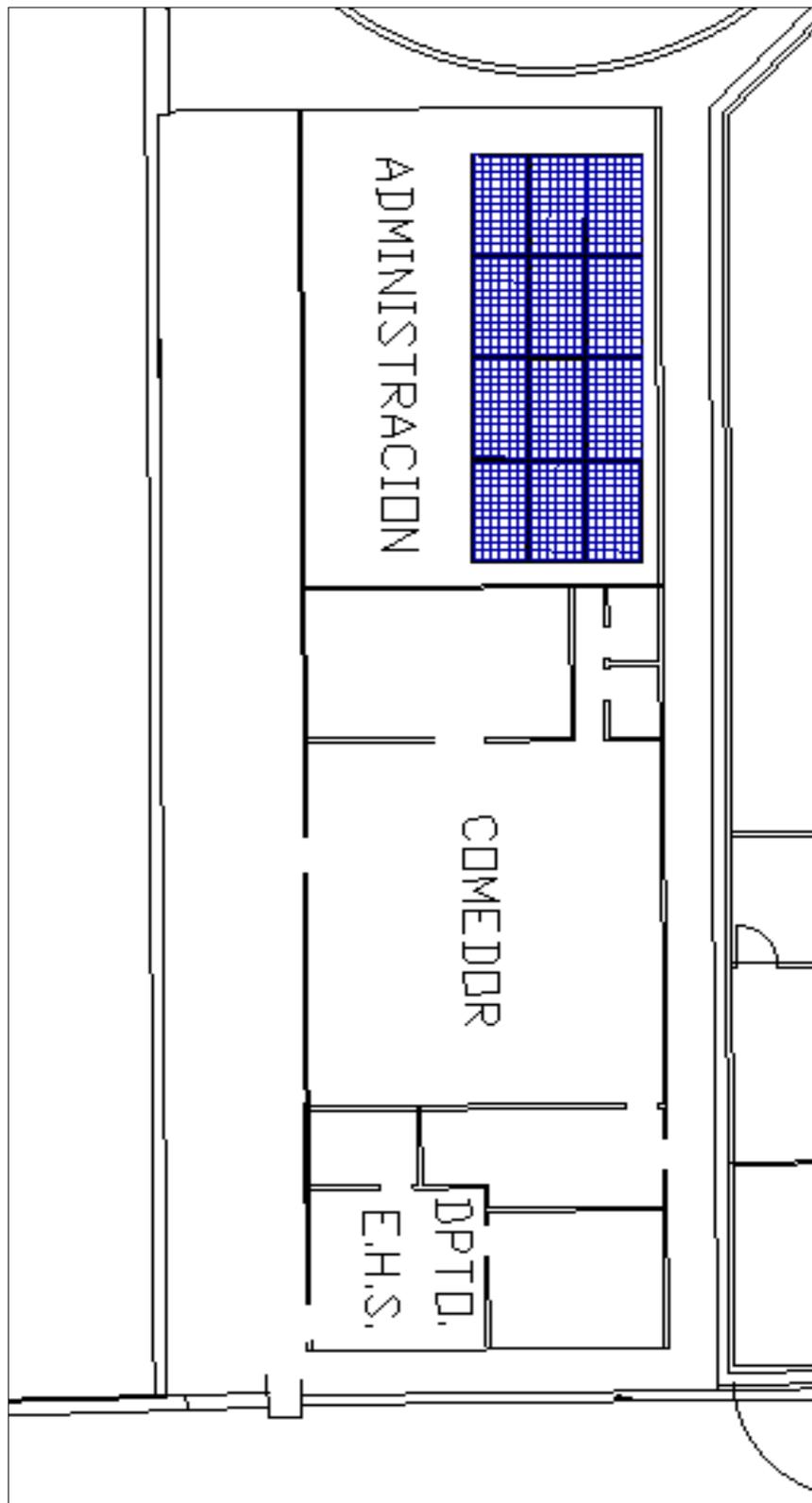
ANEXO 5.

ubicación de módulos solares fotovoltaicos ubicados como techo para el parqueadero de la empresa.



