



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

**TEMA:**

Propuesta de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para uso residencial, con paneles solares, sin el uso de un banco de baterías, en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador.

**AUTOR:**

Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**TUTOR:**

Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban. MAE.

**Guayaquil, Ecuador**

**3 de septiembre del 2024**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICIDAD**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente Trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por el Sr. Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny, como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD.

TUTOR

Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban. MAE.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PHD.

Guayaquil, 3 de septiembre del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Integración Curricular “**Propuesta de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para uso residencial, con paneles solares, sin el uso de un banco de baterías, en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, 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 Integración Curricular referido.

Guayaquil, 3 de septiembre del 2024

EL AUTOR

Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Propuesta de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para uso residencial, con paneles solares, sin el uso de un banco de baterías, en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 3 de septiembre del 2024

EL AUTOR

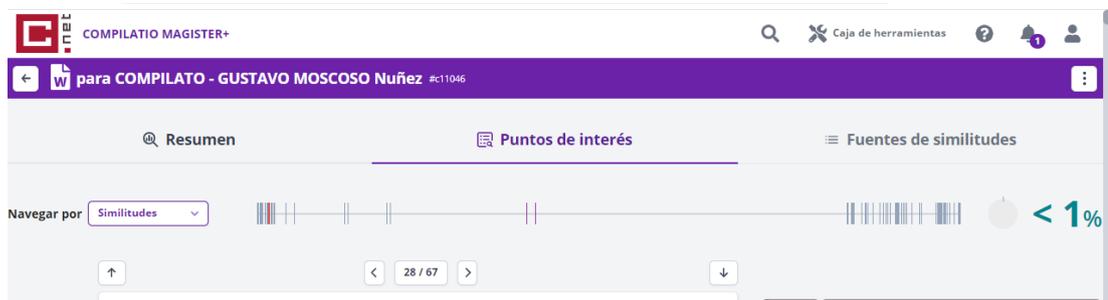


---

Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny

## REPORTE DE COMPILATIO

El Trabajo de Integración Curricular, **Propuesta de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para uso residencial, con paneles solares, sin el uso de un banco de baterías, en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador**, presentado por el estudiante Sr. **Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny**, de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA**, donde obtuvo del programa COMPILATE, el valor de **1 %** de coincidencias, considerando **aprobado**.



f.   
Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban MAE  
Revisor - COMPILATE

## **AGRADECIMIENTO**

Es fundamental y primordial mencionar mi sincero agradecimiento a Dios, por permitirme estar aquí cumpliendo este sueño, que no ha sido fácil y que junto al apoyo de mi esposa Andrea Molina y mis hijos Gustavo, Geovanny y Alejandra son ese estímulo que me han propulsado a seguir de la mejor manera posible los estudios. Su asistencia permanente, sus sugerencias amables y ese apoyo incondicional han sido la base de mi trayecto académico.

Agradecer a mis Padres el Sr. Ángel Moscoso y la Sra. Inés Núñez, por sus consejos y apoyo que me fueron de mucha ayuda durante todos los periplos de mi vida.

También, deseo expresar mi gratitud a todos los docentes que han formado parte de mi educación. Su pasión y su perseverancia en su enseñanza han logrado una gran impresión en mi vida y han sido de mucha importancia para mi desarrollo, tanto en lo personal como en lo profesional y han sabido dirigir mis pasos en su totalidad para culminar mi carrera.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación y título universitario va dedicado principalmente a Dios, agradezco por concederme las oportunidades y la sabiduría para conseguir una formación profesional completa y así cumplir uno de mis sueños más anhelados.

A mi familia por darme esas palabras de aliento para no rendirme cuando las cosas se ponían difíciles y formarme para ser un hombre de bien, por sus sabios consejos supieron guiarme por el buen camino, fueron, son y serán mis Superhéroes favoritos, solo me queda decirles: lo logré.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICIDAD**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.

**ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO. PHD.**

**DIRECTOR DE CARRERA**

f.

**ING. UBILLA GONZÁLEZ, RICARDO XAVIER, MSC.**

**COORDINADOR DE ÁREA**

f.

**ING. MELÉNDEZ RANGEL, JESÚS RAMÓN, PHD.**

**OPONENTE**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XVIII
Resumen.....	XIX
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Definición del Problema.....	3
1.3 Justificación del Problema.....	3
1.4 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.....	6
2.1 Definición de las Energías Renovables.....	6
2.1.1 Energía renovable solar.....	7
2.1.2 Energía eléctrica por aerogeneradores a partir del viento.....	8
2.1.3 Energía hidroeléctrica.....	10
2.1.4 Biomasa en energía mediante combustión o digestión anaeróbica.....	11
2.2 Introducción a los paneles solares.....	13
2.2.1 Funcionamiento de los paneles solares.....	15
2.2.2 Componentes principales de los paneles solares.....	16
2.2.3 Aplicaciones de los paneles solares en zonas residenciales....	18
2.2.4 Diferencian los paneles monocristalinos y policristalinos.....	20

2.2.5 Ventajas y desventajas de los paneles solares de película delgada .....	21
2.2.6 Factores que influyen en la eficiencia de los paneles solares ...	23
2.2.7 Pasos en la instalación de paneles solares .....	25
2.2.8 Mantenimiento de los paneles solares.....	26
2.2.9 Factores ambientales que afectan en el mantenimiento de los paneles solares.....	28
Capítulo 3 Metodología de investigación .....	29
3.1 Metodología bibliográfica .....	29
3.2 Metodología de datos .....	29
3.3 Evaluación Técnica.....	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5 Limitaciones del estudio.....	30
Capítulo 4 Diagnóstico del consumo eléctrico histórico y propuesta de diseño del sistema fotovoltaico .....	31
4.1 Análisis de consumo eléctrico en KWh del sector residencial .....	33
4.2 Dimensionamiento de la cantidad de paneles solares del sistema fotovoltaico propuesto .....	56
4.3 Dimensionamiento del inversor DC a AC del sistema fotovoltaico propuesto .....	59
4.4 Análisis del medidor bidireccional del sistema fotovoltaico propuesto ....	60
4.5 Análisis de diseño del sistema fotovoltaico propuesto .....	62
4.6 Análisis de presupuesto del sistema fotovoltaico propuesto .....	64
4.7 Análisis de ahorro energético y económico del sistema fotovoltaico propuesto .....	67

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones .....	70
5.1 Conclusiones .....	70
5.2 Recomendaciones .....	71
Bibliografías .....	72
Glosario .....	82
Anexos .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de energías renovables más comunes.....	6
Figura 2: Tipos de energías no renovables más comunes. ....	7
Figura 3: Tipos de energías derivadas de la energía solar.....	8
Figura 4: Conjunto de aerogeneradores conectados para la generación de energía eléctrica.....	9
Figura 5: Partes de un aerogenerador. ....	10
Figura 6: Represa de hidroeléctrica. ....	10
Figura 7: Partes de una hidroeléctrica. ....	11
Figura 8: Digestión anaeróbica para producción de biogás.....	12
Figura 9: Energía solar en paneles solares.....	13
Figura 10: Partes de un colector solar plano.....	14
Figura 11: Efecto fotovoltaico en la células solares.....	15
Figura 12: Funcionamiento de las células solares.....	16
Figura 13: Célula solar monocristalina. ....	17
Figura 14: Célula solar policristalina. ....	18
Figura 15: Conexiones de electrodomésticos al sistema fotovoltaico residencial.....	19
Figura 16: Energía térmica vs solar en paneles. ....	20
Figura 17: Método Czochralski de producción fotovoltaico. ....	21
Figura 18: Paneles solares de capa fina. ....	22
Figura 19: Eficiencia de los paneles solares en 25 años.....	23
Figura 20: Proceso de irradiación en los paneles solares. ....	24
Figura 21: Conexiones de un sistema fotovoltaico.....	25

Figura 22: Distancia entre paneles solares. ....	26
Figura 23: Limpieza de polvo en paneles solares. ....	27
Figura 24: Quemaduras en paneles solares. ....	28
Figura 25: Ciudadela portal el sol por Google Earth.....	31
Figura 26: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 1 al 13 del 2023. ....	33
Figura 28: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 14 al 26 del 2023. ....	34
Figura 29: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 19 al 31 del 2023. ....	34
Figura 30: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de julio del 2023. ....	35
Figura 31: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 1 al 13 del 2023.....	35
Figura 32: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 14 al 26 del 2023.....	36
Figura 33: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 27 al 31 del 2023.....	36
Figura 34: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de agosto del 2023.....	37
Figura 35: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de septiembre del día 1 al 13 del 2023.....	37
Figura 36: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de septiembre del día 14 al 27 del 2023.....	38

Figura 37: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 28 al 30 del 2023.....	38
Figura 38: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de septiembre del 2023.....	39
Figura 39: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de octubre del día 1 al 16 del 2023.....	39
Figura 40: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de octubre del día 17 al 31 del 2023.....	40
Figura 41: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de octubre del 2023. ....	40
Figura 42: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de noviembre del día 1 al 15 del 2023.....	41
Figura 43: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de noviembre del día 16 al 30 del 2023.....	41
Figura 44: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de noviembre del 2023.....	42
Figura 45: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de diciembre del día 1 al 16 del 2023.....	42
Figura 46: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de diciembre del día 16 al 31 del 2023.....	43
Figura 47: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de diciembre del 2023. ....	43
Figura 48: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de enero del día 1 al 16 del 2024.....	44

Figura 49: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de enero del día 17 al 31 del 2024.....	44
Figura 50: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de enero del 2024. ....	45
Figura 51: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de febrero del día 1 al 15 del 2024.....	45
Figura 52: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de febrero del día 16 al 29 del 2024.....	46
Figura 53: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de febrero del 2024. ....	46
Figura 54: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de marzo del día 1 al 16 del 2024.....	47
Figura 55: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de marzo del día 17 al 31 del 2024.....	47
Figura 56: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de marzo del 2024. ....	48
Figura 57: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de abril del día 1 al 15 del 2024. ....	48
Figura 58: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de abril del día 16 al 30 del 2024.....	49
Figura 59: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de abril del 2024. ....	49
Figura 60: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de mayo del día 1 al 16 del 2024.....	50

Figura 61: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de mayo del día 17 al 31 del 2024.....	50
Figura 62: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de mayo del 2024.....	51
Figura 63: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de junio del día 1 al 15 del 2024. ....	51
Figura 64: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de junio del día 16 al 30 del 2024.....	52
Figura 65: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de junio del 2024.....	52
Figura 66: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 1 al 14 del 2024. ....	53
Figura 67: Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 15 al 22 del 2024. ....	53
Figura 68: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de julio del 2024. ....	54
Figura 69: Análisis de consumo eléctrico en kWh de los últimos 12 meses.	54
Figura 71: Análisis general del consumo eléctrico total en kWh de los últimos 12 meses entre el 2023 al 2024. ....	55
Figura 72: Panel solar monocristalino de 550W modelo YLM-J 3.0 PRO.....	56
Figura 73: Inversor DC a AC de 3 líneas de alta eficiencia. ....	59
Figura 74: Ejemplo de medidor bidireccional para sistemas fotovoltaicos....	61
Figura 75: Diseño de conexiones de paneles solares e inversor en AutoCAD. ....	62

Figura 76: Diseño de la instalación del sistema en el domicilio en AutoCAD.	
.....	63

**Anexos:**

Figura A1: Dimensiones y características de los paneles solares YLM-J 3.0 PRO de 550W .....	83
Figura A2: Perdidas de eficiencia en rendimiento de los 25 años del panel solar YLM-J 3.0 PRO de 550W .....	84
Figura A3: Elementos y características general del dispositivo inversor de DC a AC modelo GK330-SP1-004.....	84
Figura A4: Método de instalación apropiado del sistema Inverter. ....	85

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos del panel solar monocristalino YLM-J 3.0 PRO .....	57
Tabla 2: Datos técnicos del inversor GK330-SP1-004 .....	60
Tabla 3: Datos de costo de instalación del sistema.....	64
Tabla 4: Planificación de actividades para la instalación del sistema fotovoltaico.....	65
Tabla 5: Consumo kWh promedio de cada dispositivo en el domicilio. ....	67
Tabla 6: Ahorro en kWh promedio de cada dispositivo en el domicilio.....	68

## Resumen

El presente trabajo de integración curricular se basa en el desarrollo de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica para residencias con paneles solares sin banco de baterías en el cantón Guayaquil, Provincia del Guayas, Ecuador. En el cual se realizará un levantamiento de información del consumo eléctrico generado por la residencia durante todo el día. Se evaluará la eficiencia de los paneles solares propuesto para la residencia, se desarrollará un plan de gestión energética que optimice el mayor aprovechamiento de la energía solar disponible y se realizará un análisis económico de la propuesta planteada. Con esto se pretende establecer un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en las residencias con paneles solares y sin banco de baterías, que pueda llevar a una reducción importante en los costos de la electricidad y en la eficiencia energética en general. Con una gestión optimizada de la energía generada y consumida, se espera que las unidades residenciales reduzcan significativamente su dependencia de la red pública durante el día. La metodología de este estudio utilizada se basará en la de tipo bibliográfica, se recogerá información importante acerca de la utilización de los paneles solares, la eficiencia energética y las estrategias para ahorrar energía en relación con las viviendas sin depósitos de baterías, etc.

**Palabras claves:** Paneles solares, fotovoltaico, inversor, DC, AC, radiación solar, medidor bidireccional.

## ABSTRACT

This curricular integration work is based on the development of a plan for saving and efficient use of electric energy for residences with solar panels without a battery bank in the Guayaquil canton, Guayas Province, Ecuador. In which a survey of information will be carried out on the electric consumption generated by the residence throughout the day. The efficiency of the solar panels proposed for the residence will be evaluated, an energy management plan will be developed to optimize the best use of available solar energy and an economic analysis of the proposed proposal will be carried out. The aim is to establish a plan for saving and efficient use of electric energy in residences with solar panels and without a battery bank, which can lead to a significant reduction in electricity costs and energy efficiency in general. With an optimized management of the energy generated and consumed, it is expected that residential units will significantly reduce their dependence on the public grid during the day. The methodology used in this study will be based on bibliographical research, and important information will be collected about the use of solar panels, energy efficiency and strategies for saving energy in relation to homes without battery storage, etc.

**Keywords:** Solar panels, photovoltaic, inverter, DC, AC, solar radiation, bidirectional meter.

# Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación

## 1.1 Introducción

En la actualidad, la demanda de energía eléctrica continúa aumentando, otro el crecimiento constante de la población y el avance de la urbanización. En Ecuador, el cantón Guayaquil sigue esta tendencia. El avance ha convertido la necesidad de fomentar medidas que impulsan un uso más eficiente y renovable de la energía en una problemática importante. Por lo tanto, se discutirá un plan de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en una casa residencial en el cantón Guayaquil mediante paneles solares sin un banco de batería. El enfoque de este trabajo es maximizar la energía solar, reducir la dependencia de la red eléctrica y mejorar la salud del medio ambiente y de la economía residencial.

Una de las características de los diferentes puntos residenciales en el cantón Guayaquil, específicamente en el área de la Vía a la Costa, es que la mayoría de las casas tienen techos en lugar de terrazas planas. Por ello, necesitan esfuerzos extras para colocar los paneles solares. Es obligatoria la implementación de una solución estructural que le permita un funcionamiento efectivo de paneles de energía. No obstante, se expondrá mecanismos viables para la adaptación de los techos inclinados.

El uso de la energía solar ha aumentado en las residencias, conforme pasan los años, se ha comprobado con resultados que el uso apropiado de la energía depositada en la batería ha aumentado significativamente. Sin

embargo, la proporción de este sistema sigue siendo una limitante. Por lo tanto, se requiere una investigación exhaustiva sobre la mejor manera de implementar la energía solar de manera óptima, sin la necesidad de un almacenamiento costoso (Rosero, 2020).

## **1.2 Definición del Problema**

La falta de un sistema de almacenamiento de energía en residencias equipadas con paneles solares en Guayaquil conduce a un uso ineficiente de la energía generada y a elevados costos de electricidad durante la noche cuando se recurre a la red pública. Esta situación no solo afecta económicamente a los residentes, sino que también limita el impacto positivo que el uso de energía solar que se puede tener en términos de sostenibilidad y reducción de emisiones de carbono.

