



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN
PLANTA POTABILIZADORA DE AGUAS COPANECAS**

SUSTENTADO POR:

**RICCY MABEL RECINOS AXUME
ALEX JOSE MATUTE CASTRO**

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE

**MÁSTER EN
DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

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

JULIO, 2026

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTORA

ROSALPINA RODRÍGUEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO NACIONAL

JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ

MIRALDA

DECANA FACULTAD DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY VARGAS

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
EN PLANTA POTABILIZADORA DE AGUAS
COPANECAS**

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

DIRECCIÓN EMPRESARIAL

ASESORA METODOLÓGICA

PATRICIA VILLALTA

MIEMBROS DE LA TERNA:

JULISSA JAMILETH CORTES OSORTO

JOSE ROBERTO CERROS CRUZ

HECTOR WILFREDO PADILLA SIERRA

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2026
Riccy Mabel Recinos Axume
Alex Jose Matute Castro

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN PLANTA POTABILIZADORA DE AGUAS COPANECAS

Riccy Mabel Recinos Axume
Alex Jose Matute Castro

Resumen

El presente estudio tuvo como propósito evaluar la Prefactibilidad de Implementar un Sistema Fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, ubicada en el Municipio de Copán Ruinas, Copán, con el fin de reducir los costos energéticos y mejorar la sostenibilidad financiera. La investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, mediante la aplicación de las metodologías de estudio de mercado, técnico y financiero haciendo uso de información histórica de los consumos energéticos, perfiles de carga y simulaciones en el software PVsyst. Dando como resultado un comportamiento relativamente estable en el consumo de energía, con una demanda continua de 20 kW a 30 kW, con un consumo del 45.5% durante el horario de 7:00 am a 5:00 pm y una energía anual proyectada del sistema fotovoltaico de 55,109 kWh. Por lo tanto, se concluyó que la Planta cuenta con condiciones favorables para la implementación del sistema, por lo que se desarrolló una propuesta de prefactibilidad financiera para evaluar la rentabilidad e inversión del proyecto.

Palabras claves: (Consumo Energético, Demanda Energética, Prefactibilidad Financiera, Sistema Fotovoltaico, Viabilidad Técnica)



GRADUATE SCHOOL

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN PLANTA POTABILIZADORA DE AGUAS COPANECAS

Riccy Mabel Recinos Axume
Alex Jose Matute Castro

Abstract

This study aimed to evaluate the pre-feasibility of implementing a photovoltaic system at the Aguas Copanecas Water Treatment Plant, located in the municipality of Copán Ruinas, Copán, in order to reduce energy costs and improve financial sustainability. The research was conducted using a quantitative approach with a descriptive scope, applying market, technical, and financial study methodologies and utilizing historical energy consumption data, load profiles, and simulations using PVsyst software. The results showed relatively stable energy consumption, with a continuous demand of 20 kW to 30 kW, 45.5% of consumption occurring between 7:00 am and 5:00 pm, and a projected annual energy output of 55,109 kWh for the photovoltaic system. Therefore, it was concluded that the plant has favorable conditions for the system's implementation, and a financial pre-feasibility proposal was developed to evaluate the project's profitability and investment.

Palabras claves: (Energy Consumption, Energy Demand, Financial Pre-feasibility, Photovoltaic System, Technical Viability)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios y a todas las personas que han colaborado en el proceso con su apoyo incondicional, a mi familia y a mi prometida, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

Alex Jose Matute Castro

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por brindarme la fortaleza, sabiduría necesaria para culminar esta importante etapa de mi formación profesional. A mi familia y a mi prometido, por su apoyo incondicional.

Riccy Mabel Recinos Axume

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo por sobre todas las cosas a Dios, por darme la fuerza y la oportunidad de terminar este proceso, a mi compañera y amiga Riccy Recinos por estar conmigo durante todo este proceso y a nuestros asesores por guiarnos en todo este trabajo, ya que sin ellos no hubiésemos podido llegar tan lejos.

Alex Jose Matute Castro

Mi más sincero agradecimiento a Dios por permitirme culminar satisfactoriamente este proceso académico. Asimismo, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y motivación permanente para poder alcanzar este logro académico. Finalmente, extendiendo mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente al desarrollo de esta tesis, aportando conocimientos, experiencias y apoyo durante esta importante etapa de formación profesional.

Riccy Mabel Recinos Axume

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTO	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.	1
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.	6
2.1.1 MACROENTORNO	6
2.1.1.1 SEGURIDAD HÍDRICA.....	6
2.1.1.2 ESTUDIOS PREVIOS QUE SUSTENTAN EL USO DE ENERGÍA SOLAR EN PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUA EN AMÉRICA LATINA.....	7
2.1.2 MICROENTORNO.....	7
2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	10
2.2.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
2.2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO	10
2.2.3 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	11
2.2.4 TARÍFA ELÉCTRICA.....	11
2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO	12
2.3.1 BÁSES TEÓRICAS	12
2.3.1.1 TEORÍA DEL ESTUDIO DE MERCADO	12
2.3.1.1.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA	14
2.3.1.1.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA	14
2.3.1.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE FUENTES PRIMARIAS.....	15
2.3.1.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE FUENTES SECUNDARIAS	15
2.3.1.4 TEORÍA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA	16
2.3.1.5 FACTIBILIDAD TÉCNICA	17
2.3.1.6 FACTIBILIDAD FINANCIERA	18
2.3.1.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA	19
2.3.2 METODOLOGÍAS APLICADAS POR OTROS INVESTIGADORES O EXPERTOS	21
2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	22
2.4 MARCO LEGAL	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	25
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	25
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA.....	25
3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO.....	26
3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	27

3.1.4 HIPÓTESIS	27
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	28
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.3.1 POBLACIÓN	29
3.3.2 MUESTRA	29
3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS	30
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	31
3.5.1 FUENTES PRIMARIAS	31
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	33
4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	33
4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....	33
4.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO.....	33
4.2.2 ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO	35
4.2.3 PERFIL DE CARGA	36
4.2.4 POTENCIA MÁXIMA DEMANDADA.....	38
4.2.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
5.1 CONCLUSIONES	41
5.2 RECOMENDACIONES	42
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	44
6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA.....	44
6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	44
6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA	45
6.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	45
6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO A DETALLE DE LA PROPUESTA.....	45
6.4.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	45
6.4.2 DESARROLLO DE TODO LOS ELEMENTOS NECESARIOS	46
6.4.2.1 ESTUDIO DE MERCADO	46
6.4.2.1.1 CONSUMO ENERGÉTICO	46
6.4.2.1.2 DEMANDA ENÉRGICA.....	47
6.4.2.1.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TARIFARIO	48
6.4.2.1.4 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	49
6.4.2.2 ESTUDIO TÉCNICO	50
6.4.2.2.1.1 TAMAÑO DEL PROYECTO	50
6.4.2.2.1.2 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO	50
6.4.2.2.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO TÉCNICO	53
6.4.2.2.1.4 VALIDACIÓN POR PVSYST.....	60
6.4.2.2.1.5 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO.....	61
6.4.2.3 ESTUDIO FINANCIERO	62
6.4.2.3.1 ESTIMACIÓN DE INVERSIÓN INICIAL	62
6.4.2.3.2 ESTRUCTURA Y COSTO DE CAPITAL	63
6.4.2.3.3 ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECCIÓN DE INGRESO Y COSTOS DEL	

PROYECTO	63
6.4.2.3.4 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	66
6.4.2.3.3.1 VAN.....	66
6.4.2.3.3.2 TIR	66
6.4.2.3.3.3 PERIODO DE RECUPERACIÓN	66
6.4.2.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CON RESPECTO AL DECRETO 50-2010....	67
6.5 MEDIDAS DE CONTROL	67
6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.....	68
6.7 PRESUPUESTO E IMPACTO DEL PRESUPUESTO	69
6.8 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	74
Anexo 1: Factura eléctrica, solicitada en visita técnica	74
Anexo 2: Carta de Autorización Aguas Copanecas	75
Anexo 3: Evolución Histórica de la tarifa promedio.....	76
Anexo 4: Cotización del proyecto.....	77

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El consumo de energía eléctrica representa uno de los principales costos operativos en los sistemas de abastecimiento de agua potable, debido al uso de equipos eléctricos que requieren un alto consumo de energía que son utilizados para el bombeo, filtrado y distribución del agua. En la actualidad el uso de fuentes renovables de energía eléctrica se ha convertido en una solución accesible de bajo impacto ambiental que brinda una sostenibilidad económica a lo largo de la vida útil de los equipos.

El siguiente estudio tuvo como objetivo desarrollar la prefactibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, evaluando las condiciones técnicas y financieras necesarias, con el fin de determinar la viabilidad de esta alternativa para disminuir los costos que están asociados al consumo de energía de la planta. Asimismo, el estudio se logró realizar mediante un estudio de mercado, estudio técnico y estudio financiero, aplicándose de manera congruente las metodologías.

La importancia de este estudio radica en que permite evidenciar el impacto que tiene el consumo energético en los costos operativos, así como la necesidad de evaluar alternativas que puedan contribuir a la sostenibilidad financiera de la institución.

La investigación se realizó en beneficio de Aguas Copanecas, institución encargada de suministrar el agua potable en el municipio de Copán Ruinas, Copán, la cual representa el objeto de análisis del presente estudio y cuyo sistema de abastecimiento, demanda un consumo energético continuo para asegurar la prestación del servicio de agua potable a la población.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Los antecedentes de este estudio se basan en una problemática de alcance mundial, registrada internacionalmente desde finales del siglo XX. Según la UNESCO y ONU-Agua (2023), casi 2,000 millones de personas en el mundo no cuentan con acceso a agua potable de forma segura, y una parte relevante de esto se origina en la deficiencia financiera de los administradores de agua para poder mejorar la dependencia del consumo eléctrico de forma tradicional.

El estudio realizado por las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2021) encontró que el uso del agua a nivel global ha aumentado aproximadamente en un 1% anual

desde la década de 1980, haciendo presión sobre los sistemas de potabilización y sus costos operativos. A nivel de América Latina, se ha investigado que los costos energéticos de una planta de agua se acercan aproximadamente al 40% de los gastos operativos del sistema, representando como el principal factor de insostenibilidad financiera de los servicios de agua potable en la región (CEPAL, 2022).

En el contexto hondureño, antes de 2012, la dependencia del sistema eléctrico convencional estaba basado en un 70% en combustibles fósiles, lo que hacía que las tarifas eléctricas se elevaran por el petróleo y golpearan directamente a todo sus clientes, así como racionamientos frecuentes (Energía solar, 2020.). Esto generó la creación de nuevas reformas del sector eléctrico con el Decreto 138 de 2013 lo cual presentó las bases legales para que proyectos fotovoltaicos pudieran desarrollarse al sistema nacional, abriendo la posibilidad de que los sistemas de agua potable también adoptaran esta alternativa (Legal Dirección General de Energía Renovable y Eficiencia Energética - Secretaría de Energía, 2020).

En otros estudios realizados, principalmente en el municipio de San Manuel Cortés, han confirmado que los costos energéticos presentan una dificultad para la sostenibilidad, porque los fondos recaudados por cada cliente de agua potable solo cubren la factura eléctrica, dejando sin recurso para la operación y mantenimiento de la planta (Alvarado & Solís, 2024b).

Alvarado & Solís, 2024, También confirman que las plantas de aguas presentan problemas de acceso y elevados costos operativos. Asimismo, el estudio destaca que la utilización de energía solar fotovoltaica permitió reducir los costos operativos al realizar un análisis comparativo con el costo de la energía convencional.

Otro estudio por Reyes & Redondo, 2023, también evidenciaron que unos sistemas de agua potable con suministro de energía convencional tenían un impacto significativo en la rentabilidad de la empresa encargada de suministrar agua. Afectando directamente el servicio y la satisfacción a los clientes por aumentos en la tarifa.

En otro contexto muy importante, Honduras está representando un 0.06% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, y para el año 2022 solo el área de energía representaba el 50% de las emisiones globales del país. Asimismo, se ha comprobado que Honduras en las últimas décadas ha experimentado daños significativos por eventos climáticos, reafirmando la posición como uno de los países más afectados por el cambio climático (Contribución Determinada a Nivel

Nacional 3.0 de Honduras | CMNUCC, 2024).

Tomando de referencia lo anterior, Honduras reafirma su compromiso con el acuerdo Paris realizando acciones para mitigar el aumento de las emisiones de efecto invernadero derivadas de la producción, transformación, transporte y uso de la energía. Esta acción se quiere lograr, ampliando la participación de las fuentes renovables en la generación eléctrica con el fin de diversificar la matriz energética (Contribución Determinada a Nivel Nacional 3.0 de Honduras | CMNUCC, 2024).

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La planta potabilizadora de aguas del municipio de Copán Ruinas presenta un alto consumo en su factura eléctrica debido al uso de equipos obsoletos y a la dependencia total del sistema eléctrico convencional (Anexo 1) provisto por la ENEE bajo la tarifa de media tensión. Esta situación genera costos operativos elevados, interrupciones frecuentes en el servicio y limita la sostenibilidad financiera de Aguas Copanecas. Ante lo expuesto, se busca como alternativa si la implementación de un sistema fotovoltaico puede reducir el costo del consumo de energía convencional. Sin embargo, no se ha realizado un estudio que permita determinar la viabilidad técnica, económica de dicha alternativa (Alvarez Welchez, 2024b).

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Considerando lo antes mencionado, surge la siguiente interrogante: ¿Cuál es la prefactibilidad para implementar un sistema de energía fotovoltaica en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas en el municipio de Copán Ruinas a través de un estudio de mercado, técnico y financiero, con el fin de reducir los costos operativos y fortalecer la sostenibilidad financiera de la planta?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es el comportamiento del consumo energético actual de la planta potabilizadora de Aguas Copanecas y su costo asociado?
2. ¿Cuál es la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas para poder aprovechar un sistema Fotovoltaico?

3. ¿Cuáles son los requerimientos técnicos de la planta potabilizadora de agua que permitirían la instalación de un sistema fotovoltaico?
4. ¿Qué beneficios económicos se obtendrían si se implementara un sistema de energía solar en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES

Determinar la prefactibilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas en el municipio de Copán Ruinas, a través de un estudio de mercado, técnico y financiero, con el fin de reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad financiera de la planta.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Conocer la situación actual del consumo energético y los costos asociados al suministro eléctrico en la Planta Potabilizadora de Aguas en Copán Ruinas.
2. Determinar la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, para conocer las condiciones requeridas para el aprovechamiento de la generación fotovoltaica.
3. Analizar la viabilidad técnica de implementar un sistema fotovoltaico, considerando la disponibilidad de recursos solares y las condiciones de infraestructura existente.
4. Desarrollar la prefactibilidad financiera para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El estudio de Prefactibilidad de un Sistema Fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Agua en el municipio de Copán Ruinas tiene como finalidad evaluar todas las variables que se deben de tomar en cuenta para incorporar este tipo de energía a la red eléctrica de la planta. Basándose en los requerimientos técnicos para el funcionamiento de esta, hasta la parte económica que se requiere para ejecutar el proyecto.