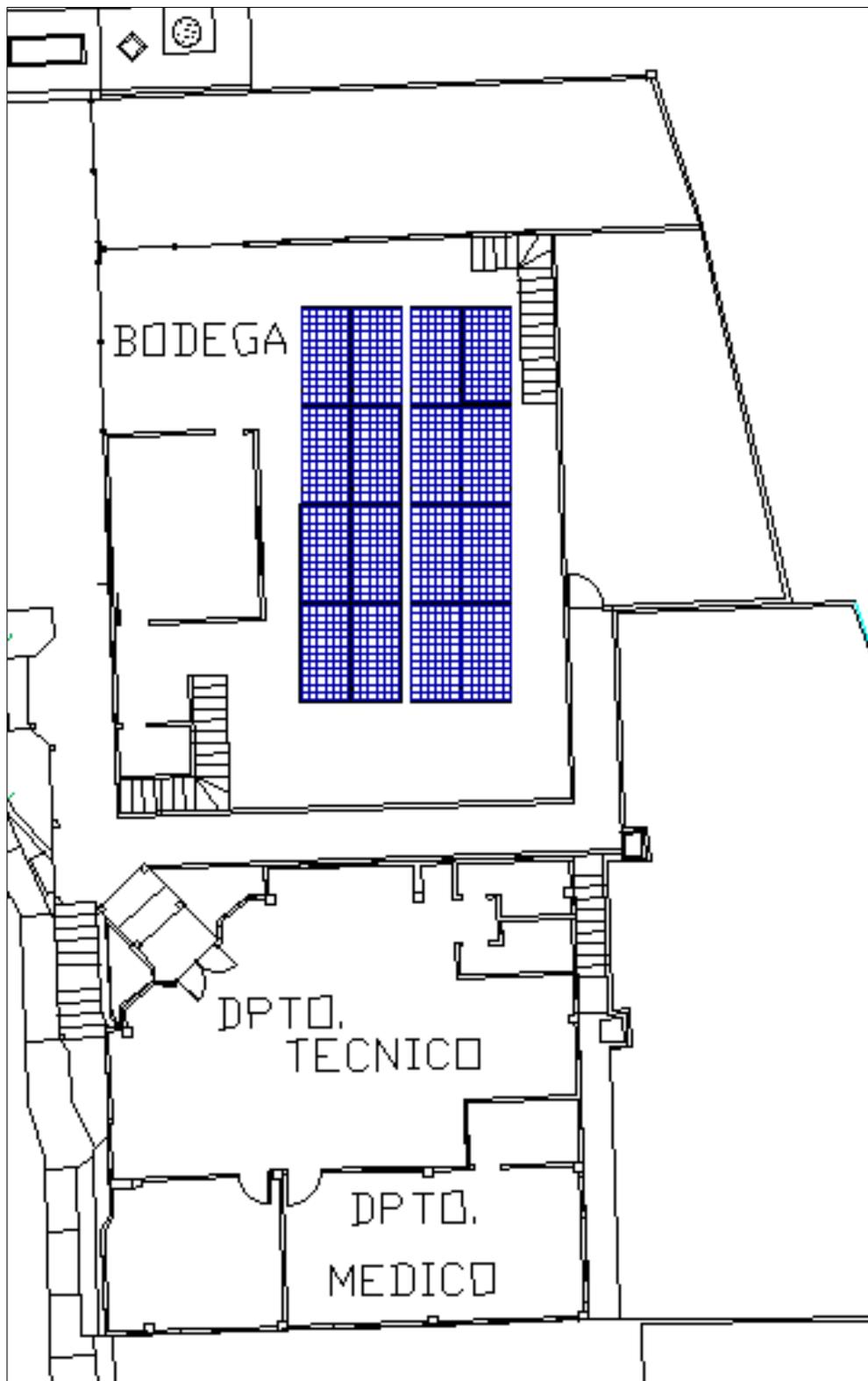
ANEXO 6.

Ubicación de módulos solares fotovoltaico sobre el techo de las oficinas administrativas.



ANEXO 7.

Esquema de la ubicación de los módulos solares fotovoltaicos, propuesta de instalación sobre el techo de las oficinas de bodega.



ANEXO 9.