## **1.3 Justificación del Problema**

Un plan de ahorro y uso eficiente implementado mediante paneles en viviendas residenciales del cantón Guayaquil, en el sector de Vía a la Costa, generará múltiples beneficios en las áreas económica, ambiental, social y tecnológica. Los beneficios incluyen:

- **Costos más bajos:** Convertir la energía solar en electricidad puede reducir significativamente el consumo de electricidad de una casa de la red, disminuyendo el costo final en las facturas de electricidad mensuales. Se elimina la necesidad de bancos de baterías, reduciendo así el costo base del sistema fotovoltaico, lo que lo hace accesible para más familias.

- **Reducción de CO2:** Se reduce la dependencia a los combustibles fósiles y, por lo tanto, se disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual ayuda a combatir el cambio climático. La utilización del sol como fuente de energía sostenible y de origen natural preserva y no agota los recursos naturales no renovables para un uso más sostenible del medio ambiente.
- **Innovación y desarrollo:** La adaptación de los techos inclinados para la instalación de paneles solares, resalta la innovación en materia de diseño y aplicación.
- **Optimización de la energía:** La conexión sin baterías del sistema fotovoltaico directo a la red conduce a la optimización energética, disminuyendo las pérdidas de energía y maximizando la eficiencia de la infraestructura eléctrica existente.
- **Sostenibilidad a Largo Plazo:** Asegura un suministro de energía más seguro y menos dependiente de fluctuaciones en los precios de combustibles fósiles.

## **1.4 Objetivos del Problema de Investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Desarrollar un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica para residencias con paneles solares sin banco de baterías en el cantón Guayaquil, Provincia del Guayas, Ecuador.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Levantamiento de información del consumo eléctrico generado por la residencia durante todo el día.
2. Evaluar la eficiencia de los paneles solares propuesto para la residencia.
3. Desarrollar un plan de gestión energética que optimice el mayor aprovechamiento de la energía solar disponible.
4. Realizar un análisis económico de la propuesta planteada.

### **1.5 Hipótesis**

Un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en las residencias con paneles solares y sin banco de baterías puede llevar a una reducción importante en los costos de la electricidad y en la eficiencia energética en general. Con una gestión optimizada de la energía generada y consumida, se espera que las unidades residenciales reduzcan significativamente su dependencia de la red pública durante el día.

## Capítulo 2: Fundamentación Teórica

### 2.1 Definición de las Energías Renovables

Las energías renovables conllevan un alejamiento fundamental de los combustibles fósiles, que son finitos y perjudiciales para el planeta. La energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y bioenergía como se observa en la figura 1 son derivados del resto que provienen de fuentes naturales que son ilimitadas y pueden recuperarse transcurrido el plazo. No son susceptibles de ser agotadas ya que existe un suministro constante, lo que las convierte en una fuente más sostenible en comparación con los combustibles fósiles tradicionales como el carbón y el petróleo (Barragán, 2020).

**Figura 1:** Tipos de energías renovables más comunes.

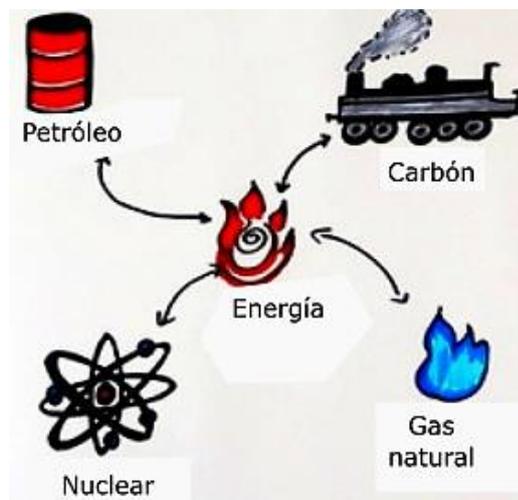


Nota: Energías renovables más utilizadas a nivel mundial por su disponibilidad y accesibilidad. Fuente: (Quiroa, 2020)

A diferencia de sus equivalentes no renovables como se observa en la figura 2, las energías renovables no emiten gases de invernadero nocivos, por lo que juegan un papel crucial en la lucha contra el calentamiento global y la eliminación de la envoltura de otros estilos. Además, las opciones de energía

renovables no solo protege el entorno, sino que también salvaguarda el dinero porque disminuye el porcentaje de contaminación en el mundo. Mientras que los costos de las tecnologías de las renovables siguen disminuyendo, su prevalencia se vuelve cada vez más popular, lo que promueve aún más la transición hacia un sistema de energía más ecológico. Por lo tanto, deben utilizarse energías renovables para abordar muchos problemas energéticos, que aborda el calentamiento global (Catalán, 2021).

**Figura 2:** Tipos de energías no renovables más comunes.



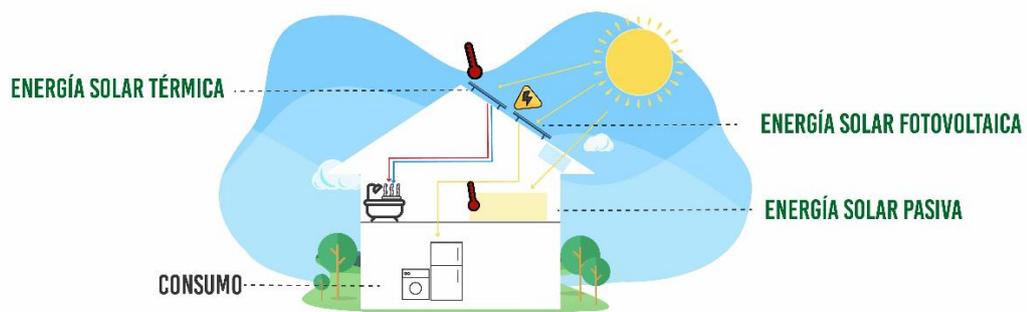
Nota: Energías no renovables más utilizadas a nivel mundial por su utilidad y rendimiento. Fuente: (Maldonado, 2021)

### 2.1.1 Energía renovable solar

La sostenibilidad y la reducción de contaminación al medio ambiente son las ventajas más fundamentales de la energía solar. Dado que no depende de los combustibles fósiles, sino de la única fuente y el recurso renovable que es el sol como se observa en la figura 3, la energía solar se considera una opción viable. Como resultado, mediante el uso de energía solar, se pueden reducir significativamente las emisiones de carbono que conducen al calentamiento global y a otros nocivos efectos del cambio

climático. Además, se pueden usar en lugares y áreas donde la tierra no puede utilizarse por ninguna otra razón, y como resultado, se puede garantizar la seguridad energética encontrando la dependencia de fuentes de energía alternativas (Espejo & Aparicio, 2020).

**Figura 3:** Tipos de energías derivadas de la energía solar.



Nota: Diferentes tipos de energía generada por la radiación solar proveniente del sol. Fuente: (Autosolar, 2020)

Significativos beneficios económicos, además, en cuanto al desarrollo político y económico del país, es útil el ventajoso sistema de suministro de calor para los suelos de edificios y estructuras como unidades de reinstalación. Sin embargo, existe una variedad de inconvenientes que la energía solar tiene. La variabilidad del rendimiento también es un problema aquí. Debe observarse que cuando hace calor o frío en nuestra tierra, las nubes fluyen y a veces la niebla es ineficaz (Sola, 2023).

### **2.1.2 Energía eléctrica por aerogeneradores a partir del viento**

El proceso de generación de electricidad a partir del viento implica varias etapas interconectadas como se observa en la figura 4, cada una de las cuales es crucial para una conversión energética eficiente. Las turbinas

eólicas capturan la energía cinética, lo que les permite generar electricidad utilizando el viento. Las palas enganchan el viento y comienzan a girar una vez que la velocidad mínima del viento es 3-4 m/s. Las palas son las que cuentan en la generación porque giran y están conectadas a un eje que se ubica dentro de la góndola conectada a la caja de cambios (Báez, 2021).

**Figura 4:** Conjunto de aerogeneradores conectados para la generación de energía eléctrica.



Nota: Diferentes tipos de energía generada por la radiación solar proveniente del sol. Fuente: (E. Martín, 2021)

La caja de engranajes como se observa en la figura 5 es muy necesaria porque se asegura de que se aumente la velocidad de rotación para el generador, y el generador convierte la energía cinética en energía mecánica. Los generadores están equipados con campos magnéticos que generan corriente alterna. Este proceso es limpio y eficiente, ya que no hay emisiones ni la fuente se logra fácilmente. La generación eólica es sostenible y las naciones invierten y desarrollan más en su infraestructura para un mejor aprovechamiento de esta (Burbano, 2020).

**Figura 5:** Partes de un aerogenerador.



Nota: Elementos que se compone un aerogenerador para generar energía eléctrica a través del viento. Fuente: (Quora, 2019)

### 2.1.3 Energía hidroeléctrica

Uno de los métodos fundamentales para generar hidroelectricidad involucra el uso de la energía potencial de cuerpos de agua hasta convertir en energía cinética como se observa en la figura 6, el cual posteriormente se usa para hacer girar las aspas de la turbina generadora. La técnica, descrita mediante tubos de presión que son tubos grandes que sirven para conducir agua de la represa directamente a las turbinas, describe cómo la energía potencial de un cuerpo de agua lejano se convierte en energía cinética utilizando para girar las aspas de la turbina. Luego, las aspas generan una corriente de agua que gira el generador (Zambrano, 2023).

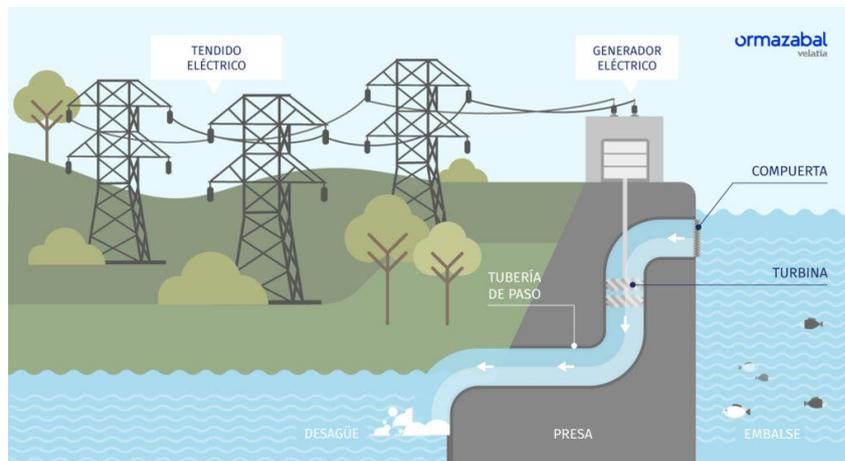
**Figura 6:** Represa de hidroeléctrica.



Nota: Utilización de represa para el almacenamiento de agua para el funcionamiento de las turbinas. Fuente: (Factorenergia, 2021)

Así, la energía mecánica de las aspas en movimiento se convierte en energía eléctrica como se observa en la figura 7. Este proceso utiliza la energía de un cuerpo de agua en rápido movimiento para generar electricidad de manera eficiente. La transformación de energía potencial en energía cinética resulta esencial porque permite convertir la fuerza natural del agua en caída a una energía de una forma utilizable. El sumidero de la dinámica de fluidos se hunde en el agua detrás de una presa en cascada, y el flujo de agua a través de las compuertas, consiste en el movimiento de las aspas que hacen que giren las turbinas. La diferencia de altura entre el nivel del agua en el embalse y el canal de salida (M. García & Pinto, 2022)

**Figura 7:** Partes de una hidroeléctrica.



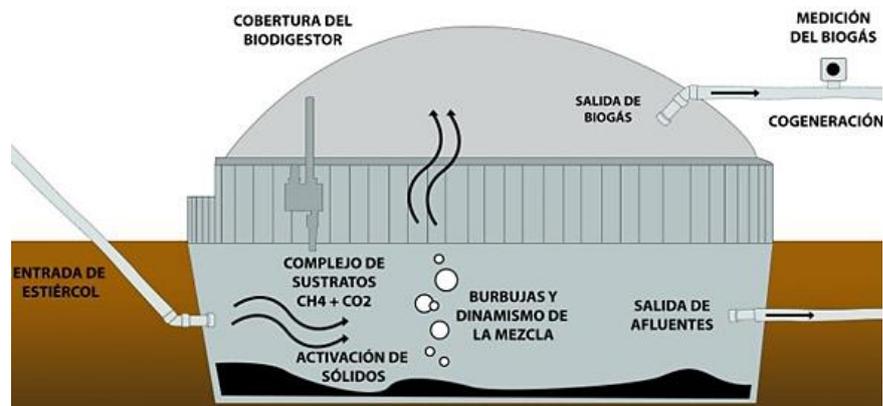
Nota: Elementos que se compone una hidroeléctrica para la generación eléctrica a través del movimiento del agua. Fuente: (Ormazabal, 2023)

#### **2.1.4 Biomasa en energía mediante combustión o digestión anaeróbica**

La conversión de biomasa en energía se puede lograr mediante dos métodos principales: combustión directa y digestión anaeróbica como se observa en la figura 8, cada uno con distintos mecanismos y beneficios. La combustión directa es el método más sencillo y ampliamente utilizado, que

implica la quema de biomasa para generar calor, que luego se utiliza para producir vapor que impulsa turbinas para la generación de electricidad. Este proceso es particularmente adecuado para aplicaciones a gran escala debido a su eficiencia y la tecnología relativamente simple requerida. Por otro lado, la digestión anaeróbica es un proceso biológico en el que las bacterias descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, dando como resultado la producción de biogás. El biogás, compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, puede utilizarse para generar calor o electricidad, como una fuente de energía renovable (Rojas & Sandoval, 2024).

**Figura 8:** Digestión anaeróbica para producción de biogás.



Nota: Etapas que se emplean en la creación de biogás mediante el proceso de digestión anaeróbica. Fuente: (Sma, 2019)

A diferencia de la combustión, la digestión anaeróbica también produce un residuo rico en nutrientes llamado digestato, que puede usarse como fertilizante, agregando un beneficio ambiental a este método. Ambos procesos tienen sus propias ventajas y desventajas, por lo que la elección entre ellos depende de factores como el tipo de biomasa disponible, la escala de la operación y las necesidades energéticas específicas. Por lo tanto, una

evaluación exhaustiva de estos factores es crucial para seleccionar el método de conversión de biomasa más adecuado (Morales, 2021).

## 2.2 Introducción a los paneles solares

Los paneles solares son una estructura tecnológica compleja hecha para utilizar y transformar la radiación electromagnética del Sol en formas útiles de energía, principalmente electricidad y calor como se observa en la figura 9. Los paneles están fabricados con numerosas células fotovoltaicas interconectadas, que están destinadas a absorber aquellos fotones que están llegando a ellos desde la luz solar. Cuando absorben la radiación solar, empieza el efecto fotovoltaico, lo que significa que esta radiación absorbida empieza a crear una corriente eléctrica directa. Luego de eso, esta corriente continua pasa a ser corriente alterna, que es la forma en la que la electricidad está normalmente distribuida a la gente común (Rúa et al., 2021).

**Figura 9:** Energía solar en paneles solares.

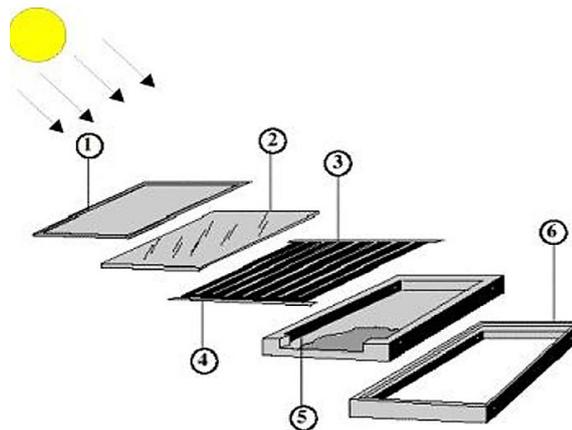


Nota: Proceso de recepción de energía luminosa a los paneles solares para generar energía eléctrica. Fuente: (Ingeoexpert, 2020)

Los paneles solares tienen aproximadamente 40 células solares monocristalinas de silicio puro. Esas células son necesarias para el efecto de

convertir la luz solar en energía y están puestos en su disposición clásica, son de color negro y tienen bordes recortados. Este no solo lo hace perfectamente reconocible, sino que también es funcional al 100% en la optimización de la cantidad de energía que será recibida por este dispositivo (Parreño et al., 2020).