Desde el punto de vista económico y financiero el estudio ayudo a tomar decisiones con mayor precisión con respecto a los retornos de la inversión, con la finalidad de determinar si esta alternativa puede reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad financiera del

abastecimiento de agua de la planta. Para esto se calculó las variables financieras claves como la tasa interna de retorno, el valor actual neto y el periodo de recuperación que permiten tomar decisiones fundamentadas para adoptar alternativas energéticas. A su vez se realizó estudios técnicos para evaluar el recurso solar en esta área y la eficiencia de los equipos a proponer, esto con el fin de brindar un análisis realista que se ajuste a las necesidades de la planta potabilizadora.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Este capítulo tiene como propósito presentar, de forma clara y detallada, un panorama general sobre la situación de las energías renovables en sistemas de potabilización de agua, con énfasis en la generación fotovoltaica. De igual manera, se abordará cómo en los últimos años ha crecido el interés por producir energía más económica y con menor impacto ambiental para mejorar la sostenibilidad financiera. Será fundamental considerar todos los factores que intervienen en la planificación y gestión de un proyecto de energía solar.

2.1.1 MACROENTORNO

2.1.1.1 SEGURIDAD HÍDRICA

La seguridad hídrica está relacionada con la existencia de agua disponible, y también que sea accesible para las diferentes necesidades, y además que sea sostenible en tiempo. El uso del agua para la energía en algunos países de América del Sur representa más del 50% para la producción de electricidad, a partir de fuentes hidroeléctricas. Este es un dato muy importante, ya que los cambios en los patrones climáticos regionales pueden afectar el ciclo hidrológico en el que se basa la energía a través de centrales hidroeléctricas (Matus et al., 2025).

También en países como Anguila, Barbados, Guyana, Jamaica y Santa Lucía, se considera que las empresas de agua representan los principales consumidores de energía. De tal modo, que se comienza a investigar otras alternativas en el uso de la energía para el sistema de agua, considerando la energía renovable como una solución para compensar las necesidades de electricidad (Matus et al., 2025).

A nivel regional diferentes gobiernos están implementando invertir anualmente un 2.6% de PIB regional durante los siguientes 10 años, para permitir el acceso a los servicios básicos de agua potable, saneamiento y electricidad, desarrollando esa resiliencia a pandemias y crisis geopolíticas que generan la inflación. El agua potable y la electricidad son considerados servicios esenciales que se deben fortalecer para asegurar el acceso universal a estos servicios. Esto se logra desarrollando intervenciones de acuerdos políticos que aseguren el acceso a corto y a largo plazo, enfatizando en utilizar fuentes de energía renovable y tecnologías que sean menos contaminantes. Por lo tanto, la CEPAL establece que los servicios básicos de agua potable y electricidad representan dos áreas importantes para el desarrollo sostenible de América Latina. Asimismo,

estudios indican que los costos energéticos de una planta de agua constituyen aproximadamente el 40% de los gastos operativos del sistema, factores que se deben tomar en cuenta para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de energía y agua (CEPAL, 2022).

2.1.1.2 ESTUDIOS PREVIOS QUE SUSTENTAN EL USO DE ENERGÍA SOLAR EN PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUA EN AMÉRICA LATINA

La Universidad de la Salle, Bogotá ha analizado la implementación de sistemas fotovoltaicos como una alternativa de suministro de energía para plantas potabilizadora de agua. El estudio identificó que las fallas de suministro de energía afectaban directamente el funcionamiento de la planta, lo que provocaba intrusiones en el acceso al agua potable de las comunidades. Por lo tanto, se realizó el estudio para evaluar la implementación de un sistema fotovoltaico considerando la factibilidad técnica, financiera y geográfica, consiguiendo demostrar que las energías renovables pueden contribuir a mejorar la sostenibilidad operativa (Valdes, 2022).

De igual manera se identificó en el estudio, que se tiene una gran oportunidad para reducir la dependencia de sistemas eléctricos convencionales, ya que la implementación de un sistema fotovoltaico representa una disminución en los costos asociados al consumo de energía, dando lugar a un sistema más sostenible financieramente (Valdes, 2022).

También se han realizado estudios a menor escala, donde se ha determinado la existencia creciente por el impacto ambiental asociado a energías producidas por el uso de combustibles fósiles. En este contexto la energía renovable y especialmente la energía solar fotovoltaica, representan una alternativa viable y sostenible para poder reducir la degradación ambiental, ya que cuenta con las virtudes como la baja contaminación que produce, volviéndose muy atractiva en un contexto para el desarrollo sostenible (Perino et al., 2025).

2.1.2 MICROENTORNO

En Honduras los últimos años, los costos asociados al incremento de los precios internacionales de los combustibles, han presionado al alza los costos del servicio del agua y la electricidad generando un impacto directamente en la economía nacional (Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2022, s. f.). En este contexto, al implementar un sistema fotovoltaico surge como alternativa estratégica para reducir los costos energéticos y no depender directamente de las variaciones de los combustibles, mejorando la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera.

El programa de Agua Potable y Saneamiento en Honduras ha desarrollado como objetivo principal contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, tomando como puntos claves mejorar la gestión y la sostenibilidad de la prestación de servicios, tomando en cuenta los cambios climáticos sobre las fuentes y las infraestructuras que permiten el suministro de agua. Todos estos desafíos estructurales y también los cambios climáticos buscan alternativas sostenibles, con una visión orientada a la eficiencia ((SEDECOAS, 2025).

En el ámbito hondureño se encuentra comprometido con el acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático, en el que el gobierno de Honduras ha definido compromisos en el sector de energía para la reducción de las emisiones de carbono hasta un 16% para el 2030. El sector energético tiene como visión alcanzar un 80% de energía renovable en la generación total de energía del país para el 2038, considerándose un 60% actualmente (Evaluación Del Estado de Preparación de Las Energías Renovables, 2023).

Las inversiones en tecnologías e infraestructura de energías renovables han sido en las últimas décadas más favorable producto del declive continuo de los costos de producción en dichas tecnologías. Las regiones en el interior de Honduras representan un gran potencial para la producción de electricidad, destacándose Choluteca y Valle como sectores con mayor nivel de radiación (Evaluación Del Estado de Preparación de Las Energías Renovables, 2023).

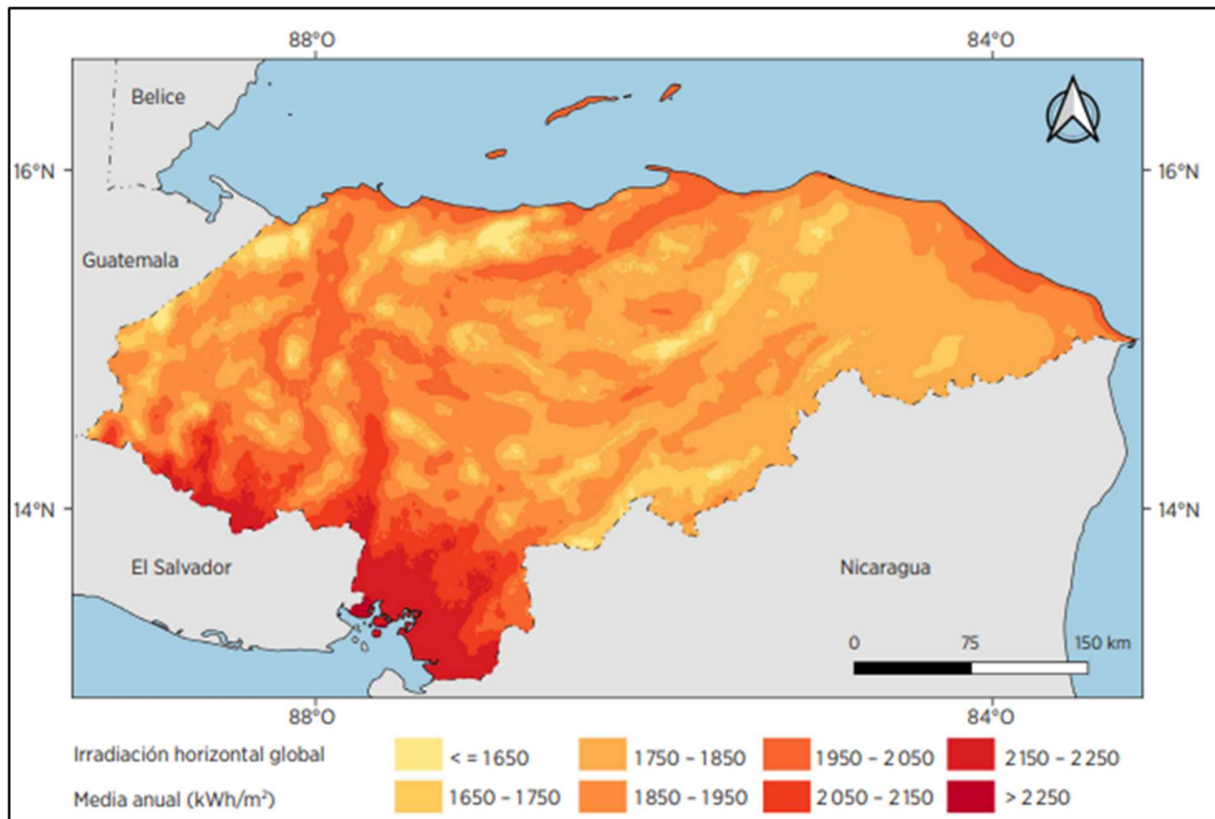


Figura 1: Potencial de Energía Solar

Fuente: (Evaluación Del Estado de Preparación de Las Energías Renovables, 2023)

Honduras ha demostrado avances importantes en la incorporación de fuentes renovables, especialmente en energía solar. La hoja de Ruta Energética 2050 establece la meta de alcanzar un 80 % de generación renovable para ese año, lo cual representa un papel importante la energía solar fotovoltaica gracias al gran potencial solar del país (Secretaría de Energía, 2021).

Un estudio realizado por Alvarado & Solís, 2024, analizó la viabilidad técnica y financiera de un sistema de agua potable suministrado por energía solar fotovoltaica para una comunidad del municipio del Banano, San Manuel Cortes, por problemas de acceso y elevado costos operativos. Asimismo, el estudio destaca que la utilización de energía solar fotovoltaica permitió reducir los costos operativos al realizar un análisis comparativo con el costo de la energía convencional.

Otro estudio por Reyes & Redondo, 2023, evaluaron la viabilidad técnica y financiera de implementar un sistema solar fotovoltaico para la implementación de un sistema de bombeo de agua potable en San Pedro Sula. Estos resultados también evidenciaron que las implementaciones de estos sistemas pueden generar beneficios económicos, ambientales y sociales, debido a la

reducción de los costos operativos y la mejorar de la sostenibilidad de los sistemas de agua potable.

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 [\$/kWh]:		16,695.68	19,924.62	23,778.05	28,376.72	33,864.78
Egresos						
Operación y Mantenimiento [\$/kWh]:		3735.00	4074.89	4445.70	4850.26	5291.63
Seguros [\$/kWh]:		-	-	-	-	-
Cambio de inversores [\$/kWh]:		-	-	-	-	-
Total de egresos [\$/kWh]:		3,735.00	4,074.89	4,445.70	4,850.26	5,291.63
Flujos de efectivo Sin Financiamiento						
Flujo de efectivo neto [\$/kWh]:	-	49,086.20	12,960.68	15,849.74	19,332.35	23,526.46
Flujo de efectivo acumulado [\$/kWh]:	-	49,086.20	36,125.52	20,275.78	943.43	22,583.03
Flujo de efectivos en el presente [\$/kWh]:	-	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

Figura 2: Flujo de efectivo

Fuente: (Reyes & Redondo, 2023)

2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

2.2.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica tiene sus inicios en 1839 cuando Edmun Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico el cual proviene de la palabra photos que significa luz y voltaica que hace referencia a Alejandro Volta. (Bayod Rújula, Á. A. ,2009).

Los sistemas fotovoltaicos convierten la energía solar en energía eléctrica por medio de dispositivos que captan la radiación solar, las cuales se conoce como células solares. (Tobajas Vázquez, 2014).

A finales de los años cincuenta, la tecnología que se empleaba para lo fotovoltaico tuvo su auge gracias a los programas espaciales que buscaban fuentes de energía inagotables y también económicas, esto hacía que los costos para estos módulos solares fueran elevados y de poco acceso para el resto de la población. (Bayod Rújula, Á. A. ,2009).

2.2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Vargas (2002) define los sistemas fotovoltaicos como un conjunto de equipos necesarios para producir, transformar, acumular energía eléctrica. Sus principales componentes son: módulos solares (fotovoltaicos) que está compuesto por células que captan la radiación solar, su potencia que se denomina en vatios pico (Wp) que es la suma de todas estas células unidas entre sí.

Otro componente principal del sistema fotovoltaico son los inversores que es capaz de transformar la corriente eléctrica de manera que resulte más apta para sus usos específicos (Tobajas Vázquez, 2014, p. 25), en el caso de los sistemas fotovoltaicos se utilizan los que convierten la

corriente directa de los paneles solares en corriente alterna que se entrega a la red eléctrica.

La estructura solar es otro componente que ayuda a mantener en una posición adecuada y fija el panel solar ya sea en un techo o en el suelo/terreno (Vargas, 2002, p. 4)

En los sistemas fotovoltaicos existen tres tipos de configuraciones las cuales dependen de la necesidad del cliente, los cuales son (Tobajas Vázquez, 2014).:

1. Sistemas Autónomos o Aislados: se utilizan en zonas donde no hay acceso a la red eléctrica o clientes que buscan la independencia de la red.
2. Sistemas conectados a la red (On Grid): se conectan directo a la red eléctrica y permiten inyectar el excedente de energía. Cuentan con un sistema de medición bidireccional que se encarga de llevar el control del consumo eléctrico en ambas direcciones, energía del sistema eléctrico y energía del sistema solar (Figuroa et al., 2018, p. 6).
3. Sistemas Híbridos: esta combina los dos sistemas anteriores, cuenta con baterías que permite almacenar el excedente de energía y está conectado a la red eléctrica.

2.2.3 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

El estudio de prefactibilidad es una herramienta de análisis preliminar dentro de la formulación de proyectos de inversión. A lo largo del tiempo se ha implementado en enfoques de estimación de costos y dando paso a la incorporación de metodologías como ser la variable técnica, financieras, sociales, ambientales, etc.

La prefactibilidad profundiza en la investigación, sus fuentes de información son secundarias que buscan definir las variables principales como el mercado, alternativas técnicas y la capacidad financiera de los inversionistas. En este estudio se estiman las posibles inversiones, los costos de operación, los ingresos que demanda y genera el proyecto. (Sapag, 2008, p 22)

2.2.4 TARÍFA ELÉCTRICA

La tarifa eléctrica es “el monto de la remuneración que una empresa tiene derecho a percibir por los servicios suministrados a sus consumidores.” (Salazar, 1962, p. 2). Este término surge desde la necesidad de establecer los parámetros para el cobro de los gastos relacionados con los costos de la generación, transmisión, distribución de la energía. Debido a la evolución de los mercados eléctricos y las regulaciones vigentes su fórmula ha incorporado nuevos componentes

con el fin de garantizar el acceso a la energía eléctrica a sus usuarios.

Las tarifas reflejarán los costos de generación, transmisión, distribución y demás costos de proveer el servicio eléctrico aprobado por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), la cual establece cuatro categorías: alta, media, baja tensión y residencial. Los ajustes tarifarios entran en vigor el primer día de cada trimestre del año. (CREE, 2026).

Según la Ley General de la Industria Eléctrica (Congreso Nacional de Honduras 2014) “Las tarifas deben reflejar que el cobro del servicio de energía eléctrica sea en base al consumo real de cada usuario”.

2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

Para el desarrollo del presente proyecto se consideró dos teorías que servirán de base para profundizar en el análisis técnico y económico del sistema de generación de energía solar propuesto para la planta de tratamiento de agua. Estas son:

- Teoría del estudio de mercado
- Teoría de estudio técnico
- Teoría de estudio financiero

Seguidamente, se expone un análisis detallado de las metodologías que se aplicó, con el fin de cumplir los objetivos del proyecto de forma coherente y articulada.