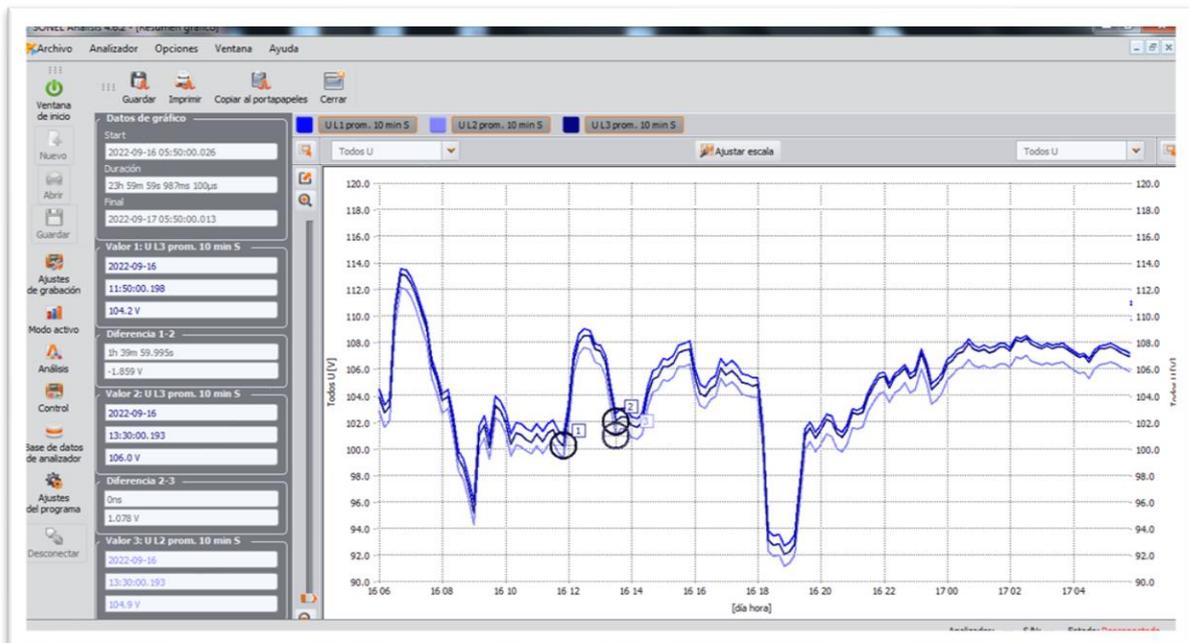
Propuesta de instalación de los paneles solares en el parqueadero de la planta pudiendo utilizar como techo para los vehículos



ANEXO 10.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

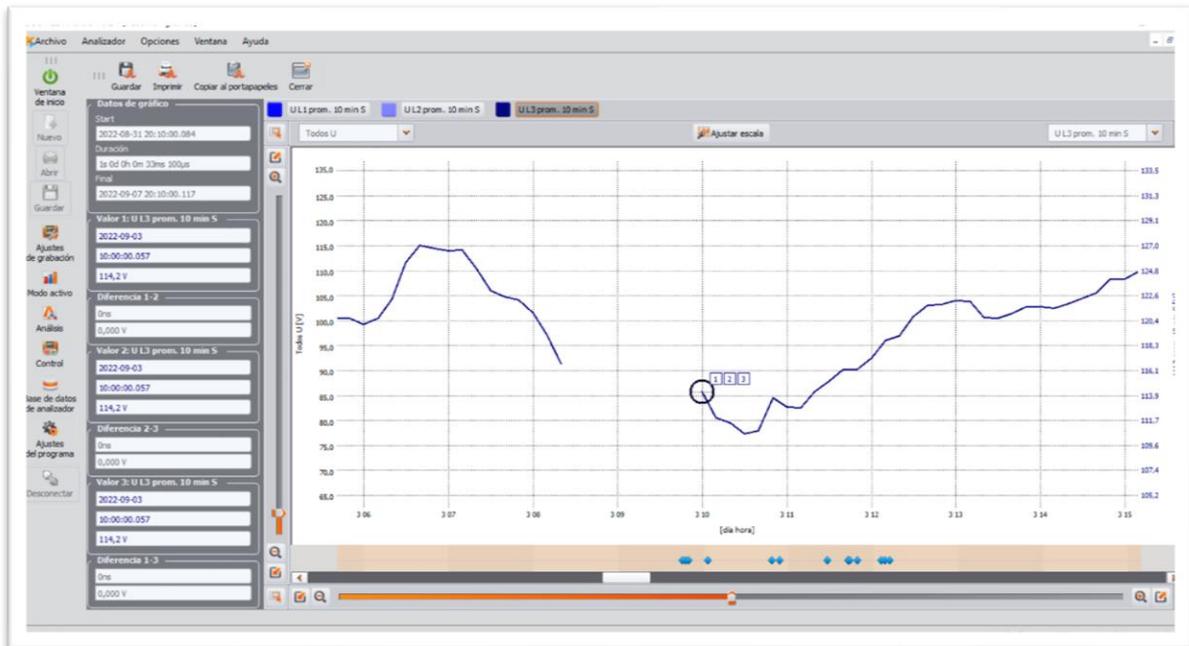
Se puede notar la inestabilidad del voltaje durante ese lapso del tiempo.