**Figura 10:** Partes de un colector solar plano.



Nota: Elementos que conforman la estructura de un colector solar de modelo plano. Fuente: (Energcity, 2020)

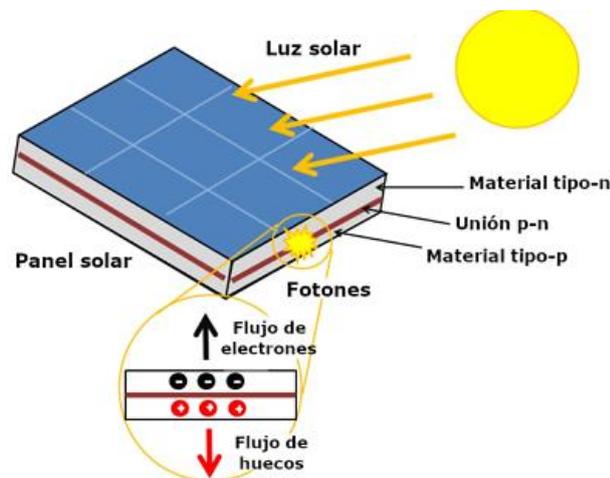
Hay dos tipos de paneles solares que ya fueron dividido por su uso aplicado específico antes: el primero lo llamaron un colector solar como se observa en la figura 10, que produce energía térmica, y el segundo es un panel fotoeléctrico, que crea energía. Como se puede ver en esta línea de tiempo, esta estructura puede ser utilizada virtualmente en cualquier contexto en el que puede ser utilizada la electricidad, que van desde la energía residencial, hasta los sectores municipales o industriales, siendo una herramienta perfecta para la energía sostenible y sin emisiones dependientes de los recursos fósiles. La tecnología también continúa avanzando, prometiendo la creación

de paneles solares que podrían trabajar incluso en la oscuridad (Tarazona et al., 2022).

### 2.2.1 Funcionamiento de los paneles solares

Generan electricidad principalmente mediante un proceso de conversión fotovoltaica en la producción directa de electricidad a partir de la luz solar. La energía solar se produce a través de células solares extremadamente precisas, formadas por unión p-n de componentes de ácido bórico y fósforo como se observa en la figura 11, que son la base de la generación de electricidad. Estas células se dividen en secciones con carga positiva y negativa. Esta partícula es esencial para establecer un campo de energía eléctrica que facilita la función de electrones cuando las células están expuestas a luz solar (Guerrero et al., 2022).

**Figura 11:** Efecto fotovoltaico en la células solares.

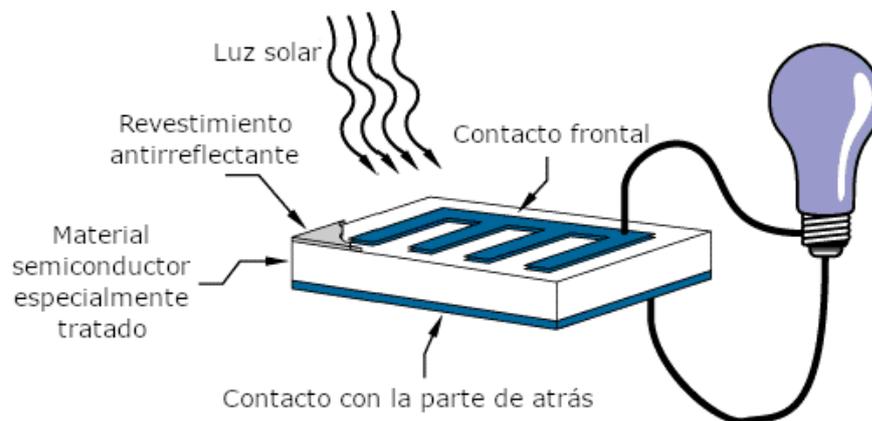


Nota: Diagrama que muestra el flujo de los electrones al recibir la radiación solar. Fuente: (Energyeducation, 2020)

Cuando los fotones de la luz solar golpean las células, energizan los electrones, generando energía eléctrica en el proceso de conducción como se

observa en la figura 12. Esta corriente es capturada y transferida gracias al inversor a la producción de electricidad, que convierte la corriente continua creada por la células solares en corriente alterna para domicilios y negocios. La eficiencia y la duración del uso de la energía solar están determinadas por otros factores como el ángulo de inclinación y la orientación. Para maximizar la energía, la celda se monta con un ángulo igual a su latitud de ubicación. Además, a pesar de su actividad achacada en días soleados, puede generar hasta el 25% de la producción máxima incluso en días totalmente oscuros, eliminando la creciente ideología de que es deficiente en condiciones de clima no deseado. Es una fuente de energía adaptable y adaptable que juega un papel fundamental en nuestras energías alternativas (Vargas, 2024).

**Figura 12:** Funcionamiento de las células solares.



Nota: Elementos que se compone la células solares para la generación de energía eléctrica. Fuente: (Energyeducation, 2020)

### 2.2.2 Componentes principales de los paneles solares

Los paneles solares se crean mediante una combinación de materiales estructurales y funcionales elaborados para extraer la mayor cantidad de electricidad de la luz solar disponible. Las células solares son la parte central

de la tecnología. Están generalmente compuestas por materiales semiconductores, siendo el silicio el más utilizado debido a sus destacadas propiedades fotovoltaicas. Existen dos tipos básicos de células solares: monocristalinas y policristalinas. Las células monocristalinas como se observa en la figura 13 tienen una mayor eficiencia y durabilidad, pero resultan más caras, mientras que las células policristalinas como se visualiza en la figura 14 son más asequibles, pero ligeramente menos eficientes (Sánchez & Zúñiga, 2021).

**Figura 13:** Célula solar monocristalina.

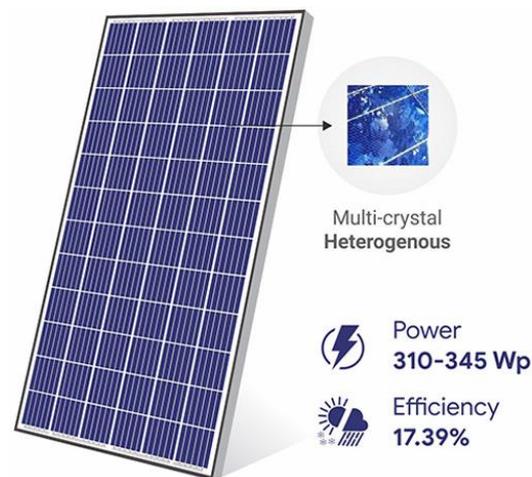


Nota: Potencia entregada por el material monocristalino de las células solares. Fuente: (Mendiola, 2022)

Otro elemento vital de los paneles solares, además de las células solares, es su estructura física. El material principal utilizado es el aluminio debido a sus propiedades anticorrosión y ligereza. Además, se fijan en el material mediante tornillos de acero inoxidable, aumentando aún más su longevidad y promoviendo su habilidad para soportar condiciones desfavorables. En general, estos elementos permiten que los paneles

aprovechen la energía solar y la conviertan en electricidad. Esto hace que los paneles sean un componente vital de cualquier sistema de energía renovable. Reduce la dependencia de fuentes de energía no renovable y combustibles fósiles, lo que significa que es un recurso valioso. Sin embargo, para garantizar que los paneles en realidad aprovechen toda la energía del sol, la forma en que los materiales están organizados también importa (Anoz et al., 2022)

**Figura 14:** Célula solar policristalina.



Nota: Potencia entregada por el material policristalino de las células solares.

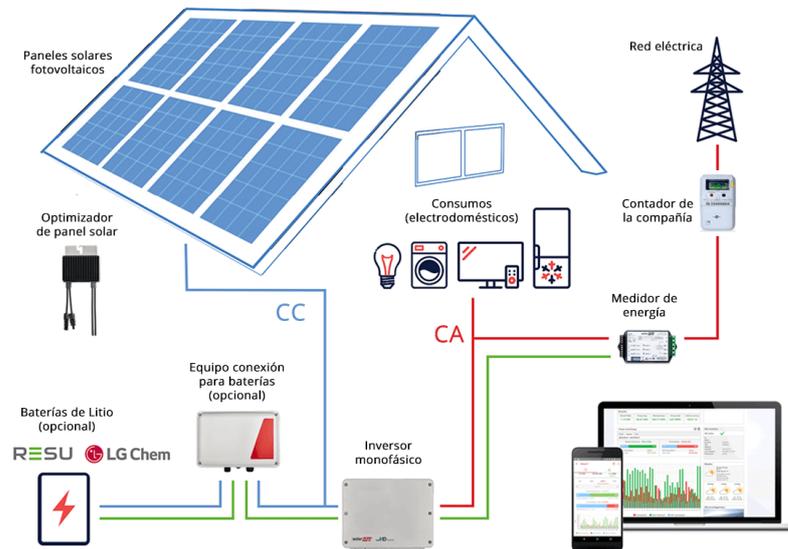
Fuente: (Mendiola, 2022)

### 2.2.3 Aplicaciones de los paneles solares en zonas residenciales

Una de las aplicaciones más comunes de los paneles solares en residencia es la generación de electricidad para su consumo. Los paneles solares fotovoltaicos, PV por sus siglas, son instalados sobre los techos residenciales, ahí capturan la luz del sol y la transforman en energía eléctrica, misma que puede alimentar los electrodomésticos y sistemas de iluminación como se observa en la figura 15. Esta solución conlleva no solo a la independencia del uso de electricidad de la red tradicional, sino a los

sustanciales ahorros económicos con el tiempo. Los propietarios residenciales pueden ahorrar considerablemente en facturas de luz e, incluso, usar la electricidad extra generada para comercializarse con la red (G. García, 2022).

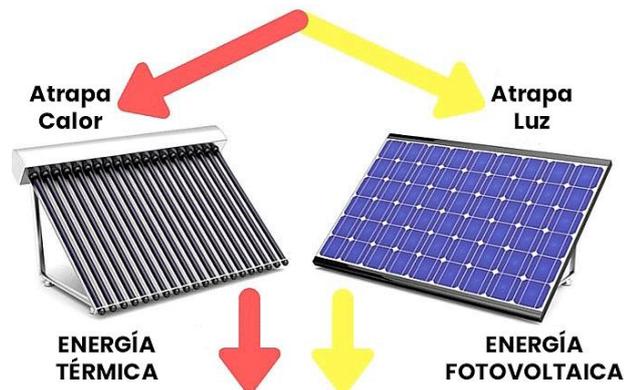
**Figura 15:** Conexiones de electrodomésticos al sistema fotovoltaico residencial.



Nota: Elementos que conforman un sistema fotovoltaico conectados a una residencia. Fuente: (Compracolectiva, 2022)

Otro tipo de paneles solares, térmicos como se observa en la figura 16, se utiliza también popularmente para proporcionar calefacción y agua caliente sanitaria. Eso no solo significa reducir la cantidad de gas en términos de la energía térmica utilizada, pero también disminuir el impacto ambiental, qué tal energía tiene igualmente. Esta combinación ilustra una vez más la versatilidad de los paneles solares y demuestra sus capacidades. Al usar paneles solares para la producción de electricidad y calor, cada hogar puede beneficiarse de la generación de electricidad segura y confiable, con un mínimo impacto ambiental y bajo mantenimiento (Ordoñez, 2023).

**Figura 16:** Energía térmica vs solar en paneles.



Nota: Sistema de termosifón en los paneles en comparación al sistema fotovoltaico tradicional. Fuente: (Cambioenergetico, 2021)

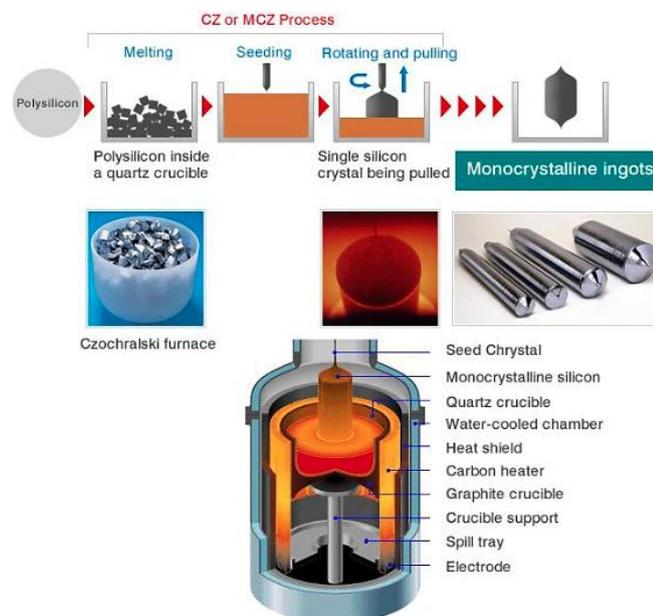
#### **2.2.4 Diferencian los paneles monocristalinos y policristalinos**

Los paneles monocristalinos y policristalinos, aunque dan su fundamento en el silicio, difieren esencialmente en términos de estructura y funcionalidad. El primero se obtiene por el proceso del método Czochralski como se observa en la figura 17, en el que las células solares de silicio se enfrían de tal manera que dan origen a un solo y gran cristal uniforme. La estructura monocristalina es la que garantiza a los paneles monocristalinos su alta eficiencia y mantenimiento sencillo, los convierte en la solución ideal para todo el espacio residencial reducido (M. Martín, 2022).

Por otro lado, los paneles policristalinos se producen a través de la dispersión del silicio en un horno, lo que da un conjunto de cristales de menor tamaño. Aunque mucho más barato, el mencionado proceso reduce, por lo general, la eficiencia y desarrollo comparativamente a los paneles monocristalinos. Mientras que la brecha de cobertura puede no compensar la diferencia de precio para muchos, los propietarios de inmuebles priorizan el

valor a largo plazo del panel y la eficiencia del cobertor si buscan maximizar la producción y minimizar la disminución a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la relación entre los gastos en fibra, el suministro y el espacio no utilizado en la cubierta evidencia la importancia de un análisis de las necesidades personales y de conducta eléctrica para elegir entre paneles solares monocristalinos y policristalinos. La opción puede marcar una diferencia importante en términos de beneficio y satisfacción a largo plazo del usuario, ya que se utiliza en propiedades de inmuebles y otros lugares comerciales (Huaroc, 2022).

**Figura 17:** Método Czochralski de producción fotovoltaico.



Nota: Proceso de producción de silicio para sistemas monocristalinos en paneles solares. Fuente: (Dsisolar, 2020)

### 2.2.5 Ventajas y desventajas de los paneles solares de película delgada

Los paneles de película delgada son una alternativa con características únicas dentro de la tecnología solar, en particular en comparación con los paneles monocristalinos y policristalinos. Su principal ventaja es la simplicidad de instalación, haciendo que sean particularmente adecuados para proyectos

comerciales a gran escala. Esta ventaja se debe a que estos paneles son ligeros y flexibles como se observa en la figura 18, simplificando el proceso logístico de instalación. Por otro lado, esto puede resultar en un menor costo de la mano de obra y del transporte. La técnica que permite la producción implica colocar una capa delgada de material foto solar sobre un sustrato. Esto utiliza silicio amorfo, telururo de cadmio, seleniuro de cobre, indio y galio. Esta técnica permite que los paneles puedan producirse a un precio más reducido que con el uso del silicio cristalino, lo cual es una ventaja en términos de economía (Renzo, 2020).