2.3.1 BÁSES TEÓRICAS

Un estudio de prefactibilidad es una evaluación que técnicamente es preliminar para analizar la viabilidad de una idea de inversión antes de tomar una decisión económica. (Sapag, 2008). Así mismo se considera como una cadena de análisis que inicia con una idea, luego por el perfil y la prefactibilidad, y finaliza en la factibilidad. En cada una de las etapas, el análisis se profundiza y va eliminando las incertidumbres presentadas desde la idea inicial para que la toma de decisiones por parte del investigador y accionista sea menor.

2.3.1.1 TEORÍA DEL ESTUDIO DE MERCADO

En todo proyecto que se desea evaluar, la primera parte de estudio es el mercado, por medio de este se provee información relevante donde se busca estimar la cantidad de bienes o servicios

que el mercado adquiere o necesita (Córdoba Padilla, 2011).

Se define el estudio de Mercado como “el área en que confluyen las fuerzas de la oferta y la demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios a precios determinados”(Baca Urbina, 2023, p. 12).

También, el estudio de mercado se define como un proceso de recolección, análisis e interpretación de información más relevante sobre un mercado específico, la competencia y tendencia sobre el entorno. Su objetivo es poder reducir la incertidumbre en la toma de decisiones estratégicas en proyectos de inversión, por medio de una base sólida sobre el comportamiento del mercado (Escuela de Negocios de la UEMC, 2025).

Para realizar un estudio de mercado efectivo es importante realizar una serie de pasos que agencias especializadas realizan. El primero es definir un objetivo claro que ayude a enfocar los esfuerzos y seleccionar las herramientas adecuadas, segundo, recopilar la información de fuentes fiables, ya sea a través de fuentes primarias, como fuentes secundarias para analizarlas y poder identificar patrones o comportamientos, tercero, estudiar la competencia para poder identificar quienes lideran el mercado, analizar sus precios y cuarto, revisar y actualizar periódicamente el estudio de mercado para poder detectar nuevas oportunidades o cambios en el comportamiento de la demanda (Escuela de Negocios de la UEMC, 2025) .

El estudio de mercado o análisis conlleva a la medición o dimensionamiento de la demanda potencial insatisfecha sin importar si existen datos estadísticos disponibles sobre el caso. Al tener la necesidad de la obtención de la demanda lleva a aplicar metodologías de investigación que nos va proporciona o cuantificar la demanda potencial, y esto solo se logra con una verdadera investigación (Baca Urbina, 2023).

Según Baca Urbina, 2023, detalla que si ya existe datos estadísticos oficiales en cualquier fuente de información ya sea gubernamental o fuentes privadas, se podrá realizar el análisis con dichos datos a través del dominio de las competencias básicas que son el conocimiento y la matemática, y si no, de lo contrario se tendrá que hacer uso de fuentes primarias.

También es importante resaltar que el estudio de mercado orientado a la evaluación de proyectos, debe siempre proporcionar información que sirva como referencia para la toma de decisiones (Baca Urbina, 2023).

El estudio de mercado nos permite poder crear o recolectar la información para posteriormente analizarla para permitir a la empresa o negocio comparar hechos o tomar decisiones. (Marte Alvarado & Tejada Betancourt, 2019).

En la siguiente figura se muestra los factores que condicionan a un análisis de mercado

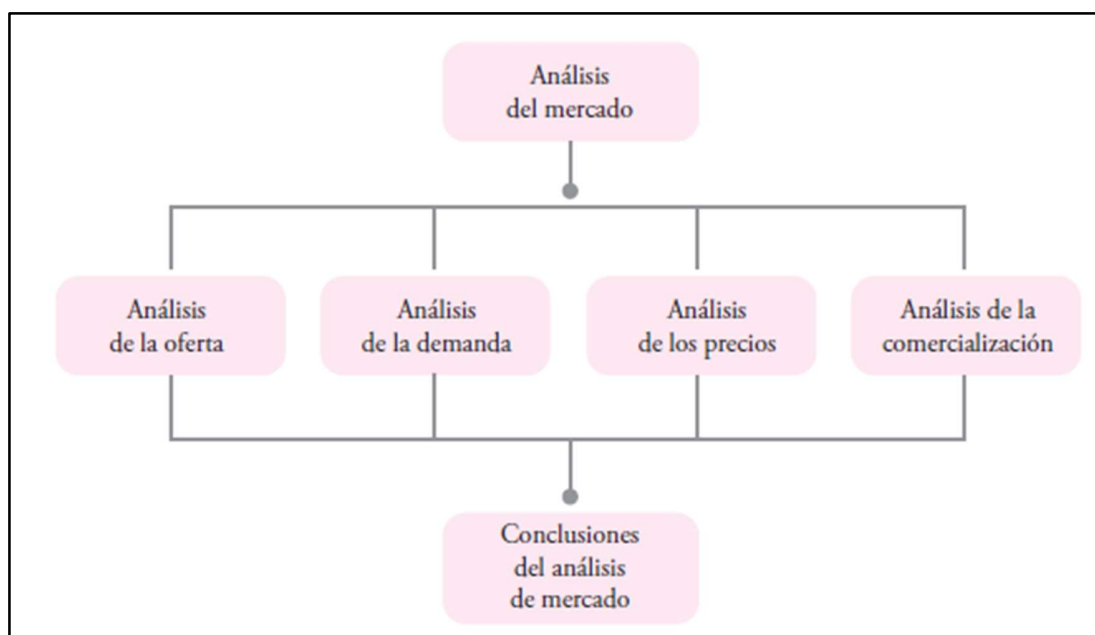


Figura 3: Establecimiento de la Viabilidad de la Idea

Fuente: (Baca Urbina, 2023)

2.3.1.1.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA

Para el análisis de la oferta hay que recabar datos de fuentes primarias y secundarias, entre los datos para poder realizar un mejor análisis están: número de producto, localización, capacidad instalada y utilizada, calidad y precio de los productos, planes de expansión e inversión fija (Baca Urbina, 2023).

Es importante tomar en cuenta que el estudio de la oferta está orientado siempre en base al propósito del proyecto. Para un sistema fotovoltaico, la propuesta de la oferta podría ser la capacidad actual del equipo o en este caso del sistema convencional de suministro eléctrico, expresado en kWh.

2.3.1.1.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El análisis de la demanda tiene como propósito:

Determinar y medir cuales son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado respecto a un bien o servicio, así como establecer la posibilidad de participación del producto del proyecto en la satisfacción de dicha demanda. La demanda está en función de una serie de factores, como son la necesidad real que se tiene del bien o servicio, su precio, el nivel de ingreso de la población, y otros, por lo que en el estudio habrá que tomar en cuenta información proveniente de fuentes primarias y secundarias, de indicadores econométricos, etcétera. (Baca Urbina, 2023, p. 15)

Se especifica también, que la demanda puede cambiar dependiendo de su concepto. Por ejemplo, si hablamos de energía, el estudio estará orientado a la necesidad de demanda energética que tiene la institución para cumplir con sus compromisos. Entonces en este caso, la demanda aquí son los requerimientos de energía expresadas en kWh (Baca Urbina, 2023).

Es importante tomar en cuenta que los cambios en el futuro, no solo de la demanda sino de la oferta, se pueden conocer con cierta exactitud si se aplican las metodologías adecuadas para el análisis. Para ello se usan las series en el tiempo, ya que lo que se desea observar es el comportamiento en el tiempo. La tendencia secular es una de las más comunes en los fenómenos donde se desea conocer la demanda y la oferta, ya que está relacionada con varios métodos donde se relaciona por medio de gráficos

2.3.1.2 RECOPILIACIÓN DE INFORMACIÓN DE FUENTES PRIMARIAS

Las informaciones recopiladas por fuentes primarias están constituidas directamente las realizadas por el propio usuario (Baca Urbina, 2023).

Una característica importante de los datos primarios es que se obtienen tomando en cuenta los objetivos y las preguntas específicas de la investigación, teniendo un enfoque más pertinente abordando directamente las cuestiones o hipótesis que se investigan (Datos primarios, 2026).

2.3.1.3 RECOPILIACIÓN DE INFORMACIÓN DE FUENTES SECUNDARIAS

Los datos secundarios es información que fue recopilada por otras personas que la realizaron con un objetivo diferente y que posteriormente puede ser utilizada por otro investigador, y puede ser proporcionada por fuentes primarias, como una entrevista, un informe gubernamental o un conjunto de registros histórico (Datos primarios, 2026).

Se define como “aquellas que reúnen la información escrita que existe sobre el tema, ya sean estadísticas del gobierno, libros, datos de la propia empresa y otras”(Baca Urbina, 2023, p. 17).

Según Baca Urbina, 2023, es importante especificar que existen dos tipos de información de fuentes secundarias:

- 1) Información externa de la empresa, como ejemplo el gobierno etc.
- 2) Información de la empresa que se genera por el funcionamiento normal, y no necesariamente tiene que ser útil para el estudio.

2.3.1.4 TEORÍA DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA

En la etapa de prefactibilidad, toda propuesta de inversión requiere realizar siempre un análisis previo que permita identificar sus ventajas y desventajas, definiendo la profundidad del estudio según la naturaleza y necesidades específicas del proyecto. Generalmente, este proceso incluye la evaluación de su viabilidad en aspectos comerciales, técnicos, legales, organizacionales y ambientales, así como un análisis financiero para inversionistas privados o un estudio económico cuando se busca estimar el impacto a nivel nacional. El resultado negativo en cualquiera de estos ámbitos puede impedir la ejecución; sin embargo, factores estratégicos, sociales, ambientales o humanitarios pueden, en ciertos casos, justificar la implementación del proyecto aun cuando no resulte financiera o económicamente rentable (SAPAG, 2008, pp. 40-42).



Figura 4: Establecimiento de la Viabilidad de la Idea

Fuente: (SAPAG, 2008)

2.3.1.5 FACTIBILIDAD TÉCNICA

Esta etapa se orienta en todo lo que está relacionado con las condiciones tecnologías y la operatividad del proyecto. Es decir, poder determinar la localización, el tamaño y las instalaciones de equipo requerida para poder determinar la viabilidad técnica.

El estudio de viabilidad técnica evalúa si existen las condiciones materiales, físicas o químicas necesarias para producir el bien o servicio que plantea el proyecto. Este análisis determina que el proyecto pueda ejecutarse técnicamente, aun antes de evaluar su rentabilidad, considerando aspectos este caso como las condiciones del terreno para la instalación de paneles solares, la radiación solar, y el tipo de tecnología actualmente. Aunque un proyecto pueda tener mercado y ser técnicamente posible, suele suceder que existen restricciones legales que pueden limitar su desarrollo y volverlo no recomendable (SAPAG, 2008, pp. 40-42).

En resumen se puede definir que un estudio técnico es “ resolver las preguntas referentes a dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué producir lo que se desea, por lo el aspecto técnico-operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la

operatividad del propio proyecto” (Baca Urbina, 2023, p. 74).



Figura 5: Partes que conforman un estudio técnico

Fuente: (Baca Urbina, 2023)

El estudio técnico se compone de cuatro áreas principales: determinación del tamaño óptimo de la planta, selección de la localización ideal, diseño de ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal. Al definir el tamaño óptimo siempre es un proceso complejo que requiere métodos iterativos. La ubicación debe evaluarse considerando factores cuantitativos, como costos de transporte, y cualitativos, como incentivos fiscales, clima y aceptación comunitaria. En cuanto a la ingeniería, la elección entre procesos automatizados o manuales dependerá del capital disponible, e incluye la selección y distribución del equipo (Baca Urbina, 2023).

2.3.1.6 FACTIBILIDAD FINANCIERA

El estudio de viabilidad financiera determina si un proyecto se aprueba o se descarta, tomando en consideración su rentabilidad y el retorno de la inversión en términos monetarios (SAPAG, 2008, pp. 40-42).

Según Baca Urbina, (2023) , En la vida diaria, todos los bienes y servicios que consumimos siempre han pasado por evaluaciones previas para determinar que satisfagan una necesidad humana antes de producirse en masa, lo que implica una inversión económica analizada. Toda

inversión siempre parte de una necesidad y debe sustentarse en un proyecto bien estructurado y evaluado que justifique su viabilidad y defina el camino a seguir.

El estudio económico estructura la información monetaria obtenida en etapas previas y elabora los cuadros necesarios para la evaluación final del proyecto. Realiza el cálculo de los costos totales, la inversión inicial en función de la tecnología seleccionada, la depreciación, amortización y el capital de trabajo, este último sin depreciación por su carácter líquido. También se determina la tasa mínima de rendimiento aceptable y los flujos netos de efectivo, con y sin financiamiento, integrando su impacto en el estado de resultados. También, se determina la selección del plan de financiamiento y el cálculo del punto de equilibrio, que, aunque no es una técnica de evaluación, sirve como referencia para identificar el nivel de producción donde ingresos y costos se igualan con el fin de determinar el periodo de recuperación de la inversión (Baca Urbina, 2023).

2.3.1.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La etapa de la evaluación financiera es una de las más importantes de un proyecto de inversión, ya que mediante esta evaluación se realizan los análisis para determinar la viabilidad económica, respondiendo la pregunta si el proyecto será capaz de mantenerse en el tiempo y, sobre todo, generando rentabilidad.

La evaluación de proyectos es la metodología, mas importantes para poder calcular la rentabilidad de la inversión que se realiza en dos términos de los más utilizados, que son el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de rendimiento (TIR) (Baca Urbina, 2023).

En este contexto la evaluación se considera:

Es la parte final de toda secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Sino han existido contratiempos, hasta este punto se sabrá que existe un mercado potencial atractivo; se habrá determinado un lugar optimo y el tamaño más adecuado para el proyecto, de acuerdo con las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurrirá en la etapa productiva; además, se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, a pesar de conocer incluso las utilidades probables del proyecto durante los primeros cinco años de operación, aun no se habrá demostrado que la inversión propuesta será económicamente rentable. (Baca Urbina, 2023, p. 180)

Para Córdoba Padilla (2011), las técnicas de evaluación financiera son:

- El periodo de recuperación de la inversión PRI
- Valor presente neto VPN
- Tasa interna de retorno TIR

Donde se conoce que el periodo de recuperación de la inversión es un indicador que se utiliza para proyectos de inversión para poder medir en cuanto tiempo se recupera la inversión que se realizó (SAPAG, 2008). Y el valor presente neto VAN, es considerada una de las herramientas más útiles para conocer el valor presente de cada uno de los años de la inversión. Donde su criterio de decisión se realiza mediante la siguiente tabla.

Tabla 1: Criterios de interpretación de VPN

Nº	Valor	Significado	Decisión a tomar
1	$VPN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto es rentable
2	$VPN < 0$	La inversión produciría pérdidas por debajo de la inversión exigida	El proyecto debe rechazarse
3	$VPN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	La decisión necesita más respaldo

Otro criterio importante para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión es la tasa interna de retorno (TIR), que indica la tasa interna de retorno que genera el proyecto. La TIR se define según Mokate (2004) como la tasa de descuento a la cual los ingresos netos del proyecto apenas cubren los costos de inversión, haciendo que el VPN sea igual a cero, indicando la tasa de interés de oportunidad para la cual el proyecto será aceptable.

Para lograr determinar si es factible la ejecución del proyecto, en base a los resultados que brinde el cálculo de la TIR, esta se analizará de acuerdo a tres criterios, que según Meza Orozco (2010) son los siguientes:

- Si $TIR > k$, el proyecto se debe de aceptar. El inversionista obtiene un rendimiento mayor al exigido; el inversionista gana más de lo que quería ganar.
- Si $TIR < k$, el proyecto se debe de rechazar. El inversionista gana menos de lo que quería ganar.