ANEXO 11.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

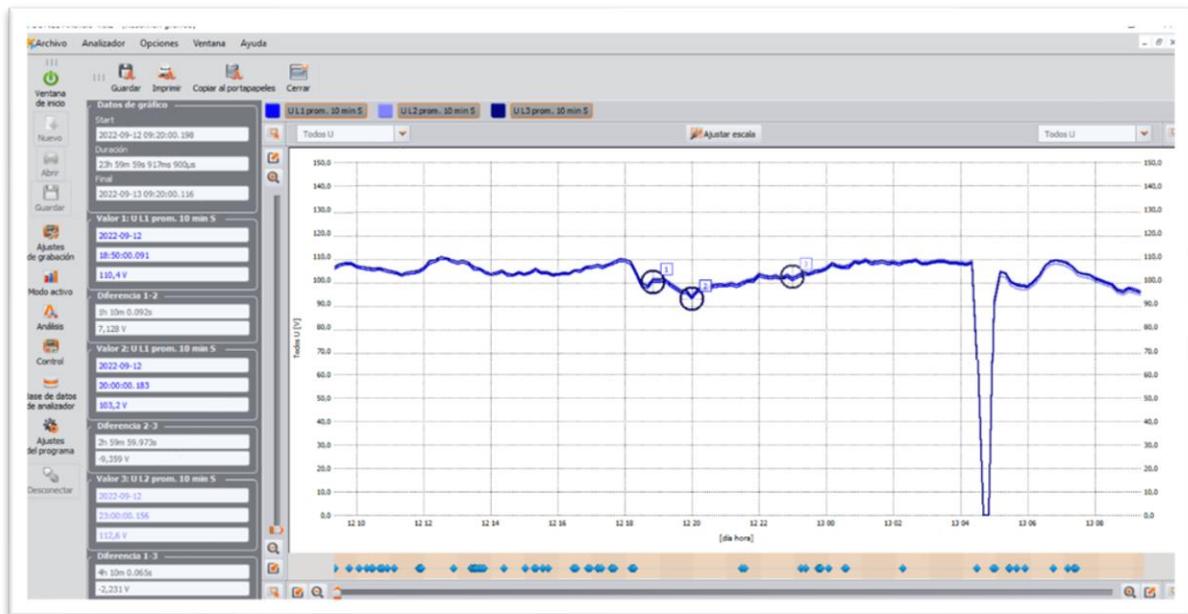
Corte de energía aproximadamente de 2 horas.