**Figura 18:** Paneles solares de capa fina.

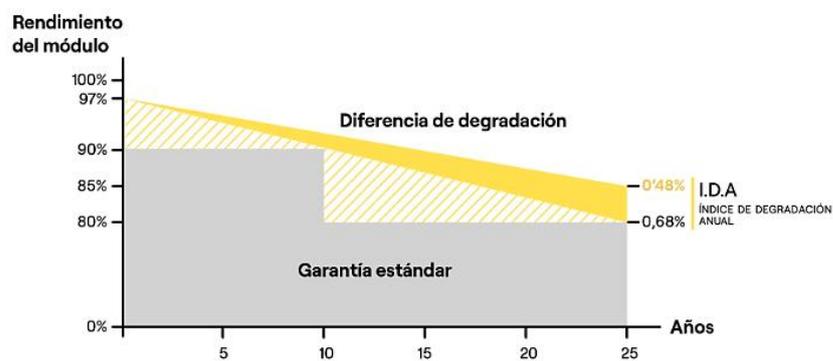


Nota: Paneles cristalinos de alta flexibilidad con alta eficiencia de energía eléctrica. Fuente: (SolarPlak, 2023)

A pesar de esto, hay importantes desventajas. Los paneles de película delgada son inherentemente menos eficientes, con productos comerciales que alcanzan típicamente entre el 10% y el 13% de eficiencia; mucho menos que los paneles cristalinos que pueden superar el 20%. Esto significa que se necesitará una mayor área de instalación para generar mayores cantidades de electricidad, por lo que no es ideal para entornos más pequeños. Además,

los paneles de película delgada tienden a degradarse en el transcurso del tiempo, lo que resultará en un mayor costo a largo plazo y más reemplazos frecuentes. A pesar del avance de las células prototipo que han alcanzado el 23.4% de eficiencia como se observa en la figura 19, la diferencia de desempeño entre las películas delgadas y películas cristalinas sigue siendo significativa y debe ser contextualizada al elegir entre la tecnología. Su instalación eficiente también dependerá del espacio y la economía (Sobenis, 2024).

**Figura 19:** Eficiencia de los paneles solares en 25 años.



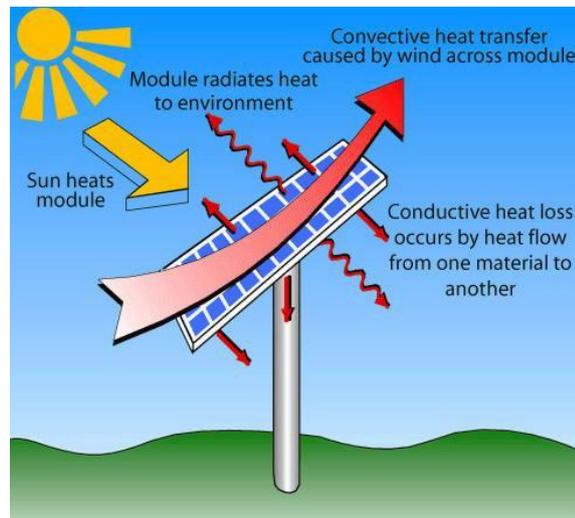
Nota: Rendimiento y eficiencia de los paneles solares a lo largo de los años en la producción de energía eléctrica. Fuente: (SotySolar, 2023)

### 2.2.6 Factores que influyen en la eficiencia de los paneles solares

El factor más significativo que juega un papel en la eficiencia de los paneles solares es la configuración y el diseño de las células fotovoltaicas en un panel determinado. El tipo de célula y el silicio utilizado influyen sobre cómo el panel puede convertir la energía solar en electricidad. Las células solares monocristalinas son conocidas por su alta eficiencia, ya que tienen una estructura de cristal única y continua que funciona mejor. Hasta la fecha, los avances en los métodos de fabricación de células solares para utilizar por la

mitad han permitido a los fabricantes maximizar la eficacia. Destruyendo la recombinación de electrones y aumentando la máxima superficie de absorción de luz como se ve en la figura 20 también aumentan la eficacia obtenida al convertir la luz en electricidad (Núñez et al., 2021).

**Figura 20:** Proceso de irradiación en los paneles solares.



Nota: Cantidad de energía eléctrica que se puede obtener dependiendo el ángulo de inclinación. Fuente: (SevenSensor, 2022)

Otra consideración significativa es cómo el panel solar puede utilizar diferentes longitudes de onda de la luz. La tecnología actual limita la conversión a una región de un espectro dado, limitando la eficiencia total. Sin embargo, algunas tecnologías emergentes proporcionan la capacidad única de absorber múltiples longitudes de onda de luz, como las células solares de convertidor múltiple. Como consecuencia, la investigación continua es importante para aumentar la eficiencia resultante de las células solares, ya que aumenta la eficiencia de los paneles solares por diferentes tipos de tecnologías, lo que puede hacer que sean económicamente más viables en

comparación con diversas fuentes tradicionales de energía (Galicia et al., 2023).

### 2.2.7 Pasos en la instalación de paneles solares

Un paso crítico para garantizar la instalación adecuada de los paneles solares es la conexión adecuada del circuito solar a la línea principal, asegurando la eficiente transferencia de electricidad generada a la casa o la red eléctrica. Esto incluye una inspección integral de las conexiones entre el inversor, el servicio principal y los paneles solares como se observa en la figura 21 para confirmar que el sistema funcione de forma segura y eficiente. La distancia entre los paneles solares y el regulador es otro factor crítico que a veces aumenta debido al tipo de reguladores (Vinardell, 2022).

**Figura 21:** Conexiones de un sistema fotovoltaico.

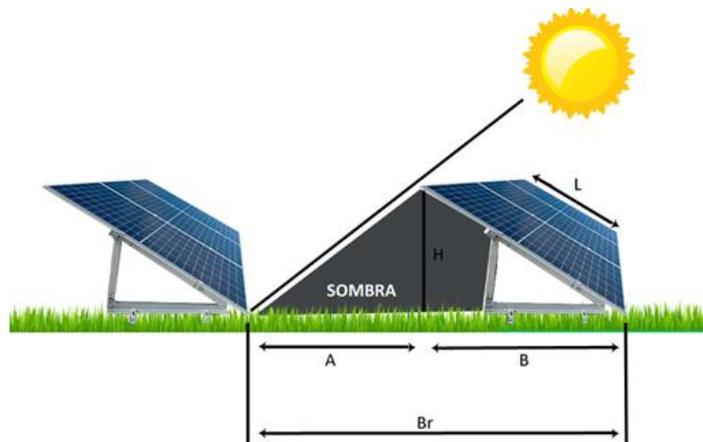


Nota: Conexiones de los paneles, reguladores, inversores, baterías para un sistema fotovoltaico de una residencia. Fuente: (Aprend, 2020)

En las instalaciones recientes que incorporan reguladores de seguimiento del punto de máxima potencia, este rango de distancia se ubica entre 10 y 20 metros como se observa en la figura 22. En circunstancias en

las que se implementan reguladores de control de la modulación de ancho de pulso la distancia no debe superar los 10 metros debido al riesgo de disminución del rendimiento o denominado en ingles performance. La mejor recomendación para cumplir con estos aspectos técnicos es contratar una instalación fotovoltaica. Dado que estos profesionales son expertos en este campo, ayudarán a seleccionar la distancia correcta para esa instalación en particular. Además, contar con personal capacitado o experto en sistemas eléctricos garantiza la seguridad y eficacia de la conexión a largo plazo (Pazmiño et al., 2024).

**Figura 22:** Distancia entre paneles solares.



Nota: Distancia óptima entre paneles solares para evitar sombras y maximizar rendimiento eléctrico generado. Fuente: (Damia, 2024)

### 2.2.8 Mantenimiento de los paneles solares

Para garantizar la máxima eficiencia y durabilidad de los paneles solares, es fundamental llevar a cabo un mantenimiento regular y planeado, así como limpiezas periódicas. Varios desechos y suciedades, como la suciedad y el polvo como se observa en la figura 23, se acumulan en la superficie de los paneles, lo que puede reducir drásticamente su capacidad

para capturar la luz solar, lo que resulta en una disminución de la producción de energía. Programar limpiezas asegura que los residuos se retiren de manera eficiente, lo que, a su vez, asegura que los paneles funcionen correctamente. Los registros de limpieza pueden ser útiles para asegurarse de que se sigue un cronograma regular e informar las veces que se lleva a cabo (Piedra, 2023).

**Figura 23:** Limpieza de polvo en paneles solares.



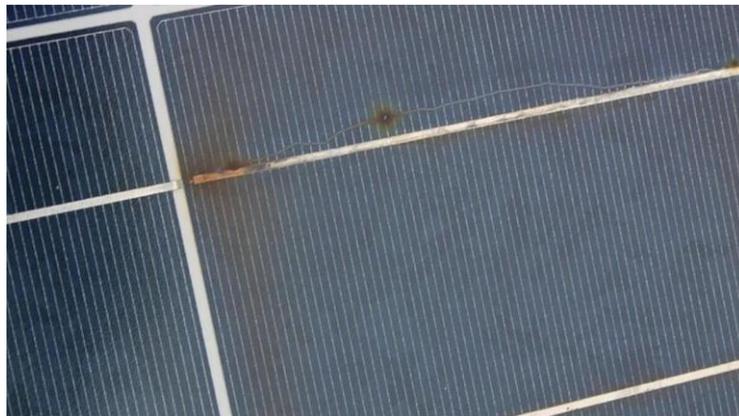
Nota: Proceso de limpieza para partículas de polvos, residuos externos de animales, etc. en paneles solares. Fuente: (Damia, 2024)

En lugar de las limpiezas programadas, se recomienda contratar técnicos profesionales para una revisión anual más detallada y exhaustiva de todos los aspectos del sistema de paneles solares. Dicha intervención profesional puede identificar y resolver posibles problemas que una persona sin experiencia técnica no pueda ver. Seguir la misma técnica asegura que los paneles sigan siendo seguros y operativos. Se recomienda la limpieza con agua y un paño suave. Mantener los paneles húmedos a largo plazo forma residuos de agua que pueden adherirse a la celda solar en el futuro, lo que puede reducir su eficiencia (Olave & Fuentes, 2022).

### 2.2.9 Factores ambientales que afectan en el mantenimiento de los paneles solares

Los factores ambientales son cruciales para el mantenimiento y rendimiento de los paneles solares y, por lo tanto, afectan en gran medida la eficacia y la durabilidad de los paneles solares. La lluvia, el viento, la nieve y la contaminación del aire son factores que causan desgaste como se observa en la figura 24 de la superficie y piezas de los paneles solares. La suciedad y el polvo depositados sobre la superficie pueden reducir significativamente la capacidad de recoger eficientemente la energía solar y reducir el rendimiento hasta en un 50% en algunos casos extremos (Firat, 2022).

**Figura 24:** Quemaduras en paneles solares.



Nota: Influencia de las sombras en la generación de quemaduras en los paneles solares. Fuente: (Maysun, 2023)

## **Capítulo 3 Metodología de investigación**

En el siguiente capítulo, se presenta la metodología que utilizó la investigación para llevar a cabo la planificación de la viabilidad e impacto de un sistema de energía fotovoltaica solar sin batería en casas situadas en el Cantón Guayaquil. La metodología es una dimensión fundamental en el desarrollo de cualquier proyecto, ya que incluye el enfoque de datos, diseño, recopilación de información y el análisis estadístico que conduce a resultados válidos y apropiados. Por lo tanto, el enfoque metodológico de esta investigación es cuantitativo y significativo ya que ofrece una base de datos imparcial y medible que es fundamental en la comprensión en el consumo solar de energía, la efectividad de la placa eléctrica y el efecto financiero del sistema en estas casas. Asimismo, esta investigación incorporó un estudio no experimental y transversal, ya que implica observar y explicar el estado de las variables en un tiempo precisa sin influirlas.

### **3.1 Metodología bibliográfica**

Se recogerá información importante acerca de la utilización de los paneles solares, la eficiencia energética y las estrategias para ahorrar energía en relación con las viviendas sin depósitos de baterías

### **3.2 Metodología de datos**

Se analizará la información de consumo de energía en hogares en la ciudad de Guayaquil. Esto permite obtener las formas de consumo y las zonas más importantes para aumentar la capacidad energética (Castro, 2020).

### **3.3 Evaluación Técnica**

Se examinará la capacidad de los paneles solares y del sistema de eléctrico de las viviendas. Esta evaluación contemplará la medición de la generación de energía solar, la calidad de los paneles y la totalidad de la eficiencia del sistema propuesto (Osorio, 2022).

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Dentro de la información recopilada para el discurso fue necesario hacer uso de diversas técnicas e instrumentos para su recolección:

- Se obtuvieron datos históricos del consumo energético de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) y se consideraron los estudios previos en materia de eficiencia de los paneles solares.
- Se llevó a cabo la inspección del lugar de residencia de los habitantes seleccionados para el recorrido con el objetivo de determinar las condiciones estructurales y la viabilidad de instalar paneles solares.

### **3.5 Limitaciones del estudio**

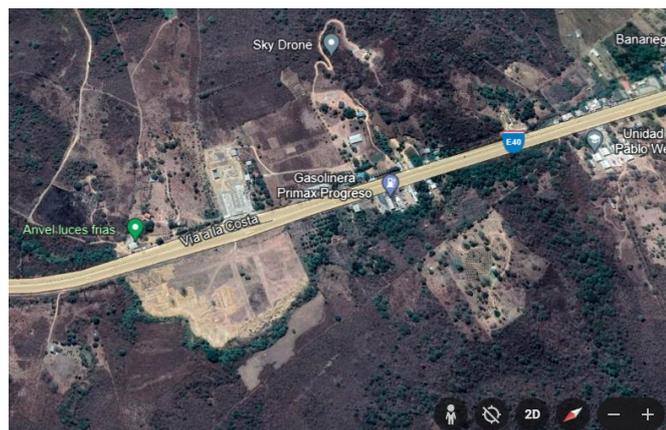
Las principales limitaciones del estudio incluyen:

- Dificultades con datos históricos totales de consumo de energía de la residencia.
- La radiación solar, de presentar variabilidad en diferentes años tiempo, puede no asegurar que el sistema fotovoltaico sea eficiente, lo que sale de las proyecciones del ahorro energético y monetario proyectado.

## Capítulo 4 Diagnóstico del consumo eléctrico histórico y propuesta de diseño del sistema fotovoltaico

En el presente capítulo, se realizará el análisis del consumo histórico de energía eléctrica de una residencia en el cantón Guayaquil, en el área de la Vía a la Costa como se observa en la figura 25. Este análisis resulta importante y necesario para el establecimiento de un punto de referencia sobre el cual se planificará el ahorro y uso correcto de la energía, sin necesidad de instalar paneles solares con un banco de baterías respectivamente. Por lo tanto, se reúne información del consumo de energía generado por la residencia todos los días en los últimos 12 meses, que empieza desde 2023, hasta el presente, 2024.

**Figura 25:** Ciudadela portal el sol por Google Earth.



Nota: Ciudadela ubicada en vía la Costa, ubicación generada por la vista 3d de Google Earth. Foto tomada por el autor.

Así, el análisis se completa con el cálculo del consumo en kilovatios-hora de la residencia, que mostrará los patrones exactos de consumo energético diario, mensual y anual del residente del domicilio. El diagnóstico

del consumo histórico servirá para no solo descubrir cuándo se genera el mayor y menor demanda de energía, sino también qué oportunidades se presentan para mejorar el consumo de energía. Se requiere un análisis detallado de este consumo histórico como base para estimar y calcular el diseño propuesto de los paneles solares del sistema de energía solar para el usuario. Dicho diagnóstico servirá como punto de referencia para la medición de los beneficios y la efectividad de este plan propuesto y la seguridad que se ofrece a largo plazo.

También se lleva a cabo el análisis y cálculo de los elementos necesarios para el diseño y redimensionamiento de un sistema fotovoltaico para un hogar o domicilio. El proyecto abarca la elección de modelos, precios y cantidades de paneles solares en base a los análisis de consumo kWh registrados del último año de la residencia, se define el armado de arreglos de conexiones de tipo serie y paralelo. Además, el inversor, que se encargará de transformar la corriente continua generada por los paneles solares a corriente alterna para el uso doméstico, en el cual no se incluye un banco de baterías en el diseño.