- Si $TIR = k$, es indiferente o no emprender la inversión.

2.3.2 METODOLOGÍAS APLICADAS POR OTROS INVESTIGADORES O EXPERTOS

Al verificar las investigaciones desarrolladas en proyectos fotovoltaicos similares, permitió poder identificar distintos enfoques metodológicos empleados para poder evaluar la factibilidad de sistemas de generación solar. Por lo tanto, los estudios revisados muestran una predominancia de enfoques cuantitativos y mixtos, que están relacionado con el análisis técnico y financiero mediante la utilización de variables relacionadas con la irradiación solar, consumo energético, demanda eléctrica y evaluación económica.

Villatoro y Cruz (2024), desarrollaron una investigación con enfoque cuantitativo, ya que utilizaron el método de análisis y síntesis para evaluar la factibilidad de un sistema fotovoltaico por medio del estudio de variables técnicas y financieras. Su estudio lo fundamentaron en base al procesamiento de datos relacionados con irradiación solar, potencia y energía generada, integrando posteriormente los resultados obtenidos para determinar la viabilidad del proyecto.

Asimismo, Oseguera (2023) también empleo un enfoque cuantitativo con un alcance explicativo, con el objetivo de evaluar financieramente proyectos de generación fotovoltaica y analizar las consecuencias que han impulsado el crecimiento de este tipo de inversiones en Honduras. El estudio se fundamentó en variables numéricas y procedimientos secuenciales para comprobar la viabilidad económica de la propuesta.

Por su parte también, Alvarado y Solís (2024) desarrollaron una investigación bajo un esquema mixto y de carácter transversal, combinando información cuantitativa y cualitativa. Y para la recolección de datos utilizaron mediciones técnicas que están relacionadas con la demanda energética como, consumo eléctrico y diagnósticos operativos, con el objetivo de poder describir las condiciones necesarias para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

De igual manera, Napky y Bustillo (2023) aplicaron un enfoque mixto, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas. El estudio de las variables cuantitativas permitió evaluar las relaciones con el consumo y los costos de energía, mientras que el enfoque cualitativo permitió la descripción y comprensión del problema de estudio, proporcionando una visión más clara para la formulación de propuestas energéticas.

Por lo tanto, en términos generales las investigaciones que se revisaron muestran una

similitud hacia la utilización de metodologías cuantitativas y mixtas, apoyadas en información técnica y económica, con el propósito de determinar la viabilidad de proyectos fotovoltaicos. Tomando en cuenta estos antecedentes, la presente investigación adopta un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, utilizando información histórica de consumo energético, demanda eléctrica, disponibilidad del recurso solar y análisis financiero, con el fin de evaluar la prefactibilidad de implementar un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas.

2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Con frecuencia, las metodologías utilizadas por otros investigadores también ofrecen información sobre los instrumentos que emplearon en sus estudios.

Según (Hernandez Sampieri, 2014, p. 229), “El momento de aplicar los instrumentos de medición y recolectar los datos representa la oportunidad para el investigador de confrontar el trabajo conceptual y de planeación con los hechos”. Los instrumentos de medición deben representar verdaderamente las variables de la investigación, sus requisitos son:

- Confiabilidad: Es la certeza que el instrumento refleja resultados razonables y fundamentados.
- Validez: Es la certeza en que un instrumento evalúa las variables que pretende calcular.
- Objetividad: Es la certeza en el que un instrumento puede verse influenciado por las inclinaciones del investigador que lo aplica o evalúa.

(Oseguera, 2023), toma en consideración los instrumentos siguientes que cumplen con los criterios anteriormente mencionado para realizar una correcta investigación de las variables importantes:

- Los servicios Web de localización geográfica como la NASA: Proporciona acceso a los perfiles meteorológicos y de radiación solar de cualquier sector del mundo, siendo una herramienta de gran utilidad para la evaluación inicial de las condiciones donde se ubicará el sistema de energía sola.
- Resumen histórico de consumo y gasto de energía: Brinda información necesaria para determinar el comportamiento de consumo de la planta de tratamiento de agua,

con el fin de realizar de manera más acertada el diseño preciso del sistema, así también del gasto total mensual por efectos de energía eléctrica.

(Muñoz & Trochez, 2023), detalla en su tesis: “En la investigación se aplica el análisis documentar de información histórica relacionada con el gasto de energía eléctrica, así como documentar, medir y analizar capacidad instalada de paneles solares”.

Asimismo, otros investigadores han recurrido al análisis comparativo de datos históricos obtenidos de plataformas especializadas, como la Unidad Técnica de Control de la Red de Distribución (UTCD) y la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), con el objetivo de analizar el comportamiento de la demanda eléctrica, el historial de facturación y las tarifas de energía. De igual manera, el software de AutoCAD ha sido utilizado para determinar el área disponible para la instalación de los sistemas fotovoltaicos, mientras que el software PVsyst ha permitido estimar la producción energética y el comportamiento del sistema a partir de información meteorológica histórica (Villatoro & Cruz, 2024).

2.4 MARCO LEGAL

El sistema eléctrico hondureño se encuentra regulado por leyes, reglamentos y disposiciones técnicas con el fin de mantener un orden en el sector eléctrico, promover el uso de energías renovables y el aprovechamiento de todos los recursos de una manera eficiente para los usuarios.

En la LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELECTRICA (LGIE), creada en el 2014, en el Decreto No. 404.2013, la cual tiene como objetivo la operación del sistema eléctrico nacional, las actividades de importación, exportación de energía y la relación con los sistemas eléctricos del mercado centroamericano. En el artículo 18 y 19 que contiene esta ley se recalca el procedimiento que sigue la ENEE para el cálculo de las tarifas que son aplicados a los abonados de este servicio a nivel nacional, en el cual se reflejan los costos de proveer el servicio eléctrico. Estos artículos están directamente ligados al cálculo de costos del consumo energético de Aguas Copanecas, siendo un punto fundamental para cuantificar el ahorro y el retorno de la inversión si se realiza el sistema fotovoltaico.

De acuerdo con esta ley en el artículo 15 las empresas distribuidoras están obligadas a comprar el excedente de energía proveniente de fuentes renovables que son inyectadas a la red nacional. Para este control la empresa distribuidora instalará medidores bidireccionales que midan

el consumo e inyección de los usuarios residencial y comercial. Este artículo respalda el uso de medidores bidireccionales colocados por la ENEE para monitorear el consumo e inyección de energía cuando Aguas Copanecas no consuma lo producido por el sistema fotovoltaico.

En el acuerdo CREE-25-2022 en la NORMA TÉCNICA DE USUARIOS AUTOPRODUCTORES RESIDENCIALES Y COMERCIALES, tiene como objetivo establecer los requisitos, procesos y responsabilidades aplicables a la generación eléctrica renovable dentro de las instalaciones de los usuarios residencial y comercial. En el artículo 4 se establece la clasificación de los auto productores de acuerdo con su capacidad instalada. En el artículo 6 de dicho acuerdo las empresas distribuidoras deben de proveer información de la red de distribución con el fin de permitir a los usuarios realizar un análisis de prefactibilidad de la instalación de los equipos de generación y su posible inyección de energía en el punto de interconexión.

Con el Acuerdo CREE-25-2022 en los artículos mencionados, se respalda la clasificación como auto productores de energía solar y el uso de los datos recopilados por la ENEE para el estudio de prefactibilidad del sistema fotovoltaico y posible conexión a la red eléctrica nacional si en el estudio se obtiene una respuesta favorable.

La LEY DE PROMOCIÓN A LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON RECURSOS RENOVABLES, el objetivo es promover la inversión pública y privada en proyectos de generación de energía eléctrica con recursos renovables. En el artículo 3 de la presente ley las empresas privadas o generadoras de energía eléctrica renovable que utilicen para su consumo propio recursos renovables en forma sostenible podrán vender la energía excedente. Esta ley ampara si Aguas Copanecas en el futuro evalúe un sistema mayor capacidad y venda el excedente de energía producida a la red nacional de energía eléctrica.

Lo mencionado anteriormente influye en el estudio de prefactibilidad para el sistema fotovoltaico dado que estas leyes promueven el uso de energía renovables para diversificar la matriz energética y a su vez contribuir con el impacto ambiental. También brindan las directrices técnicas, económicas y legales para poder evaluar la implementación y operación del proyecto, y que estas se alineen a las disposiciones actuales del sector eléctrico de Honduras.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología fundamental para la correcta gestión de proyectos de investigación. Asimismo, se describen detalladamente las técnicas y los procedimientos que se utilizan para analizar las variables relevantes en el estudio.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Con el objetivo de mantener una investigación bien estructurada y asegurar que se avance sin desviarse de los objetivos que se plantearon inicialmente, esta sección se establece como un apartado donde se integran y se interrelacionan los distintos términos que están vinculados con los objetivos.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz Metodología es una herramienta muy útil para poder organizar de una manera más estructurada las etapas del proceso de una investigación, garantizando desde el inicio una congruencia bien definida con los objetivos generales, específicos y las variables de estudio.

A continuación, se presenta una tabla con una estructura organizada para realizar el desarrollo de la investigación.

Tabla 2: Matriz de congruencia.

Título de la Investigación	Objetivos De Investigación		Variables
	General	Específicos	
Estudio de Prefactibilidad para la Implementación de un Sistema Fotovoltaico en Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas	Determinar la prefactibilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas en el municipio de Copán Ruinas, a través de un estudio de mercado, técnico y financiero, con el fin de reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad financiera de la planta.	Conocer la situación actual del consumo energético y los costos asociados al suministro eléctrico en la Planta Potabilizadora de Aguas en Copán Ruinas.	Consumo energético

		Determinar la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, para conocer las condiciones requeridas para el aprovechamiento de la generación fotovoltaica.	Consumo energético
		Analizar la viabilidad técnica de implementar un sistema fotovoltaico, considerando la disponibilidad de recursos solares y las condiciones de infraestructura existente.	Viabilidad Técnica
		Desarrollar la prefactibilidad financiera para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas.	Rentabilidad

3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

En la siguiente ilustración se busca representar la relación que existe entre las variables de estudio, con la finalidad de facilitar su visualización.

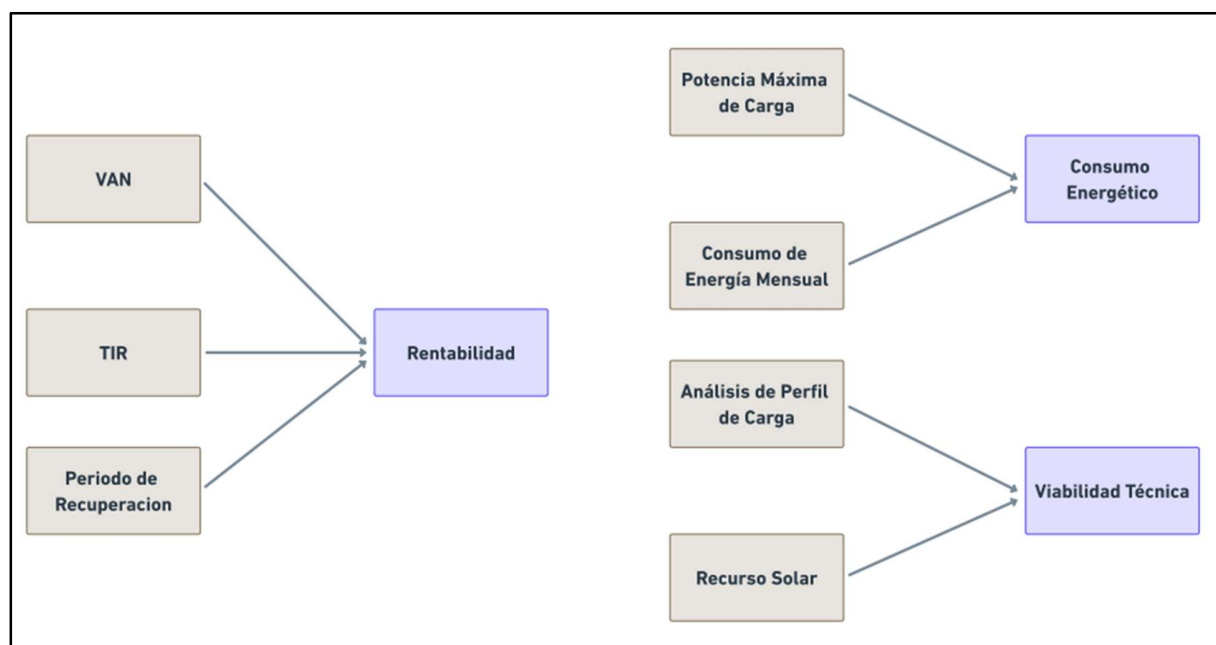


Figura 6: Esquema de Variable de Estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En la tabla 2 se analizó la operacionalización de las variables, permitiendo transformar la definición conceptual de una manera clara para analizar las variables relacionadas con el estudio, asimismo identificando las dimensiones e indicadores necesarios que faciliten la recolección y el análisis de la información.

Tabla 3: Operacionalización de las Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Ítems
Consumo Energético	“Se refiere al gasto total de energía en distintos entornos, como empresas, hogares, negocios y cualquier edificación.” (Atlas Energía, 2025)	El consumo energético es la cantidad de energía consumida por un usuario medida en kW, en un tiempo determinado.	Energía Acumulada (kilowatt/hora) Potencia (Watt)	Identificación de las curvas de demanda a través del estudio de mercado
Viabilidad Técnica	“Consiste en desarrollar un modelo de trabajo técnico para determinar si resulta viable y funcional la ejecución de un proyecto.” (VQ Ingeniería, 2025).	En el proyecto fotovoltaico, la viabilidad técnica depende del buen uso de la radiación solar y su área geográfica.	Potencia Radiación Área Útil	Evaluación geográfica del territorio a través del estudio técnico.
Rentabilidad	“La capacidad de una inversión determinada de arrojar beneficios superiores a los invertidos”. (Concepto.de, 2025).	En los proyectos fotovoltaicos la rentabilidad está dada en invertir en nuevas tecnologías para la generación de energía, esta puede ser para autoconsumo o venta.	TIR VAN Periodo de recuperación	Análisis por medio de Excel, de los datos obtenidos

3.1.4 HIPÓTESIS

En la siguiente investigación tomando como fundamento base el enfoque descriptivo, ya que en la investigación se busca evaluar la viabilidad técnica y económica. Por lo tanto, se plantea determinar si el proyecto puede representar una alternativa rentable y sostenible para la reducción

de los costos energéticos.

En este contexto, se redacta las siguientes hipótesis:

Hi: El sistema fotovoltaico si genera beneficios económicos significativos en comparación con el funcionamiento actual de la planta potabilizadora de agua, dado que el análisis de los flujos de ingresos y costos proyectados muestran una Tasa Interna de Retorno TIR mayor a la inversión.

H0: El sistema fotovoltaico no genera beneficios económicos significativos en comparación con el funcionamiento actual de la planta potabilizadora de agua, dado que el análisis de los flujos de ingresos y costos proyectados muestran una Tasa Interna de Retorno TIR menor a la inversión.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

Para el tema de investigación que se desea desarrollar, el enfoque brindado fue el cuantitativo, ya que se desea definir la factibilidad del proyecto fotovoltaico en la planta potabilizadora de Aguas Copanecas realizando cálculos matemáticos financieros, que permitió dar respuesta a los objetivos que se han planteado, y de igual manera determinar si cumple con la necesidades que se desea cubrir, tomando en consideración un estudio de viabilidad económica y técnica, los cuales representa un punto clave para el proyecto.