ANEXO 12.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

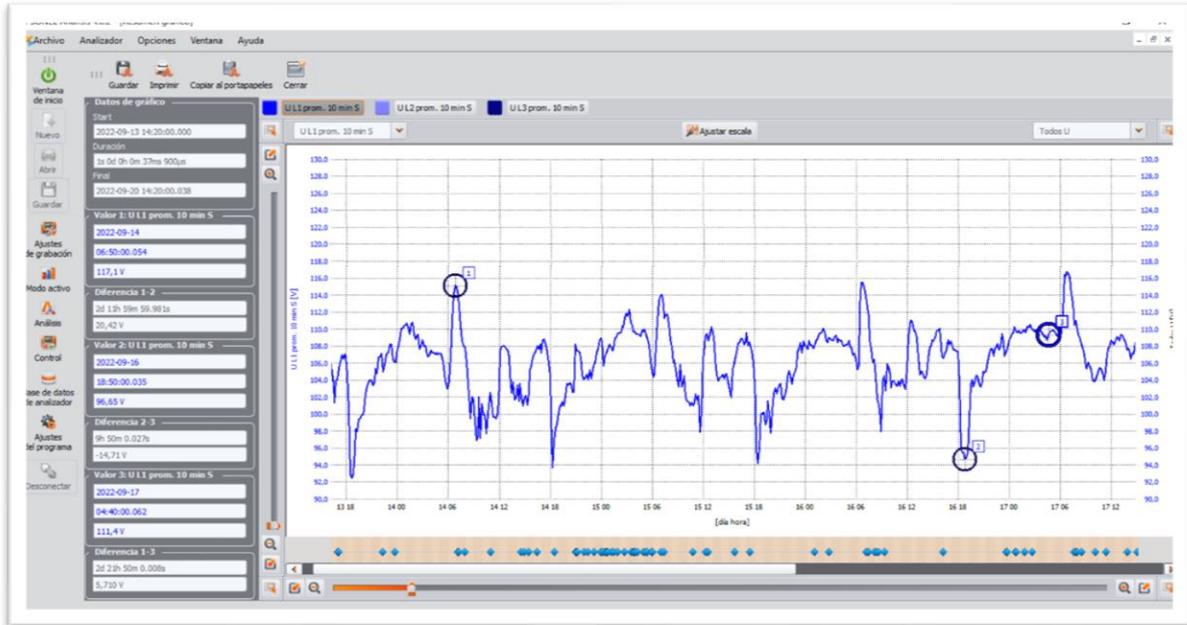
Corte inesperado de energía.



ANEXO 13.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

Corte inesperado de energía.



ANEXO 14.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

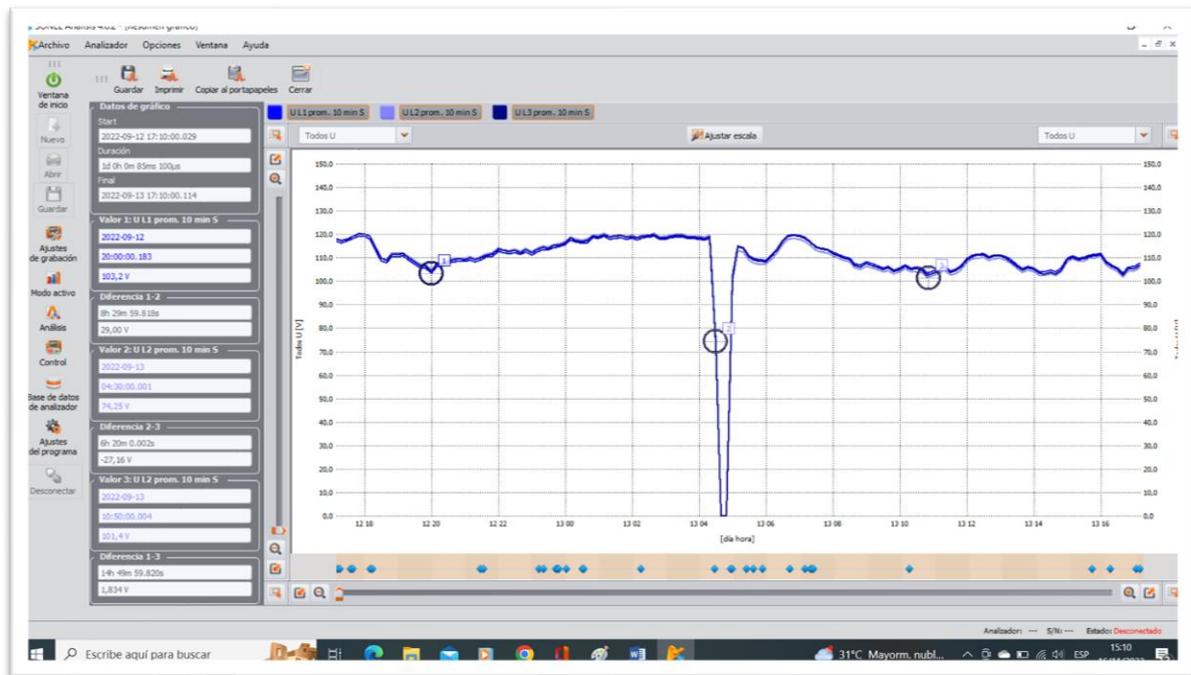
Inestabilidad de voltaje.