El sistema será diseñado para conectarse a un medidor bidireccional, puesto que así podría integrarse fácilmente a la red eléctrica del domicilio y permitir la compensación entre el consumo del sistema eléctrico y la inyección de energía excedente generada a partir del uso del sistema fotovoltaico de los paneles solares.

Al final del capítulo, también se calculará el ahorro energético y cuanto influenciará en el apartado económico que ofrecerá este sistema para el hogar. Esto incluye la reducción en la dependencia de la red eléctrica convencional, la cantidad de dinero que se ahorrará el hogar tras implementar este diseño y el análisis del retorno de la inversión del sistema fotovoltaico propuesto tales como los paneles solares e inversor.

#### 4.1 Análisis de consumo eléctrico en KWh del sector residencial

En la figura 26 se observa el patrón de consumo de los primeros 13 días del mes de julio del 2023 proporcionados por CNEL, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 36kWh en todo el día, adicional le siguen los días 6 y 8 con un consumo cercano de 34kWh respectivamente.

**Figura 26:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 1 al 13 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 13 de Julio 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 27 se visualiza un consumo mayor a los 36kWh registrados en el día uno del mes de julio, correspondiente al día 19 con un consumo de

37kWh, destacando que los días 14, 17, 18, 20, 23, 24 y 26 el consumo es inferior a los 24kWh destacando un ahorro notable de energía.

**Figura 28:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 14 al 26 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 14 al 26 de julio 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 29 se aprecia un patrón de consumo igual al del día 19 el mes de Julio los cuales corresponden a los día 29 con un consumo de 37kWh.

**Figura 29:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 19 al 31 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 19 al 31 de julio 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 30 se ve el promedio general por día de 26.65kWh y un total de 826kWh en el mes de julio del 2023 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 30:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de julio del 2023.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de julio 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 31 se observa el patrón de consumo de los primeros 13 días del mes de agosto del 2023, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 41kWh en todo el día, mientras que los otros días rondan 29kWh.

**Figura 31:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 1 al 13 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 13 de agosto 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 32 se visualiza un consumo mayor a los 34kWh registrado en el día 23 del mes de julio, correspondiente a los demás días valores cercanos rondando los 27kWh, a excepción del día 19 que está en 17kWh.

**Figura 32:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 14 al 26 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 14 al 26 de agosto 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 33 se aprecia un patrón de consumo estable y semejante que ronda entre los 20 a 22kWh correspondientes a los días del 27 al 31 del mes de agosto del 2023 .

**Figura 33:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 27 al 31 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 27 al 31 de agosto 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 34 se ve el promedio general por día de 23.39kWh y un promedio total de 725kWh en el mes de agosto del 2023 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 34:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de agosto del 2023.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de agosto 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 35 se observa el patrón de consumo de los primeros 13 días del mes de septiembre del 2023, en el cual los días rondan un valor de consumo desde los 30 a 34kWh, a excepción del día 11 con 15kWh.

**Figura 35:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de septiembre del día 1 al 13 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 13 de septiembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 36 se visualiza un consumo mayor de 41 a 45 kWh registrados en los días 17 y 20 del mes de septiembre, el día con menor consumo entre las fechas es del día 24 el cual da un valor de 9kWh.

**Figura 36:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de septiembre del día 14 al 27 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 14 al 27 de septiembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 37 se aprecia un patrón de consumo inferior a 20 kWh correspondientes a los días entre el 28 a 30 de agosto, donde el día 24 y 28 rondan valores cercanos entre los 8 a 9kWh.

**Figura 37:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de agosto del día 28 al 30 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 28 al 30 de septiembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 38 se ve el promedio general por día de 28.13kWh y un promedio total de 844kWh en el mes de septiembre del 2023 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 38:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de septiembre del 2023.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de septiembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 39 se observa el patrón de consumo de los primeros 16 días del mes de octubre del 2023, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 43kWh en todo el día 7 y por consiguiente 37kWh del día 15.

**Figura 39:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de octubre del día 1 al 16 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 16 de octubre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 40 se visualiza un consumo mayor a los 29 kWh registrados en los días 17 y 21 del mes de octubre, correspondiente a los demás días restantes del mes el consumo ronda valores inferiores de 20kWh.

**Figura 40:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de octubre del día 17 al 31 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 17 al 31 de octubre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 41 se ve el promedio general por día de 20.13kWh y un promedio total de 624kWh en el mes de octubre del 2023 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 41:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de octubre del 2023.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de octubre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 42 se observa el patrón de consumo de los primeros 15 días del mes de noviembre del 2023, en el cual los días 7, 11, 12 tienen un consumo de 23kWh y los demás días rondan valores entre 12 a 18kWh a excepción del día 3 el cual corresponde a un valor inferior de 8kWh.

**Figura 42:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de noviembre del día 1 al 15 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 15 de noviembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 43 se aprecia un patrón de consumo mayor en el día 21 correspondiente a 37kWh, mientras que los demás días rondan de 20 a 28kWh a excepción del día 18 que tiene 13kWh de consumo.

**Figura 43:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de noviembre del día 16 al 30 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 16 al 31 de noviembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 44 se ve el promedio general por día de 19.13kWh y un promedio total de 574kWh en el mes de noviembre del 2023 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 44:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de noviembre del 2023.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de noviembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 45 se observa el patrón de consumo de los primeros 16 días del mes de diciembre del 2023, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 34kWh del día 15, lo demás días rondan entre los 15 a 24kWh.

**Figura 45:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de diciembre del día 1 al 16 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 16 de diciembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 46 se visualiza un consumo mayor a los 47kWh registrados en el día 31 del mes de diciembre, correspondiente al día 17 con un consumo de 33kWh y los demás días rondan entre valores de 19 a 25kWh.

**Figura 46:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de diciembre del día 16 al 31 del 2023.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 16 al 31 de diciembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 47 se ve el promedio general por día de 22.13kWh y un promedio total de 686kWh en el mes de diciembre del 2023 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 47:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de diciembre del 2023.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de diciembre 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 48 se observa el patrón de consumo de los primeros 16 días del mes de enero del 2024, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 48kWh del día 1, lo demás días rondan entre los 21 a 35kWh, a excepción del día 12, el cual tiene un consumo de 9kWh.

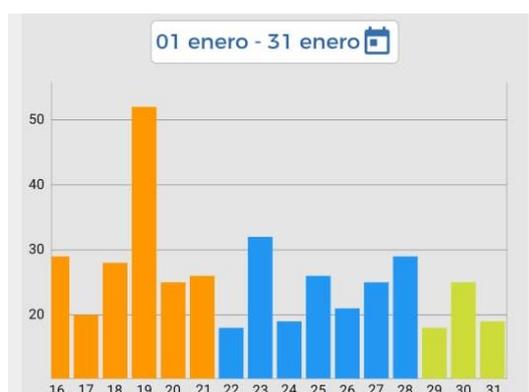
**Figura 48:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de enero del día 1 al 16 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 16 de enero 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 49 se aprecia un patrón de consumo mayor de 52kWh el día 19 y los demás días del 17 al 31 rondan entre los 18 a 32 kWh.

**Figura 49:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de enero del día 17 al 31 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 17 al 31 de enero 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 50 se ve el promedio general por día de 26.19kWh y un promedio total de 812kWh en el mes de enero del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 50:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de enero del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de enero 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 51 se observa el patrón de consumo de los primeros 16 días del mes de febrero del 2024, un consumo mayor a los 42kWh registrados en el día 4 del mes de febrero, lo demás días rondan entre los 22 a 35kWh.

**Figura 51:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de febrero del día 1 al 15 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 15 de febrero 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 52 se visualiza un consumo mayor a los 45kWh registrado en el día 24 del mes de febrero, correspondiente al día 17 y 24 con un consumo de 38 a 40kWh, destacando que los días rondan entre 18 a 34kWh.

**Figura 52:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de febrero del día 16 al 29 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 16 al 29 de febrero 2023. Foto tomada por el autor.

En la figura 53 se ve el promedio general por día de 26.19kWh y un promedio total de 812kWh en el mes de febrero del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 53:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de febrero del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de febrero 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 54 se observa el patrón de consumo de los primeros 16 días del mes de diciembre del 2023, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 34kWh del día 15, lo demás días rondan entre los 15 a 24kWh.

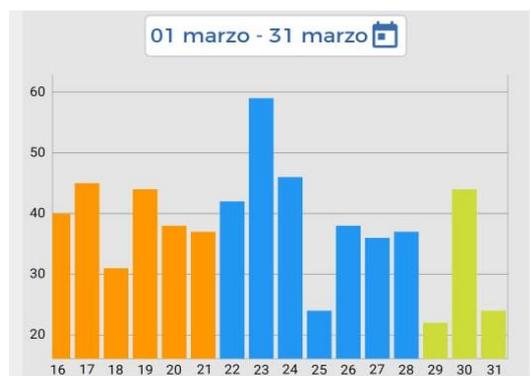
**Figura 54:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de marzo del día 1 al 16 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 16 de marzo 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 55 se aprecia un patrón de consumo igual en mayoría de los días entre valores de 37 a 46kWh, a excepción de los días 29 y 31 los cuales rondan entre los 22 a 24kWh.

**Figura 55:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de marzo del día 17 al 31 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 17 al 31 de marzo 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 56 se ve el promedio general por día de 34.10kWh y un promedio total de 1057kWh en el mes de marzo del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 56:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de marzo del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de marzo 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 57 se observa el patrón de consumo de los primeros 15 días del mes de abril del 2024, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 48kWh del día 10, lo demás días rondan entre los 20 a 43kWh.

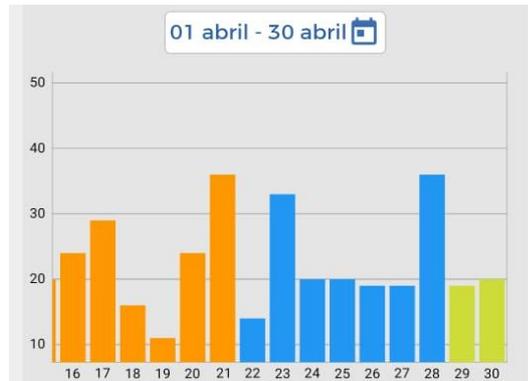
**Figura 57:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de abril del día 1 al 15 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 15 de abril 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 58 se aprecia un patrón de consumo igual en el día 23 y 28 de 36 kWh, los demás días rondan valores entre los 15 a 32 kWh, a excepción del día 19 el cual tiene un consumo menor de 11kWh.

**Figura 58:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de abril del día 16 al 30 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 16 al 30 de abril 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 59 se ve el promedio general por día de 27.50kWh y un promedio total de 825kWh en el mes de abril del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 59:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de abril del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de abril 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 60 se observa el patrón de consumo de los primeros 16 días del mes de mayo del 2024, en los cuales una reducción de consumo eléctrico comparado a los anteriores meses, los cuales rondan de 10 a 31kWh.

**Figura 60:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de mayo del día 1 al 16 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 16 de mayo 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 61 se visualiza un consumo mayor a los 55kWh registrados en el día 17 del mes de mayo, correspondiente al día 21 con un consumo de 38kWh, destacando que los demás días rondan de 19 a 31kWh.

**Figura 61:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de mayo del día 17 al 31 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 17 al 31 de mayo 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 62 se ve el promedio general por día de 24.48kWh y un promedio total de 759kWh en el mes de mayo del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

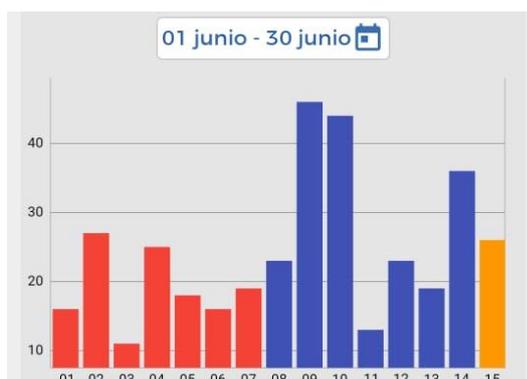
**Figura 62:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de mayo del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de mayo 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 63 se observa el patrón de consumo de los primeros 15 días del mes de junio del 2024, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 44 a 46kWh del día 9 y 20, lo demás días rondan de 12 a 36kWh.

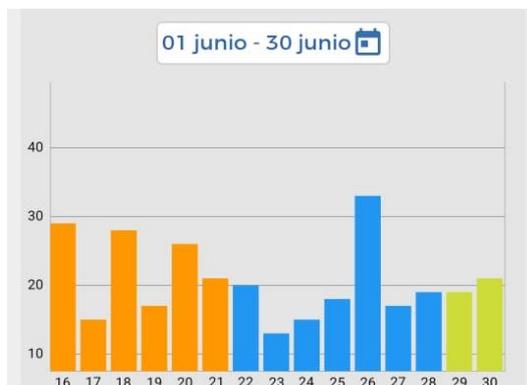
**Figura 63:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de junio del día 1 al 15 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 1 al 15 de junio 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 64 se aprecia un patrón de consumo reducido en los demás días, del cual destaca el día 26 con un valor de 32kWh, mientras que los otros días rondan entre los 12 a 39kWh.

**Figura 64:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de junio del día 16 al 30 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 16 al 30 de junio 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 65 se ve el promedio general por día de 22.43kWh y un promedio total de 673kWh en el mes de junio del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

**Figura 65:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de junio del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de junio 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 66 se observa el patrón de consumo de los primeros 14 días del mes de julio del 2024, en los cuales se destaca con el mayor consumo de 26kWh del día 4, lo demás días rondan entre los 14 a 25kWh.

**Figura 66:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 1 al 14 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 27 al 31 de agosto 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 67 se visualiza un consumo mayor de 25kWh registrados en el día 12 y 17 del mes de julio, los demás días rondan entre valores de 17 a 23kWh, a excepción del día 18 con un consumo de 9kWh.

**Figura 67:** Análisis de consumo eléctrico en kWh del mes de julio del día 15 al 22 del 2024.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo diario de la residencia del día 15 al 22 de julio 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 68 se ve el promedio general por día de 19.82kWh y un promedio total de 436kWh en el mes de julio del 2024 correspondiente al consumo del residente del domicilio.

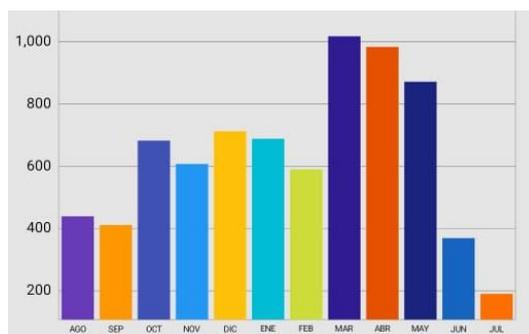
**Figura 68:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh del mes de julio del 2024.



Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh del día, semanas y total del mes de julio 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 69 se observa el patrón de consumo de los últimos 12 meses desde agosto 2023 hasta julio del 2024, en el cual se destaca los meses de mayor consumo a marzo, abril y mayo con valores superiores a los 800 y 1000 kWh en el domicilio.

**Figura 69:** Análisis de consumo eléctrico en kWh de los últimos 12 meses.



Nota: Gráfico en barras de las mediciones de consumo de cada mes en kWh de los últimos 12 meses del año 2023 y 2024. Foto tomada por el autor.

En la figura 70 se aprecia el total de 7559kWh de consumo realizó en los últimos 12 meses del año, en el cual se tiene un promedio de consumo mensual de 629.92kWh, destacando que el mes de mayor consumo se efectuó en marzo con un pico total de 1017kWh en el domicilio, dando a recalcar que épocas de temporada de calor el consumo se incrementa considerablemente, mientras que en épocas de frío se reduce el consumo eléctrico del domicilio analizado.

