



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**PRE-FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE PROYECTO
FOTOVOLTAICO EN SISTEMA DE BOMBEO DE
RESIDENCIAL BOSQUES DE JUCUTUMA III – HONDURAS**

SUSTENTADO POR

JOSÉ ARIEL PEÑA REYES

JOSUÉ DANIEL REYES REDONDO

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

OCTUBRE 2023

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTORA
ROSALPINA RODRÍGUEZ**

**VICERRECTOR ACADÉMICO NACIONAL
JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA**

**SECRETARIO GENERAL
ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**DIRECTOR NACIONAL DE POSTGRADO
RIGOBERTO RODRÍGUEZ ÁVILA**

**PRE-FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE PROYECTO
FOTOVOLTAICO EN SISTEMA DE BOMBEO DE
RESIDENCIAL BOSQUES DE JUCUTUMA III – HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE**

**ASESOR METODOLÓGICO
MARVIN ROBERTO MENDOZA VALENCIA**

MIEMBROS DE LA TERNA

DERECHO DE AUTOR

© Copyright 2023

JOSÉ ARIEL PEÑA REYES

JOSUÉ DANIEL REYES

Todos los derechos reservados.

AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE POSTGRADO

Señores

**CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA (UNITEC)**

San Pedro Sula

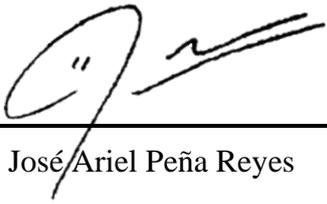
Estimados Señores:

Nosotros, José Ariel Peña Reyes y Josué Daniel Reyes Redondo, de San Pedro Sula, autores del trabajo de postgrado titulado: Prefactibilidad económica de proyecto fotovoltaico en sistema de bombeo de residencial Bosques de Jucutuma III – Honduras, como requisito previo para optar al título de máster en gestión de energía renovable y reconociendo que la presentación del presente documento forma parte de los requerimientos establecidos del programa de maestrías de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), por este medio autorizamos a las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la UNITEC, para que con fines académicos, puedan libremente registrar, copiar o utilizar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

- 1) Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las salas de estudio de la biblioteca y/o la página Web de la Universidad.
- 2) Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general en cualquier otro formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en los artículos 9.2, 18, 19, 35 y 62 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los derechos morales pertenecen a los autores y son personalísimos, 91 irrenunciables, imprescriptibles e inalienables, asimismo, por tratarse de una obra colectiva, los autores ceden de forma ilimitada y exclusiva a la UNITEC la titularidad de los derechos patrimoniales. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de UNITEC.

En fe de lo cual se suscribe el presente documento en la ciudad de San Pedro Sula, a los XX días del mes de junio del año 2023



José Ariel Peña Reyes

22113118



Josué Daniel Reyes

22113091



FACULTAD DE POSTGRADO

PREFACTIBILIDAD DE PROYECTO FOTOVOLTAICO EN SISTEMA DE BOMBEO DE RESIDENCIAL BOSQUES DE JUCUTUMA III – HONDURAS

NOMBRE DE LOS MAESTRANDOS

JOSÉ ARIEL PEÑA, JOSUÉ DANIEL REYES

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la viabilidad económica de la implementación de un proyecto fotovoltaico en el sistema de bombeo de agua potable existente de la Residencial Bosques de Jucutuma III, San Pedro Sula, Honduras, propiedad de la empresa "CAM INVERSIONES S.A. de C.V." Se realizó una evaluación de prefactibilidad económica del proyecto fotovoltaico propuesto, utilizando un enfoque cuantitativo y de alcance descriptivo. La metodología empleada incluyó la revisión de literatura especializada en proyectos fotovoltaicos, así como la recolección y análisis de datos de la Residencial Bosques de Jucutuma III. Entre los datos analizados se incluyeron el consumo energético, los costos de electricidad y la factibilidad técnica. Además, se utilizaron herramientas como el software PVSYST y hojas de cálculo de Excel para realizar el análisis técnico, financiero y económico del proyecto. Los resultados de la investigación indicaron que el proyecto fotovoltaico propuesto es una alternativa viable, se obtuvo que el costo beneficio de. Además, se identificaron beneficios económicos, ambientales y sociales de su implementación. En conclusión, se recomienda a las autoridades pertinentes considerar la implementación de proyectos fotovoltaicos similares en Honduras, especialmente en zonas donde la electricidad es costosa o difícil de acceder. Este estudio contribuye a la comprensión de la factibilidad económica de proyectos fotovoltaicos en Honduras y puede ser de utilidad para futuras investigaciones en el área.

Palabras clave: Costo beneficio, energía renovable, prefactibilidad, proyecto fotovoltaico, viabilidad económica.

GRADUATE SCHOOL

**PREFEASIBILITY OF PHOTOVOLTAIC PROJECT IN
PUMPING SYSTEM OF RESIDENTIAL BOSQUES DE
JUCUTUMA III – HONDURAS**

STUDENT NAMES:

JOSÉ ARIEL PEÑA REYES

JOSUÉ DANIEL REYES

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the economic viability of implementing a photovoltaic project in the existing potable water pumping system of Residencial Bosques de Jucutuma III, San Pedro Sula, Honduras, owned by "CAM INVERSIONES S.A. de C.V." An economic pre-feasibility evaluation of the proposed photovoltaic project was conducted using a quantitative and descriptive scope approach. The methodology employed included the review of specialized literature on photovoltaic projects, as well as the collection and analysis of data from Residencial Bosques de Jucutuma III. The analyzed data included energy consumption, electricity costs, and technical feasibility. In addition, tools such as the PVSYST software and Excel spreadsheets were used to carry out technical, financial, and economic analysis of the project. The research results indicated that the proposed photovoltaic project is a viable alternative, with a cost-benefit ratio of xx. Economic, environmental, and social benefits of its implementation were also identified. In conclusion, relevant authorities are recommended to consider the implementation of similar photovoltaic projects in Honduras, especially in areas where electricity is expensive or difficult to access. This study contributes to the understanding of the economic feasibility of photovoltaic projects in Honduras and can be useful for future research in the area.

Keywords: Pre-feasibility, renewable energy, photovoltaic project, cost-benefit, economic viability.

DEDICATORIA

A **DIOS**, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino académico, le dedico este logro con humildad y agradecimiento. A mi madre **Martha Redondo** quien desde mi infancia me enseñó el valor del trabajo para alcanzar los sueños. Ella ha sido mi constante fuente de inspiración, siempre brindándome su amor incondicional y nunca dejándome solo en ningún momento. A mi pareja **Loany Sosa**, mi fuente de amor y comprensión, le dedico este logro con todo mi corazón. Tu apoyo constante, tu aliento y tu presencia a mi lado han sido mi mayor regalo, Este logro es nuestro, pues juntos hemos superado obstáculos y celebrados triunfos. A mi padre **Adán Rivera y hermanos**, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su apoyo incondicional, les dedico este logro con profundo agradecimiento. Su presencia en mi vida y su confianza en mí me ha impulsado a alcanzar esta meta académica. Gracias por ser mi inspiración constante y por compartir este logro conmigo.

Josué Daniel Reyes Redondo.

Dedico este logro a mis padres y a mi amada esposa. A mis padres, gracias por su amor incondicional, sabiduría y sacrificio. Su apoyo y confianza han sido mi motivación. A mi esposa, gracias por tu amor, paciencia y fe en mí. Tu apoyo constante ha sido fundamental. A ustedes tres, mi familia, les dedico este logro. Los amo más de lo que las palabras pueden expresar.

José Ariel Peña Reyes

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a mis compañeros y docentes, quienes me han brindado su amistad, su tiempo y su sabiduría en esta bonita experiencia educativa. Ha sido un verdadero privilegio poder compartir con ellos esta etapa de aprendizaje y crecimiento.

Josué Daniel Reyes Redondo

Quiero dedicar un agradecimiento especial a mis queridos tíos, quienes me motivaron a iniciar esta maestría y me brindaron su apoyo económico en los inicios de la carrera. Sin su generosidad y confianza, no habría sido posible llegar hasta aquí. ¡Les estoy eternamente agradecido!

José Ariel Peña Reyes

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	5
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO (EN EL MUNDO).....	8
2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO (HONDURAS)	11
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO (RESIDENCIAL BOSQUES DE JUCUTUMA III)	14
2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	16
2.2.1 DEMANDA ELÉCTRICA	16
2.3.1 ESTUDIO TÉCNICO	17
2.3.2 ESTUDIO FINANCIERO	17
2.2 TEORÍA DE SUSTENTOS	18
2.2.1 EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA.....	18
2.2.2 RADIACIÓN SOLAR	18
2.2.2.1 RADIACIÓN DIRECTA	18
2.2.2.2 RADIACIÓN DIFUSA.	19
2.2.2.3 RADIACIÓN REFLEJADA	19
2.2.3 SISTEMAS SOLARES FV CONECTADOS A RED.....	19
2.2.4 TARIFA ELÉCTRICA (EN HONDURAS)	20
2.5 TÉCNICAS.....	21
2.7 MARCO LEGAL	22
2.7.1 TIPOS DE AUTO PRODUCTORES	23
2.7.2 REMUNERACIÓN POR EXCESO DE ENERGÍA	23
CAPITULO III METODOLOGÍA	24

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	24
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA	24
3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO	25
3.1.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	26
3.1.2 HIPÓTESIS.....	27
3.2 ENFOQUE Y MÉTODO.	27
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.3.1 MUESTRA.....	29
3.3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS	30
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	30
3.4.1 MATRIZ DE DECISIÓN	30
3.4.2 INSTRUMENTOS APLICADOS	31
3.4.2.1 HELISCOPE.....	31
3.4.2.3 PVGIS.....	31
3.4.2.3 LCEO.....	31
3.4.2.4 DIMENSIONAMIENTO POR SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA.....	31
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN	32
3.5.1 FUENTES PRIMARIAS	32
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS	32
4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
4.2 DEMANDA ELÉCTRICA.....	34
4.2 ESTUDIO TÉCNICO.....	37
4.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	37
4.2.2 INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN	38
4.2.3 IRRADIACIÓN SOLAR	38
4.3 CÁLCULOS TÉCNICOS	40
4.4 ESTIMACIÓN DE ENERGÍA GENERADA.....	42
4.5 ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO.....	44
4.5.1 ESTUDIO ECONÓMICO.	44
4.5.1.1 ESTIMACIÓN DE MATERIALES.....	45
4.5.2 ESTUDIO FINANCIERO	47
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1 CONCLUSIONES.....	52

5.2 RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO VI APLICABILIDAD	54
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA	54
6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	54
6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	55
6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO A DETALLE DE LA PROPUESTA.	56
6.4.1 PLAN DE ACCIÓN.....	56
6.4.2.MEDICIÓN.....	56
6.4.3 GESTIÓN DE PERMISO PARA EL PROYECTO	57
6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO	57
6.7 PRESUPUESTO.....	59
6.7 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS CON LA PROPUESTA	61
ANEXOS.....	62
TRABAJOS CITADOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Capacidad total instalada en plantas (MW).....	2
Figura 2 Capacidad total de planta de generación de solar Fotovoltaica MW.....	3
Figura 3 Evolución de la tarifa promedio LPS/KWh.....	3
Figura 4. Mapa Radiación Solar Honduras.	4
Figura 5 Países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada MW	9
Figura 6 Mapa de la energía solar por países.	11
Figura 7 Porcentaje de perdidas	12
Figura 8 Costo de la electricidad en América Latina.....	12
Figura 9 Disminución de costos de instalación de sistema solares.....	13
Figura 10 Esquema de un sistema Solar FV conectado a la red eléctrica.....	20
Figura 11 Diferencia Porcentual entre Tarifas	21
Figura 12 Esquema de variables	25
Figura 13 Esquema de investigación.....	28
Figura 14 Potencia mensual	36
Figura 15 Energía consumida kWh/mes	37
Figura 16 Ubicación del proyecto	37
Figura 17 Perfil de irradiancia diario.	39
Figura 18 Irradiación solar Mensual	40
Figura 19 Estimación de energía Mensual.....	43
Figura 20 comparativa de energía solar fotovoltaico vs la demanda.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tarifa Eléctrica.....	21
Tabla 2 Matriz de congruencia metodológica.....	25
Tabla 3 Operacionalización de variable.....	26
Tabla 4 Recursos y tiempos de ejecución.....	29
Tabla 5 Demanda energética del sistema de bombeo.....	34
Tabla 6 Comparación anual de la energía consumida.....	36
Tabla 7 Horas Solar Pico mensual en Honduras.....	39
Tabla 8 Datos para determinar potencia del sistema.....	41
Tabla 9 DATOS GENERALES DEL SISTEMA SOLAR.....	42
Tabla 10 Costos principales del proyecto.....	45
Tabla 11 Materiales para el proyecto.....	46
Tabla 12 Presupuesto.....	47
Tabla 13 Parámetros para análisis financiero.....	48
Tabla 14 Flujo de efectivos.....	49
Tabla 15 Continuación Flujo de efectivos.....	50
Tabla 16 Variables financieras.....	51
Tabla 17 Ventajas y desventajas del sistema solar.....	55
Tabla 18 Cronograma de actividades.....	58
Tabla 19 Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta.....	61

ANEXOS

Anexo 1 Ubicación del proyecto.....	62
Anexo 2 Hoja de datos del panel solar.....	63
Anexo 3 Continuación de hoja de datos del panel solar	64
Anexo 4 Datos técnicos del inversor.....	65
Anexo 5 Continuación de Datos técnicos del inversor	66
Anexo 6 Datos generales del proyecto.....	67
Anexo 7 Datos del sistema.....	68
Anexo 8 Parámetros y características del sistema.....	69
Anexo 9 Procedimiento para autorización Auto productor tipo A	70

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo, se presenta el marco general de la investigación, que tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar un sistema solar fotovoltaico en el sistema de bombeo de agua potable existente de la residencial Bosques de Jucutuma III en San Pedro Sula, Honduras. En este sentido, se expondrán los antecedentes y la justificación del estudio, considerando el contexto en el que se desarrolla. Se definirá el problema a resolver y se expondrán los objetivos específicos que guiarán el análisis costo beneficio y el análisis de las condiciones físicas y económicas de la empresa para la instalación del sistema solar fotovoltaico. Además, se presentarán las implicaciones técnicas, económicas y ambientales del uso de energías renovables en la gestión de los recursos hídricos de la región. En resumen, este estudio busca contribuir a la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de la gestión de la empresa CAM INVERSIONES S.A. de C.V., así como a la promoción de soluciones energéticas sostenibles en la región de Cortés.

1.1 INTRODUCCIÓN

En este estudio, se analiza la factibilidad técnica y económica de implementar un sistema solar fotovoltaico en el sistema de bombeo de agua potable existente de la residencial Bosques de Jucutuma III, ubicada en San Pedro Sula, departamento de Cortés, Honduras. El propósito general del Trabajo Final de Graduación es evaluar la posibilidad de reducir los costos operativos y de facturación de la empresa CAM INVERSIONES S.A. de C.V., propietaria de la residencial, mediante la implementación de esta tecnología. Además, se busca reducir el impacto ambiental mediante la utilización de energías limpias, además de mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos.

La evaluación de la factibilidad técnica y económica se realizará en el transcurso de 5 meses que dura la asignación, a través de un análisis costo beneficio, así como el análisis de las condiciones físicas y económicas de la empresa para la instalación del sistema solar fotovoltaico. Se dispone de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo este estudio, además de la colaboración del administrador del sistema.

Los resultados de esta investigación pueden servir como una guía para otras empresas que buscan implementar soluciones energéticas sostenibles y reducir su impacto ambiental. En beneficio de la empresa CAM INVERSIONES S.A. de C.V., se busca lograr una mejora en la

eficiencia y sostenibilidad de su gestión, al tiempo que se contribuye al desarrollo sostenible de la región de Cortés.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La energía solar fotovoltaica es una tecnología renovable que se ha venido implementando con mayor frecuencia en diferentes sectores, especialmente en el sector eléctrico. Su utilización permite reducir la emisión de gases de efecto invernadero y generar energía eléctrica a partir de una fuente no contaminante y gratuita.

Según la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE, 2017) las primeras inversiones fotovoltaicas en Honduras se realizaron en el año 2015, instalando 388 MW, seguidos de 45 MW adicionales en 2016, en la zona sur del país, y alcanzando actualmente una potencia instalada de 510.8 MW como se muestra en la figura 1.

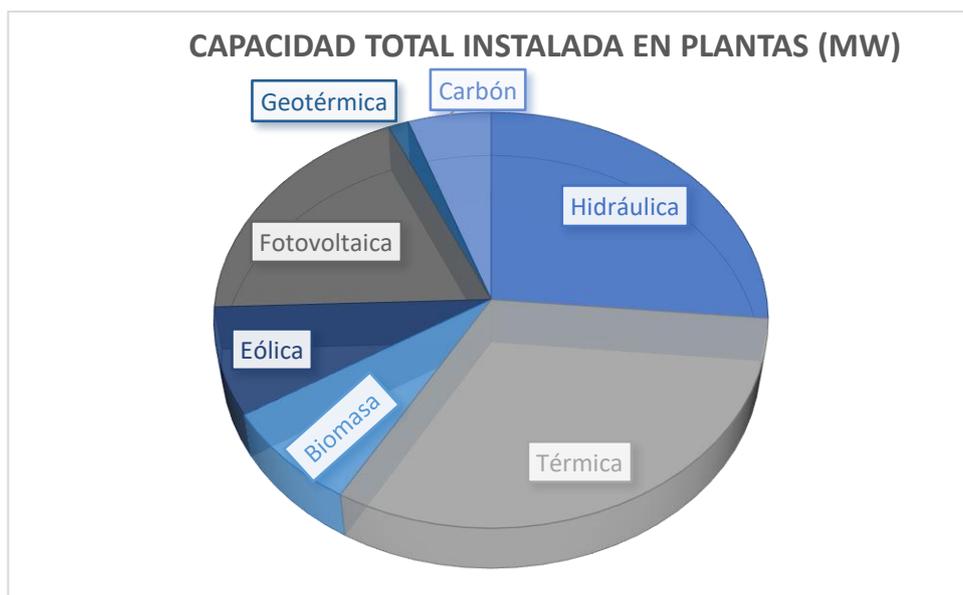
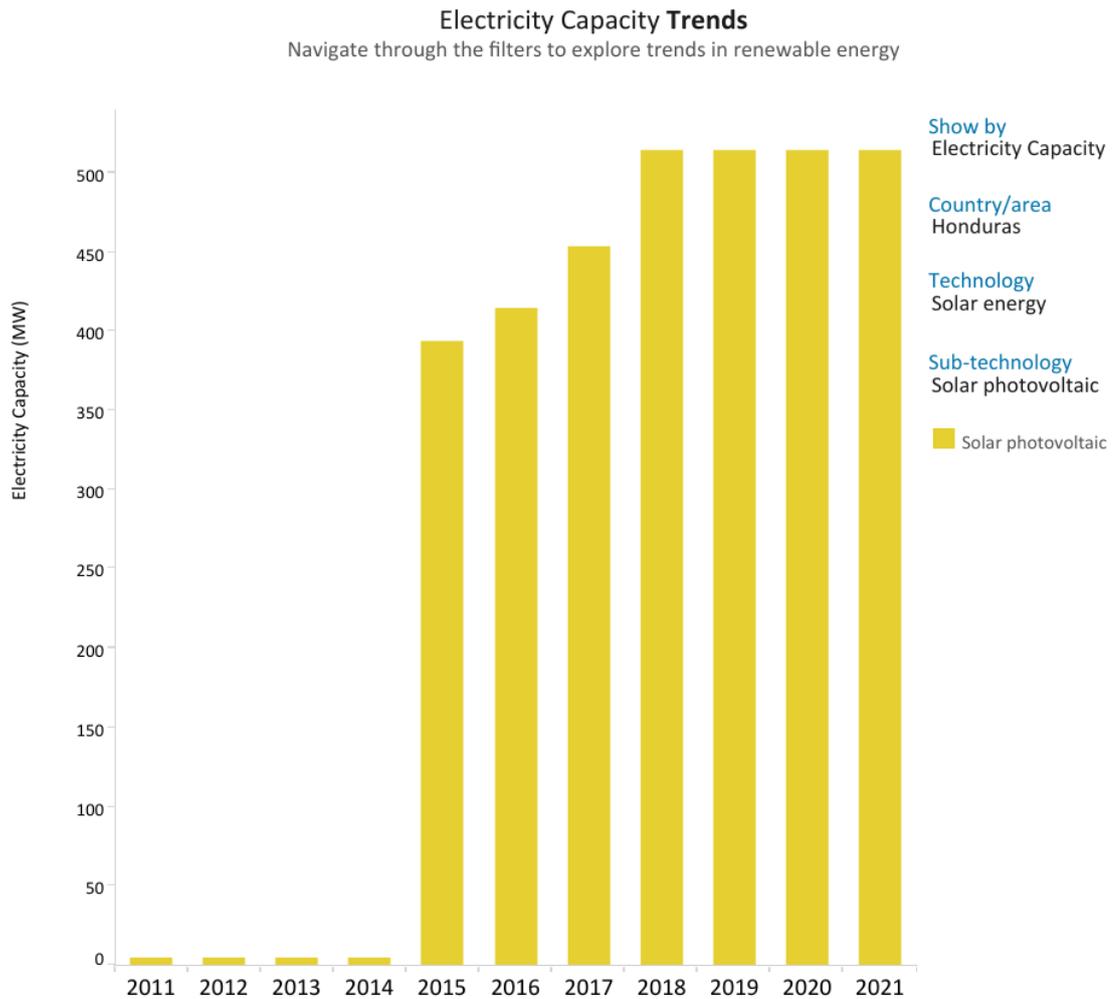


Figura 1. Capacidad total instalada en plantas (MW)

Fuente: (ENEE, 2017).

La Figura 2 exhibe, de manera esclarecedora, el punto de partida histórico de la energía solar fotovoltaica en Honduras, basándose en datos obtenidos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)



©IRENA..

Figura 2. Capacidad total de planta de generación de solar Fotovoltaica MW

Fuente: (IRENA, 2023).

En los últimos años, se ha observado un incremento significativo en el costo de la energía eléctrica, como se evidencia de manera concluyente en la Figura 3, debido a la dependencia de la matriz energética del país de combustibles fósiles, lo que afecta económicamente a la población Comisión Reguladora Energía Eléctrica (CREE, 2023).



Figura 3. Evolución de la tarifa promedio LPS/KWh

Fuente: (CREE, 2023).

Sin embargo, existen soluciones para reducir el costo en la facturación de energía eléctrica, una de ellas es la instalación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red, ya que esta es una forma de obtener energía a menor costo (IRENA, 2020). Además, la energía solar no tiene costos de combustible ni emisiones de gases de efecto invernadero, lo que la hace una opción atractiva para muchas personas y empresas que buscan reducir su huella de carbono.

En el territorio hondureño, se registra una notable y constante irradiación solar, circunstancia que lo convierte como un emplazamiento propicio para la generación de energía solar, tal y como se ilustra en la Figura 4, (SOLARGIS, 2017).