ANEXO 15.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

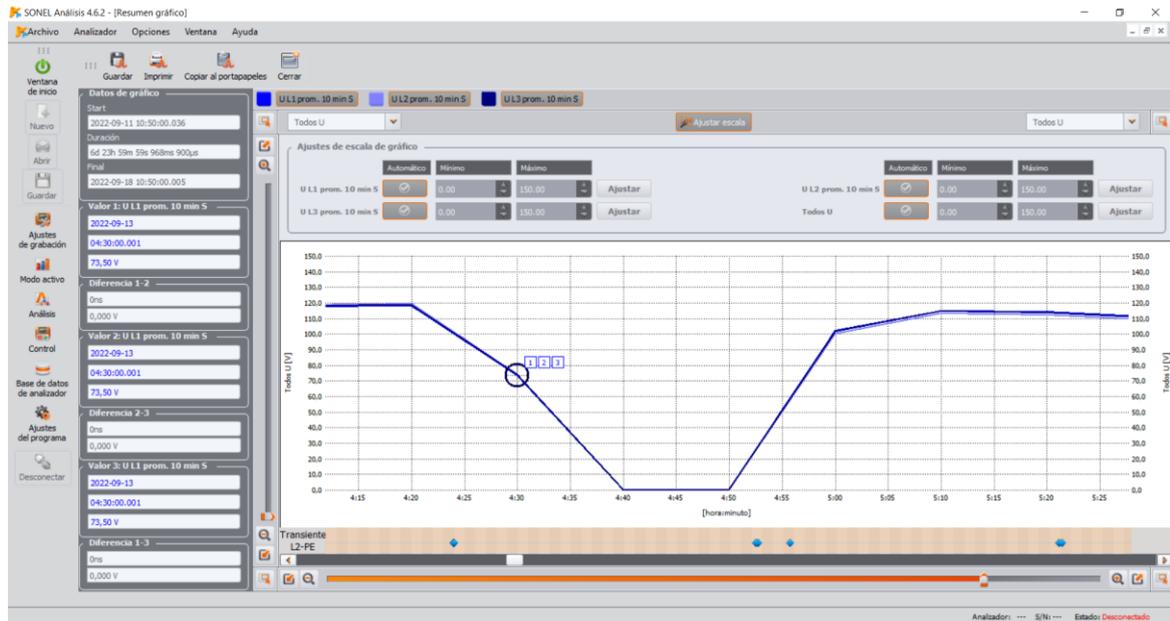
Corte de energía inesperado.