**Figura 71:** Análisis general del consumo eléctrico total en kWh de los últimos 12 meses entre el 2023 al 2024.

Total año	Mayor consumo
<b>7,559.00</b>	<b>1,017.00</b>
kWh	Marzo 2024
Promedio mes	Menor consumo
<b>629.92</b>	<b>190.00</b>
kWh	Julio 2024

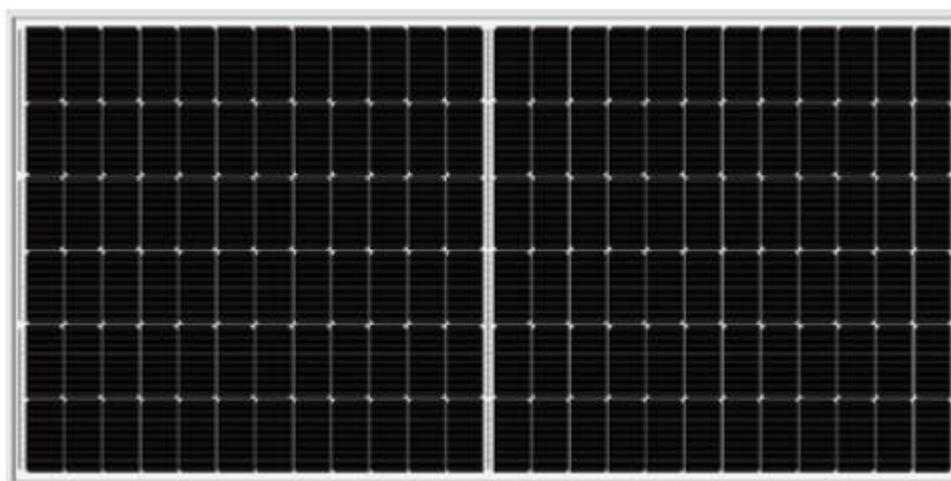
Nota: Gráfico circular que muestra el promedio de consumo en kWh de los últimos 12 meses del año 2023 y 2024. Foto tomada por el autor.

En base a los análisis de consumo diarios, mensuales y anuales, se estima los patrones de consumo, los cuales varían dependiendo las etapas del año, en base a lo cual se establece un promedio general anual, para tener una media aproximada del consumo eléctrico y con estos datos en el siguiente subtema, llevar a cabo el redimensionamiento correcto y adecuado para el sistema fotovoltaico propuesto.

## 4.2 Dimensionamiento de la cantidad de paneles solares del sistema fotovoltaico propuesto

Para calcular la cantidad de paneles solares y demás equipos necesarios con relación al consumo diario de energía, se tuvo en cuenta los datos obtenidos en el capítulo 3 que muestra el consumo promedio mensual es de aproximadamente 629,92 kWh, lo que sería alrededor de 21 kWh en un día. No obstante, con el fin de anticipar cualquier posible pérdida sufrida de eficiencia en los componentes del sistema fotovoltaico, es vital aumentar este valor para asegurarse de que, al menos, se producen los 21 kWh requeridos diariamente, por lo tanto, se tomarán 25 kWh como referencia para redimensionar el sistema de paneles solares, en la figura 72 se observa el tipo de panel solar monocristalino.

**Figura 72:** Panel solar monocristalino de 550W modelo YLM-J 3.0 PRO.



Nota: Panel solar de alta eficiencia en la recepción de radiación solar con 25 años de vida útil. Fuente: (Helios, 2022)

Los datos del panel solar a utilizar se observa en la tabla 1 los cuales se destaca el voltaje de 42V en DC y la potencia máxima de 550W.

**Tabla 1***Datos técnicos del panel solar monocristalino YLM-J 3.0 PRO*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia de salida máxima (Pmax)	550 W
Eficiencia del módulo ( $\eta_m$ )	21.28 %
Tolerancia de potencia ( $\Delta P_{max}$ )	0 / +5 W
Voltaje en Pmax (Vmpp)	42.00 V
Corriente en Pmax (Impp)	13.10 A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	49.82 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	13.97 A
Temperatura nominal de operación de la célula (NOCT)	45 ± 2 °C
Coeficiente de temperatura de Pmax ( $\gamma$ )	-0.35 %/°C
Coeficiente de temperatura de Voc ( $\beta$ )	-0.27 %/°C
Coeficiente de temperatura de Isc ( $\alpha$ )	0.05 %/°C
Voltaje en Pmax a NOCT (Vmpp a NOCT)	39.05 V
Corriente en Pmax a NOCT (Impp a NOCT)	10.48 A
Voltaje en circuito abierto a NOCT (Voc a NOCT)	46.66 V
Corriente de cortocircuito a NOCT (Isc a NOCT)	11.29 A
Máxima tensión del sistema	1000 VDC / 1500 VDC
Rango de temperatura operativa	-40 °C a 85 °C
Carga estática máxima (frontal, nieve)	5400 Pa
Carga estática máxima (trasera, viento)	2400 Pa
Resistencia al impacto de granizo (diámetro / velocidad)	25 mm / 23 m/s
Número de células	144 células
Material de las células	Silicio monocristalino tipo P
Vidrio (material / grosor)	Vidrio templado de bajo contenido de hierro / 3.2 mm
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones (tipo / grado de protección)	3 diodos baipás / ≥ IP67

<b>Garantía del producto</b>	12 años
<b>Garantía de potencia lineal</b>	25 años (97% al 1er año, 91% al año 25)
<b>Certificaciones</b>	IEC 61215, IEC 61730, CE, UL 61730

Nota: Características técnicas de funcionamiento. Fuente: (Helios, 2022)

### Cálculo de la cantidad de paneles solares

- Consumo diario de energía: 25 kWh.
- Energía generada por un panel solar: 550W (0.55 kW) a 42V

Teniendo en cuenta que, en Guayaquil, se tiene un promedio de 5 horas de sol al día, la energía generada por el panel fotovoltaico monocristalino al día es:

$$\text{Energía de panel solar} = 0.55\text{kWh} * 5\text{horas} = 2,75\text{kWh}$$

Entonces el número de paneles solares en serie para llegar a las 120V es:

$$\frac{120\text{V}}{42\text{V de un panel solar}} = 2,86 \approx 3 \text{ Paneles solares en serie}$$

El número de paneles solares en paralelo para llegar a los 25 kWh es:

$$\frac{25\text{kWh}}{2,75\text{kWh de un panel solar}} = 9,09 \approx 9 \text{ Paneles solares en paralelo}$$

Lo que da como resultado en cantidad de paneles solares de 3 paneles conectados en serie y 9 grupos de paneles en paralelo, a utilizar para el sistema fotovoltaico es:

$$\text{Total de paneles solares} = 3 \text{ p. serie} * 9 \text{ p. paralelo} = 27 \text{ Paneles en total}$$

### 4.3 Dimensionamiento del inversor DC a AC del sistema fotovoltaico propuesto

En base a los cálculos obtenidos del subtema anterior del redimensionamiento de los paneles solares, se procede a establecer el tipo y clase de inversor a emplear para la conversión de los 126V DC entregado por el sistema de paneles fotovoltaicos a AC para el domicilio, a continuación, se presentan los cálculos mencionados:

Para el cálculo de eficiencia en base a la potencia del inversor se tiene:

$$Potencia\ inversor = Potencia\ generada\ por\ paneles * eficiencia\ inversor =$$

Reemplazando los valores obtenidos por los anteriores cálculos de los paneles solares se obtiene:

$$Potencia\ del\ inversor = 24,75kWh * 0.98 = 24,26\ kWh$$

En base a los resultados obtenidos el inversor que se adapta a las condiciones de entrada de 126V DC y potencia de 24,26 kWh es el de la figura 73.

**Figura 73:** Inversor DC a AC de 3 líneas de alta eficiencia.



Nota: Dispositivo de salida trifásica AC. Fuente: (Inverter, 2024)

Los datos técnicos y de funcionamiento del inversor utilizado para el sistema fotovoltaico se muestra en la tabla 2 para obtener un salida trifásica para el domicilio.

**Tabla 2**

*Datos técnicos del inversor GK330-SP1-004*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Modelo</b>	SP1-004
<b>Potencia nominal</b>	4 kW
<b>Voltaje mínimo DC</b>	100 V
<b>Voltaje máximo DC</b>	480 V
<b>Eficiencia del inversor</b>	98%
<b>Rango MPPT recomendado</b>	250~400 V
<b>Corriente de salida AC</b>	13A (3 fases, 220 V)
<b>Frecuencia de salida</b>	0~400 Hz
<b>Factor de potencia</b>	>0.99
<b>Comunicación</b>	RS485
<b>Protección</b>	IP20
<b>Temp. ambiente</b>	-10°C~+40°C
<b>Temp. almacenamiento</b>	-20°C~+60°C
<b>Humedad</b>	< 95% RH, sin condensación
<b>Enfriamiento</b>	Aire forzado
<b>Altitud</b>	< 1000 m
<b>Vibración</b>	< 5.9 m/s <sup>2</sup> (0.6 g)

Nota: Características técnicas de funcionamiento. Fuente: (Inverter, 2024)

#### **4.4 Análisis del medidor bidireccional del sistema fotovoltaico propuesto**

De acuerdo con la investigación, no es necesario comprar un medidor bidireccional en Guayaquil, porque la Corporación Nacional de Electricidad provee este aparato de manera gratuita. El medidor bidireccional como se

observa en la figura 74 es un punto de control crítico para la implementación de sistemas de generación de energía distribuidos como el sistema solar fotovoltaico; a través del medidor, es posible medir dos tipos de energía en dos direcciones, la energía que se consume de la red y la energía que el sistema produce, que se inyecta en dicha red.

**Figura 74:** Ejemplo de medidor bidireccional para sistemas fotovoltaicos.



Nota: Mediciones de consumo en kWh. Fuente: (Solar Inc., 2022)

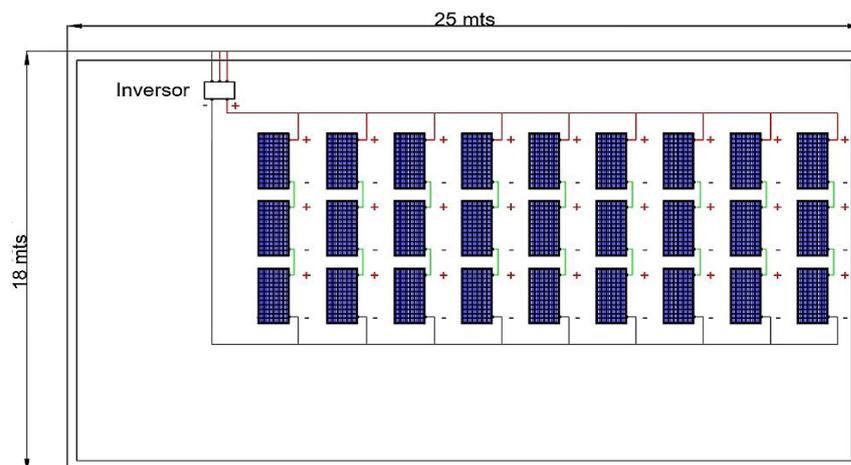
Los medidores bidireccionales están equipados con tecnología avanzada de comunicación de datos a la empresa eléctrica CNEC. Esto permite un seguimiento continuo y preciso de la cantidad de energía que el usuario consume y la que inyecta; la tecnología garantiza que la información se transmita en tiempo real, lo que es imprescindible para una gestión eficiente del y permite una transmisión puntual de la información. La compatibilidad de los medidores CNEC con los sistemas de generación distribuida garantiza que se alcance la integración perfecta entre el sistema fotovoltaico PV y el sistema convencional de la red pública de manera eficiente y sin problemas.

Para obtener un medidor y su instalación, el usuario debe solicitar la factibilidad de conexión una vez verificada la viabilidad del sistema, debe presentar un proyecto eléctrico fotovoltaico el cual será evaluado por CNEL y enviado para aprobación de uso. CNEL otorga al usuario un certificado de calificación, CNEL envía a su personal e instalar el medidor CNEL mediante CNEL personal calificado reemplaza el medidor convencional existente por el medidor bidireccional de CNEL. Este medidor de sustitución se coloca, calibra y comprueba que funciona correctamente. Tras la instalación del medidor, CNEL realizará una inspección del sistema inspeccionando el sistema, una inspección necesaria para confirmar que el sistema está conectado correctamente a la línea de alimentación y que el sistema funciona. Después de esta prueba, CNEL activará la conexión a la red para que los usuarios puedan consumir la energía generada (CNEL, 2020).

#### 4.5 Análisis de diseño del sistema fotovoltaico propuesto

En la figura 75 se observa la conexiones realizadas para el funcionamiento correcto del sistema fotovoltaico propuesto.

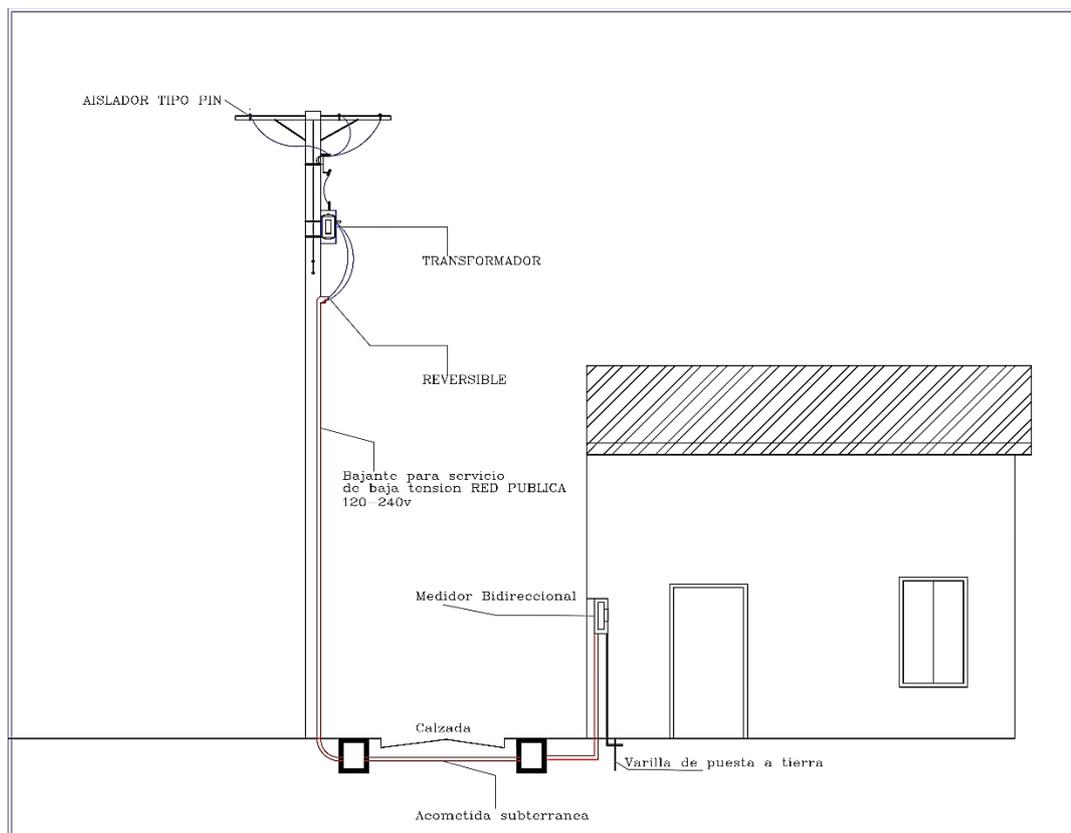
**Figura 75:** Diseño de conexiones de paneles solares e inversor en AutoCAD.



Nota: Conexiones del sistema fotovoltaico. Foto tomada por el autor.

En la Figura 76 se muestra con más detalle el diseño de la instalación del sistema fotovoltaico en el domicilio. En este esquema, se pueden ver con claridad las conexiones en serie y paralelo de los paneles solares integrados en la instalación en función de la energía solar suministrada necesaria para el hogar. Asimismo, se especifica la conexión del inversor, encargado de convertir la corriente continua o DC generada por los paneles en corriente alterna o AC, la cual es compatible con los sistemas y electrodomésticos del domicilio o casa.

**Figura 76:** Diseño de la instalación del sistema en el domicilio en AutoCAD.



Nota: Conexiones al medidor bidireccional. Foto tomada por el autor.