El método utilizado fue el método de análisis y síntesis, ya que se analizó los datos de irradiación solar, energía, potencia y otros datos que se tomaron en cuenta al desarrollar los estudios que determinen si el proyecto es factible en un periodo determinado. De igual manera organizar los resultados obtenidos del análisis técnico y económico para poder responder a los objetivos planteados.



Figura 7: Esquema de investigación

Fuente: (Hernandez Sampieri, 2014)

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En esta sección se describe el procedimiento utilizado en la investigación, estableciendo las estrategias para recolectar la información requerida para el estudio. De igual manera proporciono la oportunidad de definir un fundamento técnico para evaluar el comportamiento energético de la planta.

3.3.1 POBLACIÓN

La población de esta investigación se definió por los registros históricos del consumo energético y la demanda eléctrica proporcionado mediante el sistema de medición de UTCD (Unidad Técnica de Control de Distribución). Esto permitió obtener información confiable y continua del comportamiento y operación de la energía en la planta.

Para la población, se analizó la base de datos correspondiente a los registros del consumo energético de los meses de enero 2026 hasta mayo 2026, considerando este periodo como una representación del comportamiento de la demanda eléctrica que existe en la planta. Esta información corresponde a 9,963 datos recopilados en un intervalo de 15 minutos de los meses mencionados anteriormente.

3.3.2 MUESTRA

En la investigación no se realizó un muestreo debido a que se trabajó con la totalidad de

los datos de la población, con el fin obtener un panorama completo y preciso del consumo energético de la planta potabilizadora de aguas Copanecas.

3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

En el presente apartado se detalla las técnicas, instrumentos y procedimientos que se emplearon para la recolección de datos.

3.4.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación de estudio, se realizó la sistematización y análisis de datos, los cuales fueron adquiridos por parte de la empresa de distribución y comercialización de energía UTCD (UNIDAD TECNICA DE CONTROL DE DISTRIBUCIÓN). La gestión del análisis de los datos se realizó inicialmente con el programa Power BI, con la finalidad de utilizar técnicas para depurar los datos, examinar los perfiles de carga y determinar la demanda a diseñar. Posteriormente, se utilizó el software PvSyst para la estimación y simulación del sistema de energía fotovoltaico.

3.4.2 INSTRUMENTOS

Para este estudio los instrumentos que se utilizaron, es la recopilación del consumo histórico de la planta potabilizadora de agua que ha registrado la medición (Medida Semi-Directa) por parte de la empresa Unidad Técnica de Control de la red de Distribución (UTCD). De igual manera, se verificó las tarifas vigentes en la plataforma de la CREE, con el fin de analizar y realizar un comparativo tanto los datos históricos de consumo energético, como también el histórico de facturación.

Otro instrumento relevante que se utilizó en la investigación es el software PvSyst, el cual permitió realizar proyecciones de generación solar a partir de datos históricos de irradiación solar, tomando como referencia un periodo de 10 años. Esta información se recopila para realizar estimaciones futuras de producción energética. Tomando como referencia esos resultados, se puede determinar los flujos de caja y el aprovechamiento de energía, a partir de los perfiles de carga y potencia definidos anteriormente.

Luego, los cálculos financieros correspondientes se desarrollarán en Excel, con el propósito de evaluar la viabilidad económica del proyecto.

3.4.3 PROCEDIMIENTOS

A continuación, se describe el procedimiento que se realizó para la recolección de los datos.

Tabla 4: Procedimientos aplicados.

No.	Actividad	Responsable	Lugar	Fecha	Estado
1	Solicitar clave de servicio de energía al Ingeniero de planta	Riccy Recinos	Copan Ruinas	24/04/2026	Finalizado
2	Elaboración de solicitud del perfil de carga a especialista de Telegestión	Alex Matute	UTCD/Tegucigalpa	4/05/2026	Finalizado
3	Descarga de información de Clave de la planta (Facturas, Perfiles de Carga, Perfiles de potencia, Historial de demanda)	Riccy Recinos/ Alex Matute	No Aplica	06/05/2026	Finalizado
4	Digitalización de la información descargada	Riccy Recinos/ Alex Matute	No Aplica	06/05/2025	Finalizado
5	Preparación de perfiles de carga y potencia para contabilización de energía mensual y datos de demanda por hora.	Riccy Recinos/ Alex Matute	No Aplica	18/5/20206	Finalizado

Fuente: Elaboración propia

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información en las investigaciones corresponden a fuentes primarias y secundarias, las cuales son instrumentos para fundamentar las bases del conocimiento en los estudios realizados. Sus objetivos son buscar y difundir la información que se encuentra de manera física, digital que puedan que aporten desde diferentes perspectivas.

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias son las que se obtiene de primera mano de la institución, permitiendo la recolección de datos confiables y originales. Por lo tanto, en la investigación que se realizó no se necesitó fuentes primarias porque toda la información fue proporcionada por Aguas Copanecas.

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

En las fuentes secundarias tienen su fundamento en las fuentes primarias, estas fueron elaboradas por otros autores y ayudan a interpretar la información de manera evaluativa, analítica e interpretativa. Brindan apoyo teórico, técnico, normativo para desarrollar la investigación. A continuación, se mencionan algunas de las fuentes secundarias: Documentos obtenidos de las instituciones públicas, UTCB consulta de perfil de carga de la Planta Potabilizadora de Agua en el rango de enero 2026 a mayo 2026, Artículos de innovación, Libros, Sitios Web y Datos de la Planta de Tratamiento de Agua.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se detallan los resultados obtenidos a partir de la información que fue proporcionada por la Unidad Técnica de Control de Distribución (UTCD), para analizar el comportamiento de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas. En este contexto, los resultados se derivan del análisis del historial de consumo, la facturación eléctrica y el perfil de carga, los cuales para una mejor comprensión se presentan por medio de tablas y figuras. Asimismo, se realiza un análisis breve de los principales hallazgos que se identificaron

4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el proceso de recolección de datos de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas se contactó con el gerente de la planta en abril del año 2026, se solicitó el código de cliente asignado para poder obtener la información del consumo energético mensual (perfil de carga) de la planta por medio de la Unidad Técnica de Control de Distribución (UTCD), la cual contiene la energía consumida cada 15min de los meses enero, febrero, marzo abril, mayo del 2026. Se complementó la información con los recibos de facturación de energía. Esto con el fin de obtener un panorama más amplio del comportamiento de la demanda energética, operación habitual de la planta y su tarifa energética.

Luego, la información recopilada fue organizada y depurada para poder facilitar su análisis, permitiendo crear tablas y gráficos representativos del comportamiento del consumo energético, la demanda registrada y los costos asociados al suministro eléctrico durante el periodo de evaluación.

4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

Los resultados presentados en esta sección están relacionados al análisis de la información que fue proporcionada por la Unidad Técnica de Control de Distribución (UTCD). Contiene los registros históricos de consumo energético, facturación eléctrica y el perfil de carga de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, con el propósito de poder describir el comportamiento de la demanda eléctrica en el periodo establecido.

4.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético mensual de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas se realizó mediante el procesamiento de datos obtenido del sistema de telemedida de UTCD, el cual brinda

la información diaria del consumo energético de la empresa en intervalos de 15 minutos. Asimismo, fue proporcionado por la planta la facturación de energía en un periodo de 30 a 31 días calendario del consumo.

En el proceso de recolección de datos, no fue posible obtener los datos del mes de Julio del año 2025, lo cual deja once meses de registro histórico del consumo de energía de la planta. El análisis se llevó a cabo con los datos disponibles los cuales brindan un panorama amplio para poder identificar la demanda del sistema.

Tabla 5: Consumo de Energía de Aguas Copanecas.

Consumo de Energía Aguas Copanecas (kWh)		
Mes	2025	2026
Enero		25,440.00
Febrero		23,680.00
Marzo		25,520.00
Abril		27,120.00
Mayo	32,240.00	
Junio	35,520.00	
Julio		
Agosto	34,800.00	
Septiembre	30,480.00	
Octubre	31,360.00	
Noviembre	26,240.00	
Diciembre	26,080.00	

Fuente: Elaboración propia

En los consumos registrados en el periodo comprendido de mayo a diciembre del 2025 y enero a abril del 2026 presenta un comportamiento relativamente estable durante el periodo analizado. reflejando que los mayores consumos se registran durante los meses de mayo a octubre, mientras que el menor consumo corresponde de noviembre hasta el mes de abril.

Estas variaciones corresponden a las condiciones normales de la operación de una planta potabilizadora de agua, ya que representa los cambios en el consumo energético dependiendo la temporada.

Por lo tanto, se evidencia en el periodo determinado, que existe una tendencia de un comportamiento relativamente estable en el consumo, permitiendo poder tomar de referencia para

las siguientes etapas de la investigación.

4.2.2 ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO

Los registros de facturación que fueron suministrados por la Unidad Técnica de Control de Distribución (UTCD), permitieron identificar como es el comportamiento de los costos mensuales asociados al consumo energético de la planta durante el periodo de estudio.

Analizando los resultados del costo mensual de la planta desde la parte monetaria, se observa variaciones en el valor de la tarifa energética vigente, la cual sufre reajuste trimestralmente por parte del ente regulador en Honduras. Este parámetro impacta directamente en los costos de la energía consumida, debido a que, a mayor tarifa por kWh consumido, mayor es el valor para factura.

Como se observa en la siguiente tabla 6, el costo de la energía depende del consumo, así como también de la tarifa vigente en cada periodo, el incremento tarifario afecta los costos operativos de la Planta Potabilizadora de Agua.

Tabla 6: Facturación de energía de Aguas Copanecas

Consumo de Energía Aguas Copanecas (kWh)				
AÑO	Mes	Consumo (kWh)	Valor de Tarifa (L / kWh)	Costo Energía Consumida (L)
2026	Enero	25,440.00	5.2044	L 132,399.94
	Febrero	23,680.00	5.2044	L 123,240.19
	Marzo	25,520.00	5.2044	L 132,816.29
	Abril	27,120.00	5.7511	L 155,969.83
2025	Mayo	32,240.00	5.8273	L 187,872.15
	Junio	35,520.00	5.8272	L 206,982.14
	Julio		5.2358	L -
	Agosto	34,800.00	5.2358	L 182,205.84
	Septiembre	30,480.00	5.2358	L 159,587.18
	Octubre	31,360.00	4.9978	L 156,731.01
	Noviembre	26,240.00	4.9978	L 131,142.27
	Diciembre	26,080.00	5.2358	L 136,549.66

Fuente: Elaboración propia

También en la tabla 7, se pudo evidenciar que la tarifa de Aguas Copanecas cuenta con un Beneficio del Decreto 50-2010, el cual fija la tarifa energética en L. 2.00 por cada kilowatt hora

consumido.

Entonces, al comparar el costo de la energía considerando la tarifa vigente y la tarifa subsidiada por el Decreto 50-2010, la diferencia en este monto es significativa, debido a que reduce el costo monetario aproximadamente en un 60% de su valor real.

Tabla 7: Costo de energía de Aguas Copanecas

Costo de Energía Aguas Copanecas (kWh)						
AÑO	Mes	Consumo (kWh)	Valor de Tarifa (L / kWh)	Costo Energia Consumida (L)	Valor de Tarifa (L / kWh) Decreto 50-210	Costo Energia Consumida (L)
2026	Enero	25,440.00	5.2044	L 132,399.94	2.0000	L 50,880.00
	Febrero	23,680.00	5.2044	L 123,240.19	2.0000	L 47,360.00
	Marzo	25,520.00	5.2044	L 132,816.29	2.0000	L 51,040.00
	Abril	27,120.00	5.7511	L 155,969.83	2.0000	L 54,240.00
2025	Mayo	32,240.00	5.8273	L 187,872.15	2.0000	L 64,480.00
	Junio	35,520.00	5.8272	L 206,982.14	2.0000	L 71,040.00
	Julio		5.2358	L -	2.0000	L -
	Agosto	34,800.00	5.2358	L 182,205.84	2.0000	L 69,600.00
	Septiembre	30,480.00	5.2358	L 159,587.18	2.0000	L 60,960.00
	Octubre	31,360.00	4.9978	L 156,731.01	2.0000	L 62,720.00
	Noviembre	26,240.00	4.9978	L 131,142.27	2.0000	L 52,480.00
	Diciembre	26,080.00	5.2358	L 136,549.66	2.0000	L 52,160.00

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 PERFIL DE CARGA

A continuación, el perfil de carga que fue proporcionado por la UTCD, permitió analizar con precisión el comportamiento eléctrico de la planta Potabilizadora de Aguas Copanecas por intervalos cada quince minutos. Estos resultados del perfil de carga revelan características importantes para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Las figuras 8,9 y 10 representan el comportamiento de la potencia y la energía registrada durante los intervalos mencionados anteriormente.

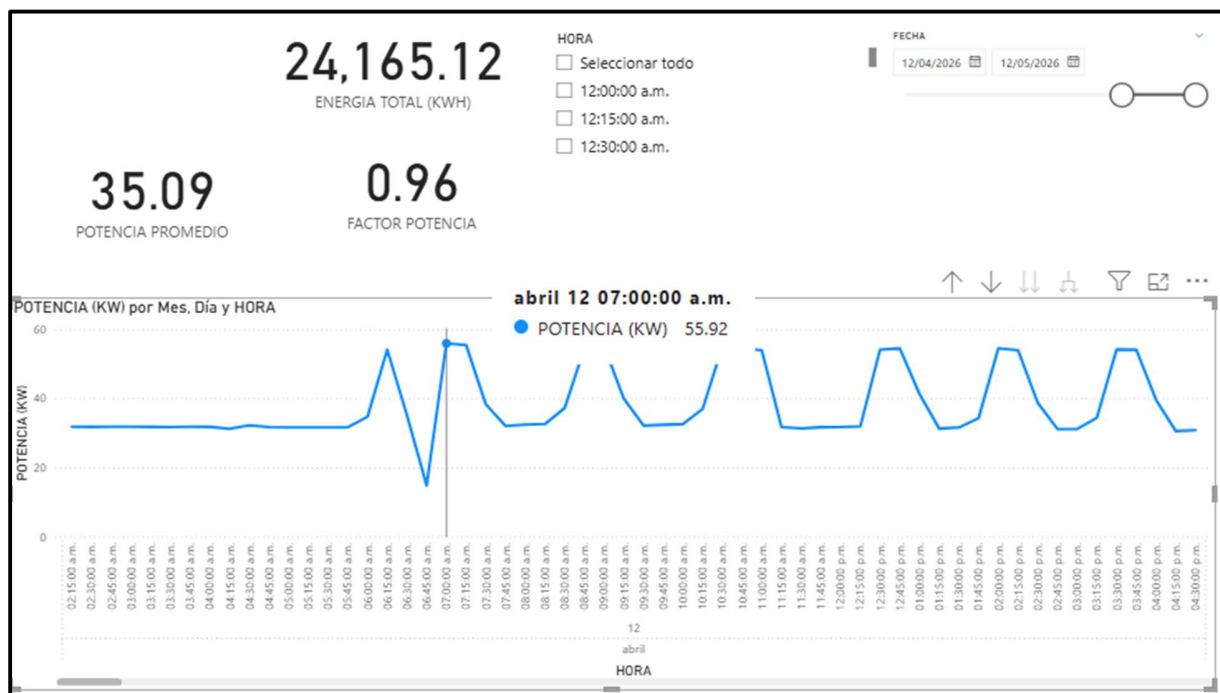


Figura 8: Potencia y energía Mes de Abril

Fuente: Elaboración Propia

La figura 8, muestra el comportamiento de la potencia y energía del periodo que comprende el mes de 12 de abril al 12 de mayo en un horario completo. También es importante observar que se cumple el comportamiento cíclico que caracteriza a equipos de bombeo alternando entre periodos de alta demanda y periodos de baja demanda confirmando una operación continua durante las 24 horas del día.