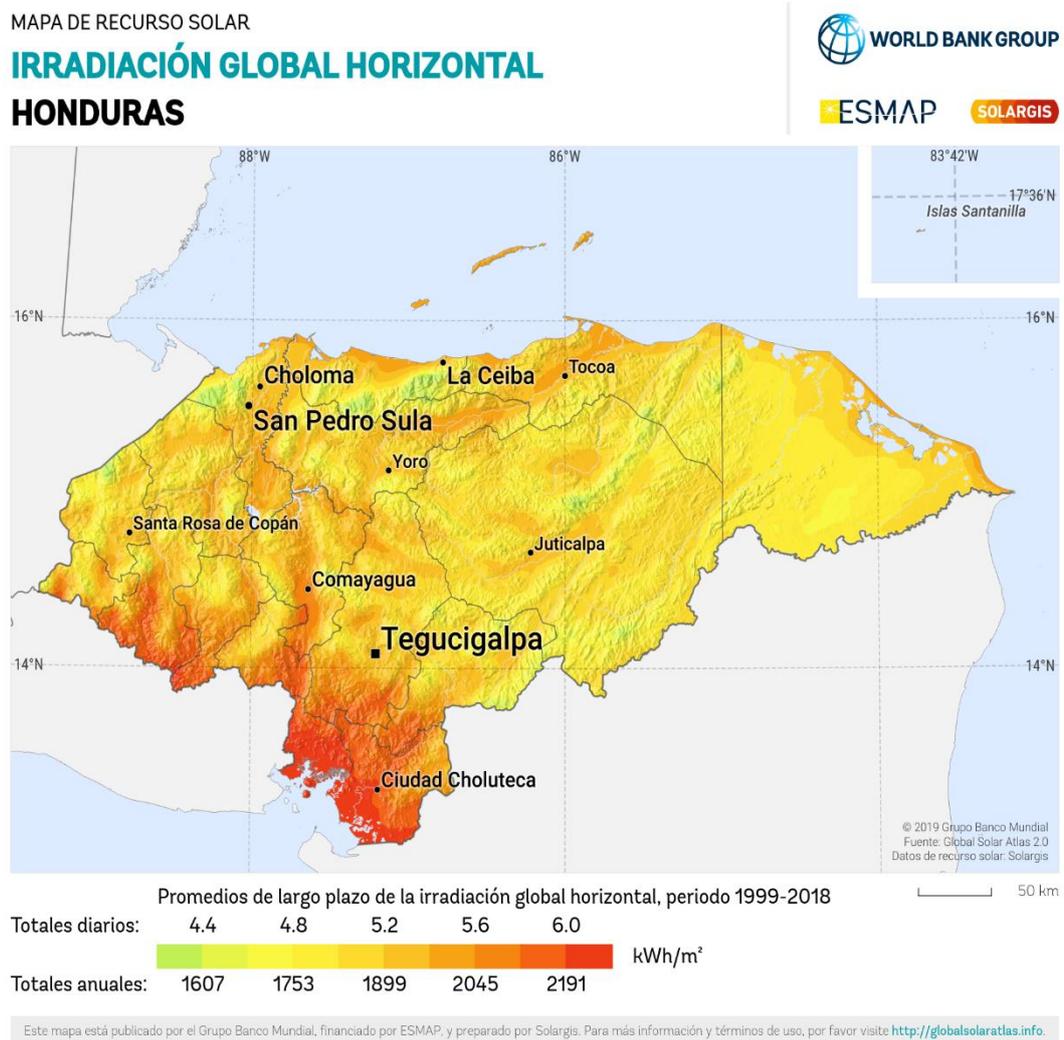


Figura 4. Mapa Radiación Solar Honduras.
Fuente: (SOLARGIS, 2017).

En general, la energía solar se está convirtiendo en una opción cada vez más asequible y competitiva en comparación con los combustibles fósiles, lo que la hace una opción cada vez más atractiva para la generación de energía en todo el mundo.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En sistema de bombeo de agua potable de la residencial Bosque Jucutuma III, tiene un consumo promedio mensual de 10286 Kwh/Mes, lo que equivale a un costo de L. 83,332, con la tarifa comercial trifásica actual de L. 5.8326 en septiembre 2023. Estos costos operativos relacionados con la facturación de la energía eléctrica tienen un impacto significativo en la rentabilidad de la empresa CAM INVERSIONES S.A. de C.V. empresa encargada de suministrar agua a los residentes para que estos costos no repercutan a la empresa esta ha trasladado incrementos tarifarios por m³ a los clientes y estos aumentos generaron un nivel de insatisfacción tal en la población que condujeron a la organización de una huelga como expresión de su profunda descontento con la situación (LA PRENSA, 2022).

En este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar la viabilidad técnica y económica de instalar un sistema solar fotovoltaico para la autoproducción de energía en la residencial Bosque Jucutuma III. Se busca alcanzar un ahorro del 50% en el pago de la factura eléctrica, reduciendo así el impacto de los costos operativos en la rentabilidad de la empresa y evitando el aumento de la tarifa del m³ de agua para los usuarios finales.

Para contextualizar el problema, se deben comparar los costos actuales con otros sistemas que utilizan energías renovables y evaluar cómo esta situación está afectando tanto a la empresa como a los clientes. Además, se debe considerar el impacto ambiental del uso de energías limpias en la residencial Bosque Jucutuma III, en términos de reducción de emisiones de CO₂ su contribución a la sostenibilidad ambiental. Por tanto, el planteamiento del problema se enfoca en la evaluación de la viabilidad técnica y económica de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la residencial Bosque Jucutuma III para la reducción de los costos operativos y de la tarifa del agua.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En esta investigación se busca evaluar la viabilidad técnica y económica de la instalación del sistema solar fotovoltaico, considerando variables financieras como el análisis costo

beneficio, y se pretende determinar cómo esta solución tecnológica puede ayudar a reducir los costos operativos y mejorar la rentabilidad de la empresa CAM INVERSIONES, propietaria de la residencial Bosques de Jucutuma.

¿Es viable técnicamente y rentable económicamente la instalación un proyecto solar fotovoltaico para la autoproducción, con el objetivo de reducir en un 50% los costos operativos relacionados con la facturación de energía eléctrica del sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las especificaciones técnicas del sistema solar fotovoltaico adecuado para reducir el consumo de energía eléctrica en el sistema de bombeo de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III?
2. ¿Cuál es el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico y cuál sería el tiempo de recuperación de la inversión?
3. ¿Cuáles son los factores que podrían afectar la eficiencia y rendimiento del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III?
4. ¿Es posible elaborar una propuesta técnica y económica para la implementación del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la factibilidad técnica y económica para un sistema solar fotovoltaico para la autoproducción de energía en el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosque Jucutuma III en Honduras, con el propósito de alcanzar un ahorro del 50% en el pago de la factura eléctrica y mantener una tarifa por m³ de agua sin aumentos significativos para los usuarios finales.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Identificar las especificaciones técnicas del sistema de energía fotovoltaica adecuado para energizar las bombas de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III.
2. Determinar cuál es el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico y cuál sería el tiempo de recuperación de la inversión.
3. Identificar los factores que podrían afectar la eficiencia y rendimiento del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III.

4. Elaborar una propuesta detallada para la implementación del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma, considerando las especificaciones técnicas, los costos y los factores que podrían afectar su rendimiento.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La optimización del sistema de energización de las bombas de agua potable en la Residencial Bosques de Jucutuma III es fundamental para garantizar el suministro constante de agua potable a los residentes y reducir los costos de mantenimiento lo que significaría la disminución o mantener las tarifas de facturación de los residentes.

Al ser el proyecto una obra en ejecución, a mediados de 2018, la administración decidió establecer una tarifa fija para consumidores menores de 10 m³ y una tarifa seccionada por rangos de consumo, con el fin de amortiguar un poco los gastos del sistema debido a que la cantidad de pobladores fue creciendo gradualmente. Y no fue sino hasta alcanzar cierto nivel de residentes que se logró primero cubrir y después empezar a percibir saldos positivos.

Más recientemente, a pesar de tener ya un mayor grado de población, seguía sin obtener la rentabilidad deseada, porque además del costo de facturación mencionado de alrededor de L.80,000 de la bomba de impulsión, la empresa incurre en los gastos de facturación eléctrica de la planta de tratamiento, mantenimiento de tanque de almacenamiento, gastos administrativos, mantenimiento de pozos, entre otros.

En febrero de 2022 se realizó un incremento a la tarifa intentando poder rentabilizar el negocio lo cual recibió el completo rechazo de los residentes, causando quejas, denuncias y conatos de manifestaciones, por lo que se tuvo que retornar a las tarifas anteriores. Esto sumado al descontento que ya tenían algunos residentes por la calidad del agua, que presenta cierto grado de dureza, permitido por las normativas de la ciudad.

La optimización del sistema de energización no solo mejorará el suministro de agua potable a los residentes, sino que también al reducir los costos de mantenimiento y funcionamiento, podrá mínimamente mantener las tarifas e inclusive que pueda quedar el margen para invertir en el tratamiento para una mejor calidad de agua. Sin mencionar los beneficios ambientales al optar por la utilización de energías más limpias.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

El objetivo del segundo capítulo es proporcionar el contexto teórico de la investigación, El marco teórico desempeña un papel esencial al respaldar la razón detrás de la investigación de un problema planteado, como se destaca en la obra de (Hernández Sampieri, 2010).A continuación, se detallan los factores del entorno a nivel macro y micro, además de llevar a cabo un análisis interno en el residencial bosque de jucutuma y la compañía CAM INVERSIONES esta es la responsable de proporcionar el servicio de suministro de agua potable en la región de Bosque de Jucutuma. Iniciando desde las tendencias de carácter global y centrándonos en el contexto nacional, el enfoque se dirige hacia el objetivo principal de esta investigación, que se enfoca en la implementación de tecnología fotovoltaica para la generación de energía solar.

2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO (EN EL MUNDO)

La tecnología fotovoltaica ha pasado a ser competitiva en todos los segmentos del mercado, especialmente en aplicaciones de conexión a la red, ya que la mayor inversión en el sector ha dado lugar a importantes avances en la automatización, la eficacia de fabricación y la capacidad. En la figura 5 se muestra como varios países punteros, como china, Alemania, el Japón y los Estados Unidos, que representan dos tercios del mercado mundial, han desarrollado programas de apoyo al mercado para reducir los costes. El crecimiento de la tecnología fotovoltaica ha conllevado un comportamiento típico de la "curva de experiencia", con un descenso en los precios de fabricación (ONU, 2023).

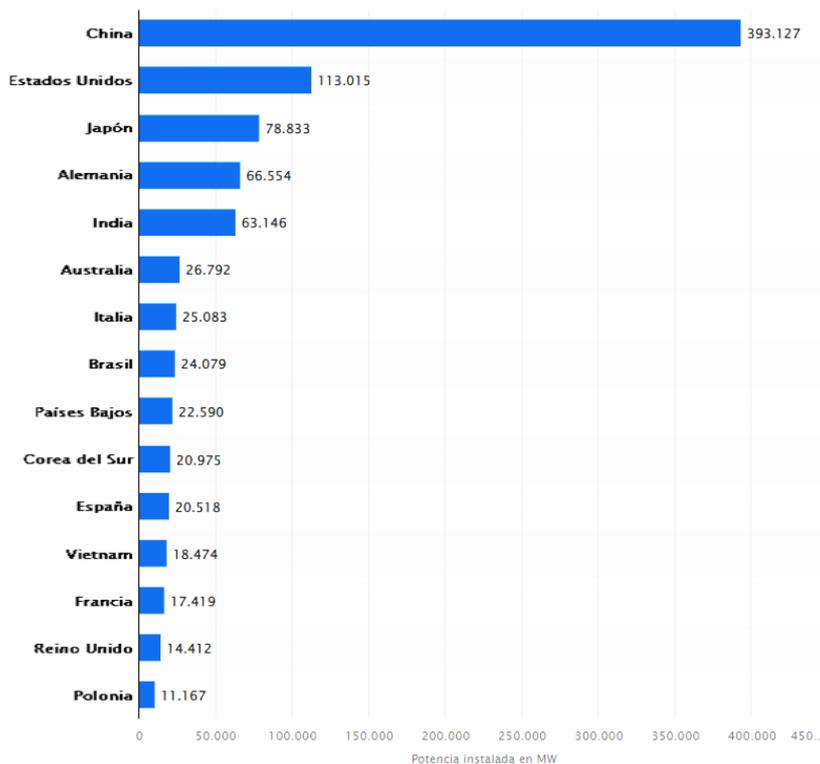


Figura 5. Países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada MW

Fuente: (STATISTA, 2022).

A nivel mundial, varios países han implementado políticas y programas para fomentar la adopción de sistemas de autoproducción de energía solar FV. Por ejemplo, Europa ha liderado el camino en la adopción de sistemas de autoproducción de energía solar FV y varios países han implementado políticas y programas para fomentar su uso. Alemania es líder en la instalación de paneles solares FV y tiene la tarifa (feed-in tariff) que La Ley de Energía Renovable otorga el derecho a cualquier individuo que instale un panel solar o un molino de viento a vender el excedente de energía a la red eléctrica, recibiendo una tarifa de alimentación garantizada (feed-in tariff) durante un período de 20 años (Weber, 2020).

En Asia, la adopción de sistemas de autoproducción de energía solar FV ha aumentado significativamente en los últimos años, y varios países han establecido objetivos ambiciosos de energía renovable para reducir su dependencia de los combustibles fósiles. China es el líder en la instalación de paneles solares FV en Asia, seguido por Japón e India (International Energy Agency, 2020).

Por otro lado, en África, la adopción de sistemas de autoproducción de energía solar FV ha sido limitada hasta la fecha, pero se espera que aumente en los próximos años impulsada

por políticas gubernamentales y la disminución de los costos de los paneles solares. Sudáfrica es el líder en la instalación de paneles solares FV en África, seguido por Egipto y Marruecos según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2020).

En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la adopción de la energía solar FV en América. Según la Agencia Internacional de Energía la capacidad total instalada de energía solar en América creció de 11 GW en 2010 a 102 GW en 2019 (IEA, 2020)

Muchos países de América han establecido incentivos fiscales y financieros para fomentar la adopción de energías renovables, incluyendo la energía solar FV. Por ejemplo, en Estados Unidos, el gobierno federal ofrece créditos fiscales para la instalación de sistemas solares de autoproducción

La reducción en los costos de la tecnología de paneles solares y equipos de instalación ha hecho que la energía solar FV sea cada vez más accesible para hogares y empresas en América. Según la AIE, el costo de la energía solar FV ha disminuido en un 90% desde 2010, lo que la convierte en una opción competitiva frente a los combustibles fósiles (IRENA, 2020)

A pesar del crecimiento generalizado de la energía solar FV en América, existen diferencias regionales en la adopción de esta tecnología. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL,2019), Brasil y México son los países líderes en la adopción de energía solar FV en América Latina, mientras que en Centroamérica, Costa Rica y Panamá son los líderes, la figura 6 muestra un mapa donde se muestran los porcentajes de energía solar por país.

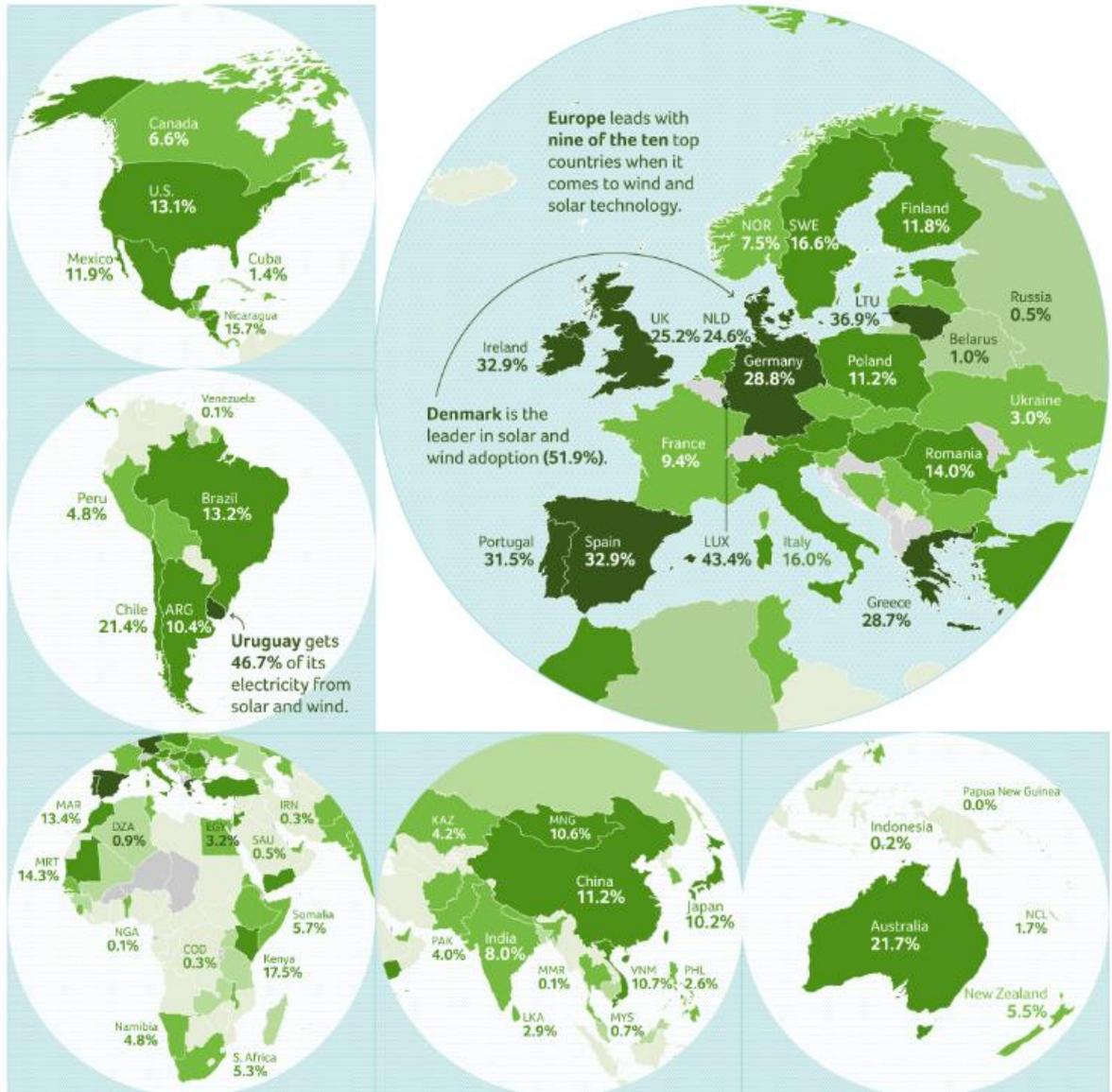


Figura 6. Mapa de la energía solar por países.

Fuente: (VISUAL CAPITALIST, 2022).

2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO (HONDURAS)

Honduras tiene un gran potencial para la energía solar debido a su ubicación geográfica y al clima tropical que caracteriza al país. Se encuentra en una zona con alta radiación solar, especialmente en sus regiones del sur y del este, donde se registran los niveles más altos de irradiación solar ver figura 4.

En Honduras, los altos costos de la electricidad han llevado a muchas empresas y hogares a buscar alternativas más asequibles y sostenibles. Honduras tiene un alto porcentaje de pérdidas como se muestra en la figura 7 según la CEPAL

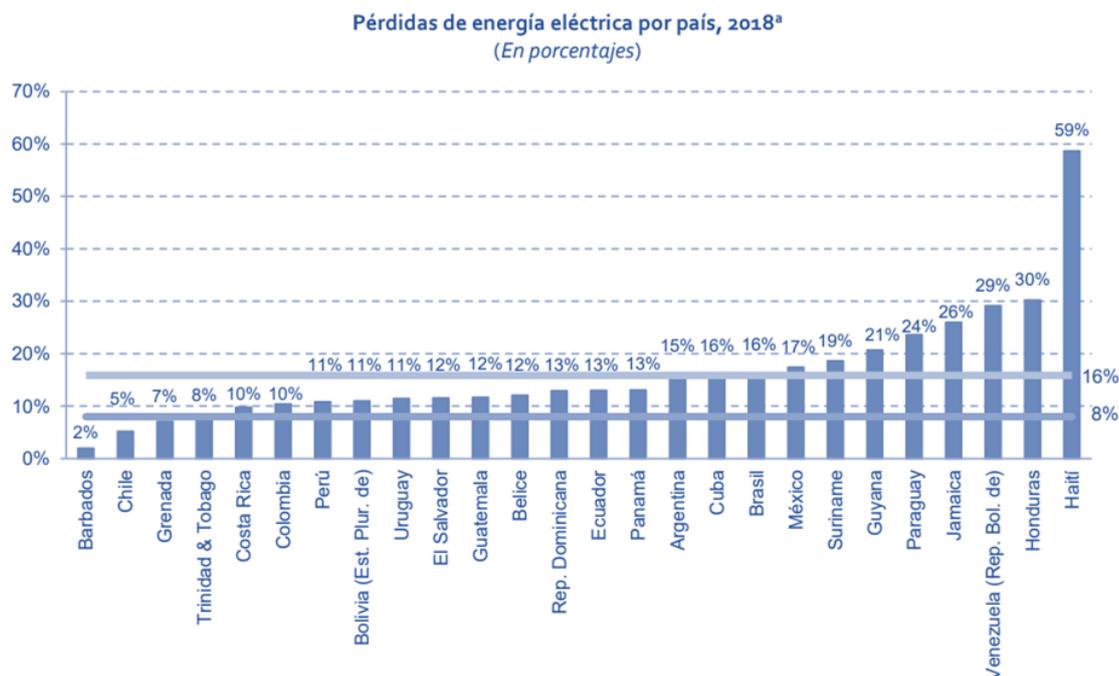


Figura 7. Porcentaje de pérdidas

Fuente: (CEPAL,2018).

"La electricidad es cara en Honduras. Los costos de la energía en Honduras son los más altos de Centroamérica y la región de América Latina y el Caribe" como se muestra en la figura 8.

El costo de la electricidad en América Latina

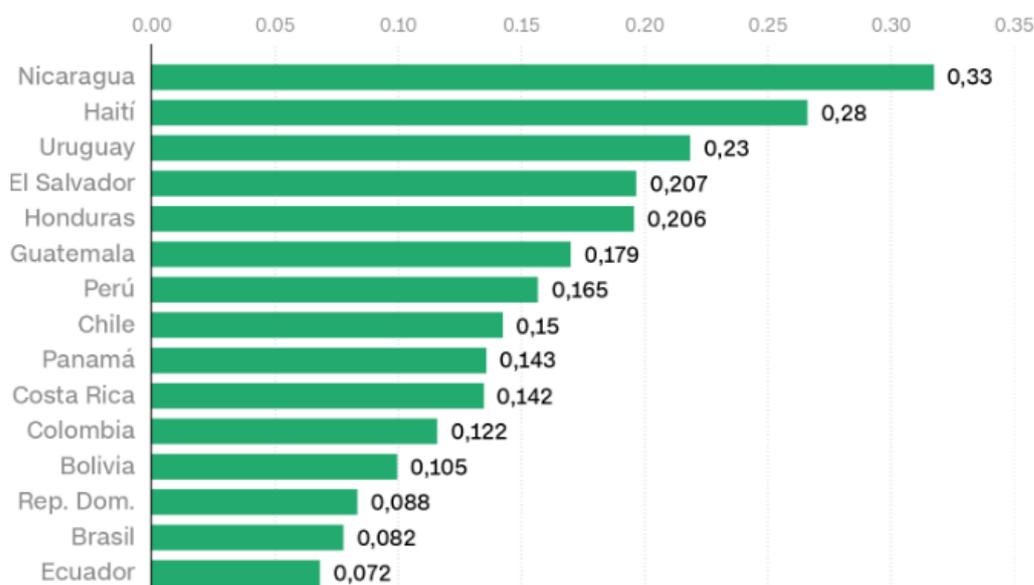


Figura 8. Costo de la electricidad en América Latina

Fuente: (The World Bank, 2019).