También, en el diseño se encuentra la conexión de la instalación al medidor bidireccional, equipo fundamental que facilita la integración del

sistema autónomo con la red eléctrica pública. En este caso, con este medidor, la energía generada por los paneles solares se alterna entre la energía proveniente de la empresa externa, dependiendo la disponibilidad, con el fin de generar un ahorro económico.

#### 4.6 Análisis de presupuesto del sistema fotovoltaico propuesto

En la tabla 3, se describe un desglose detallado de los costos para tener en cuenta al instalar el sistema fotovoltaico propuesto. La lista en la tabla incluye todos los componentes principales que son necesarios para la instalación del sistema, sus precios unitarios, la cantidad total requerida de cada elemento y el costo total.

**Tabla 3**

*Datos de costo de instalación del sistema.*

<b>Elementos</b>	<b>Costo Individual (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Paneles Solares YLM-J 3.0</b>	190	27	5130
<b>Inversor GK330-SP1-004</b>	450	1	700
<b>Estructura de instalación</b>	325	1	325
<b>Medidor Bidireccional (CNEL)</b>	0	1	0
<b>Cables y Conexiones Eléctricas</b>	225	1	225
<b>Mano de Obra</b>	400	1	400
<b>Otros</b>	125	1	125
<b>Total</b>			6655

Nota: Costo de los elementos por unidad y total. Elaborado por el Autor

Esta tabla define la información proporcionada que se necesita para entender la cantidad total de la inversión requerida en el proyecto y hace

posible una descripción precisa de los gastos. Los datos recopilados en estos componentes proporcionan una base sólida para una decisión correcta sobre la viabilidad económica y técnica del sistema propuesto.

En la tabla 4 se aprecia el proyecto de instalación de un sistema fotovoltaico residencial, en el cual se ha preparado un cronograma completo con una lista de actividades que describe cada paso de la planificación de actividades iniciales hasta la entrega del sistema en pleno funcionamiento al final del ciclo. La estimación de la inversión de tiempo demuestra todas las actividades y fases correctas del proceso de instalación del sistema fotovoltaico, identificando todos los procesos correspondientes.

**Tabla 4**

*Planificación de actividades para la instalación del sistema fotovoltaico.*

<b>Actividad</b>	<b>Duración</b>	<b>Responsable</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
<b>1. Inspección Previa y Planificación</b>	2 días	Ingeniero Eléctrico	X			
<b>2. Permisos y Aprobaciones (Medidor Bidireccional)</b>	7 días	Coordinador del Proyecto	X	X		
<b>3. Instalación de la Estructura</b>	3 días	Equipo de Instalación		X		
<b>4. Instalación de Paneles Solares (YLM-J 3.0)</b>	2 días	Equipo de Instalación		X		

<b>5. Instalación del Inversor (GK330-SP1-004)</b>	2 días	Técnico Especializado		X		
<b>6. Conexiones Eléctricas y Cableado</b>	3 días	Electricista		X	X	
<b>7. Instalación del Medidor Bidireccional</b>	1 día	CNEL			X	
<b>8. Pruebas del Sistema y Configuración</b>	2 días	Técnico Especializado			X	
<b>9. Capacitación al Propietario y Entrega Final</b>	1 día	Ingeniero Eléctrico			X	
<b>10. Inspección Final y Entrega de documentación</b>	1 día	Ingeniero Eléctrico				X

Nota: Actividades a realizar para la instalación. Elaborado por el Autor

La clasificación permitió mostrar claramente las fases de instalación necesarias para la instalación de los componentes clave del sistema, que incluyen el panel solar, convertidor o inversor solar, soporte, cableado y conexiones eléctricas. El intermediario en la lista de actividades fue la instalación del medidor de CNEL, que se necesita ser entregado por la empresa de servicios públicos para medir la energía generada y consumida. Con estos datos, se dividen las tareas y optimizan los flujos de trabajo, permitiendo tener una guía correcta del proceso de instalación.

#### 4.7 Análisis de ahorro energético y económico del sistema fotovoltaico propuesto

En la tabla 5 se observa el consumo promedio de energía en kilovatios hora de los dispositivos más utilizados en un domicilio. Se llevan registradas las cantidades de los dispositivos comúnmente más usados, el consumo por hora, las horas de uso diario, el consumo total generado por cada unidad y el costo total en dólares que representa. Este registro es importante e indispensable para estimar el patrón de consumo de las energías del hogar y, por lo tanto, ayuda a identificar los dispositivos que más consumen energía diario.

**Tabla 5**

*Consumo kWh promedio de cada dispositivo en el domicilio.*

Elementos más usados	Cantidad	Consumo kWh	Horas de uso	Consumo total	Precio total de consumo (\$USD)
Nevera Smart	1	0,03	24	0,72	0,070
TV Smart de 55 pulgadas	3	0,1	10	3	0,291
Focos LED	11	0,05	18	9,9	0,960
Licuada	1	0,5	1	0,5	0,049
Freidora Smart	1	1,2	1	1,2	0,116
Secadora de pelo Smart	1	0,9	1	0,9	0,087
Lavadora Smart	1	0,48	1	0,48	0,047
Secadora Smart	1	0,86	1	0,86	0,083
Computadora	1	0,25	8	2	0,194
Laptop	2	0,075	8	1,2	0,116
<b>Total</b>				<b>20,76</b>	<b>2,014</b>

Nota: Costo de los elementos por unidad y total. Elaborado por el Autor

En la tabla 6 se aprecia un estimado del ahorro económico que genera el uso de los paneles solares, respectivamente en las 5 horas del día y tarde que está activo el sistema fotovoltaico, en los cuales corresponde al mayor consumo debido a que en esos horarios hay mayor uso y actividad de los dispositivos por parte de los miembros del hogar.

**Tabla 6**

*Ahorro en kWh promedio de cada dispositivo en el domicilio.*

<b>Elementos más usados</b>	<b>Horas reducidas</b>	<b>Consumo total</b>	<b>Ahorro de 5 horas de funcionamiento</b>
<b>Nevera Smart</b>	19	0,57	0,15
<b>TV Smart de 55 pulgadas</b>	5	1,5	1,5
<b>Focos LED</b>	13	7,15	2,75
<b>Licuada</b>	0	0	0,5
<b>Freidora Smart</b>	0	0	1,2
<b>Secadora de pelo Smart</b>	0	0	0,9
<b>Lavadora Smart</b>	0	0	0,48
<b>Secadora Smart</b>	0	0	0,86
<b>Computadora</b>	3	0,75	1,25
<b>Laptop</b>	3	0,45	0,75
<b>Total</b>		10,42	10,34

Nota: Ahorro de consumo eléctrico y económico. Elaborado por el Autor

En base a la estimación planteada se observa un ahorro del 50% respectivamente del consumo diario, haciendo que se ahorre la mitad del dinero del costo del servicio de energía eléctrica pública. Cabe destacar que el sistema consta con la posibilidad de cubrir 24,26kWh diario como máximo en 5 hora, pero en este ejemplo el consumo ronda los 10,34kWh ya que es una estimación de unos días de consumo moderado, mientras que los

consumos grandes en base al análisis del capítulo 3 rondan los 44 kWh al día, haciendo que el sistema fotovoltaico sea capaz de cubrir por su redimensionamiento la demanda total de consumo en sus 5 horas de funcionamiento, haciendo que el ahorro se mantenga rondando el 50%.

En base a los costos económicos de la planilla que rondan en los últimos meses de 100 a 120 dólares, los usuarios del domicilio ahorrarían la mitad lo cual corresponde a un valor de 50 a 60 dólares mensuales, dejando como un promedio de 55 dólares. En base a esto se estima que el usuario ahorrará 660 dólares anuales, lo cual en base a la tabla 3 de costos de 6655 dólares por la instalación del sistema fotovoltaico, se calcula que la viabilidad de la inversión del sistema se verá reflejada en un plazo medio de 10 años, lo cual es económicamente factible ya que la vida útil de los elementos es de 25 o más años aproximadamente; el tiempo de retorno de la inversión se puede ver reducido ya que el valor de los kWh se incrementa constantemente, por lo cual el ahorro será mayor y el retorno de la inversión será en menos tiempo de los estimado.

## Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- El sistema ha demostrado ser eficiente para un uso asequible de la energía y no causar pérdidas económicas a los residentes. El uso de la energía solar para las necesidades productivas relacionadas con actividades cotidianas permite a los habitantes cubrir una parte significativa del consumo diario.
- La evaluación económica sugiere que la cantidad de inversión es recuperable a mediano plazo debido a la reducción de los costos de la electricidad. Además, sin la necesidad de un banco de baterías, los residentes pueden ahorrar en su compra y en los costos de mantenimiento de baterías respectivamente. Por lo tanto, la solución es razonable y rentable.
- En Guayaquil la cantidad de radiación solar en la región garantiza una cantidad suficiente de esta fuente de energía. Con las innovaciones presentadas, aporta en la reducción de medios de energía no renovables y así reducir la emisión de contaminantes.

## **5.2 Recomendaciones**

- Para apoyar e incentivar el uso de los paneles solares, sería beneficioso y viable investigar las opciones de financiamiento que podrían ayudar a los residentes a distribuir el costo inicial en pagos a lo largo de varios años o décadas, los cuales serían mucho más manejables en el corto plazo.
- Mantenerse en constante actualización con respecto a futuras tecnológicas que puedan permitir la mejora de la eficiencia del sistema, para reducir aún más el coste. Además, en el futuro considerar usar sistemas de almacenamiento de la energía a medida que este se vuelva asequible económicamente para su uso.

## Bibliografías

- Anoz, G., Ferreiro, J., Fraile, E., Gonzalez, C., & Losantos, J. (2022). *Proyecto de estudio, diseño y dimensionamiento de diferentes sistemas de fijación de paneles fotovoltaicos a cubiertas*.  
<http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3246>
- Aprend. (2020, septiembre 17). *Cómo instalar más paneles solares*.  
<https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/como-convencer-a-tu-cliente-para-que-instale-paneles-solares/>,  
<https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/como-convencer-a-tu-cliente-para-que-instale-paneles-solares/>
- Autosolar. (2020). *Energía solar: Qué es, cómo funciona y ventajas principales*. <https://autosolar.es/energia-solar>,  
<https://autosolar.es/energia-solar>
- Báez, A. (2021). *Diseño y simulación de un aerogenerador tripala en Boyacá, mediante dinámica de fluidos computacional* [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás].  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37776>
- Barragán, R. A. (2020). *La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables*.  
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4023>
- Burbano, H. E. (2020). *Impacto de la generación eléctrica con fuentes de energía eólica interconectadas a la red eléctrica* [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79526>

- Cambioenergetico. (2021). *Energía solar térmica: ¿merece la pena? -*.  
Cambio Energético. <https://www.cambioenergetico.com/blog/energia-solar-vs-termica/>
- Castro, J. C. (2020). *Análisis de eficiencia en conversión/almacenamiento de energía solar y adquisición de datos de paneles solares del laboratorio de física y electrónica de la UNAD (sede nacional JCM) en el marco de su uso como laboratorio remoto.*  
<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/37465>
- Catalán, H. (2021). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Problemas del desarrollo*, 52(204), 59-83.  
<https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2021.204.69611>
- CNEL. (2020). *Manual para la instalación de la acometida y sistema de medición a los consumidores de CNEL EP.*  
<https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/MN-COM-AC-001-Manual-de-instalaciones-acometida-y-sistema-de-medici%C3%B3n-CNEL-EP-vf.pdf>
- Compracolectiva. (2022). Soluciones de energía solar de calidad.  
*CompraColectiva.SOLAR - 10% descuento AUTOCONSUMO residencial.* <https://compracolectiva.solar/promocion/>
- Damia. (2024, abril 7). Distancia entre paneles solares: ¿Cómo calcularla?  
*Blog Damia Solar.* <https://www.damiasolar.com/blog/distancia-entre-paneles-solares/>
- Dsisolar. (2020, septiembre 16). *CZ(Czochralski) Producción monocristalino de obleas solares de silicio—Conocimiento—DS New Energy.*

<http://www.dsisolar.com/info/cz-czochralski-monocrystalline-silicon-solar-49794796.html>

Enercity. (2020, enero 24). *Colector solar plano*. Enercity S.A.

<https://enercitysa.com/blog/colector-solar-plano/>

Energyeducation. (2020). *Célula fotovoltaica—Enciclopedia de Energía*.

[https://energyeducation.ca/Enciclopedia\\_de\\_Energia/index.php/C%C3%A9lula\\_fotovoltaica](https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/C%C3%A9lula_fotovoltaica)

Espejo, C., & Aparicio, A. E. (2020). *La producción de electricidad con energía solar fotovoltaica en España en el siglo XXI*.

<https://doi.org/10.12795/rea.2020.i39.04>

Factorenergia. (2021, febrero 17). *La energía hidráulica*.

<https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-renovable-hidraulica/>

Fırat, E. (2022). Experimental investigation on solar PV panel dust cleaning with solution method. *Solar Energy*, 237, 1-10.

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.03.066>

Galicia, R. H., Alegría, A. S., Moreno, K. V., González, P. J. V., & Pérez, J. L.

J. (2023). Estudio de un panel solar en función de las condiciones medio ambientales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (study of a solar panel based on the environmental conditions of the city of Tuxtla Gutiérrez). *Pistas Educativas*, 44(144), Article 144.

<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2932>

García, G. (2022). *Evaluación técnica y económica de nuevos*

*requerimientos de integración fotovoltaica en los sectores residencial*

*e industrial: Aplicación al caso de la Región de Murcia.*

<http://hdl.handle.net/10317/10806>

García, M., & Pinto, J. (2022). *Estudio de prefactibilidad financiera de proyecto de generación de energía hidroeléctrica PCH Caicedo.*

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/29275>

Guerrero, R. J. A., Lozano, C. J. V., Bone, J. M. F., González, K. K. C., & Torres, F. A. C. (2022). Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua. *Revista Social Fronteriza*, 2(6), Article 6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7259680>

Helios. (2022). Paneles solares. *Heliostrategiaecuador*.

<https://heliostrategiaecuador.com/paneles-solares-fv-2/>

Huaroc, W. F. (2022). *Predictibilidad del nivel de ensuciamiento en paneles fotovoltaicos policristalinos por método de redes neuronales de una planta de gran escala ubicada en Moquegua—Perú.*

<http://hdl.handle.net/20.500.12773/14421>

Ingeoexpert. (2020). ¿Qué es la energía solar fotovoltaica y cómo funciona?

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

Inverter. (2024). *4 kW Solar Pump Inverter, DC/AC Input to 3ph AC Output.*

[inverter.com. https://www.inverter.com/4kw-solar-pump-inverter](https://www.inverter.com/4kw-solar-pump-inverter)

Maldonado, Y. (2021, marzo 17). *10 Fuentes de energías renovables y no renovables 2024.* <https://geologiaweb.com/recursos-naturales/fuentes-energia-renovables-no-renovables/>

- Martín, E. (2021, noviembre 19). *Qué es la energía eólica y cómo funciona: Los aspectos clave de esta fuente de energía renovable*. Motorpasión.  
<https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/que-energia-eolica-como-funciona-aspectos-clave-esta-fuente-energia-renovable>
- Martín, M. (2022). *Estudio de la inclinación óptima de paneles solares bifaciales monocristalinos de silicio*.  
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/54254>
- Maysun. (2023, diciembre 18). *Problemas comunes de los paneles solares y cómo resolverlos*. Problemas comunes de los paneles solares y cómo resolverlos. <https://www.maysunsolar.es/blog/problemas-comunes-de-los-paneles-solares-y-como-resolverlos>
- Mendiola, C. (2022, agosto 1). *Paneles solares monocristalinos, ¿qué son y cómo funcionan? Rincón de la Tecnología*.  
<https://rincondelatecnologia.com/paneles-solares-monocristalinos-que-son-y-como-funcionan/>
- Morales, D. L. Q. (2021). *Evaluación de pretratamientos en el potencial bioquímico de metano en biomasa de Ricinus communis a partir de digestión anaerobia*. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3410>
- Núñez, W. B., Calla Durandal, E., Fernández Fuentes, M., Núñez García, W. B., Calla Durandal, E., & Fernández Fuentes, M. (2021). Desarrollo de un prototipo de limpieza de paneles fotovoltaicos. *Acta Nova*, 10(2), 147-172.
- Olave, C. A., & Fuentes, F. (Profesor guía). (2022). *Termografía aplicada al análisis del defecto de ensuciamiento de paneles solares fotovoltaicos de la Universidad de Talca e implementación de un plan de*

*mantenimiento* [Thesis, Universidad de Talca. Facultad de Ingeniería].