Figura 9: Potencia y energía Mes de Abril en horario 7:00AM a 5:00PM

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9 representa el mismo periodo, pero filtrado en un horario de 7:00 am a 5:00pm. Durante este horario la energía consumida por la planta fue de 11,007.12kWh, representando el 45.55% del consumo total mensual.

Por lo tanto, al considerar únicamente el periodo comprendido entre las 7:00 am y las 5:00pm, se observa que el consumo mantiene el mismo comportamiento y con gran concentración de consumo energético.

4.2.4 POTENCIA MÁXIMA DEMANDADA

A partir del análisis anterior del perfil de carga en intervalos de 15 minutos, se verifico que la demanda máxima de la planta potabilizadora de Aguas Copanecas alcanza aproximadamente 65 kW, registrada en el mes de febrero de 2026.

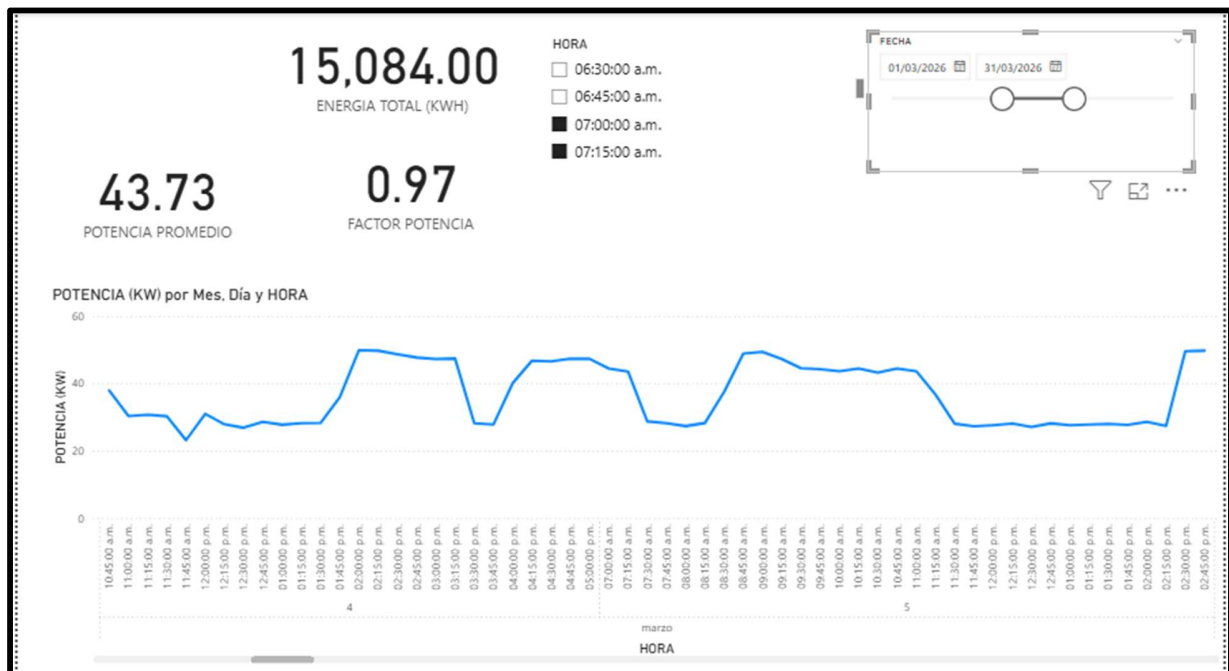


Figura 10: Potencia y energía Mes de Marzo en horario 7:00AM a 5:00PM

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 10, se observa la existencia de una carga de potencia base en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, manteniéndose en un rango relativamente constante durante el periodo analizado.

Por lo tanto, en conjunto, todos estos resultados permitieron poder caracterizar cual es el comportamiento de la demanda eléctrica durante las condiciones normales de funcionamiento.

4.2.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS

La Hipótesis de Investigación que fue planteada para este proyecto en la sección 3.1.4 es la siguiente: En este contexto, se redacta las siguientes hipótesis:

Hi: El sistema fotovoltaico si genera beneficios económicos significativos en comparación con el funcionamiento actual de la planta potabilizadora de agua, dado que el análisis de los flujos de ingresos y costos proyectados muestran una Tasa Interna de Retorno TIR mayor a la inversión.

H0: El sistema fotovoltaico no genera beneficios económicos significativos en comparación con el funcionamiento actual de la planta potabilizadora de agua, dado que el análisis de los flujos de ingresos y costos proyectados muestran una Tasa Interna de Retorno TIR menor a

la inversión.

La tabla 8, se muestra los valores del CPPC (Costo Promedio Ponderado de Capital) y de la TIR (Tasa Interna de Retorno) obtenidos en el capítulo 6, considerando que la TIR supera al Costo promedio ponderado de capital se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación.

Tabla 8: Comparativo TIR vs CPPC

Resumen indicadores financieros	
CPPC	15%
TIR	41.7%
Diferencia	26.7%

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. En el análisis del consumo energético y de los costos asociados al suministro eléctrico, permitió evidenciar que la planta presenta una tendencia relativamente estable en el consumo de energía, con un mínimo de 23,680 kWh y un máximo de 35,520kWh en el periodo de estudio. Asimismo, se constató que el costo de la energía de Aguas Copanecas está siendo subsidiada a través del Decreto 50-2010, estableciendo un beneficio económico de aproximadamente el 60% del costo real de la tarifa de energía. Por lo tanto, se concluye que el comportamiento del consumo energético presenta una tendencia relativamente estable, y se observa que las variaciones en el costo de energía estuvieron relacionadas a los cambios en el consumo y no a fluctuaciones trimestrales en la tarifa eléctrica, debido a que la planta cuenta con un subsidio que reduce su costo real del consumo energético.
2. Al analizar la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, se observó el comportamiento de la operación en 24 horas evidenciando una demanda máxima de aproximadamente 65 kW, y una demanda continua de 20 kW a 30 kW. De igual manera, en la jornada diurna de 7:00 am a 5:00 pm, se comprobó que en este horario la planta tiene un consumo del 45.5% del total de la energía mensual, siendo este un rango que coincide con las horas de mayor disponibilidad del recurso solar.
3. Los resultados en el análisis técnico establecieron que, dado la ubicación geográfica de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, se dispone de una radiación promedio de 5.32 kWh por metro cuadrado y un área disponible de aproximadamente 162 metros cuadrados de techo aluzin. Debido a la limitante del área útil a nivel de techo, se determinó por medio del software PvSyst una capacidad máxima de sistema fotovoltaico de 35.7 kWp en DC, y una potencia en AC de 30 kW conformada con dos inversores de 15 kW y una energía anual proyectada de 55,109 kWh. Por lo tanto, se considera técnicamente viable la implementación de un sistema solar, ya que su dimensionamiento máximo, tomando en cuenta las limitaciones del área, coincide aproximadamente con la demanda energética continua que se realizó en el estudio de mercado.

4. Los resultados que se obtuvieron en el estudio de prefactibilidad financiera, lograron determinar que la propuesta de la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, representa una alternativa económicamente viable bajo las condiciones evaluadas. Evidenciando una rentabilidad favorable donde refleja un Valor Actual Neto Positivo, una tasa Interna de Retorno superior a la tasa de descuento y un periodo de recuperación de aproximadamente 3.16 años. También es importante mencionar, que bajo el análisis de sensibilidad considerando el subsidio establecido por el decreto 50-2010, se evidencia que, aún bajo las condiciones más conservadoras de ahorro energético, el proyecto sigue siendo financieramente viable, aunque con menor rentabilidad.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Mantener un monitoreo periódico sobre el comportamiento del consumo y de los costos asociados al suministro eléctrico de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, así como también cualquier modificación en el Decreto 50-2010 debido a cambios regulatorios que pueda generar un impacto en el costo del consumo energético. Esto con el propósito de mantener una planificación financiera y energética de la institución.
2. Priorizar la gestión del uso de los equipos eléctricos de la planta en un horario de 7:00 am a 5:00pm, debido a que el consumo en este horario representa aproximadamente un 45% del total de la energía consumida mensual. Con el propósito que, al considerar la implementación de un sistema fotovoltaico en el futuro, se puede obtener más aprovechamiento al recurso solar.
3. Se recomienda un estudio técnico de la disponibilidad y las condiciones del terreno en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas con el fin de poder evaluar la factibilidad de instalar un sistema fotovoltaico a nivel de suelo. Este estudio permitirá poder analizar la posibilidad de incrementar la capacidad del sistema fotovoltaico ante la limitación del área disponible en techo.
4. Considerar la implementación de un sistema solar fotovoltaico, debido a que los resultados obtenidos en el estudio de prefactibilidad financiera evidenciaron indicadores económicamente favorables. Asimismo, se recomienda darle

seguimiento al subsidio vigente a través del decreto 50-2010 ante posibles cambios, con el propósito de evaluar los indicadores financieros. Lo anterior se fundamenta en que la evaluación económica se desarrolló con base a la tarifa vigente, ya que presenta mayor rentabilidad y representa un escenario más relacionado con la tarifa real del consumo energético.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

En este capítulo se presenta una propuesta brindada a la planta de potabilización de aguas Copanecas, con el objetivo de realizar una reducción en sus costos operativos generados por el consumo energético. Se presenta como propuesta la implementación de un sistema solar fotovoltaico con la justificación, alcance, descripción y desarrollo del proyecto, asimismo como las medidas de control, el cronograma de implementación, el presupuesto y el análisis financiero. Y finalmente, se evalúa la concordancia de los segmentos con la tesis, para dar un contexto claro de la viabilidad del proyecto.

6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA

Prefactibilidad de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, sustentado en base a un estudio de mercado, estudio técnico y un estudio financiero.

6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Al llevar a cabo el análisis correspondiente al capítulo 4, la presente propuesta está fundamentada en los resultados obtenidos, los cuales evidenciaron que, en base al análisis de historial de consumo, la facturación energética y el perfil de carga hizo posible evidenciar un comportamiento relativamente estable de la demanda energética, así como la existencia de condiciones favorables para evaluar alternativas que logren reducir los costos asociados al suministro de energía.

Con base a estos resultados, se plantea el desarrollo de un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico, que va a estar estructurado mediante un estudio de mercado, un estudio técnico y un estudio financiero. Estos elementos de estudio darán los criterios que apoyen la toma de decisiones y poder en su totalidad justificar la prefactibilidad de la aplicación de un proyecto solar fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas.

El estudio de mercado permite poder caracterizar cual es el comportamiento del consumo energético, el comportamiento de la demanda y cuáles son las tarifas que influyen en los costos de la energía. Asimismo, el estudio técnico va a definir cuáles son las condiciones existentes del sitio para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, verificando que la solución propuesta sea adaptada a la demanda energética identificada en el estudio de mercado. Y finalmente, el estudio financiero evaluara la inversión requerida y los costos asociados para determinar cuáles son los

beneficios económicos esperados y los principales indicadores financieros que proporcionen una información objetiva que ayude a la toma de decisiones para la implementación del proyecto.

6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA

La presente propuesta abarca el estudio que se desarrollara para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas. Su alcance incluye evaluar cuales son las condiciones actuales del consumo energético, el análisis técnico para el dimensionamiento y la evaluación financiera de la inversión requerida.

6.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Analizar el comportamiento del consumo energético con el propósito de establecer los requerimientos energéticos que servirán de base para la propuesta.
2. Desarrollar un estudio técnico para determinar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico considerando las características físicas y operativas de la planta.
3. Evaluar la viabilidad económica del proyecto por medio de la inversión y sus gastos de implementación, así como la rentabilidad del sistema fotovoltaico.

6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO A DETALLE DE LA PROPUESTA

En esta sección se describe la propuesta de implementación de un Sistema Fotovoltaico, el cual se fundamenta en los resultados obtenidos en los capítulos anteriores.

6.4.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para desarrollar la prefactibilidad se tendrán tres etapas, la primera un estudio de mercado en el cual se analiza el comportamiento del consumo de la planta por medio de los registros obtenidos del sistema de medición de la Unidad Técnica de Control de Distribución (UTCD) para identificar la demanda energética. La segunda etapa cuenta con un estudio técnico donde se evalúa la ubicación y área disponible a utilizar y los equipos que conformaran el sistema fotovoltaico. Por último, se realizará un estudio financiero partiendo de una inversión inicial donde se aplicarán los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación.

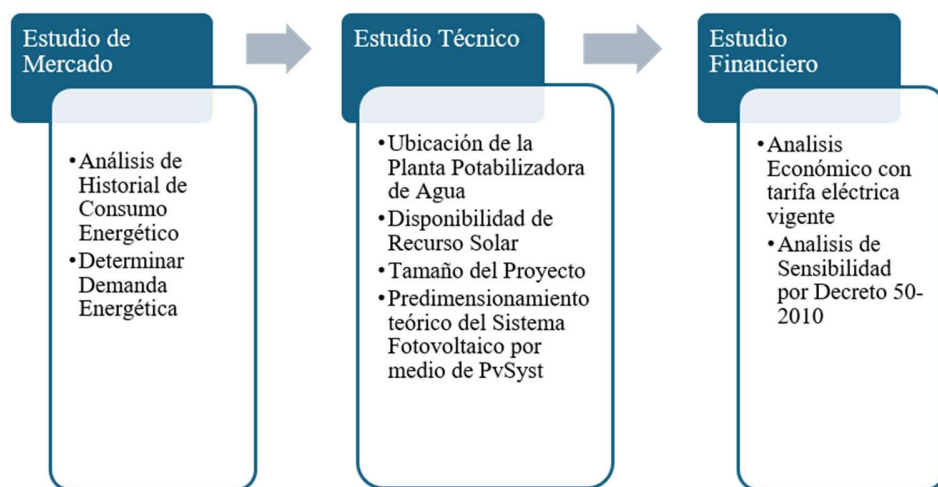


Figura 11: Desarrollo del estudio de prefactibilidad

Fuente: Elaboración Propia

6.4.2 DESARROLLO DE TODO LOS ELEMENTOS NECESARIOS

6.4.2.1 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado tiene como propósito poder determinar a través de la metodología, los requerimientos de la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas y las condiciones tarifarias que inciden en sus costos. Esta información permitirá establecer cuáles son los requerimientos energéticos que servirán como base para el desarrollo del estudio técnico y estudio financiero.

6.4.2.1.1 CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético de Aguas Copanecas analizado en los periodos de mayo a diciembre del 2025 y de enero a abril del 2026 como lo muestra la Tabla 5 se observa un consumo mínimo de 23,680 kWh en el mes de febrero del 2026 y un consumo máximo de 35,520 kWh en el mes de junio del 2025. Los periodos de mayo a octubre, representan el periodo con mayor consumo energético, y a su vez, en el periodo de noviembre a abril corresponde a los meses con un consumo levemente más bajo en el periodo analizado. Esto indica un comportamiento normal del consumo energético de una Planta Potabilizadora de agua, ya que constituye los diferentes requerimientos energéticos debido a la disponibilidad de agua.

Por lo tanto, este comportamiento histórico del consumo energético confirma la necesidad de una demanda de energía permanente, condición que favorece para la implementación de un sistema fotovoltaico.