El costo de los paneles solares ha disminuido significativamente en los últimos años, lo que ha hecho que la instalación de sistemas de autoproducción de energía solar FV sea más accesible para los hogares y empresas en Honduras. Según la IRENA los precios de los paneles han disminuido como se indica en la figura 9.

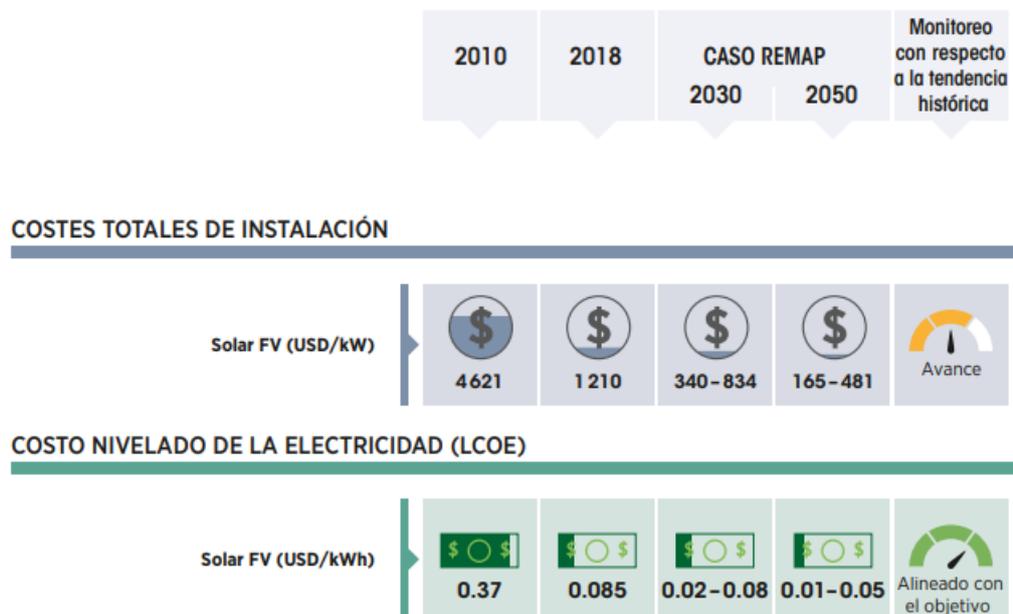


Figura 9. Disminución de costos de instalación de sistema solares

Fuente: (IRENA, 2019).

San Pedro Sula, la segunda ciudad más grande de Honduras, se encuentra en una zona con un alto potencial solar debido a su ubicación geográfica en el trópico y a su clima cálido. Según datos del Atlas Solar de Honduras elaborado por el Instituto de Energía y Ambiente de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, la irradiación solar promedio anual en la ciudad oscila entre 5,5 y 6,0 kWh/m²/día, con picos de hasta 7,0 kWh/m²/día en algunas zonas del área metropolitana (Iglesias y Mejía, 2013).

Este potencial solar ha generado un interés creciente en la adopción de sistemas solares en la ciudad, tanto en el sector residencial como en el comercial e industrial. En los últimos años, se han implementado varios proyectos solares en la zona, como la instalación de paneles solares en edificios públicos y en empresas privadas.

Sin embargo, todavía existen desafíos que dificultan su adopción generalizada, como la falta de acceso a financiamiento y la falta de capacitación técnica en la instalación y mantenimiento de sistemas solares (Banco Interamericano de Desarrollo, 2017). A pesar de

esto, el potencial solar de San Pedro Sula y de Honduras en general sigue siendo una oportunidad para la generación de energía limpia y sostenible en la región.

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO (RESIDENCIAL BOSQUES DE JUCUTUMA III)

El GRUPO CAM INVERSIONES, por medio de sus diferentes empresas ha desarrollado los siguientes Proyectos Habitacionales:

- Real del Campo 412 - viviendas
- Real del Campo No.2 - 434 viviendas
- Bosques de Jucutuma - 912 viviendas
- Bosques de Jucutuma II – 915 viviendas
- Residencial Paris – 264 viviendas
- Residencial Brisas del Valle – 14 viviendas

El Proyecto habitacional Bosques de Jucutuma III, está ubicado en el Municipio de San Pedro Sula, Cortés, localizado antes de llegar a Residencial Bosques de Jucutuma, en el kilómetro 6 de la carretera que conduce de Cemcol hacia la laguna de Jucutuma.

Recientemente se finalizó de construir un total de 1,213 viviendas, con un área de construcción de 72 m² en lotes de 10 x17 m, equivalente a 243.82 vr². La residencial cuenta con una planta de tratamiento, dos tanques de almacenamiento de 100 mil galones.

La urbanización ofrece una serie de características que la distinguen, incluyendo:

- Calle de acceso y calles internas pavimentada con concreto hidráulico,
- Red de Energía Eléctrica,
- Sistemas de Agua Potable, Aguas Residuales y aguas lluvias, Planta de Tratamiento
- Almacenamiento y distribución de agua potable para almacenar un volumen 100 mil galones, dotada con equipo de alta tecnología y eficiencia.
- Áreas Verdes: El Proyecto cuenta con los espacios necesarios para que la comunidad pueda desarrollar obras de interés común para el esparcimiento social propio y de sus familiares.

Es importante destacar que, en San Pedro Sula, son pocas las urbanizaciones que no están cubiertas por la empresa de agua potable, Aguas de San Pedro, por lo que la

administración de una empresa de este rubro ha representado un desafío. Inicialmente, la recaudación por facturación era menor que los gastos incurridos debido al crecimiento gradual de la población. Para compensar esta situación, se implementó una tarifa fija de L. 200 para consumos menores o iguales a 10 m³. Sin embargo, esto generó descontento entre los residentes cuyos consumos estaban dentro de este rango.

La falta de experiencia e información sobre el proceso de lectura, procesamiento de datos y facturación en el sector de agua potable, sumado al hecho de ser un monopolio durante mucho tiempo, resultó en la generación de inconsistencias en las facturas. Esto creó un ambiente de insatisfacción en la comunidad, al grado que, en febrero de 2022, la administración quiso trasladar el cobro del subsidio de energía gratis, cobrado por el gobierno entrante, lo que se manifestó en denuncias y protestas. Como consecuencia, se eliminó el cobro del subsidio de energía gratuita y se produjo un cambio de administración meses después.

En vista de estas circunstancias, la nueva administración, que ya ha estado a cargo de las primeras dos etapas de Bosques de Jucutuma, ha logrado mitigar el descontento general. Con el objetivo de mejorar el sistema y la rentabilidad de la empresa, se ha planteado la implementación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro eléctrico de las bombas de impulsión ubicadas en los pozos.

En la continuidad del análisis interno, se espera que la implementación del sistema solar fotovoltaico en Bosques de Jucutuma III traiga consigo los siguientes beneficios:

1. Reducción de costos de operación: Al aprovechar la energía solar para el suministro eléctrico de las bombas de impulsión, se reducirá la dependencia de la red eléctrica convencional y, por lo tanto, los costos asociados a la energía eléctrica.
2. Sostenibilidad ambiental: El uso de energía solar renovable contribuirá a la reducción de la huella de carbono y al cuidado del medio ambiente. Al disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables, se promoverá la transición hacia un modelo energético más sostenible.
3. Mejora en la calidad del servicio: La implementación del sistema solar fotovoltaico permitirá optimizar la eficiencia y confiabilidad de los sistemas de bombeo, lo que se traducirá en una mejor calidad del servicio de agua potable y aguas residuales para los residentes de Bosques de Jucutuma III.

4. Valor agregado a la urbanización: La adopción de tecnologías sostenibles, como la energía solar, puede generar un valor agregado a la urbanización. Esto puede resultar atractivo para potenciales compradores o residentes que buscan un estilo de vida más sustentable y consciente del medio ambiente.

Es importante destacar que la evaluación detallada de los costos, beneficios y viabilidad técnica de este proyecto será fundamental para garantizar su éxito a largo plazo.

2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Variable: Es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse (Sampieri, 2014).

Variable dependiente: Es la variable que el investigador observa, mide o registra para analizar cómo cambia en respuesta a las variaciones de las variables independientes, en esta investigación se considera el costo beneficio.

Variable independiente: es aquella que se considera el factor o la causa que puede influir o afectar a otra variable en el estudio, en esta investigación son la Demanda eléctrica, el estudio técnico y estudio financiero.

2.2.1 DEMANDA ELÉCTRICA

Demanda Eléctrica: se refiere a la cantidad de energía eléctrica que los consumidores o usuarios requieren o solicitan, generalmente expresado en kilovatios (kW) (Cantos, 2016).

Potencia Eléctrica: es la variación respecto del tiempo de entrega o absorción de la energía, medida en watts (W) (Sadiku, 2006).

Energía Eléctrica: Es la capacidad para realizar trabajo, medida en joules (J) (Sadiku, 2006).

Perfil de Carga: es un registro que muestra cómo varía la demanda de energía eléctrica de un consumidor o de un sistema eléctrico en un período de tiempo determinado. Este registro se presenta en forma de gráfica o tabla y representa la cantidad de energía eléctrica requerida en diferentes momentos del día, generalmente en intervalos de tiempo de una hora o incluso menos (Cantos, 2016).

2.3.1 ESTUDIO TÉCNICO

Estudio Técnico: es una investigación que consta de determinación del tamaño y localización óptima, ingeniería de proyectos y análisis organizativo.

Energía Solar: Es la energía Renovable procedente del sol en forma de radiación electromagnética ya sea luz visible, infrarroja ultravioleta (MUNDO RENOVABLE, 2023).

Energía Fotovoltaica: Es la transformación de energía solar en energía eléctrica, por medio de diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos como módulos fotovoltaicos, inversores y transformadores (MUNDO RENOVABLE, 2023).

Irradiancia: medida de la potencia solar incidente por unidad de superficie, cuantificando la intensidad de la radiación y midiéndose en W/m² o en algún otro múltiplo de esta unidad, por ejemplo, (kW/m²) (Cantos, 2016)

Irradiación: es la energía solar que recibe una unidad de superficie en un tiempo determinado. Es decir, se obtiene integrando o sumando las irradiancias que se presentan durante ese período de tiempo considerado. Se mide en Wh/m². O en algún otro múltiplo por ejemplo kWh/m² (Cantos, 2016)

Orientación (α): Viene caracterizada por el ángulo de acimut que se define como el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del módulo o captador con el meridiano del lugar (Cantos, 2016)

Ángulo de inclinación (β): Depende principalmente de la latitud (φ) del lugar a mayor latitud mayor inclinación (Cantos, 2016).

$$\beta = 3.7 + 0.69\varphi \quad (1)$$

2.3.2 ESTUDIO FINANCIERO

Estudio Financiero: es el ordenamiento y sistematización de la información de carácter monetario y la elaboración de los cuadros analíticos que sirven de base en la evaluación económica.

El LCOE, que es el Coste Nivelado de Electricidad, es una ampliación del método basado en el Valor Actual Neto (VAN) que incluye el factor de electricidad generada. Este indicador se utiliza para comparar el costo relativo de energía producida por distintos proyectos

de generación de energía, sin importar su tamaño o período de vida. Se calcula al dividir el coste total del ciclo de vida del proyecto entre la cantidad total de electricidad generada durante toda su vida útil, expresándose en términos monetarios. En resumen, el LCOE es una herramienta para evaluar la competitividad financiera de diferentes proyectos energéticos considerando su producción de electricidad y los costos asociados. (Arias-Cazco, 2022)

Período de recuperación: "El período de recuperación o plazo de recuperación es el tiempo que tarda una inversión en recuperar su costo inicial, mediante los flujos de efectivo netos que se generan. El período de recuperación es una medida de liquidez, ya que indica el tiempo que tarda la inversión en recuperar su inversión inicial" (Baca Urbina, 2010).

VAN: "El valor actual neto (VAN) es una herramienta financiera que permite medir el valor presente de los flujos de caja futuros generados por una inversión, descontados a una tasa de interés adecuada. El VAN representa el valor actual de los beneficios netos futuros, menos el valor actual de los costos, expresados en una misma unidad monetaria" (Baca Urbina, 2010).

2.2 TEORÍA DE SUSTENTOS

2.2.1 EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA.

La energía solar es una fuente de energía diaria y constante que es renovable, gratuita y se puede utilizar sin afectar el medio ambiente. Los sistemas de energía solar fotovoltaica son una forma de aprovechar la energía del sol. (Cantos, 2016, pág. 11)

2.2.2 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía producida por las reacciones de fusión nuclear en el sol, que se transmite en forma de radiación electromagnética y llega a la atmósfera terrestre. En términos generales, la radiación solar que llega a un módulo fotovoltaico se compone de diferentes tipos de radiaciones que se suman, tales como: Radiación Directa, Radiación Difusa, Radiación Reflejada (Cantos, 2016, pág. 12)

2.2.2.1 RADIACIÓN DIRECTA

Radiación directa es la energía radiante que proviene directamente del sol y se distingue por su capacidad para proyectar sombras nítidas de objetos opacos en los que incide. Este tipo de radiación disminuye en días más nublados. (Cantos, 2016, pág. 12).

2.2.2.2 RADIACIÓN DIFUSA.

Radiación difusa es la energía radiante que proviene de la atmósfera, como resultado de la dispersión de parte de la radiación solar en ella. Este tipo de radiación se propaga en todas las direcciones. En días sin nubes, la radiación difusa suele representar alrededor del 15% de la radiación total recibida en la superficie terrestre, mientras que en días nublados, puede alcanzar valores superiores al 50%, (Cantos, 2016).

2.2.2.3 RADIACIÓN REFLEJADA

Radiación reflejada es la energía radiante que proviene de la superficie terrestre y otros objetos, como resultado de la reflexión de la radiación solar sobre el terreno, lagos, entre otros. La cantidad de radiación reflejada depende de la capacidad de una superficie para reflejar la radiación solar (Cantos, 2016).

2.2.3 SISTEMAS SOLARES FV CONECTADOS A RED

En sistema solar fotovoltaico conectado a la red como se muestra en la figura 10, la energía generada por los paneles solares se utiliza primero para cubrir la demanda de energía de la carga. Si en algún momento la producción de energía solar es mayor que la demanda de energía de la carga, el excedente de energía se vierte a la red eléctrica. Por otro lado, si la demanda de energía de la carga es mayor que la producción de energía solar, la energía adicional necesaria se toma de la red eléctrica. En este caso, el sistema solar fotovoltaico no solo reduce la cantidad de energía que la carga toma de la red eléctrica, sino que también ayuda a estabilizar la red eléctrica al inyectar energía limpia y renovable en momentos de alta demanda. Además, en algunos lugares, los sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red pueden recibir compensación por la energía que se vierte a la red eléctrica en forma de tarifas de alimentación. Esto incentiva a más personas y empresas adoptar la energía solar y reducir su dependencia de los combustibles fósiles.

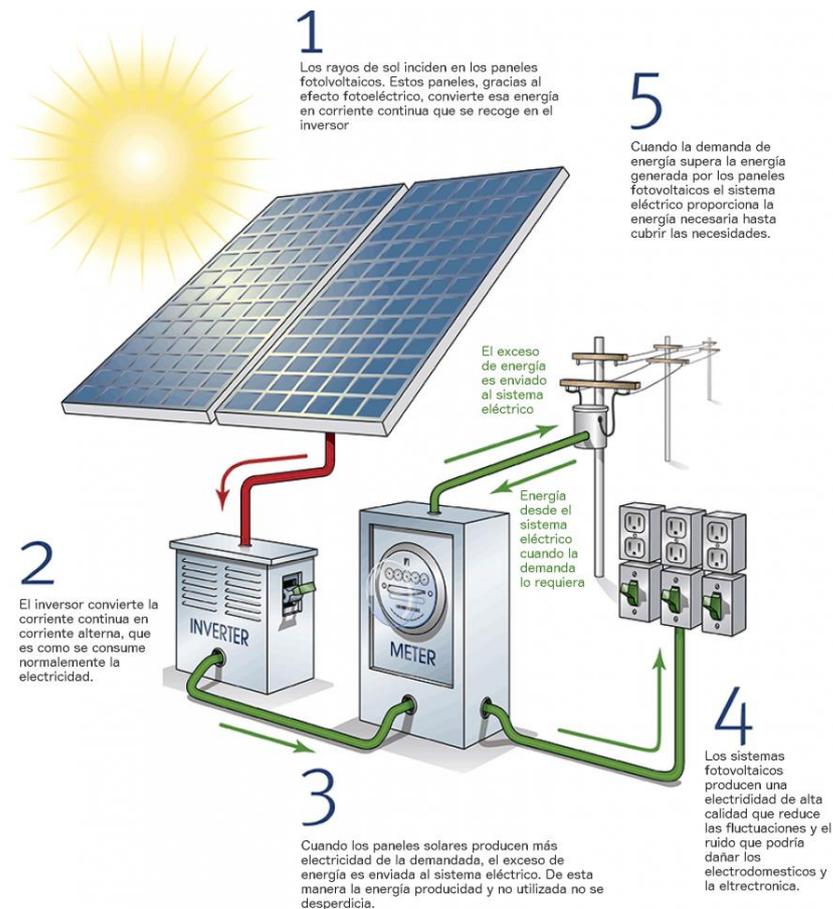


Figura 10. Esquema de un sistema Solar FV conectado a la red eléctrica.

Fuente (HELIO ESFERA, 2021).

2.2.4 TARIFA ELÉCTRICA (EN HONDURAS)

La historia de las tarifas eléctricas en Honduras se remonta a la década de 1960, cuando se fundó la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), que se encargó de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en todo el país. En ese momento, las tarifas eléctricas se establecían en función del costo de producción y distribución de energía eléctrica, que incluía los costos de los combustibles fósiles utilizados para generar electricidad.

Sin embargo, a lo largo de los años, las tarifas eléctricas en Honduras han sido objeto de críticas por su falta de transparencia y por la percepción de que los precios no reflejaban adecuadamente los costos reales de producción y distribución de la energía eléctrica. Además, la ENEE se ha enfrentado a problemas financieros y operativos, lo que ha afectado su capacidad para invertir en la modernización de la infraestructura eléctrica y ha llevado a un aumento porcentual de las tarifas eléctricas como se muestra en la figura 11.

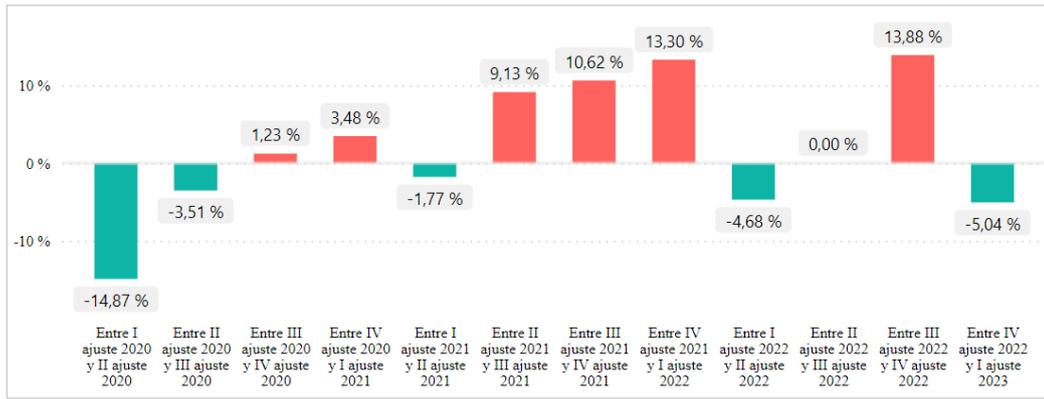


Figura 11. Diferencia Porcentual entre Tarifas

Fuente: (CREE, 2023).

En 1994, se promulgó la Ley General de la Industria Eléctrica (LGIE), que estableció un marco regulatorio para la industria eléctrica en Honduras y creó la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE) como la entidad reguladora del sector eléctrico. Desde entonces, la CREE ha estado a cargo de fijar las tarifas eléctricas y garantizar que los precios sean justos y razonables para los usuarios finales en la tabla 1 se muestra los precios de la tarifa eléctrica del primer trimestre del 2023.

Tabla 1. Tarifa Eléctrica

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Potencia	Precio de la Energía
	HNL/abonado-mes	HNL/kW-mes	HNL/kWh
Servicio Residencial			
Consumo de 0 a 50 kWh/mes	56.92		4.7815
Consumo mayor de 50 kWh/mes	56.92		
Primeros 50 kWh/mes			4.7815
Siguientes kWh/mes			6.2219
Servicio General en Baja Tensión	56.92		6.2199
Servicio en Media Tensión	2,472.21	311.3432	4.1849
Servicio en Alta Tensión	6,180.53	268.7772	3.9580

Fuente: (CREE, 2023).

2.5 TÉCNICAS

En este estudio se utilizan diversas técnicas para recolectar y analizar la información necesaria. Estas técnicas se seleccionaron en función de los objetivos y las preguntas de

investigación, así como de la disponibilidad y accesibilidad de los participantes y los recursos disponibles.

En primer lugar, se realiza un análisis documental para recopilar información relevante sobre la tecnología fotovoltaica, su implementación y las políticas gubernamentales asociadas. Esto incluye la revisión de literatura científica, informes técnicos, documentos gubernamentales y normativas legales.

En segundo lugar, se lleva a cabo una entrevista a expertos en el campo de la energía solar fotovoltaica, con el objetivo de obtener información detallada sobre las características técnicas del sistema, los costos asociados a su implementación y los posibles obstáculos y desafíos en el proceso de instalación y operación.

Finalmente, se realiza un análisis financiero para evaluar la rentabilidad y viabilidad económica del sistema fotovoltaico conectado a la red. Este análisis se basa en los datos recopilados sobre los costos de los equipos y materiales necesarios, los gastos de mantenimiento y operación, los ingresos por la venta de energía eléctrica generada y los posibles ahorros en la factura eléctrica a lo largo del tiempo. Para este análisis se utiliza software especializado en la evaluación financiera de proyectos.