ANEXO 16.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

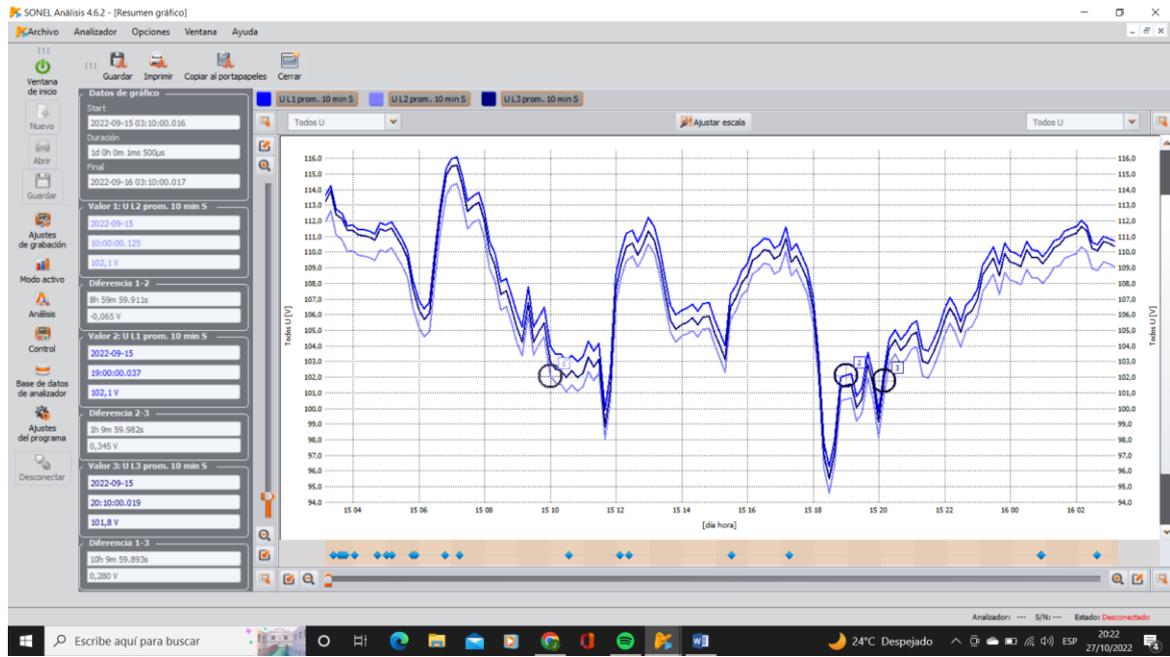
Corte de energía inesperado.



ANEXO 17.

Análisis de voltaje utilizando analizador de redes SONEL.

Inestabilidad de voltaje y corte de energía inesperado.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Javier Alexander Chan Samaniego**, con C.C: # **0704412956** autor del trabajo de titulación: **Estudio de la implementación de un generador solar fotovoltaico para abastecer la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la Empresa BIRA.S.A ubicada en la ciudad de Piñas**, 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 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

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

Guayaquil, 06 de septiembre de 2023

f. 
Nombre: **Javier Alexander Chan Samaniego**
C.C: **0704412956**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de la implementación de un generador solar fotovoltaico para abastecer la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la Empresa BIRA.S.A ubicada en la ciudad de Piñas		
AUTOR(ES)	Chan Samaniego Javier Alexander		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Gustavo Mazzini Muñoz, MSc. Diana Bohórquez Heras / MSc. Celso Bohórquez Escobar		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	06 de septiembre de 2023	No. DE PÁGINAS:	102
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía renovable, eficiencia energética.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sistema solar fotovoltaico, ahorro energético, eficiencia energética, iluminación led, paneles solares.		

En el presente trabajo se realizó el estudio de la demanda eléctrica a efectuar el diseño para la implementación de un sistema solar fotovoltaico, previo al diseño del sistema se presentó un plan de mejoras en el sistema energético de iluminación reemplazando iluminarias convencionales por iluminarias led, siendo estas más eficientes con un ahorro energético considerable. Este diseño de estudio plantea alimentar con energía solar fotovoltaica las oficinas administrativas y parte de la iluminación de la empresa Bira.S.A. para ello se realizó el cálculo de la demanda con elementos de iluminación propuestos rigiéndose de la norma de eficiencia energética lo cual contempla el reemplazo de iluminarias antiguas de alto consumo energético cambiando por iluminarias led, siendo estas más eficientes, de alta durabilidad y menor consumo siendo una alternativa para el ahorro energético en cuanto a iluminación. Para el diseño del sistema solar fotovoltaico se tomó en cuenta los datos nominales de las oficinas administrativas y datos nominales propuestos por iluminación recomendada, obteniendo estos datos se procedió al cálculo de equipos que son el número de paneles solares, la capacidad del inversor, número de baterías, finalizando el trabajo se expondrán las conclusiones y recomendaciones acerca del sistema fotovoltaico.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-989938352	E-mail: Javier.chan@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar	
	Teléfono: +593-995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	