En la figura 8, correspondiente al perfil de carga muestra el comportamiento de la potencia y energía. Durante este mes en particular la energía total consumida es aproximadamente 24,165.12 kWh, con una potencia Máxima de 55.92 kW y una potencia promedio de 35.09 kWh. En la figura 9, que corresponde a la gráfica de potencia y energía analizada en el horario del recurso solar de 7:00am a 5:00pm se observa un consumo total mensual del 45.5% lo cual confirma que casi la mitad del consumo energético de la planta se concentra en el horario de radiación solar, por lo que representa una elevada oportunidad para el autoconsumo fotovoltaico.

6.4.2.1.2 DEMANDA ENERGÉTICA

En primer lugar, para el análisis se tienen datos de enero a mayo del 2026, lo que permite observar el comportamiento de la demanda durante esos meses. Como criterio metodológico importante, se filtra toda la data en un horario establecido de 7am a 5pm con el propósito de conocer el comportamiento de la planta en un horario de generación solar. Por lo tanto, se logra evidenciar la potencia y energía útil disponible para el autoconsumo fotovoltaico y como criterio para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

El gráfico de la figura 8, muestra el comportamiento de la potencia y energía del periodo que comprende el mes de 12 de abril al 12 de mayo en un horario completo de 24 horas. Durante este mes en particular la energía total consumida es aproximadamente 24,165.12 kWh, con una potencia Máxima de 55.92 kW y una potencia promedio de 35.09 kWh. También es importante observar que se cumple el comportamiento cíclico que caracteriza a equipos de bombeo alternando entre periodos de alta demanda y periodos de baja demanda confirmando una operación continua durante las 24 horas del día.

En la figura 9 se muestra el mismo periodo, pero filtrado en un horario de 7:00 am a 5:00pm correspondiente a las horas de generación solar. Durante este horario la energía consumida por la planta fue de 11,007.12kWh, representando el 45.55% del consumo total mensual. Por lo tanto, este resultado confirma que casi la mitad del consumo energético de la planta se concentra en el horario de radiación solar, por lo que representa una elevada oportunidad para el autoconsumo fotovoltaico disminuyendo la dependencia del suministro eléctrico convencional durante las horas

del recurso solar.

Tabla 9: Indicadores de perfil de carga por periodo

Periodo	E. Total (kWh)	Pot. Prom. (kW)	Dem. Mín. (kW)	Dem. Máx. (kW)
Ene 2026 (15-31)	10,548	37.25	~27	~52
Feb 2026	13,462	41.58	~24	~65
Mar 2026	15,084	43.73	~25	~52
Abr 2026 (12 abr–12 may)	11,007	36.17	~20	~56

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9, se resumen los indicadores clave por periodo analizado. Estas características operativas son fundamentales para el análisis del sistema solar, ya que la mayor concentración del consumo ocurre durante el horario de 7:00 am a 5:00 pm, que coincide directamente con el periodo de generación fotovoltaica.

Partiendo de una demanda máxima de 65 kW mostrada en la tabla 8, verificada en el perfil de carga, este valor está relacionado a los picos de operación de los motores de bombeo en su máxima capacidad cíclica y corresponde al parámetro de referencia para verificar que el sistema fotovoltaico no generará inyecciones que superen la demanda diurna de la planta en ningún momento de operación.

En la figura 10, se observa que la potencia base de la planta se sitúa entre 20kW y 30kW en el mes de marzo, correspondiente al funcionamiento continuo en la planta. La potencia promedio general del período analizado es de 43.73 kW, con variaciones intermitentes que reflejan los cambios en la demanda y la disponibilidad de agua potable de la población Copaneca. Este análisis refleja que la capacidad nominal AC del inversor a seleccionar debe considerarse un valor que se encuentre entre los valores de la demanda mínima (Funcionamiento continuo) para garantizar que la totalidad de la energía generada sea consumida directamente por la planta minimizando la probabilidad de inyectar excedente a la red durante las horas de mayor radiación.

6.4.2.1.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TARIFARIO

El análisis del comportamiento tarifario tiene como objetivo evaluar cuales son las condiciones económicas en las que se encuentra la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas.

Analizando el consumo mensual de la planta desde la parte monetaria, se observa variaciones en el valor de la tarifa energética, la cual sufre reajuste trimestralmente por parte del ente regulador en Honduras. Este parámetro impacta directamente en los costos de la energía consumida, debido

a que, a mayor tarifa por kWh consumido, mayor es el valor para facturar por parte de la ENEE.

En la tabla 6, se evidencia que los costos de la energía depende tanto del consumo, así como también de la tarifa vigente en cada periodo. Por lo tanto, aun cuando el consumo presenta un comportamiento relativamente estable, el costo total de la factura puede experimentar un incremento o disminución asociado a los ajustes tarifarios que son establecidos por la CREE (Comisión Reguladora de Energía Eléctrica).

También en la tabla 7, se pudo evidenciar que la tarifa de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas cuenta con un Beneficio del Decreto 50-2010, el cual fija la tarifa energética en L. 2.00/kWh consumido. La diferencia en este monto es significativa debido a que reduce el costo monetario aproximadamente en un 60% de su valor real.

Por lo tanto, aunque la Planta Potabilizadora de aguas Copanecas se encuentra subsidiada por el beneficio establecido en el Decreto 50-2010. Para el análisis de Prefactibilidad se considerará el costo real de la tarifa vigente por la CREE (Comisión Reguladora de Energía Eléctrica) como base de evaluación financiera. Esto con el fin de tener un criterio de referencia utilizado por el mercado eléctrico, considerando que los subsidios y beneficios tarifarios están sujetos a cualquier notificación regulatoria y administrativa que podría hacerlos variar durante la vida útil del sistema fotovoltaico.

6.4.2.1.4 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO

Por lo tanto, desde la perspectiva del análisis de mercado permitió poder identificar y caracterizar la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas mediante el análisis de información histórica proveniente de la Unidad Técnica de Control de Distribución (UTCD) y, también de la facturación de recibos. Este análisis descriptivo pudo evidenciar que la planta presenta una demanda energética relativamente estable entre 20 kW y 30 kW, registrando una demanda máxima de 65 kW asociado al proceso de bombeo y potabilización de agua.

También el análisis determinó que aproximadamente el 45% del consumo energético ocurre durante un horario de 7:am a 5:00 pm, asociado directamente a horas de mayor disponibilidad del recurso solar, condición que es favorable para poder aprovechar el recurso de un sistema fotovoltaico.

Asimismo, se identificó que la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas se encuentra

subsidiada mediante el decreto 50-2010. Sin embargo, para el análisis de estudio financiero se considera la tarifa vigente publicada por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), debido a que representa el costo real del consumo eléctrico.

6.4.2.2 ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico tiene como objetivo poder implementar la metodología para conocer el tamaño de la planta, la localización y las características técnicas requeridas para la implementación del sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, en base a los requerimientos energéticos identificados en el estudio de mercado y poder establecer la viabilidad del proyecto.

6.4.2.2.1.1 TAMAÑO DEL PROYECTO

Para el tamaño del sistema fotovoltaico se determinó a partir de la demanda energética que se identificó en el estudio de mercado, considerando los consumos históricos, el perfil de carga durante el periodo de enero a mayo del 2026.

En el análisis realizado en el estudio de mercado permitió determinar que la planta Potabilizadora de Aguas Copanecas presenta una demanda energética aproximadamente entre 20 a 30 kW, con un máximo de 65 kW. Asimismo, el perfil de carga mostro que la mayor parte del consumo ocurre durante el horario de 7:00am a 5:00pm, permitiendo aprovechar la coincidencia con las horas de mayor disponibilidad del recurso solar.

Por lo tanto, desde el punto de vista del estudio de mercado, se puede considerar un proyecto fotovoltaico con una capacidad de 20 kW a 30 kW para poder aprovechar la totalidad de la energía generada por el sistema, ya que corresponde a la potencia aproximadamente estable durante toda la operación de la planta.

6.4.2.2.1.2 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO

El recurso solar es el parámetro principal dentro del estudio realizado, el cual se mide por la irradiación solar en la zona, también se debe de tener en cuenta el área disponible con la que se cuenta para la instalación de los módulos solares.

En el sitio donde se desea implementar el proyecto cuenta una radiación de 5.32 kWh/m² valor obtenido del software PvSyst mediante la simulación realizada. Este recurso solar disponible evidencia condiciones favorables para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica.

Asimismo, durante la visita realizada al sitio, se evidencio que en la planta potabilizadora de agua solo cuenta con 162 metros cuadrados de área disponible en el techo para el dimensionamiento de la planta, lo cual restringe el dimensionamiento del proyecto.



Figura 12: Disponibilidad de espacio

Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Disponibilidad de espacio

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Visita técnica a planta Potabilizadora de Aguas Copanecas

Fuente: Elaboración propia

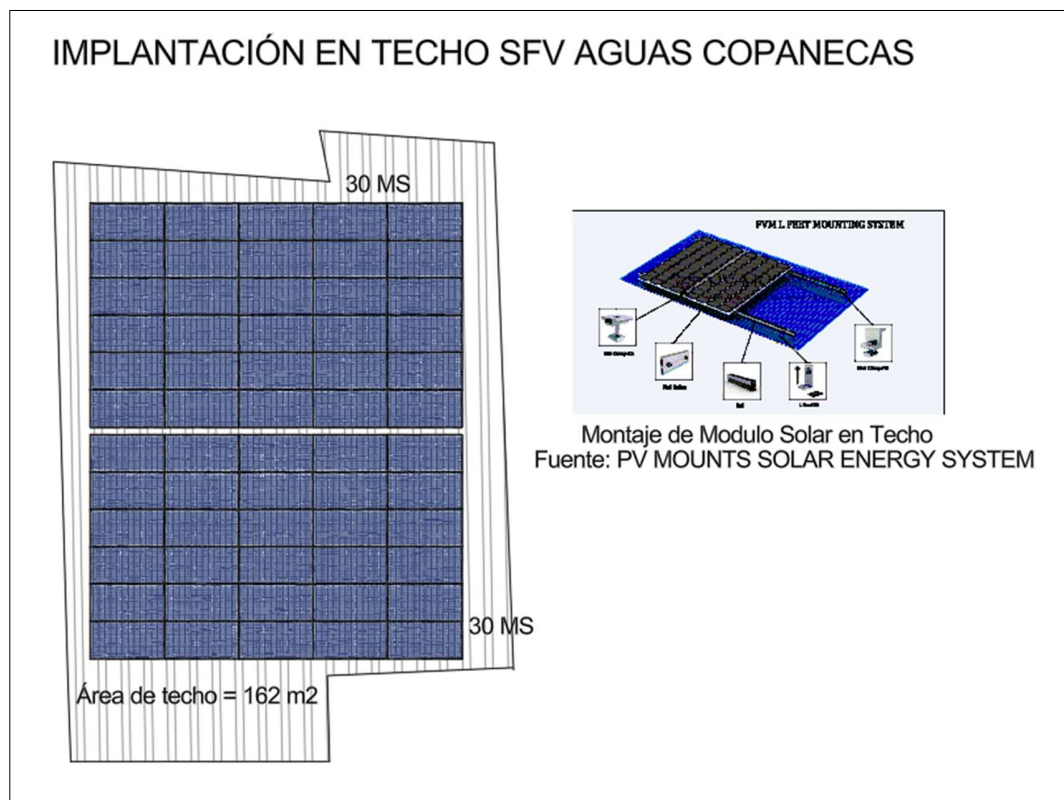


Figura 15: Distribución de Módulos Solares (MS) en Techo de Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.2.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO TÉCNICO

La Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas cuenta con un área en techo de 162 metros cuadrados, siendo esta una limitante para la cantidad de módulos solares y la producción de energía fotovoltaica.

El área útil que se cuenta para el sistema es una limitante, debido a que la potencia máxima demanda por la Planta es de 65kW, pero solo se puede dimensionar un sistema de 30kWp el cual solo representa menos de la mitad del consumo energético, pero representa la potencia aproximadamente estable que la planta requiere. En base a estas disposiciones se definió utilizar 60 módulos fotovoltaico de 595Wp de la marca Ja Solar y dos inversores fotovoltaicos SUN2000 de 15kW de la marca Huawei, el cual nos da una potencia nominal de 30kW, para la cual tiene un voltaje en DC de operación de 1,080VDC. Usando 2 cadenas de 15 módulos solares cada una por el inversor.

En la figura 16, se muestra la ficha técnica del módulo solar el cual presenta una eficiencia de 23% compuesto monocristalino de 144 celdas y una degradación anual de 0.4% siendo un modelo eficiente.

Harvest the Sunshine

605W

JAM72D40 MB

n-type Double Glass Bifacial Modules

Premium Cells

n-Bycium+

16BB

26%

Up To

MSB Half-Cell Technology

Cell Conversion Efficiency

Premium Modules

Higher power generation better LCOE

Better Temperature Coefficient

n-type with very Lower LD

Better low irradiance response

100%
86.3%
84.6%
81.6%

0 5 10 15 20 25 30

1% 1st-year degradation 0.4% annual degradation over 30 years

12-year product warranty
 30-year linear power output warranty
 10-year product warranty for Australia rooftop only

Comprehensive Certificates

• IEC 61215, IEC 61738, UL 61215, UL 61730

• ISO 9001:2015 Quality management systems

• ISO 14001:2015 Environmental management systems

• ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems

Figura 16: Panel solar Propuesto

Fuente: Ficha Técnica Huawei

54

Tabla 11: Especificaciones técnicas del panel solar

Parámetro	Especificación
Fabricante	JA Solar
Modelo	JAM72D40 MB
Tipo de módulo	Monocristalino bifacial tipo N (Double Glass)
Potencia nominal (Pmax)	595 W
Tecnología de celda	Bycium+ n-Type
Número de celdas	144 medias celdas (Half-Cell)
Configuración	Bifacial doble vidrio
Tensión máxima del sistema	1500 V DC
Coeficiente de temperatura de potencia	≈ -0.29 %/°C
Resistencia mecánica	Alta resistencia a cargas de viento y nieve
Degradación primer año	≤ 1 %
Degradación anual	≤ 0.40 % anual
Garantía del producto	12 años
Garantía de potencia lineal	30 años
Certificaciones	IEC 61215, IEC 61730, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001
Aplicación	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (On-Grid)

Fuente: Elaboración propia a través de datos de ficha técnica Huawei

En la figura 17 se muestra la ficha técnica del Inversor Sun2000 15kWh, El inversor cuenta con tecnología Smart string, tiene una eficiencia de 98.65% con una potencia nominal de 15kVA cuenta con 2 entradas de cadenas de paneles en 2 MPPT (Punto de Máxima Potencia) con un voltaje de operación de 1080VC en la entra y un voltaje de operación de 160 a 950V.