Es importante mencionar que la selección de estas técnicas se realiza en función de las características específicas del estudio y no se pretende establecer una metodología única o generalizable para todos los estudios relacionados con la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

2.7 MARCO LEGAL

El proyecto de energía solar fotovoltaica propuesto en esta investigación cuenta con el respaldo de la "Norma Técnica de Usuarios Auto productores Residenciales y Comerciales", la cual fue aprobada el 31 de agosto de 2022 en la República de Honduras, con sede en Tegucigalpa, M.D.C.

La norma tiene como objetivo establecer los procedimientos, requisitos y responsabilidades aplicables a la conexión, operación y control de equipos de generación eléctrica que aprovechan recursos renovables, ubicadas dentro de las instalaciones internas de

un Usuario residencial o comercial de la Empresa Distribuidora, que posee equipos de generación con el objeto de abastecer su demanda y que podría inyectar a la red de distribución eléctrica el exceso de energía generada. (ENEE, 2022)

2.7.1 TIPOS DE AUTO PRODUCTORES

Tipo A que incluye a los Usuarios Residenciales y a los Usuarios Comerciales conectados en baja tensión;

Tipo B, que incluye a los Usuarios Comerciales conectados en media tensión y cuya capacidad de generación no supera 1 MW.

Tipo C: que incluye a los Usuarios Comerciales conectados en media tensión y cuya capacidad de generación supera 1 MW.

Estos tipos se establecen con el fin de diferenciar a los usuarios según su capacidad de generación y uso de la energía generada, y para establecer los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplir en función de su categoría.

2.7.2 REMUNERACIÓN POR EXCESO DE ENERGÍA

En cuanto a la remuneración por excedentes de energía generada, esta se realizará mediante créditos en la factura de suministro de energía eléctrica. Si en un período de lectura el monto generado por el Usuario Auto productor es mayor que el monto facturado por el consumo de energía, el saldo a favor se aplicará como crédito en la factura del período siguiente. Es decir, el remanente generado por el Usuario Auto productor después de la facturación correspondiente se acumulará como crédito y se aplicará al cargo por energía facturada en el siguiente período. De esta manera, se busca incentivar la generación de energía renovable y contribuir a una mayor eficiencia energética en el país.

CAPITULO III METODOLOGÍA

Después de identificar el problema de investigación y establecer el marco teórico que lo sustenta, en este capítulo se presentará la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación. Esta metodología incluirá una descripción detallada de las técnicas y procedimientos que se utilizarán para manejar las variables relevantes en el estudio.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

En esta sección se establece la relación entre el planteamiento del problema y la metodología empleada, utilizando variables que permitan el desarrollo del estudio de manera efectiva. Es importante conocer la relación entre los objetivos y las preguntas formuladas en el planteamiento del problema, así como definir claramente las variables que se estudiarán para validar los resultados obtenidos. Además, se describen los instrumentos eficaces que se utilizarán para garantizar la coherencia entre las variables y la hipótesis planteada.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz metodológica es una herramienta visual y organizativa utilizada en la investigación para establecer la relación entre los elementos clave de un estudio, como los objetivos de investigación, las preguntas de investigación, el marco teórico y la metodología seleccionada. En esta matriz, se crea una estructura que asegura la coherencia y la congruencia entre estos componentes, lo que facilita la planificación y la implementación efectiva de la investigación.

La matriz metodológica ayuda a los investigadores a alinear sus decisiones de investigación, a definir las variables y a seleccionar las técnicas y métodos apropiados para recolectar y analizar los datos. Esta herramienta promueve una planificación detallada y una comprensión clara de cómo cada aspecto de la investigación se relaciona entre sí, lo que contribuye a la calidad y robustez del estudio.

La tabla 2, muestra la matriz de congruencia metodológica, en este cuadro se observa la relación que debe existir entre el planteamiento del problema, las preguntas de investigación, los objetivos y las variables dependientes e independientes.

Tabla 2. Matriz de congruencia metodológica

Problemas de Investigación	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
		General	Específicos	Dependiente	Independiente
¿Es viable técnicamente y rentable económicamente la instalación un proyecto solar fotovoltaico para la autoproducción, con el objetivo de reducir en un 50% los costos operativos relacionados con la facturación de energía eléctrica del sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III?	¿Cuáles son las especificaciones técnicas del sistema solar fotovoltaico adecuado para reducir el consumo de energía eléctrica en el sistema de bombeo de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III?	Determinar la factibilidad técnica y económica para un sistema solar fotovoltaico para la autoproducción de energía en el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosque Jucutuma III en Honduras, con el propósito de alcanzar un ahorro del 50% en el pago de la factura eléctrica y mantener una tarifa por m ³ de agua sin aumentos significativos para los usuarios finales.	Identificar las especificaciones técnicas del sistema de energía fotovoltaica adecuado para energizar las bombas de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III.	Costo - Beneficio	Demanda eléctrica
	¿Cuál es el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico y cuál sería el tiempo de recuperación de la inversión?		Determinar cuál es el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico y cuál sería el tiempo de recuperación de la inversión.		
	¿Cuáles son los factores que podrían afectar la eficiencia y rendimiento del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III?	Identificar los factores que podrían afectar la eficiencia y rendimiento del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III.	Estudio técnico		
	¿Es posible elaborar una propuesta técnica y económica para la implementación del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III?	Elaborar una propuesta detallada para la implementación del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma, considerando las especificaciones técnicas, los costos y los factores que podrían afectar su rendimiento.			Estudio Financiero

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO



Figura 12. Esquema de variables

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

3.1.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

Dentro del proceso de investigación es esencial definir las variables de análisis tanto de forma conceptual como operacional. En el nivel conceptual, se busca dar un sentido claro y concreto a la investigación, eliminando cualquier ambigüedad en la definición de las variables. A nivel operacional, se identifican los indicadores precisos que permiten medir de manera empírica y cuantitativa las variables en cuestión. La definición clara y precisa de las variables es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Una vez que se han definido conceptualmente las variables, es necesario llevar a cabo su operacionalización para que el proyecto se pueda medir y aplicar de manera efectiva en la realidad. En esta sección del estudio, se describen las variables independientes y dependientes que serán objeto de análisis durante la investigación. En la figura 12, se muestra la variable dependiente (Costo-Beneficio) como el principal eje del análisis, mientras que las variables independientes (Estudio técnico, estudio financiero y demanda eléctrica) son elementos clave para el dimensionamiento del estudio. La tabla 3 muestra la operacionalización adecuada de estas variables permitirá su medición empírica y garantizará la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

Tabla 3. Operacionalización de variable

Variables	Definición Conceptual	Definición Operativa	Dimensiones	Indicadores/ Medidas	Unidad	Pregunta Asociada	Escala																																																											
Demanda eléctrica	Cantidad de energía eléctrica requerida por el sistema de bombeo de agua potable en la Residencial Bosques de Jucutuma III, medida en kilovatios-hora (kWh).	Registro histórico del consumo eléctrico del sistema de bombeo en la Residencial Bosques de Jucutuma III.	Consumo de energía eléctrica	Potencia total	kW	Pregunta 1 pregunta 4	Cuantitativa																																																											
				Perfil de carga	KWh			Estudio técnico	Evaluación detallada de la viabilidad técnica del sistema solar fotovoltaico propuesto para el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III.	Informe técnico que incluya: capacidad del sistema fotovoltaico, dimensionamiento de paneles solares, cálculo de eficiencia, análisis de impacto en el sistema de bombeo existente, etc.	Sistema solar fotovoltaico	Modulo Fotovoltaico	kW	Pregunta 1 pregunta 4	Cualitativa	Inversor	kW	Radiación Solar	Ubicación	Latitud Longitud	pregunta 3 pregunta 4	Cualitativa	orientacion	Grados Celsios	inclinacion	Grados Celsios	Eficiencia	Temperatura del modulo	Grados Celsios	Pregunta 3 pregunta 4	Cuantitativa	Hora solar pico	Horas	Estudio Financiero	Evaluación de la viabilidad económica del sistema solar fotovoltaico propuesto para el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III.	Análisis financiero que incluya: costo de inversión, ahorros esperados, período de retorno de la inversión, etc.	LCEO	Diseño del sistema	KWp	Pregunta 2 Pregunta 4	Cuantitativa	Vida Útil	Años	Inversion inicial	Lps	Costo Operación y Mantenimiento	Lps	VPNI	Energía generada	kWh	Tasa de descuento	%	Ahorro por autoconsumo	kWh	Inflacion	%	VPNE	Tiempo de vida del proyecto	Años	Costo de facturación	Lps	Inversion Inicial	Lps	Tiempo de vida del proyecto	Años	Pago de la deuda
Estudio técnico	Evaluación detallada de la viabilidad técnica del sistema solar fotovoltaico propuesto para el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III.	Informe técnico que incluya: capacidad del sistema fotovoltaico, dimensionamiento de paneles solares, cálculo de eficiencia, análisis de impacto en el sistema de bombeo existente, etc.	Sistema solar fotovoltaico	Modulo Fotovoltaico	kW	Pregunta 1 pregunta 4	Cualitativa																																																											
				Inversor	kW																																																													
			Radiación Solar	Ubicación	Latitud Longitud	pregunta 3 pregunta 4	Cualitativa																																																											
				orientacion	Grados Celsios																																																													
				inclinacion	Grados Celsios																																																													
			Eficiencia	Temperatura del modulo	Grados Celsios	Pregunta 3 pregunta 4	Cuantitativa																																																											
Hora solar pico	Horas																																																																	
Estudio Financiero	Evaluación de la viabilidad económica del sistema solar fotovoltaico propuesto para el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III.	Análisis financiero que incluya: costo de inversión, ahorros esperados, período de retorno de la inversión, etc.	LCEO	Diseño del sistema	KWp	Pregunta 2 Pregunta 4	Cuantitativa																																																											
				Vida Útil	Años																																																													
				Inversion inicial	Lps																																																													
				Costo Operación y Mantenimiento	Lps																																																													
			VPNI	Energía generada	kWh																																																													
				Tasa de descuento	%																																																													
				Ahorro por autoconsumo	kWh																																																													
				Inflacion	%																																																													
			VPNE	Tiempo de vida del proyecto	Años																																																													
				Costo de facturación	Lps																																																													
				Inversion Inicial	Lps																																																													
				Tiempo de vida del proyecto	Años																																																													
				Pago de la deuda																																																														
				Financiamiento																																																														
	Inflacion	Lps.																																																																

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

3.1.2 HIPÓTESIS

Según Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010), una “hipótesis es una propuesta provisional acerca de la posible relación entre dos o más variables, formulada como una respuesta tentativa al problema de investigación, que se somete a prueba empírica para determinar su validez o modificarla”. (p. 104). Para este estudio se lograron establecer las siguientes hipótesis:

Hi: La implementación de un sistema fotovoltaico para el sistema de bombeo en Residencial Bosques de Jucutuma III será factible con una relación Beneficio-Costo mayor que 1.

Ho: La implementación de un sistema fotovoltaico para el sistema de bombeo en Residencial Bosques de Jucutuma III no será factible con una relación Beneficio-Costo menor o igual que 1.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODO.

En este apartado se establece el enfoque utilizado en la investigación y se presenta un esquema que describe las etapas que serán llevadas a cabo, junto con su vinculación con las variables, las preguntas de investigación y otros aspectos relevantes.

La investigación se utiliza un enfoque cuantitativo . En la parte cuantitativa, se lleva a cabo un análisis económico y financiero para evaluar la viabilidad económica del proyecto fotovoltaico en el sistema de bombeo de Residencial Bosques de Jucutuma III. Esto implica la recopilación de datos financieros y económicos precisos y la realización de cálculos matemáticos para analizar la rentabilidad del proyecto, se recopila información sobre las necesidades energéticas del sistema de bombeo y cómo se ve afectada por el suministro de energía. También se recopilan opiniones y percepciones de la empresa CAM INVERSIONES sobre el proyecto fotovoltaico.

Se llevó a cabo un diseño no experimental en la investigación, el enfoque no estuvo en la manipulación de variables independientes o la asignación aleatoria de participantes, sino en la recopilación y análisis de datos para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Se utilizaron técnicas de recopilación de datos análisis financiero y estadístico para obtener información y hacer inferencias acerca de la viabilidad económica del proyecto fotovoltaico sin la necesidad de llevar a cabo una manipulación intencional de variables independientes.

La investigación se enmarca en un diseño transversal, lo que significa que la recolección de datos se realiza en un único momento y se analizan las variables de interés y su relación entre sí. En este caso, se han recopilado datos sobre la radiación solar anual, los costos de inversión y otras variables financieras relevantes que se utilizan como referencia en la actualidad. Al recopilar datos en un solo momento, se puede obtener una instantánea de la situación actual y analizar la viabilidad del proyecto en función de los datos disponibles en ese momento.

El estudio se enfoca en el diseño de la integración de sistemas solar fotovoltaico conectado a la red. Para fundamentar el estudio, se realiza un análisis técnico descriptivo que aborda los objetivos específicos y preguntas de investigación. Además, se lleva a cabo un estudio financiero utilizando la metodología del Costo-Beneficio para evaluar los beneficios esperados del proyecto fotovoltaico a través de proyecciones de valor presente. Con este alcance, se busca evaluar el cumplimiento de los objetivos específicos y preguntas de investigación establecidos en el estudio.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En figura 13 describe la metodología que se utilizará para obtener los datos necesarios para el estudio

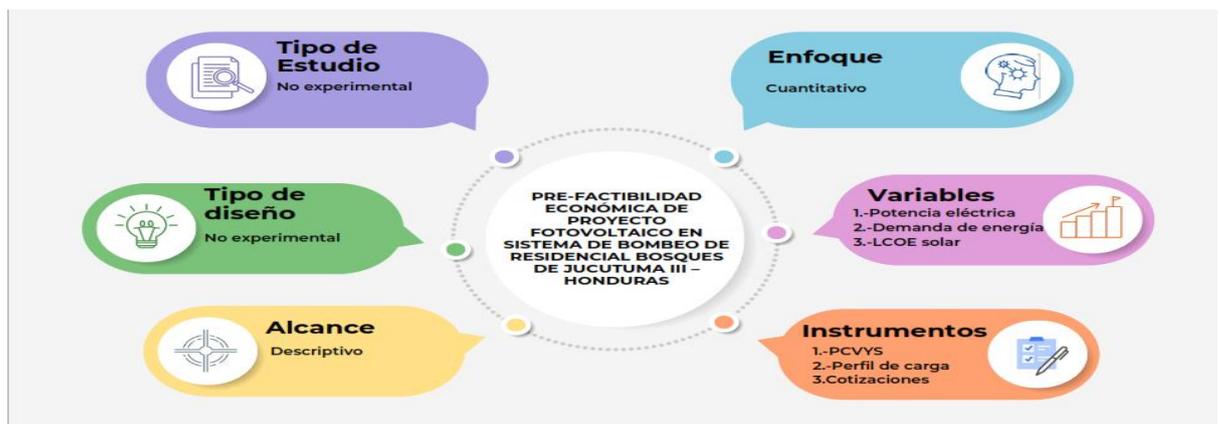


Figura 13. Esquema de investigación

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

La tabla 4 muestra los recursos necesarios según las estrategias a utilizar para llevar a cabo las diferentes etapas de la investigación.

Tabla 4. Recursos y tiempos de ejecución

Estrategia	Actividades	Recursos		Tiempo de ejecución	Responsable
		Humanos	Materiales		
Estudio de la demanda	Recopilar información del consumo mensual del sistema de bombeo	1	Computadora	1 días	
			internet		
			Perfil de carga		
			brindado por EHH		
Estudio estructural para montaje del proyecto	Medir el espacio disponible para el montaje del sistema	2	Computadora	5 días	Josue Reyes Y Ariel Peña
			internet		
			AutoCAD		
Estudio del potencial Solar en la zona	Recopilar información sobre la radiación solar con PVSYST	1	Computadora	1 días	Josue Reyes
			internet		
			Pvsyst		
Diseño del sistema solar propuesto	Con los datos de consumo y del área disponibles se procede al dimensionamiento del	2	Computadora	2 días	Josue Reyes Y Ariel Peña
			internet		
			Heliscope		
			Pvsyst		
Investigación sobre financiamientos	Con dimensionamiento y con el valor del proyecto se consulta a las entidades, financieras nacionales sobre préstamos para proyectos de energía renovable	2	Computadora	5 días	Josue Reyes Y Ariel Peña
			internet		
			vehículo		
Estudio Financiero	Después de recopilar y analizar información relevante, se procederá a realizar un estudio financiero, mediante la aplicación de técnicas de análisis costo-beneficio. mediante la aplicación de técnicas de análisis costo-beneficio.	2	Computadora	5 días	Josue Reyes Y Ariel Peña
			internet		
Conclusiones y recomendaciones	Recomendaciones Formular conclusiones y recomendaciones del estudio	2	Computadora	3 días	Josue Reyes Y Ariel Peña
			internet		
Plan de Acción	Acción elaborar propuesta del proyecto	2	Computadora	3 días	Josue Reyes Y Ariel Peña
			internet		

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

3.3.1 MUESTRA

la única muestra que se debe considerar es la propia empresa, ya que no existe un universo mayor de empresas similares para seleccionar una muestra representativa. Al

enfocarse en una empresa aislada, se debe realizar un análisis detallado de su consumo energético y costos asociados, evaluar la viabilidad de implementar un sistema solar en función de las características de la empresa, su entorno y las condiciones específicas de radiación solar en la zona en la que se encuentra la empresa.

Las condiciones específicas de radiación solar en la zona donde se encuentra la empresa aislada son un factor clave a considerar al evaluar la viabilidad de un sistema solar para la empresa. La radiación solar es uno de los principales factores que influyen en la viabilidad de un sistema solar, ya que la energía generada por los paneles solares depende directamente de la cantidad de radiación solar recibida. Por lo tanto, al evaluar la viabilidad de implementar un sistema solar en una empresa aislada, se deben tener en cuenta las características específicas de la zona en términos de radiación solar, incluyendo la intensidad de la radiación, la duración del día y la cantidad de nubosidad en la zona.

3.3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

Se consideran como unidad de análisis las dimensiones de las variables independientes que se incluyen tanto en el estudio técnico como en el financiero. Estas variables se clasifican en dos grandes grupos: Beneficios y Costos.

Esto significa que se analizarán detalladamente las variables que influyen en los beneficios y costos del sistema solar en la empresa aislada. El estudio técnico incluirá variables como la capacidad del sistema, el rendimiento de los paneles solares y las características de la radiación solar en la zona, mientras que el estudio financiero considerará variables como el costo de los paneles solares, los gastos de instalación y mantenimiento, y el ahorro de costos en la facturación de energía eléctrica.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

3.4.1 MATRIZ DE DECISIÓN

La matriz de decisión utilizada específicamente en la evaluación de los paneles solares e inversores ofrecidos por las diferentes empresas proveedoras. En ella se analizarán los criterios técnicos de los paneles e inversores, como su capacidad, rendimiento y eficiencia, así como los criterios financieros, como su costo y garantía. Además, se evaluarán las ofertas de las empresas proveedoras y se considerará la calidad de sus productos, su experiencia en el mercado y su reputación en el sector. La matriz de decisión permitirá comparar de manera

objetiva y sistemática las ofertas de las diferentes empresas proveedoras y determinar cuál es la más conveniente para la empresa.

3.4.2 INSTRUMENTOS APLICADOS

3.4.2.1 HELISCOPE

Al utilizar esta herramienta, se pueden simular las condiciones de radiación solar en la zona específica donde se instalará el sistema solar, lo que permite calcular la producción de energía del sistema en diferentes épocas del año y en diferentes horarios. Esto es importante porque permite evaluar la viabilidad y rentabilidad del sistema solar en la ubicación específica de la empresa.

3.4.2.3 PVGIS

PVGIS es una herramienta en línea desarrollada por la Comisión Europea que proporciona información detallada sobre la energía solar fotovoltaica (PV) para un lugar específico. Utiliza datos climáticos históricos para calcular el rendimiento de un sistema fotovoltaico en términos de producción de energía anual, así como para proporcionar información sobre el potencial de radiación solar y la temperatura del módulo en un lugar determinado.

3.4.2.3 LCEO

El LCEO es una herramienta muy valiosa en esta investigación por que permite evaluar la viabilidad financiera del proyecto y comparar diferentes configuraciones y tecnologías solares. Su uso puede proporcionar información crucial sobre los costos y beneficios esperados del proyecto, lo que es fundamental para tomar decisiones financieras informadas y asegurar la rentabilidad del proyecto a largo plazo.

3.4.2.4 DIMENSIONAMIENTO POR SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA

La sustitución energética es un enfoque comúnmente utilizado en el diseño de sistemas solares fotovoltaicos, especialmente en proyectos de generación distribuida y sistemas autónomos. Los investigadores han utilizado este método para determinar el tamaño óptimo del sistema solar necesario para reemplazar o reducir la energía consumida de la red eléctrica. Este enfoque implica el cálculo de la cantidad de energía que el sistema solar debe generar para reemplazar la cantidad de energía que normalmente se tomaría de la red eléctrica nacional. Los factores que se deben considerar al utilizar este enfoque incluyen la ubicación del proyecto, la

eficiencia del sistema solar y la disponibilidad de recursos solares. Con el uso de la sustitución energética, los investigadores pueden diseñar sistemas solares eficientes y rentables que reducen el consumo de energía desde la red eléctrica y promueven la transición hacia una energía más sostenible.

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias son documentos originales que proporcionan información de primera mano sobre el sistema solar en cuestión y son esenciales para la prefactibilidad que busca evaluar la viabilidad y factibilidad de este proyecto

- 1) Perfil de carga EEH.
- 2) Informe de Software de gestión meteorológica PVSYST
- 3) Software de diseño solar HELISCOPE

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias se refieren a documentos o materiales que se basan en información que ha sido recopilada y presentada por otra persona o entidad.

Se utilizaron una amplia variedad de fuentes, tanto físicas como en línea, incluyendo libros físicos, fuentes en línea como artículos y estudios, informes de mercado y análisis de la industria solar, estadísticas y datos de la industria solar, guías y manuales de diseño y construcción de sistemas solares y tesis de pregrado y posgrado relacionadas con la energía solar y proyectos de infraestructura, Metodología de la investigación por Hernández-Sampieri et al. (2010).

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS

El cuarto capítulo tiene como propósito presentar el estudio de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica conectado a la red de energía eléctrica, comenzando con la descripción del proyecto, el análisis de demanda eléctrica, estudio técnico, el estudio financiero.

4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos necesarios para el desarrollo del sistema solar, se llevó a cabo una visita de campo al lugar donde se instalará el proyecto. Durante esta visita, se evaluaron y analizaron las condiciones del terreno, identificando la ubicación más adecuada para la instalación de los paneles solares y obteniendo las coordenadas UTM del sitio para futuros análisis, se analizan los horarios de uso del sistema eléctrico. Las coordenadas del lugar son importantes para conocer el potencial solar y para conocer la orientación e inclinación que deben tener los paneles solares, asegurando así la máxima eficiencia energética del se utilizó el programa PVsyt para analizar el potencial solar del lugar y determinar la capacidad de producción energética del sistema.