<http://dspace.otalca.cl/handle/1950/13430>

Ordoñez, D. F. (2023). *Caracterización dinámica de un sistema híbrido de generación panel fotovoltaico-celda de combustible pem para aplicaciones de micro-cogeneración en uso residencial*

[bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24614>

Ormazabal. (2023, enero 30). *Energía hidroeléctrica ¿Qué es y cómo*

*funciona?* <https://www.ormazabal.com/energia-hidroelectrica-que-es-y-como-funciona/>

Osorio, L. M. (2022). *Diseño de investigación de evaluación técnica-*

*financiera para la implementación de sistemas solares para alumbrado público para el área urbana de la zona 9, municipio de Mixco* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala].

<https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Panqueba, J. L., & Alvarado, A. Y. (2022). *Análisis de los impactos*

*generados durante el desarrollo de paneles solares y sus ciclos de vida, en el Municipio de Piedecuesta Santander, para el uso como energía alternativa.*

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/11379>

Parreño, J., Lara, O., Jumbo, R., Caicedo, H., & Sarzosa, D. (2020). Diseño de un módulo de energía solar como estrategia de ahorro energético y disminución de la emisión de CO<sub>2</sub>. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 2(15), Article 15.

Pazmiño, I., Moreira, A., Intriago, J. C., Ponce, M., & Moreano, M. (2024).

Análisis Comparativo del Potencial Energético Extraíble entre Paneles

Fotovoltaicos Fijo y con Sistema de Seguimiento de un Eje Instalados en la ULEAM. *Revista Técnica «energía»*, 20(2), Article 2.

<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.599>

Piedra, J. (2023). *Propuesta de un programa para la prevención de accidentes en trabajos en alturas, durante las actividades de mantenimiento del complejo de paneles solares instalados en los techos de los edificios del SESLab, I-8 e I-9, Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, I-4, FundaTec, I-7 y edificio de aulas I-6, del Tecnológico de Costa Rica.*

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14472>

Quiroa, M. (2020). *Energía renovable*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/energia-renovable.html>

Quora. (2019). *¿Qué es energía eólica?* Quora. <https://es.quora.com/Qué-es-energía-eólica>

Renzo, I. (2020, junio). *Estudio de los métodos analíticos para la extracción de parámetros eléctricos de módulos fotovoltaicos de capas delgadas.*

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132020000100053&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132020000100053&script=sci_arttext)

Rojas, M., & Sandoval, E. M. S. (2024). La Biomasa como fuente de generación de energía eléctrica en el Ecuador: The Biomass as a source of electrical energy generation in Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 5(1), Article 1.

<https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i1.189>

Rosero, A. (2020). *Plan de negocio para la venta, instalación y mantenimiento de equipos generadores de energía solar en el sector*

*residencial del Distrito Turístico y Cultural de Riohacha [Master Thesis, Universidad EAN].*

<https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/9862>

Rúa, E., Mendoza, I., Torres, E., Flórez, E., & Serrano, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *Revista UIS Ingenierías*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021001>

Sánchez, K., & Zúñiga, M. G. (2021). *Evaluación de costo – beneficio sobre la implementación de paneles solares en proyectos de construcción en la ciudad de Bogotá, Colombia.*

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/dfa19e9a-6233-4848-b5c6-06d8300ace08>

SevenSensor. (2022, octubre 2). *Factores que afectan el rendimiento de las plantas fotovoltaicas.* Seven Sensor.

<https://www.sevensensor.com/es/factores-que-afectan-el-rendimiento-de-las-plantas-fotovoltaicas>

Sma. (2019). *Energías limpias renovables biomasa.*

<https://old.sma.gob.mx/SGA-CC-EL-CLAS-ER-BIOMASA.php>

Sobenis, A. S. (2024). *Paneles solares y luces led como alternativas medioambientales para la reducción del consumo energético en Plantas de procesamiento de enlatados y conservas en el Ecuador [bachelorThesis, BABAHOYO: UTB, 2024].*

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16082>

- Sola, M. J. (2023). *Rehabilitación energética en hotel rural usando energías renovables: energía solar térmica y energía geotérmica*.  
<http://crea.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/19931>
- Solar Inc. (2022, febrero 23). Medidor bidireccional CFE ¿Qué es? Y ¿Cómo funciona? *Solar Inc Monterrey*.  
<https://www.energiasolarinc.com/medidor-bidireccional-cfe/>
- SolarPlak. (2023, mayo 9). Paneles solares de capa fina: ¿Qué son y cuáles son sus características? *Blog de energía solar*.  
<https://solarplak.es/energia/paneles-solares-de-capa-fina-que-son-y-cuales-son-sus-caracteristicas/>
- SotySolar. (2023, diciembre 18). *Eficiencia de los paneles solares en 2024*.  
<https://sotysolar.es/blog/eficiencia-panel-solar>.  
<https://sotysolar.es/blog/eficiencia-panel-solar>
- Tarazona, B., Betancur, L., Hulse, P., Ascanio Villabona, J., Duran, M., & Sánchez Botia, D. (2022). *Desarrollo de un Sistema de Adquisición de Datos para el Monitoreo remoto de un Sistema de Concentración Solar Fresnel*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21257.11368>
- Vargas, A. (2024). *Prototipo de disipación de calor en paneles fotovoltaicos para análisis de eficiencia de conversión de energía*.  
<https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/6450>
- Vinardell, A. (2022). *Plan de negocio de una empresa de instalación de paneles solares para residencias unifamiliares* [Bachelor thesis, Universitat Politècnica de Catalunya].  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/371673>

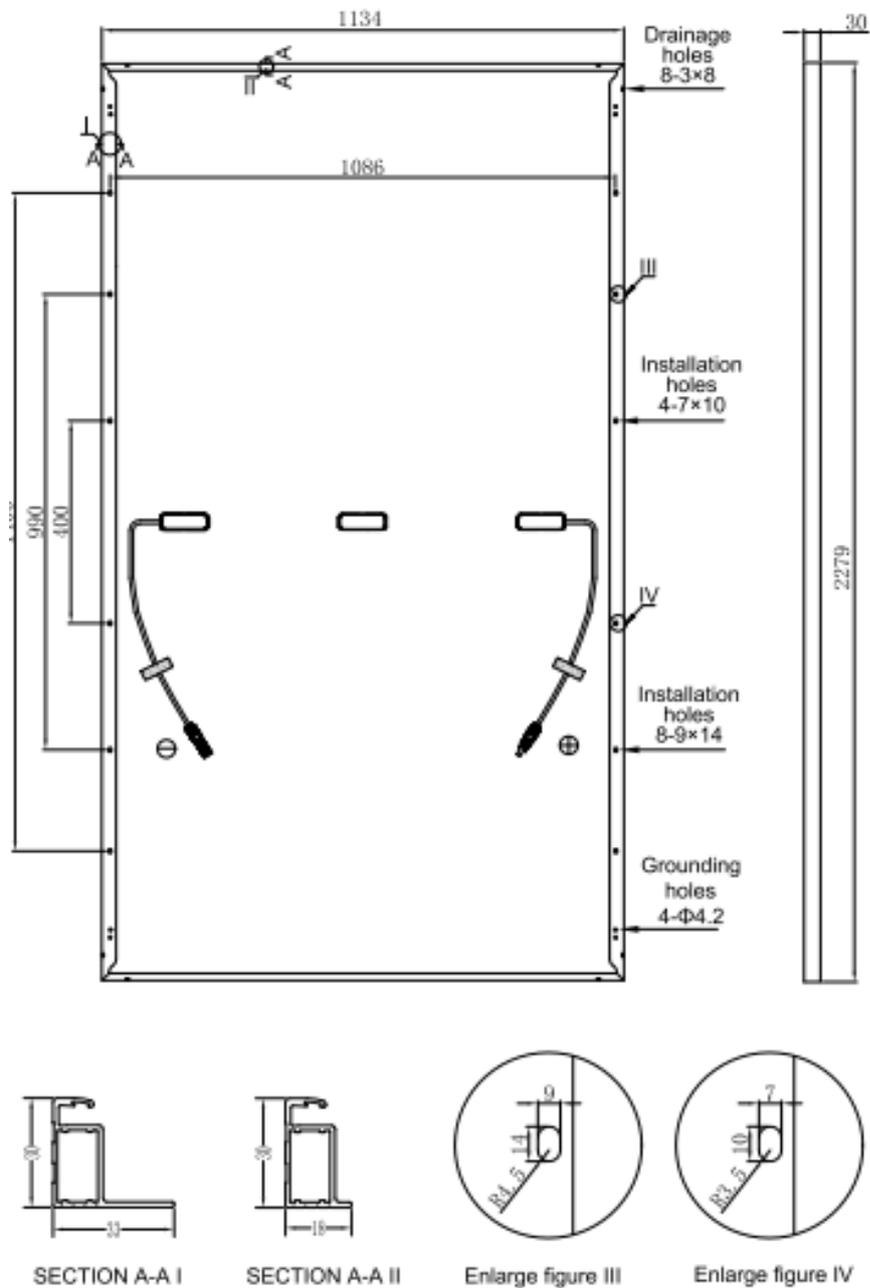
Zambrano, W. J. (2023). Sistema de producción de energía hidroeléctrica mediante una rueda hidráulica en el río Chone, Ecuador. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 8(3 (MARZO 2023)), 2675-2697.

## Glosario

- **Aerogeneradores:** Molinos modernos de viento que se usan para generar electricidad.
- **Biogás:** Gas producido al descomponerse la basura orgánica que no tiene oxígeno, se usa para generar electricidad.
- **Calentamiento global:** Aumento de temperatura del planeta, debido a la acumulación de gases en la atmósfera.
- **Digestión anaeróbica:** Método donde la basura o residuos orgánicos se descomponen sin aire y se crea el biogás de este proceso.
- **Fotoeléctrico:** Fenómeno donde la luz genera electricidad, ejemplo en paneles solares.
- **Radiación electromagnética:** Energía que viaja en forma de ondas, como la luz o rayos X.
- **Radiación solar:** Energía que proviene del sol, como la luz y calor.
- **Unión p-n:** Es el flujo de electricidad en una sola dirección.

## Anexos

**Figura A1:** Dimensiones y características de los paneles solares YLM-J 3.0 PRO de 550W .



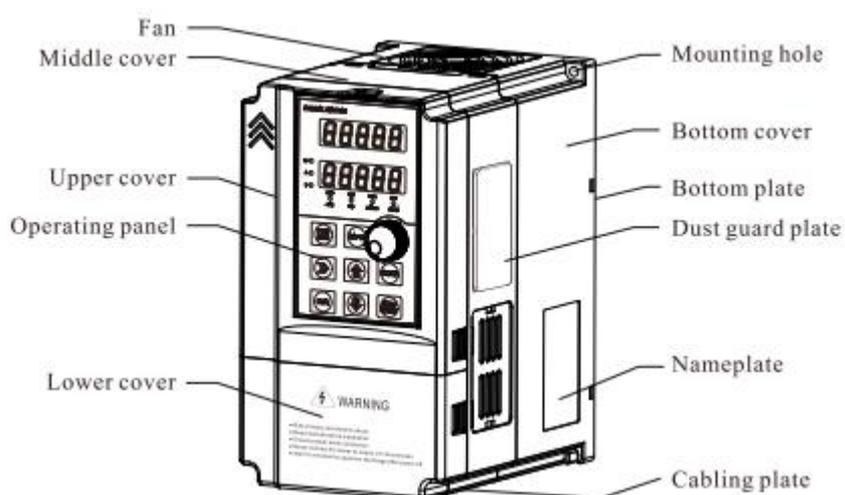
Nota: Medidas y ángulos de ubicación del panel solar para su respectiva instalación. Fuente: (Helios, 2022)

**Figura A2:** Perdidas de eficiencia en rendimiento de los 25 años del panel solar YLM-J 3.0 PRO de 550W .



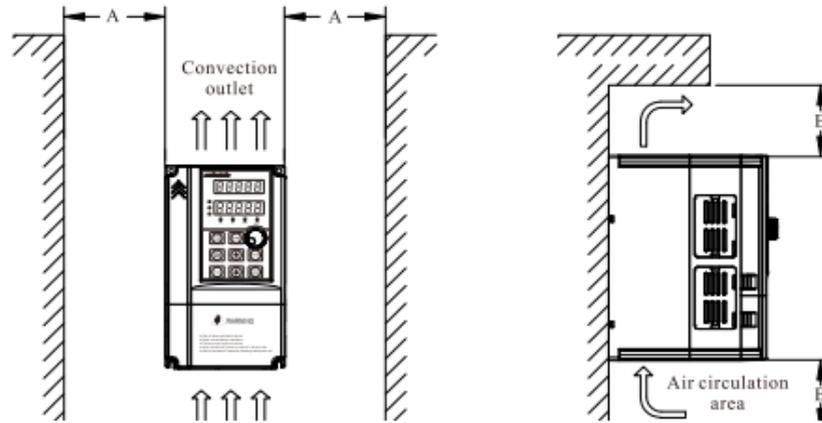
Nota: Decremento de eficiencia en base a los años de funcionamiento en los sistemas fotovoltaicos. Fuente: (Helios, 2022)

**Figura A3:** Elementos y características general del dispositivo inversor de DC a AC modelo GK330-SP1-004.



Nota: Funciones básicas del dispositivo para su correcta manipulación y uso. Fuente: (Inverter, 2024)

**Figura A4:** Método de instalación apropiado del sistema Inverter.



Nota: Guía general de ubicación del dispositivo para su correcta ventilación.

Fuente: (Inverter, 2024)



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



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

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny** con C.C: **0919430173** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Propuesta de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para uso residencial, con paneles solares, sin el uso de un banco de baterías, en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero 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 integración curricular 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 integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 3 de septiembre del 2024

**Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny**

**C.C: 0919430173**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



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

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>		
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Propuesta de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para uso residencial, con paneles solares, sin el uso de un banco de baterías, en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas - Ecuador.	
<b>AUTOR(ES)</b>	Moscoso Núñez, Gustavo Geovanny	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban. MAE.	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.	
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad	
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Electricidad	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	3 de septiembre del 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 104
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Energía renovables, ahorro de energía	
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Paneles solares, fotovoltaico, inversor, DC, AC, radiación solar, medidor bidireccional.	
<p>El presente trabajo de integración curricular se basa en el desarrollo de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica para residencias con paneles solares sin banco de baterías en el cantón Guayaquil, Provincia del Guayas, Ecuador. En el cual se realizará un levantamiento de información del consumo eléctrico generado por la residencia durante todo el día. Se evaluará la eficiencia de los paneles solares propuestos para la residencia, se desarrollará un plan de gestión energética que optimice el mayor aprovechamiento de la energía solar disponible y se realizará un análisis económico de la propuesta planteada. Con esto se pretende establecer un plan de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en las residencias con paneles solares y sin banco de baterías, que pueda llevar a una reducción importante en los costos de la electricidad y en la eficiencia energética en general. Con una gestión optimizada de la energía generada y consumida, se espera que las unidades residenciales reduzcan significativamente su dependencia de la red pública durante el día. La metodología de este estudio utilizada se basará en el de tipo bibliográfico, se recogerá información importante acerca de la utilización de los paneles solares, la eficiencia energética y las estrategias para ahorrar energía en relación con las viviendas sin depósitos de baterías, etc.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 985923466	<b>E-mail:</b> gustavomoscoso87@gmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Ricardo Xavier Ubilla González	
	<b>Teléfono:</b> +593999528515	
	<b>E-mail:</b> Ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		