La empresa CAM INVERSIONES que financia el proyecto cuenta con el histórico de consumo de energía de la bomba que abastece el tanque de agua de la residencial Bosque de Jucutuma, lo que permitió conocer la cantidad de energía requerida para su funcionamiento y dimensionar el sistema solar de manera adecuada conociendo las leyes locales y el porcentaje de energía que se pretende ahorrar 50%.

Para conocer los costos de los equipos necesarios para la instalación del sistema solar fotovoltaico, se realizaron cotizaciones con varias empresas locales especializadas en el rubro. De esta manera, se obtuvieron precios competitivos y se seleccionaron los mejores proveedores para garantizar la calidad y durabilidad de los equipos.

Asimismo, los costos de la mano de obra necesaria para la instalación del sistema se determinaron mediante consultas a expertos en el área, se consideró los imprevisto que pueden haber en el proyecto, los costos por operación y mantenimiento que el proyecto presentara a lo largo de su vida útil, la inflación que tendrá la tarifa eléctrica, la degradación que los módulos presenta a lo largo de su vida útil y también se considera el reemplazo del inversor en el año

12 ya que estos elementos tienen una vida útil menor que la del panel solar. De esta manera, se aseguró la eficiencia y eficacia de la instalación del sistema solar, garantizando un resultado exitoso y sostenible en el tiempo. Finalmente, se llevó a cabo un análisis económico utilizando la herramienta de Excel y la metodología de análisis de proyectos solares fotovoltaicos vista en la clase de energía solar de la maestría. De esta forma, se determinaron los costos y beneficios del proyecto, permitiendo una adecuada toma de decisiones para su implementación.

4.2 DEMANDA ELÉCTRICA

Demanda Eléctrica: se refiere a la cantidad de energía eléctrica que los consumidores o usuarios requieren o solicitan, generalmente expresado en kilovatios (kW) (Cantos, 2016). La tabla 5 muestra la demanda de energía eléctrica de la bomba que suministra el agua a Residencial Bosques de Jucutuma.

Tabla 5. Demanda energética del sistema de bombeo

MES	Δt (MESES)	t (MESES)	P (t)	Energía
AGOSTO-2019	0.58	0.58194	1.3976	585.60
SEPTIEMBRE-2019	0.90	1.47778	5.7705	3722.00
OCTUBRE-2019	1.14	2.61667	8.2659	6778.00
NOVIEMBRE-2019	1.00	3.61667	9.2211	6639.20
DICIEMBRE-2019	1.03	4.65	9.1532	6810.00
ENERO-2020	1.03	5.68333	8.714	6483.20
FEBRERO-2020	0.97	6.65	6.9092	4808.80
MARZO-2020	1.03	7.68056	10.9801	8147.20
ABRIL-2020	1.00	8.68333	8.8349	6378.80
MAYO-2020	1.03	9.71667	15.42	11471.60
JUNIO-2020	1.00	10.7167	13.07	9408.80
JULIO-2020	1.03	11.75	12.40	9222.80
AGOSTO-2020	1.03	12.7833	17.02	12663.60
SEPTIEMBRE-2020	1.00	13.7833	17.47	12576
OCTUBRE-2020	1.03	14.8167	16.87	12554.4
NOVIEMBRE-2020	1.00	15.8167	17.63	12693.2
DICIEMBRE-2020	1.03	16.85	12.66	9416
ENERO-2021	0.98	17.825	15.88	11148
FEBRERO-2021	0.98	18.8042	15.36	10827.6

MES	Δt (MESES)	t (MESES)	P(t)	Energía
MARZO-2021	1.05	19.85	14.61	11003.2
ABRIL-2021	1.00	20.85	14.28	10280.8
MAYO-2021	1.03	21.8833	16.67	12399.2
JUNIO-2021	1.00	22.8833	15.83	11396.8
JULIO-2021	1.03	23.9167	15.24	11340.4
AGOSTO-2021	1.03	24.95	15.61	11616.4
SEPTIEMBRE-2021	1.00	25.95	15.30	11012.4
OCTUBRE-2021	1.03	26.9833	15.51	11538
NOVIEMBRE-2021	1.00	27.9833	7.21	5194
DICIEMBRE-2021	1.03	29.0167	3.53	2622.8
ENERO-2022	1.03	30.05	10.21	7596.8
FEBRERO-2022	0.93	30.9833	9.69	6510
MARZO-2022	1.03	32.0167	14.58	10846.4
ABRIL-2022	1.00	33.0167	17.40	12527.2
MAYO-2022	1.02	34.0389	14.61	10754
JUNIO-2022	1.01	35.05	17.32	12607.2
JULIO-2022	1.03	36.0833	17.11	12728.8
AGOSTO-2022	1.03	37.1167	16.54	12305.2
SEPTIEMBRE-2022	1.00	38.1125	16.70	11974.4
OCTUBRE-2022	1.02	39.1333	16.51	12138.4
NOVIEMBRE-2022	1.01	40.1431	16.02	11649.2
DICIEMBRE-2022	1.03	41.1736	16.80	12465.6
ENERO-2023	1.02	42.1931	18.32	13443.6
FEBRERO-2023	0.96	43.15	18.10	12468
MARZO-2023	1.03	44.1833	20.99	15618
ABRIL-2023	1.00	45.1833	21.45	15442.4
MAYO-2023	1.03	46.2097	19.53	14435.6
JUNIO-2023	1.01	47.2153	16.24	11757.2
JULIO-2023	0.82	48.0375	18.98	11236.4

Fuente: (Elaboración propia con datos brindados por la Empresa Energía Honduras,2023).

La tabla 6 muestra la energía eléctrica consumida de manera mensual desde agosto del 2019 a julio de año 2023 se observa que la energía eléctrica incrementa su consumo anualmente.

Tabla 6. Comparación anual de la energía consumida.

MES	2019	2020	2021	2022	2023
ENERO	0	6483.2	11148	7596.8	13443.6
FEBRERO	0	4808.8	10827.6	6510	12468
MARZO	0	8147.2	11003.2	10846.4	15618
ABRIL	0	6378.8	10280.8	12527.2	15442.4
MAYO	0	11471.6	12399.2	10754	14435.6
JUNIO	0	9408.8	11396.8	12607.2	11757.2
JULIO	0	9222.8	11340.4	12728.8	11236.4
AGOSTO	585.6	12663.6	11616.4	12305.2	0
SEPTIEMBRE	3722	12576	11012.4	11974.4	0
OCTUBRE	6778	12554.4	11538	12138.4	0
NOVIEMBRE	6639.2	12693.2	5194	11649.2	0
DICIEMBRE	6810	9416	2622.8	12465.6	0
TOTAL	24534.8	115824.4	120379.6	134103.2	94401.2

Fuente: (Elaboración propia con datos brindados por la Empresa Energía Honduras, 2023).

En la Figura 14 se observa la potencia de la bomba desde agosto del 2019 a julio 2023 con Potencia promedio de 13.98KW mensual.



Figura 14. Potencia mensual

Fuente: (Propia con datos de EEH,2023).

En la figura 15 se muestra el comportamiento de la energía eléctrica consumida por el sistema eléctrico que abastece la bomba de la residencial se obtuvo promedio mensual de energía de 10286 KW /Mensual.

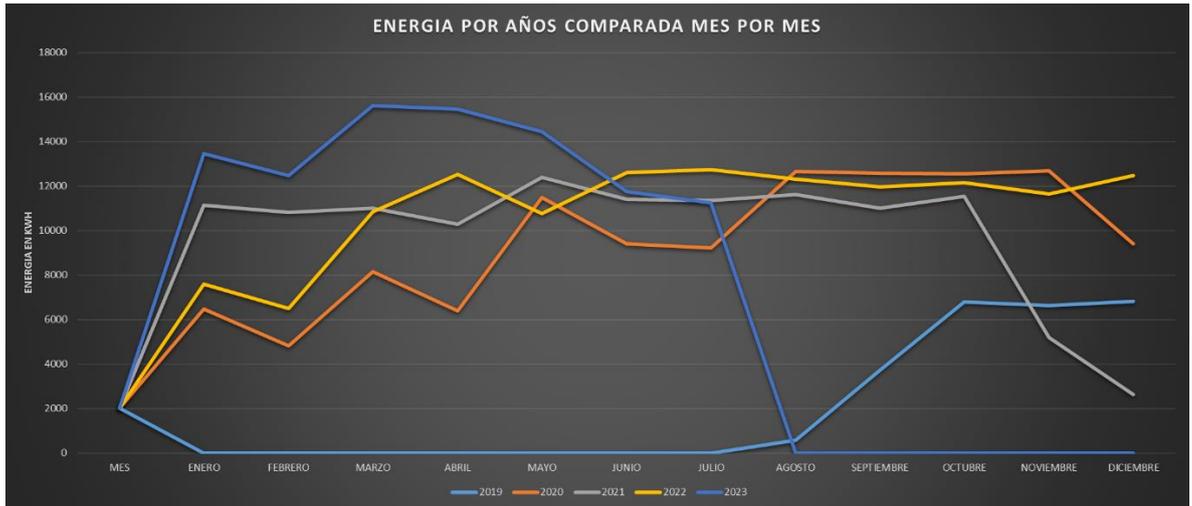


Figura 15. Energía consumida kWh/mes
Fuente: (Elaboración propia, 2023).

4.2 ESTUDIO TÉCNICO

4.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se realizará en la residencial Bosques de Jucutuma, en el sector Noreste de la ciudad industrial de San Pedro Sula, Cortés, en el norte de Honduras. Las características geográficas principales del sitio son presentadas en la figura 16

- 1) Latitud: 15.508884
- 2) Longitud: -87.930819

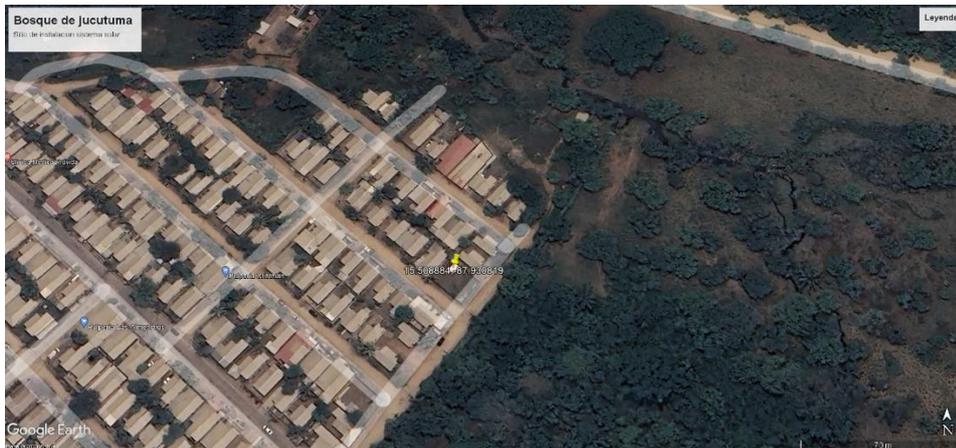


Figura 16. Ubicación del proyecto
Fuente: (Google Earth, 2023).

4.2.2 INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN

Los paneles solares son una fuente de energía renovable que utiliza la luz del sol para generar electricidad. La cantidad de energía que se puede generar depende de varios factores, entre ellos, la inclinación y orientación del panel solar.

En Honduras, la inclinación y orientación del panel solar son especialmente importantes debido a su ubicación geográfica. El país se encuentra en una zona cercana al ecuador, lo que significa que recibe una alta cantidad de radiación solar durante todo el año. Esto hace que la energía solar sea una opción atractiva y viable para la generación de electricidad.

La inclinación del panel solar se refiere al ángulo que forma el panel con respecto al suelo. Los paneles solares se deben instalar con un ángulo de inclinación como se indica en la **ecuación 1**. Esta inclinación permite que los paneles reciban la cantidad adecuada de luz solar y generen la máxima cantidad de energía posible.

La orientación del panel solar se refiere a la dirección en la que el panel está apuntando. En Honduras, por su ubicación geográfica respecto al ecuador los paneles solares se orienten hacia el sur para maximizar la cantidad de luz solar que reciben. Esto se debe a que el sol se mueve de este a oeste en el cielo, y orientar los paneles hacia el sur asegura que reciban la mayor cantidad de luz solar posible durante todo el día.

4.2.3 IRRADIACIÓN SOLAR

La Irradiancia Global Horizontal (GHI) se refiere a la radiación solar recibida por una superficie orientada de manera perpendicular al campo de gravedad de la Tierra. Debido a esto, a lo largo del día, esta superficie recibe la radiación directa del sol en diferentes ángulos. En la **tabla 7** se muestra el promedio de horas solar pico mensual dando como resultado un promedio de HSP diario de 4.98 Horas.

Tabla 7. Horas Solar Pico mensual en Honduras

Global irradiation at angle	
Month	2005
January	152.8
February	176.36
March	182.52
April	167.88
May	179.06
June	163.65
July	179.01
August	180.94
September	176.22
October	135.75
November	125.36
December	147.62

Fuente: (PVGIS, 2023).

La figura 17 muestra obtenido del software PVGIS. En la región norte de Honduras se estima una la irradiación como referencia en un plano horizontal anual (GHI) de 1,812.66 kWh/m²

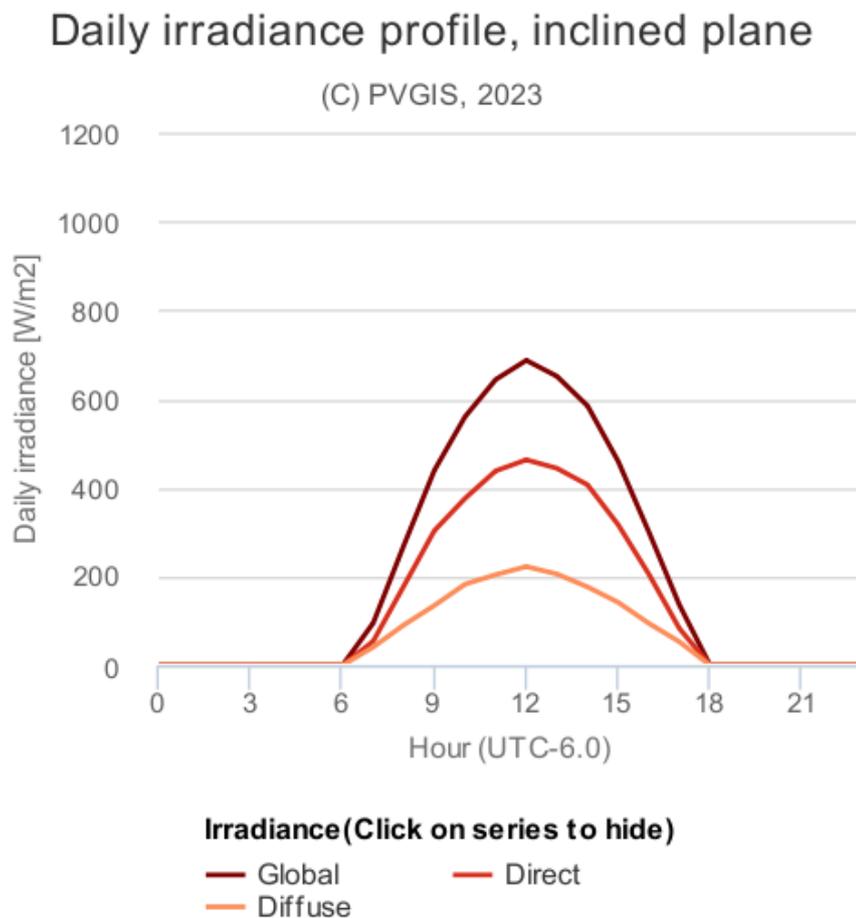


Figura 17. Perfil de irradiancia diario.

Fuente: (PVGIS, 2023).

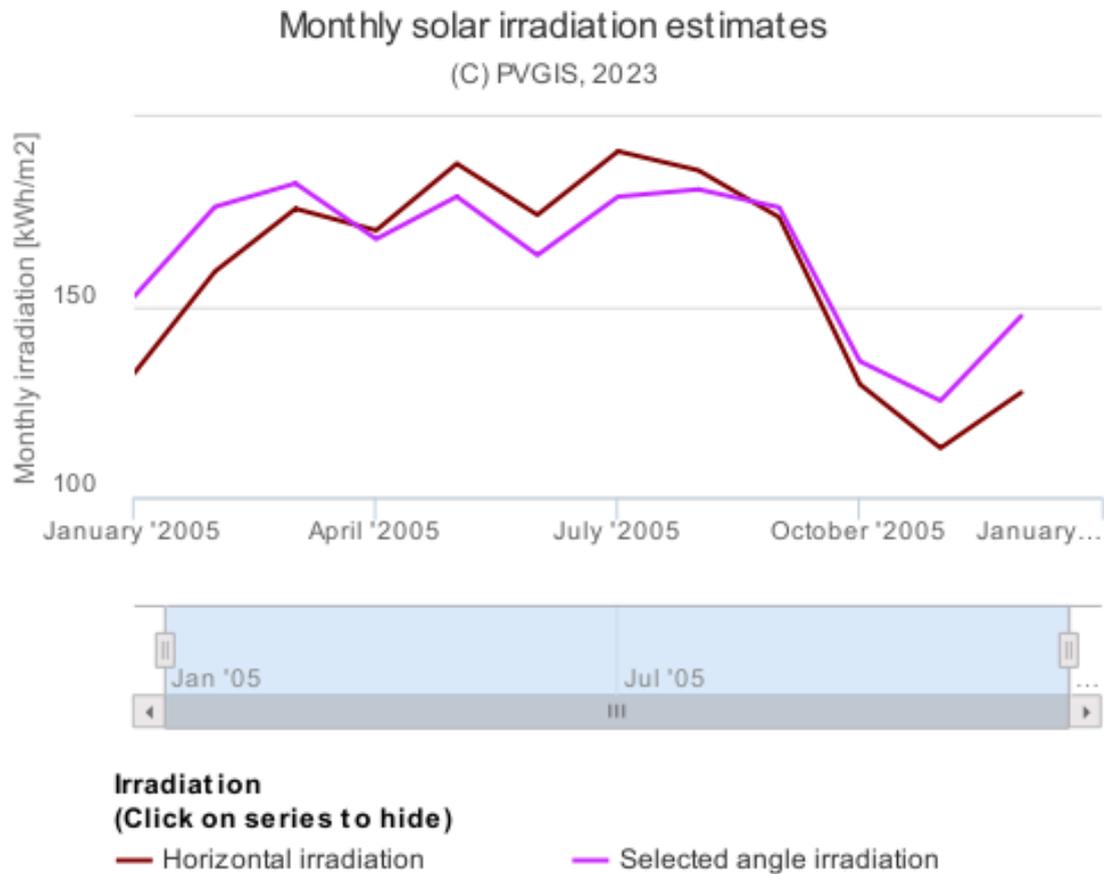


Figura 18. Irradiación solar Mensual

Fuente: (PVGIS, 2023)

4.3 CÁLCULOS TÉCNICOS

Utilizando los datos de consumo energético mensual de la tabla 6 , junto con el objetivo de ahorrar un 50% de energía, y considerando las horas pico de radiación solar en la ubicación del proyecto, se realizaron los cálculos necesarios para dimensionar el sistema solar fotovoltaico. Para determina la potencia pico del sistema solar se hace uso de la ecuación 1

$$Pp = \frac{E}{t * n} \quad (2)$$

Donde

Pp: Potencia pico del sistema solar

E: Energía

t: tiempo de producción solar

n: Eficiencia del sistema solar fotovoltaico

Fundamentado en el análisis presentado en tabla 4, que exhibe un consumo mensual promedio de energía de 10286 kWh/mes, se plantea como objetivo la mitigación del 50% de este consumo por medio de la implantación de un sistema solar. Se proyecta que dicho sistema solar generará aproximadamente 171.43 kWh/día, aprovechando las horas de máxima radiación solar calculadas a través del empleo del programa Pvsyst. Este software, en base a las coordenadas geográficas del lugar de instalación, determina las horas de irradiación solar pico

Tabla 8. Datos para determinar potencia del sistema

Energía esperada	171.43	KWH/dia	
Hora solar pico	4.98	Hora	
Eficiencia sistema solar	78%		

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

Haciendo uso de la ecuación 1 se obtuvo como resultado una potencia pico del sistema solar de 44 kWp, Luego de llevar a cabo un exhaustivo proceso de cotizaciones e investigaciones que consideraron tanto el precio como la calidad de los componentes, llegamos a una decisión concluyente. Para la simulación del sistema solar, optamos por emplear paneles solares de 500 W de Canadian Solar, respaldados por un inversor trifásico de 33 kW. Una vez asegurada esta elección, procedimos a introducir los datos generales de la tabla en el software PVsyst, con el fin de llevar a cabo una simulación precisa del rendimiento del sistema solar.

Para crear un sistema solar con una capacidad de 45 kW, se requiere la implementación de paneles solares de 500 W cada uno. En este caso, serían necesarios un total de 90 paneles para alcanzar esta capacidad. Para garantizar un óptimo desempeño y eficiencia, la elección del inversor juega un papel fundamental. En este sentido, se optó por un inversor de 33 kW, cuya potencia está en relación directa con la capacidad máxima del sistema solar. Con una proporción de 1.3 veces la potencia pico del sistema, este inversor asegura un rendimiento adecuado y una gestión eficiente de la energía generada por los paneles solares.

Tabla 9. Datos generales del sistema solar

Descripción	Unidad	
Potencia pico del sistema	45	KW
Panel solar	500	W
Cantidad de paneles	90	
Potencia del inversor	33	KW
Area requerida	248	m2

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

4.4 ESTIMACIÓN DE ENERGÍA GENERADA

Al introducir todos los datos relevantes en el programa PVsyst, se obtuvieron resultados que se muestran en la **figura 19**. La simulación arrojó información valiosa sobre el funcionamiento proyectado del sistema solar. Entre los resultados más destacados se incluye la estimación precisa de la producción de energía esperada para suplir el 50% de energía consumida por el

sistema, considerando factores como la ubicación geográfica, la inclinación y orientación de los paneles, así como las condiciones climáticas específicas de la región.

PVsyst V7.2.8
 VCO, Fecha de simulación:
 21/08/23 21:46
 con v7.2.8

Varante: SIMULACION 1

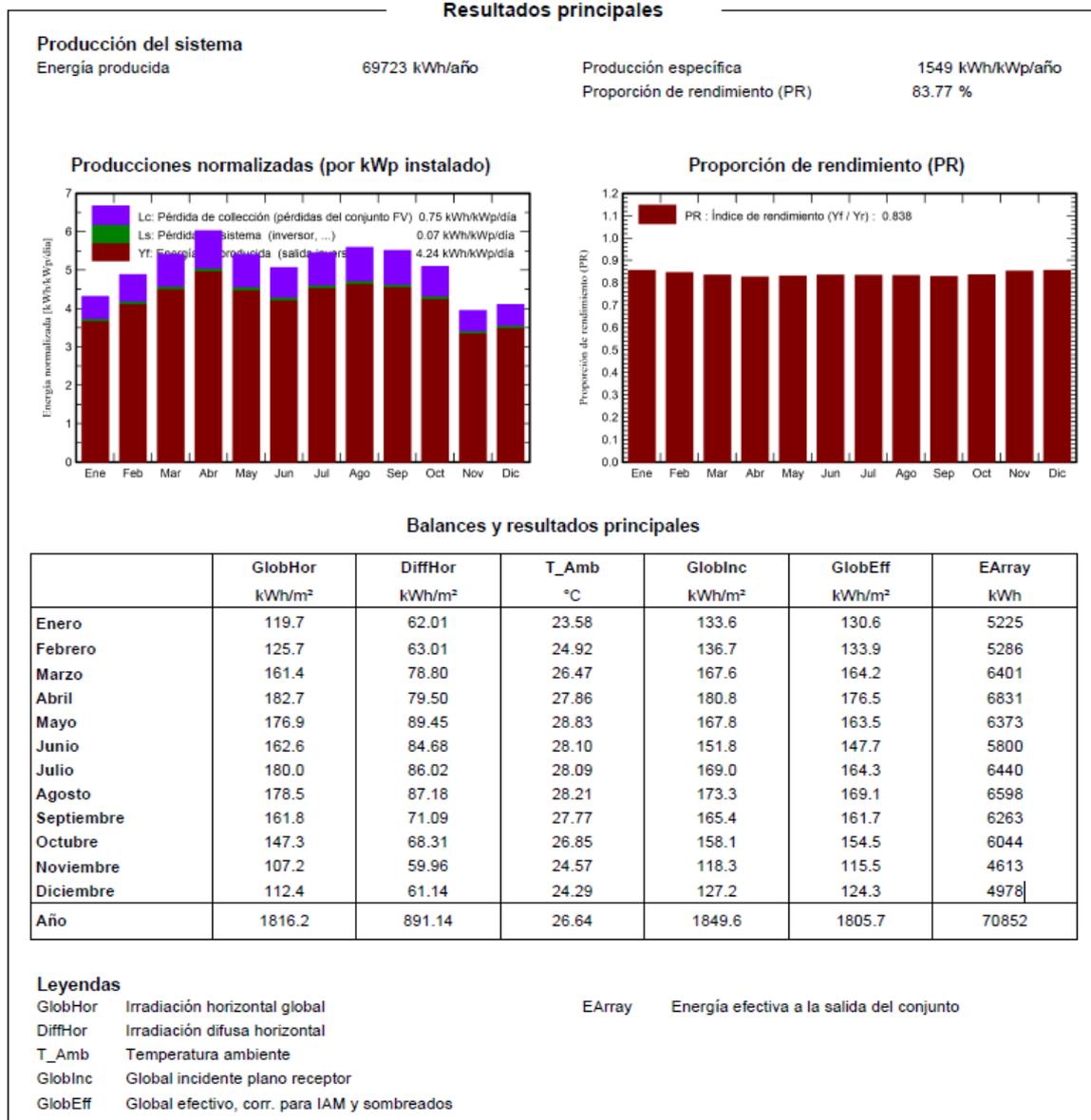


Figura 19. Estimación de energía mensual

Fuente: (PVsyst,2023).

En la figura 20 presenta un análisis comparativo entre la energía generada por el sistema solar implementado y el consumo energético actual del sistema. Este gráfico ilustra de manera elocuente cómo el diseño del sistema solar se alinea efectivamente con los objetivos establecidos suplir el 50% de la demanda. Los datos revelan una convergencia favorable entre la producción de energía solar y las demandas de consumo actuales, indicando que el sistema ha sido diseñado y dimensionado de manera adecuada para abastecer las necesidades

energéticas vigentes. Este análisis refuerza la eficacia del enfoque adoptado en la implementación del sistema solar, validando su capacidad para brindar una fuente sostenible y adecuada de energía en concordancia con los requisitos del sistema.

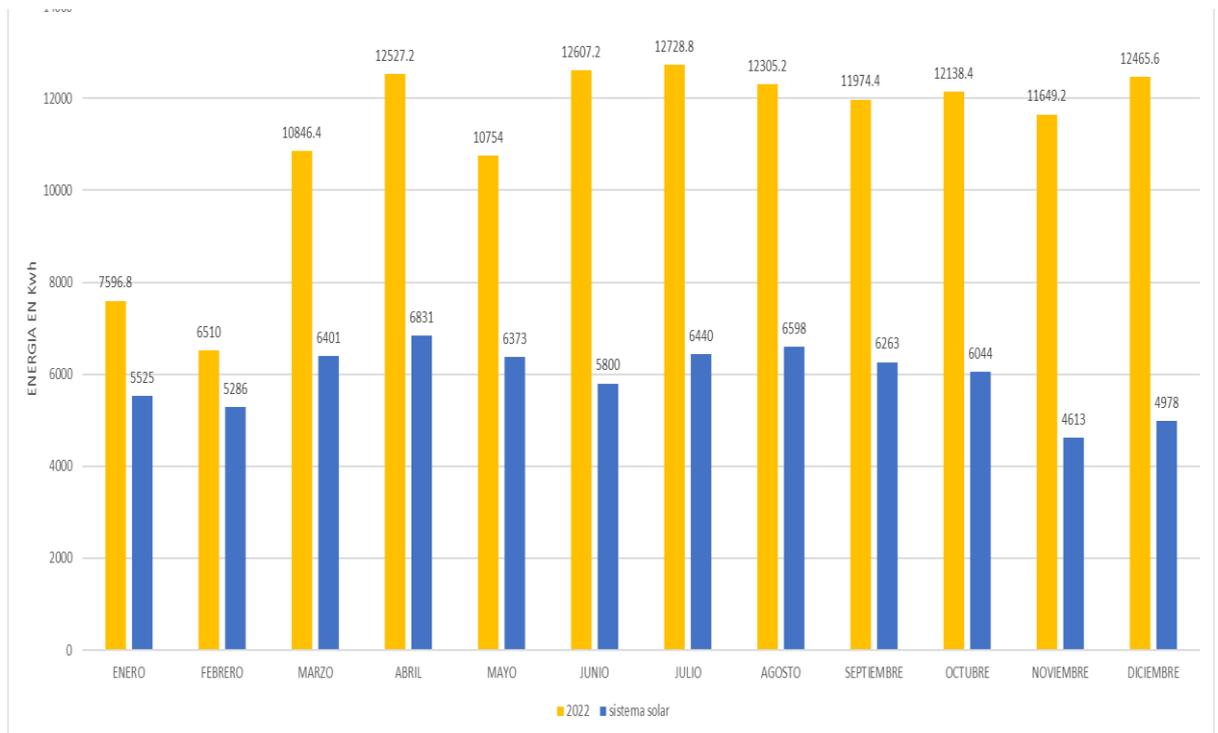


Figura 20. Comparativa de energía solar fotovoltaico vs la demanda
 Fuente: (Elaboración propia, 2023).

4.5 ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO

Un estudio económico y financiero de una instalación se refiere al proceso de analizar detalladamente los aspectos económicos de un proyecto. Este proceso involucra la elaboración de un presupuesto para comprender los costos iniciales necesarios para la creación y puesta en marcha de la instalación. Además, implica un análisis financiero que evalúa la rentabilidad potencial del proyecto, considerando ingresos esperados, gastos continuos y otros factores relevantes. El propósito de este estudio es proporcionar información sólida y objetiva que permita evaluar la viabilidad económica a largo plazo del proyecto y tomar decisiones informadas sobre su implementación.

4.5.1 ESTUDIO ECONÓMICO.

En un análisis económico, es esencial considerar la totalidad de los gastos iniciales asociados con la implementación de la instalación. La tabla 10 muestra las secciones en que se divide el presupuesto del proyecto

- Módulos solares.
- Estructuras de soporte.
- Inversores.
- Dispositivos de protección.
- Cableado eléctrico.
- Otros equipos, como sistemas de medición.

Tabla 10. Costos principales del proyecto

EQUIPOS PRINCIPALES
ESTRUCTURA DE SOPORTE
GABINETES Y PROTECCIONES
CABLEADO Y CANALIZACIONES
EQUIPO Y MANO DE OBRA
TRAMITES
MANTENIMIENTO

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

4.5.1.1 ESTIMACIÓN DE MATERIALES

La tabla 11 refleja la cantidad de equipos y materiales que se requieren para el desarrollo del proyecto solar fotovoltaico se encuentra dividido en equipos principales, estructura de soporte y cableado.

Tabla 11. Materiales para el proyecto

EQUIPOS PRINCIPALES		
Módulo Fotovoltaico Canadian solar Monocrystalino 500 W	UND	90
SmartLogger	UND	1
Medidor bidireccional clase 200	UND	1
Piranometro	UND	1
Inversor Huawei SUN2000-33KTL	UND	1
ESTRUCTURA DE SOPORTE		
Reforzamiento de techo	UND	1
Estructura de soporte de aluminio anodizado para módulos	UND	90
GABINETES Y PROTECCIONES		
Gabinete metálico 15x20x30	UND	1
Interruptor termomagnético 3x50 CA	UND	1
CABLEADO Y CANALIZACIONES		
Cable solar fotovoltaico rojo calibre 12	M	240
Cable solar fotovoltaico negro calibre 12	M	240
Cable de cobre desnudo calibre 12	M	240
Cable THHW-LS negro calibre 12	M	30
Cable THHW-LS rojo calibre 12	M	30
Cable THHW-LS verde calibre 12	M	30
Conector MC4 para calibre 10-12 (par macho y hembra)	PZA	90
Tubería conduit 3/4"	LANCE	30
Cople conduit gruesa 3/4"	PZA	60
Conector glándula 3/4"	PZA	60
Unicanal 4x2"	UND	45
Abrazadera unicanal 3/4"	UND	120
Condulet LB 3/4"	UND	30
Conector de ajuste EMT 3/4"	UND	15
Tubería EMT 3/4"	LANCE	15
Cople pared delgada 3/4"	PZA	15
Tubería BXt 3/4"	M	15
Conector curvo BX 3/4"	UND	30
Abrazadera omega 3/4"	UND	60

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

La tabla 12 muestra la información corresponde a los ítems que serán necesarios de la puesta en marcha del proyecto solar fotovoltaico, la cantidad de materiales, el precio unitario, la mano de obra y los imprevistos dando como resultado la inversión inicial del \$ 49,086.20

Tabla 12. Presupuesto

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	TOTAL	% INCIDENCIA
EQUIPOS PRINCIPALES					
Módulo Fotovoltaico Canadian solar Monocrystalino 500 W	UND	90	\$ 225.00	\$20,250.00	41.25%
SmartLogger	UND	1	\$ 675.00	\$ 675.00	1.38%
Medidor bidireccional clase 200	UND	1	\$ 550.00	\$ 550.00	1.12%
Piranometro	UND	1	\$ 354.00	\$ 354.00	0.72%
Inversor Huawei SUN2000-33KTL	UND	1	\$2,747.00	\$ 2,747.00	5.60%
ESTRUCTURA DE SOPORTE					
Reforzamiento de techo	UND	1	\$2,750.00	\$ 2,750.00	5.60%
Estructura de soporte de aluminio anodizado para módulos	UND	90	\$ 65.00	\$ 5,850.00	11.92%
GABINETES Y PROTECCIONES					
Gabinete metálico 15x20x30	UND	1	\$ 300.00	\$ 300.00	0.61%
Interruptor termomagnético 3x50 CA	UND	1	\$ 350.00	\$ 350.00	0.71%
CABLEADO Y CANALIZACIONES					
Cable solar fotovoltaico rojo calibre 12	M	240	\$ 4.50	\$ 1,080.00	2.20%
Cable solar fotovoltaico negro calibre 12	M	240	\$ 4.30	\$ 1,032.00	2.10%
Cable de cobre desnudo calibre 12	M	240	\$ 0.85	\$ 204.00	0.42%
Cable THHW-LS negro calibre 12	M	30	\$ 0.45	\$ 13.50	0.03%
Cable THHW-LS rojo calibre 12	M	30	\$ 0.45	\$ 13.50	0.03%
Cable THHW-LS verde calibre 12	M	30	\$ 0.45	\$ 13.50	0.03%
Conector MC4 para calibre 10-12 (par macho y hembra)	PZA	90	\$ 3.33	\$ 299.70	0.61%
Tubería conduit 3/4"	LANCE	30	\$ 7.00	\$ 210.00	0.43%
Cople conduit gruesa 3/4"	PZA	60	\$ 0.40	\$ 24.00	0.05%
Conector glándula 3/4"	PZA	60	\$ 1.30	\$ 78.00	0.16%
Unicanal 4x2"	UND	45	\$ 11.00	\$ 495.00	1.01%
Abrazadera unicanal 3/4"	UND	120	\$ 0.30	\$ 36.00	0.07%
Condulet LB 3/4"	UND	30	\$ 2.25	\$ 67.50	0.14%
Conector de ajuste EMT 3/4"	UND	15	\$ 0.40	\$ 6.00	0.01%
Tubería EMT 3/4"	LANCE	15	\$ 3.50	\$ 52.50	0.11%
Cople pared delgada 3/4"	PZA	15	\$ 0.40	\$ 6.00	0.01%
Tubería BXt 3/4"	M	15	\$ 2.00	\$ 30.00	0.06%
Conector curvo BX 3/4"	UND	30	\$ 2.00	\$ 60.00	0.12%
Abrazadera omega 3/4"	UND	60	\$ 0.15	\$ 9.00	0.02%
Costos Administrativos					
Grua	DIA	3	\$ 280.00	\$ 840.00	1.71%
Flete	DIA	1	\$ 390.00	\$ 390.00	0.79%
Mano de obra	UND	1	\$3,500.00	\$ 3,500.00	7.13%
Planos y permisos	UND	1	\$1,300.00	\$ 1,300.00	2.65%
Imprevisto	UND	1	\$2,500.00	\$ 2,500.00	5.09%
				\$49,086.20	100.00%

Fuente:(Propia con cotización de INNOVA SOLAR, 2023).

4.5.2 ESTUDIO FINANCIERO

El estudio financiero tendrá en cuenta los ingresos para determinar si resulta rentable llevar a cabo la instalación.

- Ingresos Generador por energía eléctrica producida considerando el precio que se paga por energía.
- Vida Útil de la instalación: Se consideran 25 años según hoja se datos de los paneles solares.
- Rendimiento: La disminución de energía generada con el paso de los años en general esta disminución es lineal y suele situarse entre el 0.5 y 1.2% cada año (Cantos, 2016).

- Inflación: Debe preverse la inflación cada año (Cantos, 2016).

La Tabla 12 expone de manera meticulosa los parámetros que se han tenido en cuenta en el análisis financiero. Estos parámetros incluyen la magnitud de la planta 45kw, que delimita su escala; el costo específico de capital, que determina el desembolso requerido para instalar un kilovatio pico (kWp) en la estructura; la degradación el cual se basa en la eficiencia de conversión de los paneles solares tal como se deriva de los datos técnicos proporcionados; la tarifa eléctrica vigente, utilizada como punto de referencia y calculada a partir de los costos de electricidad de agosto de 2023; el porcentaje de incremento, que se establece comparando los datos entre 2022 y 2023; la consideración de un inversor que evita la devolución de excedentes a la red eléctrica; el porcentaje de gastos de mantenimiento, fijado en un 0.07% del costo total del sistema; y, finalmente, la tasa de inflación, cifrada en un 9.1%, conforme a los datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Estos parámetros forman la base sobre la cual se sustenta el análisis financiero del presente estudio de investigación.

Tabla 13. Parámetros para análisis financiero

Parámetros para análisis financiero	
Tamaño de la planta [kWp]:	45
Costo específico de capital [\$/kWp]:	1,090.80
Costo de capital total [\$]:	49,086.20
Rendimiento específico de primer año [kWh/kWp]:	1,549
Degradación de módulos 2 ~ 25 años [%]:	0.55%
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	0.2395
Incremento anual de la tarifa eléctrica [%]:	20%
Porcentaje de excedentes [%]:	0%
O&M anual [\$/kWp]:	83
Tasa de inflación anual [%]:	9.1%
Porcentaje del costo de inversores [%]:	17%
Tasa de descuento para el VAN [%]:	10%
Porcentaje inversión fondos propios [%]:	100%

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

Las Tablas 14 y 15 proporcionan una visión detallada de los flujos financieros relacionados con el proyecto. En estas tablas se detallan aspectos clave como la inversión total, los costos de operación y mantenimiento (O&M), la capacidad nominal total del proyecto, el precio actual de la energía, la tasa de inflación, el costo de reemplazar inversor en el año 13 y

se ofrece una descripción exhaustiva de cómo los ingresos y gastos financieros evolucionarán a lo largo de un período de 25 años.

Tabla 14. Flujo de efectivos

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Energía generada [kWh]:		69,705.00	69,321.62	68,940.35	68,561.18	68,184.10
Excedentes [kWh]:		-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:		69,705.00	69,321.62	68,940.35	68,561.18	68,184.10
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:		0.2395	0.2874	0.3449	0.4139	0.4967
Ahorros brutos [\$]:		16,695.68	19,924.62	23,778.05	28,376.72	33,864.78
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$]:		3735.00	4074.89	4445.70	4850.26	5291.63
Seguros [\$]:		-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$]:						
Total de egresos [\$]:		3,735.00	4,074.89	4,445.70	4,850.26	5,291.63
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$]:	-	49,086.20	12,960.68	15,849.74	19,332.35	23,526.46
Flujo de efectivo acumulado [\$]:	-	49,086.20	36,125.52	20,275.78	943.43	22,583.03
Flujo de efectivos en el presente [\$]:	-	49,086.20	11,782.44	13,098.96	14,524.68	16,068.89
Periodo de recuperación [años]:		1.00	1.00	1.00	0.04	0.00

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

Tabla 15. Continuación Flujo de efectivos

Año	6	7	8	9	10	11
Ingresos						
Energía generada [kWh]:	67809.08261	67,436.13	67,065.23	66,696.38	66,329.55	65,964.73
Excedentes [kWh]:	0	-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	67809.08261	67,436.13	67,065.23	66,696.38	66,329.55	65,964.73
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	0.596000197	0.7152	0.8582	1.0299	1.2359	1.4830
Ahorros brutos [\$/]:	40414.22661	48,230.34	57,558.09	68,689.82	81,974.43	97,828.28
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$/]:	5773.170172	6298.53	6871.69	7497.02	8179.25	8923.56
Seguros [\$/]:	0	-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$/]:						
Total de egresos [\$/]:	5773.170172	6,298.53	6,871.69	7,497.02	8,179.25	8,923.56
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$/]:	34,641.06	41,931.81	50,686.39	61,192.80	73,795.18	88,904.73
Flujo de efectivo acumulado [\$/]:	85,797.23	127,729.04	178,415.43	239,608.23	313,403.41	402,308.14
Flujo de efectivos en el presente [\$/]:	19,553.97	21,517.65	23,645.58	25,951.72	28,451.24	31,160.56
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año	12	13	14	15	16	17
Ingresos						
Energía generada [kWh]:	65601.92655	65,241.12	64,882.29	64,525.44	64,170.55	63,817.61
Excedentes [kWh]:	0	-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	65601.92655	65,241.12	64,882.29	64,525.44	64,170.55	63,817.61
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	1.779647053	2.1356	2.5627	3.0752	3.6903	4.4283
Ahorros brutos [\$/]:	116748.2753	139,327.39	166,273.31	198,430.57	236,807.04	282,605.52
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$/]:	9735.603152	10621.54	11588.10	12642.62	13793.10	15048.27
Seguros [\$/]:	0	-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$/]:	8540.9988					
Total de egresos [\$/]:	18276.60195	10,621.54	11,588.10	12,642.62	13,793.10	15,048.27
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$/]:	98,471.67	128,705.85	154,685.21	185,787.95	223,013.94	267,557.25
Flujo de efectivo acumulado [\$/]:	500,779.81	629,485.66	784,170.87	969,958.81	1,192,972.75	1,460,530.00
Flujo de efectivos en el presente [\$/]:	31,376.11	37,281.50	40,733.45	44,476.16	48,534.33	52,934.78
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año	18	19	20	21	22	23
Ingresos						
Energía generada [kWh]:	63466.61245	63,117.55	62,770.40	62,425.16	62,081.82	61,740.37
Excedentes [kWh]:	0	-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	63466.61245	63,117.55	62,770.40	62,425.16	62,081.82	61,740.37
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	5.313997626	6.3768	7.6522	9.1826	11.0191	13.2229
Ahorros brutos [\$/]:	337261.4279	402,487.79	480,328.93	573,224.54	684,086.17	816,388.43
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$/]:	16417.66411	17911.67	19541.63	21319.92	23260.04	25376.70
Seguros [\$/]:	0	-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$/]:						
Total de egresos [\$/]:	16417.66411	17,911.67	19,541.63	21,319.92	23,260.04	25,376.70
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$/]:	320,843.76	384,576.12	460,787.29	551,904.62	660,826.13	791,011.73
Flujo de efectivo acumulado [\$/]:	1,781,373.77	2,165,949.88	2,626,737.18	3,178,641.79	3,839,467.93	4,630,479.66
Flujo de efectivos en el presente [\$/]:	57,706.57	62,881.27	68,493.09	74,579.19	81,179.83	88,338.73
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año	24	25
Ingresos		
Energía generada [kWh]:	61400.8019	61,063.10
Excedentes [kWh]:	0	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	61400.8019	61,063.10
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	15.86751189	19.0410
Ahorros brutos [\$/]:	974277.9541	1,162,703.31
Egresos		
Operación y Mantenimiento [\$/]:	27685.97801	30205.40
Seguros [\$/]:	0	-
Cambio de inversores [\$/]:		
Total de egresos [\$/]:	27685.97801	30,205.40
Flujos de efectivo Sin Financiamiento		
Flujo de efectivo neto [\$/]:	946,591.98	1,132,497.91
Flujo de efectivo acumulado [\$/]:	5,577,071.63	6,709,569.54
Flujo de efectivos en el presente [\$/]:	96,103.32	104,525.02
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

La tabla 16 expone una serie de indicadores financieros esenciales para evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. En ella se presentan elementos clave, como el periodo de recuperación, el valor actual neto (VAN), que representa la actualización al presente de los flujos de efectivo futuros generados por el proyecto, el costo de capital y el costo nivelado de la energía (LCOE). Además, se destaca la tasa interna de retorno (TIR), que constituye un indicador relativo de la rentabilidad se concluye que la inversión en este proyecto generará un rendimiento favorable, respaldando así la toma de decisión.

Tabla 16. Variables financieras

Variables financieras	
Periodo de recuperación [años]:	3.04
Valor Actual Neto (VAN) [\$]:	1,063,554.50
Tasa Interna de Retorno (TIR) [%]:	47.56%
ROI [%]:	2166.71%
LCOE [\$ /kWh]:	0.2320

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El quinto capítulo tiene como objetivo presentar las conclusiones basadas en los resultados obtenidos en el capítulo cuatro. Una vez finalizadas estas conclusiones, se proporcionarán recomendaciones que consisten en sugerencias e ideas para el proyecto

5.1 CONCLUSIONES.

- 1) Las especificaciones técnicas del sistema de energía fotovoltaica requerido para suplir la demanda energética de las bombas de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III. Según los cálculos, se determina un total de 90 paneles solares, cada uno con una capacidad de 500 W para lograr una capacidad total de 45 kWp y un inversor trifásico con una capacidad de 33 kW. Esta elección permitirá una conversión altamente eficiente de la energía solar captada en electricidad es necesario. Esta capacidad estima una generación energética óptima para satisfacer el 50% de las demandas de las bombas de agua potable durante todo el año.
- 2) Se ha demostrado que la implementación del sistema solar fotovoltaico con capacidad de 45 kWp implicaría un costo total de \$49,086.20 dólares. Además, se ha determinado que la inversión inicial se amortizaría en un lapso estimado de 3.04 años. Estos resultados subrayan la viabilidad financiera y la prontitud de retorno en inversiones relacionadas con tecnologías solares fotovoltaicas.
- 3) La inclinación óptima de 14.5 grados, basada en la latitud local, se ha identificado como estratégica para maximizar la captación de radiación solar incidente. La orientación hacia el sur refuerza esta eficiencia, asegurando un aprovechamiento óptimo durante todo el día. Además, la ausencia de obstrucciones como árboles o montañas garantiza una exposición solar viable.
- 4) En base al análisis llevado a cabo, se concluye que es factible elaborar una propuesta técnica y económica sólida para la implementación exitosa de un sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III. Los resultados obtenidos indican la viabilidad técnica y financiera de este proyecto, con especificaciones técnicas claras y un retorno de inversión estimado en un período razonable. Este enfoque representa una oportunidad valiosa para reducir los costos energéticos.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda a la empresa CAM INVERSIONES que proceda con la implementación del sistema de energía fotovoltaica con las especificaciones técnicas mencionadas. Esta elección estima una generación energética óptima y permitirá satisfacer el 50% de las demandas de las bombas de agua. Además, se sugiere llevar a cabo un monitoreo continuo del rendimiento del sistema para asegurarse de que esté funcionando eficientemente y aprovechar al máximo los beneficios económicos.
- 2) Con base en los resultados que demuestran la viabilidad financiera y el rápido retorno de la inversión, se recomienda proceder con la elaboración de una propuesta técnica y económica detallada para la implementación del sistema solar fotovoltaico de 45 kWp en la Residencial Bosque Jucutuma III
- 3) Se recomienda que el diseño e instalación del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III siga las especificaciones técnicas identificadas, que incluyen una inclinación de 14.5 grados, orientación hacia el sur y la garantía de que no haya obstrucciones que bloqueen la radiación solar. Estas condiciones estratégicas maximizarán la eficiencia y el rendimiento del sistema, asegurando una captación de energía solar óptima durante todo el día y durante todo el año.
- 4) Se recomienda encarecidamente seguir de cerca las normativas y regulaciones relacionadas con los sistemas de energía renovable en Honduras. Es esencial que se mantenga actualizado sobre cualquier cambio o actualización en estas normativas, especialmente en lo que respecta al reconocimiento y la compensación por el excedente de energía solar que se envía a la red eléctrica. Además, en caso de que las regulaciones permitan la expansión de la capacidad del sistema solar, se sugiere considerar seriamente esta opción en el futuro. A medida que la tecnología solar avanza y las políticas de energía evolucionan, aprovechar cualquier oportunidad para aumentar la capacidad del sistema solar puede aumentar aún más la rentabilidad y la sostenibilidad de este proyecto a largo plazo.

CAPÍTULO VI APLICABILIDAD

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

Montaje de sistema solar fotovoltaico en sistema de agua potable residencial.

6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

En base a los resultados del estudio de Prefactibilidad económica de proyecto fotovoltaico en sistema de bombeo de residenciales bosques de jucutuma Honduras, se concluyó que el proyecto es viable tanto desde el punto de vista técnico como económico. Esto se debe a que el coeficiente de rendimiento (PR) supera el 80% (alcanzando el 83.72%), lo que indica una eficiencia técnica sólida. Además, la tasa interna de retorno (TIR) es superior al costo de capital del 10% lo que demuestra que el proyecto generará rendimientos económicos significativos.

Dado que el proyecto es técnicamente eficiente y ofrece rendimientos financieros positivos, se recomienda su implementación por parte de la empresa CAM INVERSIONES. Esto se justifica no solo por los beneficios económicos esperados, sino también por su impacto social y ambiental positivo. El proyecto proporcionará un alto porcentaje de energía en las instalaciones de la bomba, reduciendo el costo de facturación de energía. Además, reducirá las emisiones de CO₂, promoviendo así un entorno más sostenible.

Como es habitual en cualquier proyecto, es esencial evaluar tanto las ventajas como las desventajas. En este contexto, es crucial considerar si la energía solar es una opción adecuada tanto en el presente como en el futuro, teniendo en cuenta que representa una solución a largo plazo. La Tabla 17 presenta de manera objetiva las ventajas y desventajas del sistema de energía solar fotovoltaica conectado a la RED.

Tabla 17. Ventajas y desventajas del sistema solar

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Generación de Energía Limpia	Utiliza energía solar renovable y limpia.	Dependencia de las condiciones climáticas.
Ahorro en Costos de Energía	Reduce la factura de electricidad.	Costos iniciales de instalación.
Venta de Exceso de Energía	Posibilidad de vender el exceso de energía a la red.	Regulaciones y tarifas pueden variar.
Retorno de Inversión	Inversión a largo plazo con retorno.	Tiempo para recuperar la inversión.
Fiabilidad y Durabilidad	Bajos costos de operación y mantenimiento.	Dependencia de las condiciones climáticas.
Reducción de Emisiones de CO2	Reduce la huella de carbono.	Impacto ambiental de la fabricación de paneles solares.
Independencia Energética Parcial	Reduce la dependencia de la red eléctrica.	No proporciona energía durante cortes de energía sin almacenamiento.

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA

1. Implementar un sistema de autogeneración de energía mediante paneles solares con una capacidad de 45 kW para el sistema de bombeo, ubicado en el residencial bosque de jucutuma, San Pedro Sula.
2. Llevar a cabo la ejecución del proyecto dentro del marco presupuestario asignado y cumpliendo con el cronograma de ejecución establecido.
3. Realizar mediciones de la producción de energía una vez que el proyecto de autogeneración esté plenamente operativo, con el fin de contrastar los datos obtenidos con las proyecciones de generación previamente calculadas.
4. Establecer una comparativa entre las facturas eléctricas de los meses anteriores a la instalación del sistema y las facturas correspondientes a los meses posteriores a dicha instalación.

6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO A DETALLE DE LA PROPUESTA.

6.4.1 PLAN DE ACCIÓN.

La Tabla 13 presenta un registro detallado de las actividades y directrices que deben llevarse a cabo para la implementación del proyecto de energía solar fotovoltaica en el residencial bosque de jucutuma . Esta tabla sirve como una herramienta para garantizar el éxito del proyecto

Actividad	Descripción
Planificación Detallada del Proyecto	Crea un plan de proyecto detallado que aborde aspectos técnicos y financieros.
Diseño Técnico	Elabora un diseño técnico sólido basado en los hallazgos del estudio de prefactibilidad.
Adquisición de Equipos y Materiales	Identifica y adquiere los equipos y materiales según el diseño técnico.
Selección de Proveedor/Contratista	Considera la contratación de un proveedor o contratista con experiencia en instalaciones solares.
Gestión de Permisos y Licencias	Gestionar todos los permisos y licencias requeridos para la instalación del sistema solar.
Instalación y Puesta en Marcha	Supervisa la instalación y asegura que todo funcione correctamente.
Monitoreo y Mantenimiento	Implementa un programa de monitoreo y mantenimiento regular.
Seguimiento de Costos y Presupuesto	Lleva un registro continuo de los costos y compáralos con el presupuesto.
Medición de Resultados	Utiliza sistemas de medición para evaluar el rendimiento real del sistema solar.
Comunicación de Resultados	Comunica los resultados y beneficios a las partes interesadas.
Evaluación Post-Implementación	Evalúa el proyecto después de un período de tiempo.
Continuidad y Expansión	Considera la posibilidad de expandir o replicar el sistema.
Documentación	Lleva un registro detallado de todos los documentos relacionados con el proyecto.
Capacitación	Proporciona capacitación a los equipos de mantenimiento y operación.
Evaluación Continua	Realiza evaluaciones periódicas del sistema solar y busca optimizaciones.

6.4.2.MEDICIÓN

Se enfoca en el proceso de medición y dimensionamiento del sistema solar. El procedimiento de instalación del sistema de autogeneración mediante paneles solares comienza con la realización de mediciones de la demanda de energía de la bomba. Estas mediciones se llevaron a cabo para determinar la demanda pico diaria de energía en el sistema. A partir de estos datos, se calculó la capacidad de generación que debía ser instalada, siendo de 45 kW. Este enfoque de dimensionamiento asegura que se cumpla con el requisito de suplir el 50% de energía consumida.

Las mediciones se realizaron utilizando los siguientes recursos:

1. Se accedió a la base de datos de proporcionados por EEH , la cual proporciona información histórica sobre la demanda de energía, facturación y tarifas de energía.
2. Se realizaron estimaciones de generación de energía utilizando software de geolocalización, específicamente Google Earth, y una herramienta de estimación de generación conocida como Pvsyst.

6.4.3 GESTIÓN DE PERMISO PARA EL PROYECTO

Con respecto a la solicitud de permisos, se seguirá el procedimiento prescrito por la norma técnica de autoproducción tipo A. El proceso de solicitud, sujeto a la inexistencia de inconsistencias y al cumplimiento estricto de los plazos estipulados por la normativa, deberá tener una duración máxima de veinticinco (25) días hábiles.

1. Se inicia el proceso solicitando la aprobación del diseño a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica ENEE. En este paso, se proporcionan los planos y la información general del proyecto solar, los cuales son sometidos a una revisión exhaustiva por parte del departamento de ingeniería de ENEE.
2. Se procede con la presentación de un estudio de demanda de energía, en el que se evidencia el consumo energético del edificio. Este estudio se utiliza para comparar la capacidad de generación de la granja solar y determinar si se producirán excedentes de energía que deban ser inyectados a la red nacional.
3. Una vez que el departamento de ingeniería de ENEE otorga la aprobación del diseño, se procede a solicitar la instalación de un nuevo medidor bidireccional a la ENEE.
4. Finalmente, se lleva a cabo una inspección final por parte de ENEE en el proyecto ya finalizado. Durante esta inspección, se realizan mediciones eléctricas para asegurar que el sistema esté en conformidad con los estándares y regulaciones establecidos.

6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO .

La tabla 18 presentan detalladamente la planificación de las actividades críticas dentro del proyecto, las tareas previas al inicio de los trabajos, la instalación de la estructura, la colocación de los paneles, el montaje del inversor y las mediciones de parámetros de operación. Cada actividad se caracteriza por su duración en días, la fecha de inicio y finalización, así como las actividades predecesoras relacionadas. Asimismo, se presenta la estructura de descomposición del trabajo (EDT) para una comprensión más completa del proyecto.

6.7 PRESUPUESTO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	TOTAL	% INCIDENCIA
EQUIPOS PRINCIPALES					
Módulo Fotovoltaico Canadian solar Monocrystalino 500 W	UND	90	\$ 225.00	\$20,250.00	41.25%
SmartLogger	UND	1	\$ 675.00	\$ 675.00	1.38%
Medidor bidireccional clase 200	UND	1	\$ 550.00	\$ 550.00	1.12%
Piranometro	UND	1	\$ 354.00	\$ 354.00	0.72%
Inversor Huawei SUN2000-33KTL	UND	1	\$2,747.00	\$ 2,747.00	5.60%
ESTRUCTURA DE SOPORTE					
Reforzamiento de techo	UND	1	\$2,750.00	\$ 2,750.00	5.60%
Estructura de soporte de aluminio anodizado para módulos	UND	90	\$ 65.00	\$ 5,850.00	11.92%
GABINETES Y PROTECCIONES					
Gabinete metálico 15x20x30	UND	1	\$ 300.00	\$ 300.00	0.61%
Interruptor termomagnético 3x50 CA	UND	1	\$ 350.00	\$ 350.00	0.71%
CABLEADO Y CANALIZACIONES					
Cable solar fotovoltaico rojo calibre 12	M	240	\$ 4.50	\$ 1,080.00	2.20%
Cable solar fotovoltaico negro calibre 12	M	240	\$ 4.30	\$ 1,032.00	2.10%
Cable de cobre desnudo calibre 12	M	240	\$ 0.85	\$ 204.00	0.42%
Cable THHW-LS negro calibre 12	M	30	\$ 0.45	\$ 13.50	0.03%
Cable THHW-LS rojo calibre 12	M	30	\$ 0.45	\$ 13.50	0.03%
Cable THHW-LS verde calibre 12	M	30	\$ 0.45	\$ 13.50	0.03%
Conector MC4 para calibre 10-12 (par macho y hembra)	PZA	90	\$ 3.33	\$ 299.70	0.61%
Tubería conduit 3/4"	LANCE	30	\$ 7.00	\$ 210.00	0.43%
Cople conduit gruesa 3/4"	PZA	60	\$ 0.40	\$ 24.00	0.05%
Conector glándula 3/4"	PZA	60	\$ 1.30	\$ 78.00	0.16%
Unicanal 4x2"	UND	45	\$ 11.00	\$ 495.00	1.01%
Abrazadera unicanal 3/4"	UND	120	\$ 0.30	\$ 36.00	0.07%
Condulet LB 3/4"	UND	30	\$ 2.25	\$ 67.50	0.14%
Conector de ajuste EMT 3/4"	UND	15	\$ 0.40	\$ 6.00	0.01%
Tubería EMT 3/4"	LANCE	15	\$ 3.50	\$ 52.50	0.11%
Cople pared delgada 3/4"	PZA	15	\$ 0.40	\$ 6.00	0.01%
Tubería BXt 3/4"	M	15	\$ 2.00	\$ 30.00	0.06%
Conector curvo BX 3/4"	UND	30	\$ 2.00	\$ 60.00	0.12%
Abrazadera omega 3/4"	UND	60	\$ 0.15	\$ 9.00	0.02%
Costos Administrativos					
Grua	DIA	3	\$ 280.00	\$ 840.00	1.71%
Flete	DIA	1	\$ 390.00	\$ 390.00	0.79%
Mano de obra	UND	1	\$3,500.00	\$ 3,500.00	7.13%
Planos y permisos	UND	1	\$1,300.00	\$ 1,300.00	2.65%
Imprevisto	UND	1	\$2,500.00	\$ 2,500.00	5.09%
				\$49,086.20	100.00%

Fuente: (Propia con cotización de INNOVA SOLAR,2023).

Tabla 20. Flujo de efectivos

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Energía generada [kWh]:		69,705.00	69,321.62	68,940.35	68,561.18	68,184.10
Excedentes [kWh]:		-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:		69,705.00	69,321.62	68,940.35	68,561.18	68,184.10
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:		0.2395	0.2874	0.3449	0.4139	0.4967
Ahorros brutos [\$]:		16,695.68	19,924.62	23,778.05	28,376.72	33,864.78
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$]:		3735.00	4074.89	4445.70	4850.26	5291.63
Seguros [\$]:		-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$]:		-	-	-	-	-
Total de egresos [\$]:		3,735.00	4,074.89	4,445.70	4,850.26	5,291.63
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$]:	-	49,086.20	12,960.68	15,849.74	19,332.35	23,526.46
Flujo de efectivo acumulado [\$]:	-	49,086.20	36,125.52	20,275.78	943.43	22,583.03
Flujo de efectivos en el presente [\$]:	-	49,086.20	11,782.44	13,098.96	14,524.68	16,068.89
Periodo de recuperación [años]:		1.00	1.00	1.00	0.04	0.00

Tabla 21. Continuación Flujo de efectivos

Año	6	7	8	9	10	11
Ingresos						
Energía generada [kWh]:	67809.08261	67,436.13	67,065.23	66,696.38	66,329.55	65,964.73
Excedentes [kWh]:	0	-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	67809.08261	67,436.13	67,065.23	66,696.38	66,329.55	65,964.73
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	0.596000197	0.7152	0.8582	1.0299	1.2359	1.4830
Ahorros brutos [\$]:	40414.22661	48,230.34	57,558.09	68,689.82	81,974.43	97,828.28
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$]:	5773.170172	6298.53	6871.69	7497.02	8179.25	8923.56
Seguros [\$]:	0	-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$]:						
Total de egresos [\$]:	5773.170172	6,298.53	6,871.69	7,497.02	8,179.25	8,923.56
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$]:	34,641.06	41,931.81	50,686.39	61,192.80	73,795.18	88,904.73
Flujo de efectivo acumulado [\$]:	85,797.23	127,729.04	178,415.43	239,608.23	313,403.41	402,308.14
Flujo de efectivos en el presente [\$]:	19,553.97	21,517.65	23,645.58	25,951.72	28,451.24	31,160.56
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año	12	13	14	15	16	17
Ingresos						
Energía generada [kWh]:	65601.92655	65,241.12	64,882.29	64,525.44	64,170.55	63,817.61
Excedentes [kWh]:	0	-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	65601.92655	65,241.12	64,882.29	64,525.44	64,170.55	63,817.61
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	1.779647053	2.1356	2.5627	3.0752	3.6903	4.4283
Ahorros brutos [\$]:	116748.2753	139,327.39	166,273.31	198,430.57	236,807.04	282,605.52
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$]:	9735.603152	10621.54	11588.10	12642.62	13793.10	15048.27
Seguros [\$]:	0	-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$]:	8540.9988					
Total de egresos [\$]:	18276.60195	10,621.54	11,588.10	12,642.62	13,793.10	15,048.27
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$]:	98,471.67	128,705.85	154,685.21	185,787.95	223,013.94	267,557.25
Flujo de efectivo acumulado [\$]:	500,779.81	629,485.66	784,170.87	969,958.81	1,192,972.75	1,460,530.00
Flujo de efectivos en el presente [\$]:	31,376.11	37,281.50	40,733.45	44,476.16	48,534.33	52,934.78
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año	18	19	20	21	22	23
Ingresos						
Energía generada [kWh]:	63466.61245	63,117.55	62,770.40	62,425.16	62,081.82	61,740.37
Excedentes [kWh]:	0	-	-	-	-	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	63466.61245	63,117.55	62,770.40	62,425.16	62,081.82	61,740.37
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	5.313997626	6.3768	7.6522	9.1826	11.0191	13.2229
Ahorros brutos [\$]:	337261.4279	402,487.79	480,328.93	573,224.54	684,086.17	816,388.43
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$]:	16417.66411	17911.67	19541.63	21319.92	23260.04	25376.70
Seguros [\$]:	0	-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$]:						
Total de egresos [\$]:	16417.66411	17,911.67	19,541.63	21,319.92	23,260.04	25,376.70
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$]:	320,843.76	384,576.12	460,787.29	551,904.62	660,826.13	791,011.73
Flujo de efectivo acumulado [\$]:	1,781,373.77	2,165,949.88	2,626,737.18	3,178,641.79	3,839,467.93	4,630,479.66
Flujo de efectivos en el presente [\$]:	57,706.57	62,881.27	68,493.09	74,579.19	81,179.83	88,338.73
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año	24	25
Ingresos		
Energía generada [kWh]:	61400.8019	61,063.10
Excedentes [kWh]:	0	-
Energía neta aprovechada o autoconsumida [kWh]:	61400.8019	61,063.10
Tarifa eléctrica [\$/kWh]:	15.86751189	19.0410
Ahorros brutos [\$]:	974277.9541	1,162,703.31
Egresos		
Operación y Mantenimiento [\$]:	27685.97801	30205.40
Seguros [\$]:	0	-
Cambio de inversores [\$]:		
Total de egresos [\$]:	27685.97801	30,205.40
Flujos de efectivo Sin Financiamiento		
Flujo de efectivo neto [\$]:	946,591.98	1,132,497.91
Flujo de efectivo acumulado [\$]:	5,577,071.63	6,709,569.54
Flujo de efectivos en el presente [\$]:	96,103.32	104,525.02
Periodo de recuperación [años]:	0	0.00

Fuente: (Elaboración propia,2023).

Variables financieras	
Periodo de recuperación [años]:	3.04
Valor Actual Neto (VAN) [\$]:	1,063,554.50
Tasa Interna de Retorno (TIR) [%]:	47.56%
ROI [%]:	2166.71%
LCOE [\$/kWh]:	0.2320

Fuente: (Elaboración propia,2023).

6.8 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA

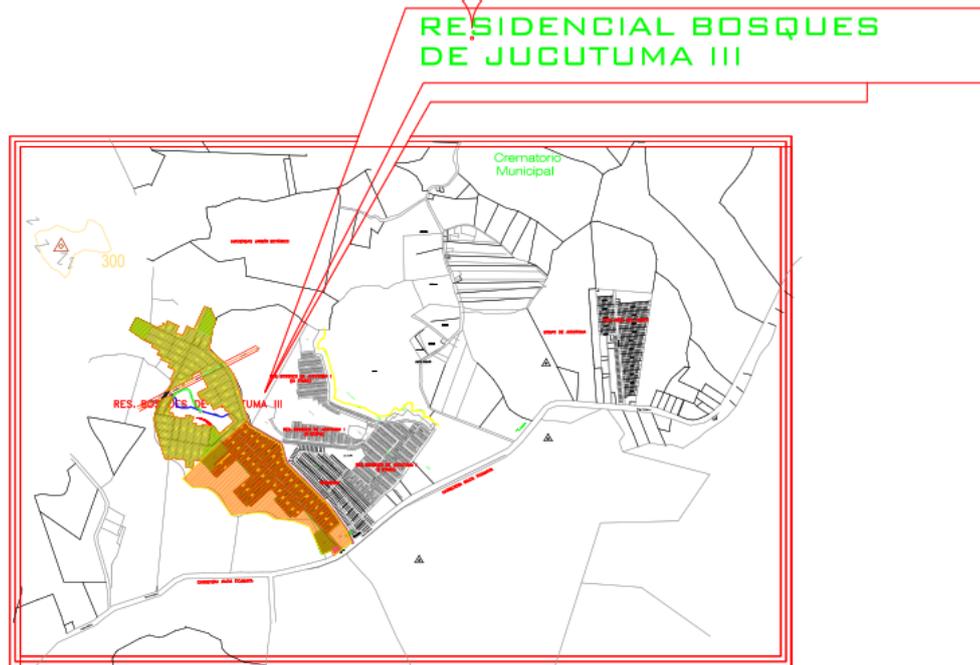
Tabla 19. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Problemas de Investigación	Objetivos		Hallazgos	Conclusiones	Nombre de la propuesta	objetivos de la propuesta
	General	Específicos				
¿Es viable técnicamente y rentable económicamente la instalación un proyecto solar fotovoltaico para la autoproducción, con el objetivo de reducir en un 50% los costos operativos relacionados con la facturación de energía eléctrica del sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosques de Jucutuma III?	Determinar la factibilidad técnica y económica para un sistema solar fotovoltaico para la autoproducción de energía en el sistema de bombeo de agua potable de la Residencial Bosque Jucutuma III en Honduras, con el propósito de alcanzar un ahorro del 50% en el pago de la factura eléctrica y mantener una tarifa por m ³ de agua sin aumentos significativos para los usuarios finales.	Identificar las especificaciones técnicas del sistema de energía fotovoltaica adecuado para energizar las bombas de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III.	<p>Capacidad Solar : Se requiere un total de 90 paneles solares con una capacidad de 500 W cada uno, sumando una capacidad total de 45kWp. Esto garantiza una generación adecuada para abastecer el 50%demandas de las bombas de agua potable durante todas las estaciones del año.</p> <p>Inversores : Se propone la utilización un inversor trifásico con una capacidad de 33 kW para garantizar la conversión eficiente de la energía solar en electricidad utilizable.</p>	<p>Para identificar las especificaciones técnicas del sistema de energía fotovoltaica requerido para suplir la demanda energética de las bombas de agua potable en la Residencial Bosque Jucutuma III, se han obtenido resultados esenciales. Según los cálculos, se determina que un total de 90 paneles solares, cada uno con una capacidad de 500 W para lograr una capacidad total de 45 kWp y un inversor trifásico con una capacidad de 33 kW. Esta elección permitirá una conversión altamente eficiente de la energía solar captada en electricidad es necesario. Esta capacidad asegura una generación energética óptima para satisfacer el 50% de las demandas de las bombas de agua potable durante todo el año. Considerando los resultados obtenidos el proyecto contribuirá a la reducción de costos energéticos y a la disminución de la huella ambiental.</p>	Prefactibilidad económica de proyecto fotovoltaico en sistema de bombeo de residenciales bosques de Jucutuma Honduras.	<ol style="list-style-type: none"> 1.Implementar un sistema de autogeneración de energía mediante paneles solares con una capacidad de 45 kW para el sistema de bombeo , ubicado en la residencial bosque de Jucutuma, San Pedro Sula. 2.Elevar a cabo la ejecución del proyecto dentro del marco presupuestario asignado y cumpliendo con el cronograma de ejecución establecido. 3.Realizar mediciones de la producción de energía una vez que el proyecto de autogeneración esté plenamente operativo, con el fin de contrastar los datos obtenidos con las proyecciones de generación previamente calculadas. 4.Establecer una comparativa entre las facturas eléctricas de los meses anteriores a la instalación del sistema y las facturas correspondientes a los meses posteriores a dicha instalación.
		Determinar cuál es el costo de implementación del sistema solar fotovoltaico y cuál sería el tiempo de recuperación de la inversión.	Se ha calculado que el costo del sistema solar de 45 kWp asciende a \$54,450 dólares con un tiempo estimado de recuperación de la inversión de aproximadamente 3.8 años.	<p>Se ha demostrado que la implementación del sistema solar fotovoltaico con capacidad de 45 kWp implicaría un costo total de \$54,450 dólares. Además, se ha determinado que la inversión inicial se amortizaría en un lapso estimado de 3.8 años. Estos resultados subrayan la viabilidad financiera y la prontitud de retorno en inversiones relacionadas con tecnologías solares fotovoltaicas. La información obtenida destaca la convergencia de los beneficios económicos, proporcionando una sólida base para decisiones</p>		
		Identificar los factores que podrían afectar la eficiencia y rendimiento del sistema solar fotovoltaico en la Residencial Bosque Jucutuma III.	Se han identificado factores que ejercen influencia sobre la eficiencia y desempeño del sistema solar. Entre estos, la inclinación, la orientación y el sombreado, así como la temperatura. Es pos de abordar estas consideraciones de manera óptima, Se ha establecido una inclinación ideal de 14.5 grados, según la latitud local, para potenciar el aprovechamiento de la radiación solar incidente. Cabe destacar que la orientación del techo, hacia el sur, para maximizar el rendimiento del sistema. Es importante recalcar que no se ha identificado presencia de obstáculos como árboles o montañas que proyecten sombras durante el transcurso diario.	<p>Los resultados indican que la inclinación, orientación, sombreado y temperatura son elementos determinantes en la generación de energía.</p> <p>La inclinación óptima de 14.5 grados, basada en la latitud local, se ha identificado como estratégica para maximizar la captación de radiación solar incidente. La orientación hacia el sur refuerza esta eficiencia, asegurando un aprovechamiento óptimo durante todo el día. Además, la ausencia de obstrucciones como árboles o montañas garantiza una exposición solar ininterrumpida.</p> <p>La convergencia de estos hallazgos subraya la importancia de una ubicación adecuada para optimizar el rendimiento del sistema. Al considerar estos factores en la implementación, se asegura una generación eficiente y sostenible de energía solar.</p>		

Fuente: (Elaboración propia,2023).

ANEXOS

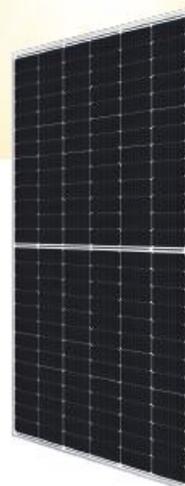
BOSQUES DE JUCUTUMA III



Anexo 1. Ubicación del proyecto



Preliminary Technical Information Sheet



HiKu5 Mono

475 W ~ 500 W

CS3Y-475 | 480 | 485 | 490 | 495 | 500MS

MORE POWER



Module power up to 500 W
Module efficiency up to 21.2 %



Lower LCOE & BOS cost,
cost effective product for utility power plant



Comprehensive LID / LeTID mitigation
technology, up to 50% lower degradation



Compatible with mainstream trackers



Better shading tolerance

MORE RELIABLE



Minimizes micro-crack impacts



Heavy snow load up to 5400 Pa,
enhanced wind load up to 2400 Pa*



Enhanced Product Warranty on Materials
and Workmanship*



Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

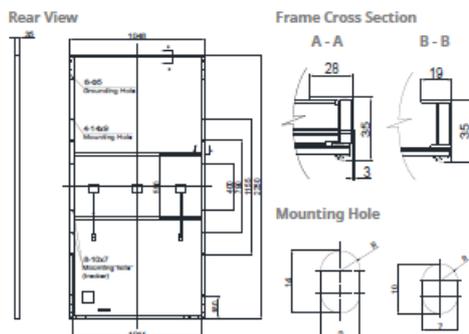
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.

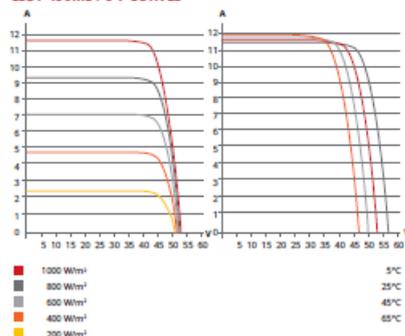
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Anexo 2. Hoja de datos del panel solar

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3Y-490MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3Y	475MS	480MS	485MS	490MS	495MS	500MS
Nominal Max. Power (P _{max})	475 W	480 W	485 W	490 W	495 W	500 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	44.0 V	44.2 V	44.4 V	44.6 V	44.8 V	45.0 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	10.81 A	10.87 A	10.94 A	11.00 A	11.06 A	11.12 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	52.7 V	52.9 V	53.1 V	53.3 V	53.5 V	53.7 V
Short Circuit Current (I _{sc})	11.52 A	11.57 A	11.62 A	11.67 A	11.72 A	11.77 A
Module Efficiency	20.1%	20.4%	20.6%	20.8%	21.0%	21.2%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3Y	475MS	480MS	485MS	490MS	495MS	500MS
Nominal Max. Power (P _{max})	354 W	358 W	362 W	365 W	369 W	373 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	41.0 V	41.2 V	41.4 V	41.6 V	41.8 V	42.0 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	8.64 A	8.69 A	8.75 A	8.79 A	8.83 A	8.89 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	49.6 V	49.8 V	50.0 V	50.2 V	50.3 V	50.5 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.29 A	9.33 A	9.38 A	9.42 A	9.46 A	9.50 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	156 [2 X (13 X 6)]
Dimensions	2250 X 1048 X 35 mm (88.6 X 41.3 X 1.38 in)
Weight	26.3 kg (58.0 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, 2 crossbars enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC, 12 AWG (UL))
Cable Length (Including Connector)	500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-) or customized length*
Connector	T4 series or H4 UT-X or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	600 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.35 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.27 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

July 2020. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V2.3_EN

Anexo 3. Continuación de hoja de datos del panel solar

Inversor de String Inteligente

SUN2000-33KTL-A



Inteligente

- Monitorización inteligente de 8 strings y resolución rápida de problemas.
- Soporte de comunicaciones por línea de alimentación eléctrica (PLC).
- Soporte de diagnóstico inteligente de curvas I-V.

Eficiente

- Máxima eficiencia del 98,6%.
- Eficiencia europea del 98,4%.
- 4 MPPT para adaptarse de manera versátil a distintas disposiciones

Seguro

- Desconexión de CC integrada; mantenimiento seguro y práctico.
- Unidad de monitorización de la intensidad Residual (RCMU) integrada.
- Diseño sin fusibles.

Confiable

- Tecnología de enfriamiento natural.
- Clase de protección IP65.
- Protectores de sobreintensidad tipo II tanto para CC como para CA.

Always Available for Highest Yields

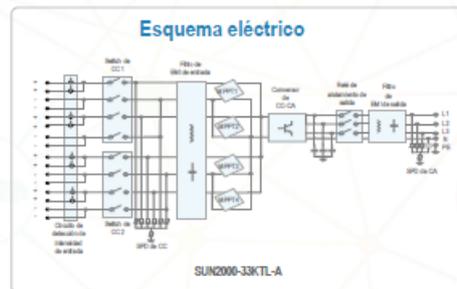
solar.huawei.com/es/

Anexo 4. Datos técnicos del inversor

Inversor de String Inteligente (SUN2000-33KTL-A)



Especificaciones técnicas	SUN2000-33KTL-A
	Eficiencia
Eficiencia máxima	98.6%
Eficiencia europea	98.4%
	Entrada
Máx. tensión de entrada	1,100 V
Máx. intensidad por MPPT	22 A
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	30 A
Tensión de entrada inicial	250 V
Rango de tensión de operación de MPPT	200 V ~ 1000 V
Tensión nominal de entrada	620 V
Máx. cantidad de entradas	8
Cantidad de MPPT	4
	Salida
Potencia nominal activa de CA	30,000 W
Máx. potencia aparente de CA	33,000 VA
Máx. potencia activa de CA (cosφ=1)	30,000 W
Tensión nominal de salida	230V / 400V, default 3W+N-PE _N
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad de salida nominal	13.3 A
Máx. intensidad de salida	48 A
Factor de potencia ajustable	0.8 LG ... 0.8 LD
Máx. distorsión armónica total	< 3%
	Protección
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Si
Protección contra funcionamiento en isla	Si
Protección contra sobrintensidad de CA	Si
Protección contra polaridad inversa de CC	Si
Monitorización de fallos en strings de sistemas fotovoltaicos	Si
Protector contra sobrintensidad de CC	Tipo II
Protector contra sobrintensidad de CA	Tipo II
Detección de aislamiento de CC	Si
Unidad de monitorización de la intensidad Residual	Si
	Comunicación
Visualización	Indicadores LED, Bluetooth + APP
RS485	Si
USB	Si
Comunicación por líneas de alimentación eléctrica (PLC)	Si
	General
Dimensiones (ancho x altura x profundidad)	930 x 550 x 283 mm (36.6 x 21.7 x 11.1 pulgadas)
Peso (con soporte de montaje)	62 kg (136.7 lb.)
Rango de temperatura de operación	-25 °C ~ 60 °C (-13°F ~ 140°F)
Enfriamiento	Convección natural
Altitud de operación	4,000 m (13,123 ft.)
Humedad relativa	0 ~ 100%
Conector de CC	Amphenol HeliCo H4
Conector de CA	Terminal de PG resistente al agua + Conector OT
Calse de protección	IP65
Topología	Sin transformador
	Cumplimiento de normas (Más información disponible a pedido)
Certificado	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC62116
Código de red	IEC 61727, NBT 32004-2013, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, EDEW, G593, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, C1011, EN 50438-Turkey



Anexo 5. Continuación de Datos técnicos del inversor

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: Sistema Solar Fotovoltaico

Potencia del sistema: 45.0 kWp
Bosque de jucutuma - Honduras



Josue Reyes & Ariel Peña
San Pedro Sula
Honduras
97197632

Página 1/8

Anexo 6. Datos generales del proyecto



PVsyst V7.2.8
VC0, Fecha de simulación:
21/09/23 21:46
con v7.2.8

Proyecto: Sistema Solar Fotovoltaico para suministrar Energía a bomba de bosque de Jucutuma

Variante: SIMULACION 1

Resumen del proyecto

Sitio geográfico Bosque de jucutuma Honduras	Situación Latitud 15.51 °N Longitud -87.93 °W Altitud 0 m Zona horaria UTC-6	Configuración del proyecto Albedo 0.20
Datos meteo Bosque de jucutuma Meteonorm 8.0 (2000-2009), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red Orientación campo FV Plano fijo Inclinación/Azimut 15 / 0 °	Sombreados cercanos Sin sombreados	Necesidades del usuario Carga ilimitada (red)
Información del sistema Conjunto FV Núm. de módulos Pnom total	90 unidades 45.0 kWp	Inversores Núm. de unidades 1.3 unidades Pnom total 37.5 kWca Proporción Pnom 1.200

Resumen de resultados

Energía producida 69723 kWh/año	Producción específica 1549 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 83.77 %
---------------------------------	--	-----------------------------

Tabla de contenido

Portada	1
Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	4
Diagrama de pérdida	5
Gráficos especiales	6

Anexo 7. Datos del sistema



PVsyst V7.2.8
 VCO, Fecha de simulación:
 21/08/23 21:46
 con v7.2.8

Proyecto: Sistema Solar Fotovoltaico para suministrar
 Energía a bomba de bosque de Jucutuma

Variante: SIMULACION 1

Parámetros generales

Sistema conectado a la red		
Orientación campo FV		
Orientación	Configuración de cobertizos	Modelos usados
Plano fijo	Sin escena 3D definida	Transposición Perez
Inclinación/Azimut 15 / 0 °		Difuso Perez, Meteorom separado
		Circunsolar
Horizonte	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Horizonte libre	Sin sombreados	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

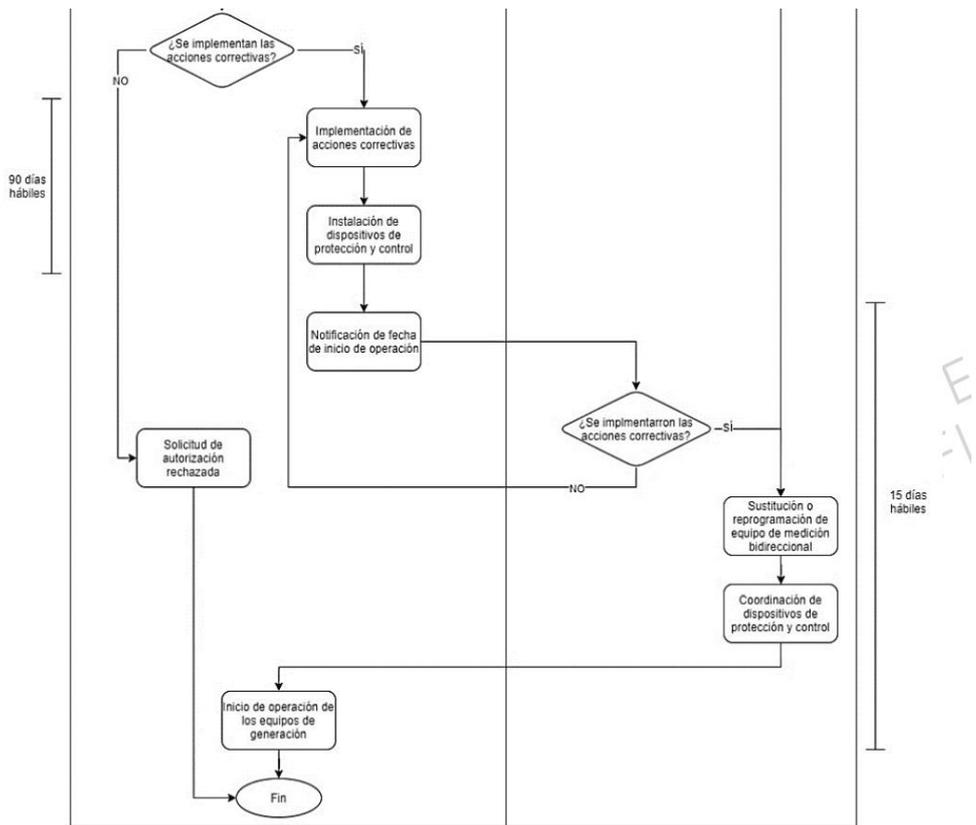
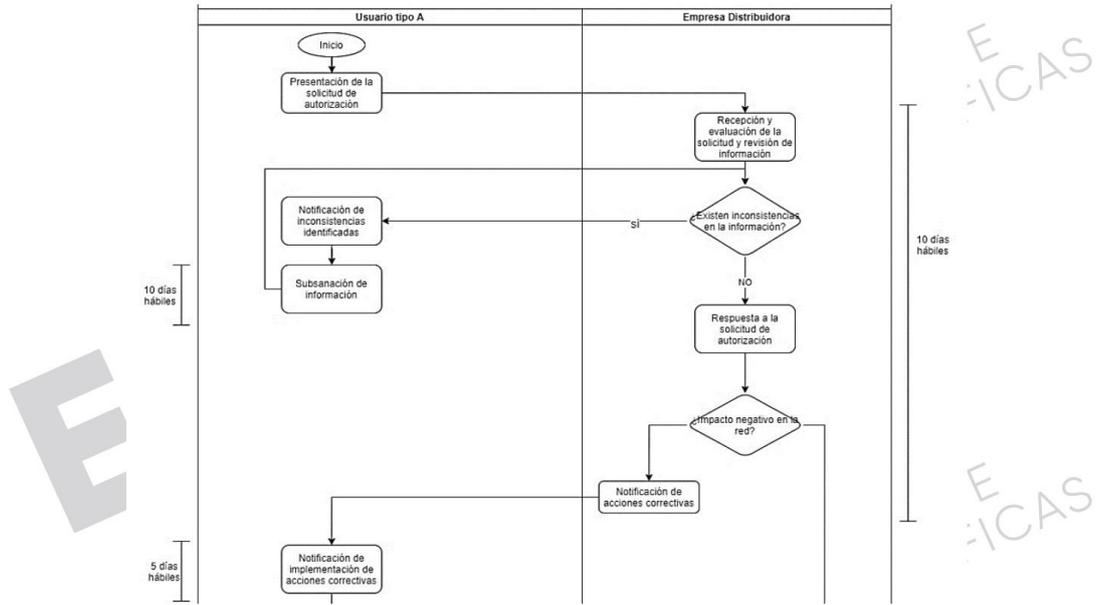
Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Trina Solar	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	TSM-DE18M-(II)-500	Modelo	SUN2000-33KTL-A_PF
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	500 Wp	Unidad Nom. Potencia	30.0 kWca
Número de módulos FV	90 unidades	Número de inversores	5 * MPPT 25% 1.3 unidad
Nominal (STC)	45.0 kWp	Potencia total	37.5 kWca
Módulos	5 Cadenas x 18 En series	Voltaje de funcionamiento	200-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Potencia máx. (=>40°C)	33.0 kWca
Pmpp	41.0 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.20
U mpp	701 V		
I mpp	58 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	45 kWp	Potencia total	37.5 kWca
Total	90 módulos	Núm. de inversores	2 Unidad
Área del módulo	215 m²	0.8 No utilizado	
		Proporción Pnom	1.20

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida de calidad módulo				
Temperatura módulo según irradiancia	20.0 W/m²K	Res. conjunto global	198 mΩ	Frac. de pérdida	-0.8 %			
Uc (const)	0.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC					
Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s							
Pérdidas de desajuste de módulo		Pérdidas de desajuste de cadenas						
Frac. de pérdida	2.0 % en MPP	Frac. de pérdida	0.1 %					
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Anexo 8. Parámetros y características del sistema

ANEXO I PROCEDIMIENTO DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA USUARIO AUTOPRODUCTOR TIPO A



Anexo 9. Procedimiento para autorización Auto productor tipo A

TRABAJOS CITADOS

- Arias-Cazco, D. (2022). Sensitivity Analysis for Levelized Cost of Electricity.
- Cantos, J. (2016). *Configuración de instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid.
- CELSIA. (2023). Obtenido de <https://www.celsia.com/en/noticias/cerveceria-hondurena-inicia-transformacion-energetica-con-el-techo-solar-mas-grande-de-latinoamerica/>
- CREE. (2023). Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/historial-de-tarifas/>
- CREE. (2023). *Informe de ajuste tarifario del primer trimestre del 2023*. Tegucigalpa.
- CREE. (2023). *TARIFAS*. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/historial-de-tarifas/>
- EMSULA. (2015). Obtenido de <https://www.iadb.org/es/noticias/emsula-inaugura-proyecto-innovador-de-energia-solar-financiado-por-el-bid>
- ENEE. (2017). *ENEE*. Obtenido de <http://www.enee.hn/index.php/noticias/noticias/156-periodistas/1290-generacion-de-energia-limpia-desplaza-a-la-termica>
- ENEE. (2022). *BOLETIN ESTADISTICO ENEE DICIEMBRE*.
- ENEE. (2022). *Norma Técnica de Usuarios Autoprodutores Residenciales y Comerciales*. Tegucigalpa.
- HELIO ESFERA. (JULIO de 2021). Obtenido de <https://www.helioesfera.com/como-funciona-un-sistema-fotovoltaico-de-autoconsumo/>
- IEA. (2020). *Renovables 2020 - Análisis y pronóstico hasta 2025*.
- IRENA. (2019). *EL FUTURO DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*.
- IRENA. (2020). *COSTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN 2020*.
- IRENA. (2023). Obtenido de <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>
- LA PRENSA. (2022). Obtenido de Pobladores de Bosques Jucutuma denuncian excesivo incremento en recibos de agua: <https://mntv.hn/pobladores-de-bosques-jucutuma-denuncian-excesivo-incremento-en-recibos-de-agua.html>

- MUNDO RENOVABLE. (14 de 3 de 2023). *Diseño Fotovoltaico Residencial e Industrial*.
Obtenido de <https://mundorenovable.org/leccion/presentaciones-pdf-y-material-de-apoyo-curso-residencial/>
- ONU. (2023). *La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI*. Obtenido de <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>
- PVGIS. (s.f.). Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Sadiku, M. (2006). *Fundamentos de circuitos Electricos*.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la investigacion*.
- SOLARGIS. (2017). Obtenido de <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/honduras>
- SOLARGIS. (2017). Obtenido de <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/honduras>
- STATISTA. (2022). Obtenido de Ranking mundial de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada a fecha de 2022: <https://es.statista.com/estadisticas/641225/potencia-solar-fotovoltaica-instalada-por-paises/#statisticContainer>
- Trina Solar. (2023). Obtenido de <https://www.trinasolar.com/es/product/VERTEX-DEG21C.20>
- VISUAL CAPITALIST. (s.f.). *Solar and Wind Power by Country*. Obtenido de <https://www.visualcapitalist.com/mapped-solar-and-wind-power-by-country/>
- Weber, G. (2020). *Politica de transicion energetica en alemania*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4411818.pdf>