Figura 17: Inversor solar Propuesto

Fuente: Ficha Técnica Huawei

Tabla 12: Especificaciones técnicas de inversor solar

Característica	Especificación
Fabricante	Huawei
Modelo	SUN2000-15KTL-M2
Tipo de inversor	String Inverter On-Grid trifásico
Potencia nominal AC	15 kW
Potencia aparente máxima	16.5 kVA
Potencia fotovoltaica recomendada	22.5 kWp
Eficiencia máxima	98.65 %
Eficiencia europea	98.30 %
Voltaje máximo de entrada DC	1,080 V
Rango de operación MPPT	160 – 950 V DC
Voltaje nominal DC	600 V
Voltaje de arranque	200 V
Número de MPPT	2
Entradas por MPPT	2
Corriente máxima por MPPT	27 A
Corriente máxima de cortocircuito por MPPT	39 A
Voltaje nominal de salida	220 Vac (Trifásico)
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz
Corriente máxima de salida	25.2 A
Factor de potencia	0.8 inductivo a 0.8 capacitivo (ajustable)
Distorsión armónica (THD)	< 3 %
Sistema de enfriamiento	Convección natural
Grado de protección	IP65
Temperatura de operación	-25 °C a +60 °C
Altitud máxima de operación	4,000 msnm
Comunicación	RS485, WLAN integrado, Ethernet/4G mediante Smart Dongle
Sistema de monitoreo	Huawei FusionSolar
Protecciones incorporadas	Anti-isla, sobretensión AC/DC, AFCI, RCMU, SPD Tipo II AC/DC
Garantía	10 años
Aplicación	Sistemas fotovoltaicos comerciales e industriales conectados a la red (On-Grid)

Fuente: Elaboración propia a través de datos de ficha técnica Huawei

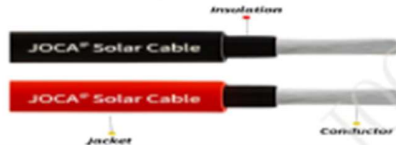
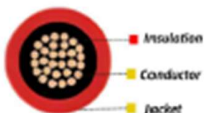
SPECIFICATION			
STANDARDS	EN50618/IEC62930	TYPE	H1Z2Z2-K 1X6mm ²
APPLICATION	It is designed for the connection of photovoltaic panels and suitable for both fixed and mobile solar installations, meet the varying needs of the solar industry		
			
TECHNICAL DATA			
CONDUCTOR	Material	Electrolytic annealed tinned copper, class 5 (flexible) according to IEC 60228 and EN 60228.	
	Size	6mm ²	
	Strand	84*0.28±0.008mm	
	Approx.OD	2.96mm	
INSULATION	Material	XLPO.Halogen-free electron-beam cross-linked, according to EN 50618 and IEC 62930	
	Thickness	0.7mm	
	Minimum thickness	0.53mm	
	Approx.OD	4.55±0.2mm	
JACKET	Color		
	Material	XLPO.Halogen-free electron-beam cross-linked, according to EN 50618 and IEC 62930	
	Thickness	0.8mm	
	Minimum thickness	0.58mm	
MARKING	Approx.OD	6.15±0.2mm	
	Color	  	
	 TÜV DC1500V H1Z2Z2-K 1×6.0mm ² CPR Cca JOCA Special Cable (Shanghai) Co., Ltd.		
	Rated voltage		
ELECTRICAL PERFORMANCE	Test Voltage (AC)	6.5kV/5min, 50Hz.	
	Conductor resistance at 20°C	3.39Ω/km	
	Minimum insulation resistance at 20°C	500MΩ.km	
	Spark test AC	10kV	
MECHANICAL PERFORMANCE	Temperature range	-40°C ~ +90°C, conductor temperature of 120°C at a max (20000h)	
	Short-circuit-temperature	250°C/5s	
	elongation of unaged values %	125	
	ensile strength of unaged values N/mm ²	8.0	
	Acid and alkali resistance	EN 60811-404	
	Ozone resistance	EN 60811-403, EN50396	
	Weathering/UV resistance	EN 50289-4-17, EN60811-501	
	Flame-resistance	EN 60332-1-2.CPR: Cca according to EN 50575	
	Water resistance	EN 50525 AD8 Submersion	
	Anticipated service life	25 years	
	Minimum bending radius	≥4XD (D < 8mm), ≥6XD (D ≥ 8mm)	

Figura 18: Ficha Técnica de Cable Solar

Fuente: Datos de ficha técnica

Estructura coplanar cubierta metálica					
Ficha técnica					
COMPONENTES:	2	3	4	5	6-7
	MÓDULOS	MÓDULOS	MÓDULOS	MÓDULOS	MÓDULOS
 Perfil portaplaca 240mm  Perfil portaplaca 120mm	2	2	4	4	6
	-	2	-	2	-
 Empalme	-	2	2	4	4
 Presor central	2	4	6	8	10
 Presor lateral	4	4	4	4	4
 Soporte	4	6	6	8	10
CARGAS Carga muerta de la placa 25Kg Peso propio del perfil 27kN/m ³ Viento 29m/s CTE-DB-SE-AE Nieve 120 kN/m ³					

Figura 19: Ficha Técnica de Cable Solar

Fuente: Datos de ficha técnica

En la siguiente tabla 13, se realiza un resumen de las especificaciones de los equipos principales, estructuras y cableado para la implementación del sistema fotovoltaico.

Tabla 13: Especificaciones de equipos para la implementación de sistema solar

Componente	Característica	Especificación
Módulo fotovoltaico	Fabricante / Modelo	JA Solar JAM72D40 MB
	Tipo	Monocrystalino bifacial tipo N (Double Glass)
	Potencia nominal	595 W
	Número de celdas	144 medias celdas (Half-Cell)
	Voltaje máximo del sistema	1,500 V DC
	Degradación anual	≤ 0.40 %
	Garantía	12 años (producto) / 30 años (potencia)
Inversor	Fabricante / Modelo	Huawei SUN2000-15KTL-M2
	Tipo	String Inverter On-Grid trifásico
	Potencia nominal AC	15 kW
	Eficiencia máxima	98.65 %
	Voltaje máximo de entrada	1,080 V DC
	MPPT	2 seguidores MPPT
	Protección	IP65
Estructura de montaje	Garantía	10 años
	Tipo	Coplanar para cubierta metálica
	Material	Aluminio anodizado y acero inoxidable
	Configuración	Compatible con 2 a 7 módulos
Cable Solar	Componentes principales	Perfiles, soportes, empalmes y presores
	Fabricante	JOCA Solar Cable
	Tipo	H1Z2Z2-K 1×6 mm ²
	Conductor	Cobre estañado flexible
	Aislamiento	XLPO libre de halógenos
	Tensión nominal	1.0/1.0 kV AC – 1.5 kV DC
	Temperatura de operación	-40 °C a +90 °C
Cable Solar	Certificación	EN 50618 / IEC 62930

Fuente: Elaboración propia a través de fichas técnicas

6.4.2.2.1.4 VALIDACIÓN POR PVSYST

Utilizando el software PVSYST se simuló con los parámetros contemplados en la sección anterior, proyectando la generación fotovoltaica que genera el sistema en un año. Se usa este

software debido a la confiabilidad de sus simulaciones, cuenta con una base de datos amplia para elegir los componentes del sistema y evalúa el rendimiento, sus pérdidas y energía generada.

En la figura 20, de la simulación obtenida por el programa, da una energía generada de 55,109 kWh para el primer año, con un 0.8039 de performance ratio, el cual es un valor aceptable con respecto al rendimiento de planta.

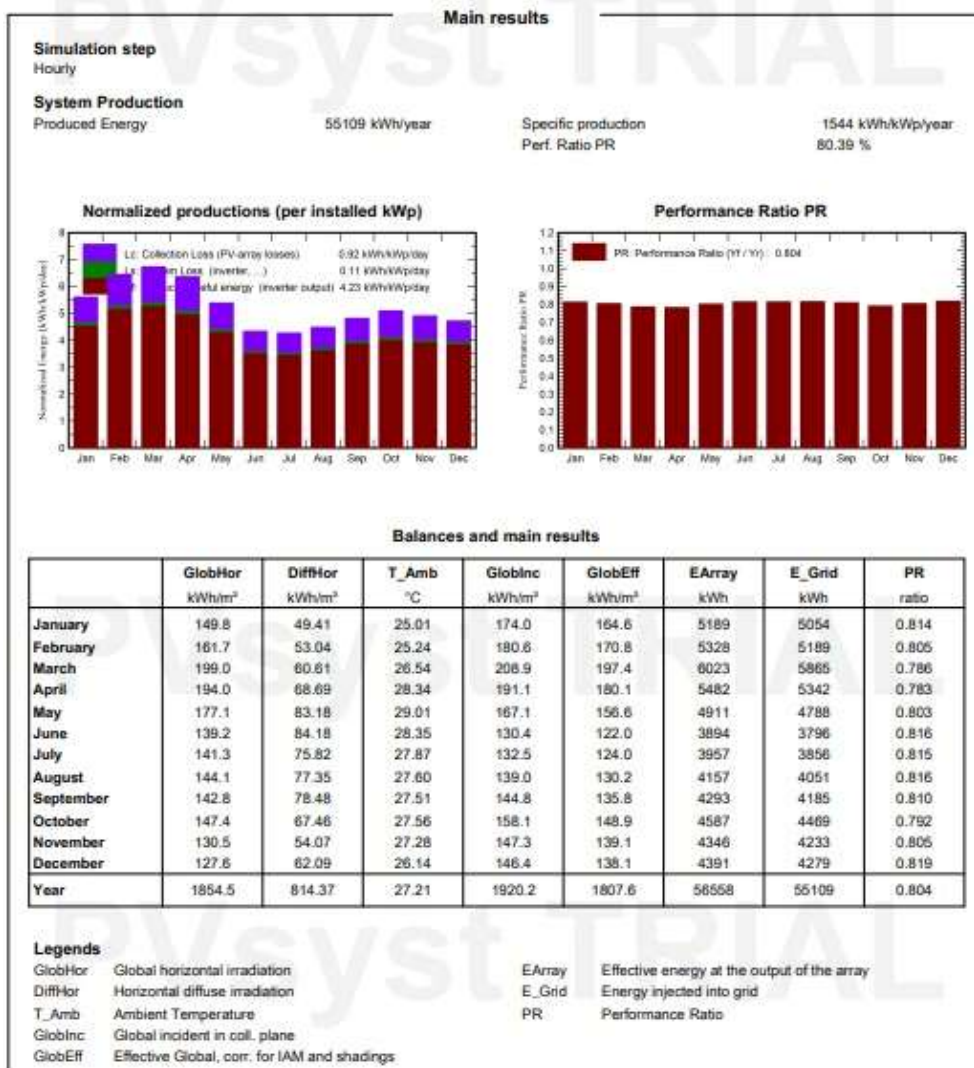


Figura 20: Simulación de generación proyectada

Fuente: Programa PVsyst

6.4.2.2.1.5 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

El análisis realizado en el estudio técnico evidencio que, aunque el área disponible en techo en la planta para el dimensionamiento correcto constituye una limitante para cubrir la totalidad de

la demanda, es técnicamente viable la implementación de un sistema fotovoltaico con capacidad de 30 kWp debido a que representa la potencia mínima para la operación continua de la planta en base al estudio de mercado.

Por lo tanto, la propuesta modelada por el estudio técnico, demuestra que técnicamente es viable al contar con las condiciones favorables del espacio para cumplir con los requerimientos mínimos, la disponibilidad del recurso solar y el dimensionamiento simulado por el software PvSys.

6.4.2.3 ESTUDIO FINANCIERO

El estudio financiero tiene como finalidad determinar la viabilidad económica de la propuesta mediante una evaluación de la inversión requerida para poder implementar el sistema fotovoltaico, y cuáles serían los beneficios económicos estimados derivados por la reducción del consumo de energía convencional.

6.4.2.3.1 ESTIMACIÓN DE INVERSIÓN INICIAL

Para llevar a cabo un sistema fotovoltaico es importante determinar el precio de los equipos a utilizar, la mano de obra requerida, las herramientas para su ejecución, entre otros puntos a considerar. Para ello se realizó una cotización con una empresa del rubro eléctrico en la cual se le detallo todos los requerimientos del sistema fotovoltaico, su ubicación y actividades a realizar, dando un valor de L. 651,324.62, para efectos del estudio se tomará un 10% de imprevistos, dando un total de la inversión de L. 719,787.62.

Tabla 14. Estructura de costos del proyecto

INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO	
60 paneles JA Solar 695W	L203,017.32
2 inversor Huawei 15kW trifásico	L135,548.60
Estructura metálica para techo	L27,758.70
Cableado AC/DC	L40,250.00
Protecciones AC/DC	L63,250.00
Sistema de monitoreo	L11,500.00
Ingeniería y diseño	L30,000.00
Mano de obra e instalación	L120,000.00
Transporte y logística	L20,000.00
Imprevistos	L68,463.00
INVERSIÓN TOTAL	L719,787.62

Fuente: Elaboración propia través de la cotización realizada por la empresa SOFOEL (Ver Anexo 4)

6.4.2.3.2 ESTRUCTURA Y COSTO DE CAPITAL

La estructura del capital está compuesta así; la empresa no cuenta con fondos, entonces los fondos propios que se considera constituyen en un 0% y el 100% con financiamiento a través de un préstamo bancario.

Entonces para estimar el costo promedio ponderado de capital (CPPC) que defina el rendimiento total que debe ganar la empresa sobre su inversión, se estructura como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Estructura y Costo de capital

Costo de capital				
Concepto	Monto	% Participación	Costo %	Tasa Efectiva Costo PP %
Financiamiento	L 719,787.62	100.00%	15.00%	15.00%
Fondos propios	L 0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Total	L 719,787.62	100.00%		15.00%
Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC)				15%

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.3.3 ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECCIÓN DE INGRESO Y COSTOS DEL PROYECTO

El objetivo principal por el que se determina la viabilidad económica de la implementación del sistema fotovoltaico propuesto para la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, es realizar una evaluación financiera utilizando los resultados de generación obtenidos mediante una simulación que se desarrolló en PvSyst.

El software estimó una producción para el primer año correspondiente a 55,109 kWh como primer año. Para tener una proyección de generación se considera una degradación anual de los módulos fotovoltaicos del 0.5 % producto por la degradación de pérdidas de eficiencia del sistema.

Asimismo, para estimar los ingresos se utilizó como referencia el último trimestre oficial en la CREE (Comisión Reguladora de Energía Eléctrica) una tarifa de energía eléctrica de L 5.7511 por kWh y un horizonte de evaluación de veinte años.

También se realizó un análisis del comportamiento que ha tenido la tarifa los últimos años registrados en la página oficial de la CREE, donde se evidencia un incremento anual de 4.28%, pero para nuestro análisis se considera un incremento conservador de 0.5% anual (Ver anexo 3).

Se considera un costo de mantenimiento aproximadamente de 20,000 Lps después del segundo año del sistema solar, tomando como base la cotización realizada, donde se brinda un precio de 0.02\$/Wp instalado. Además, se considera un incremento anual de 4.5% anual tomando en cuenta el promedio de inflación en los últimos años.

Tabla 16. Generación de energía proyectada

Año	Energía (kWh)
1	55,110
2	54,834
3	54,560
4	54,287
5	54,016
6	53,746
7	53,477
8	53,210
9	52,944
10	52,679
11	52,415
12	52,153
13	51,892
14	51,632
15	51,374
16	51,117
17	50,862
18	50,608
19	50,355
20	50,103

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se proyecta la energía generada para los siguientes 20 años, considerando una degradación o desgaste de los equipos de 0.5% anual como parámetro técnico que genera pérdidas de eficiencia, dejando este criterio a consideración de futuros diseñadores.

Tabla 17. Flujo de caja proyectado

AÑO	ENERGÍA (kWh)	TARIFA (L/kWh)	INGRESOS (L)	O&M (L)	UTILIDAD NETA (L)	FLUJO NETO (L)	FLUJO DESCONTADO (L)
0	0	0	0	0	0	(L719,787.62)	(L719,787.62)
1	55,109.00	5.75	L316,937.37	-	L316,937.37	L316,937.37	L275,597.71
2	54,833.46	5.78	L316,929.45	L20,000.00	L296,029.45	L296,029.45	L223,840.79
3	54,559.29	5.81	L316,921.52	L20,900.00	L295,081.02	L295,081.02	L194,020.56
4	54,286.49	5.84	L316,913.60	L21,840.50	L294,090.28	L294,090.28	L168,147.07
5	54,015.06	5.87	L316,905.68	L22,823.32	L293,055.31	L293,055.31	L145,700.28
6	53,744.98	5.90	L316,897.75	L23,850.37	L291,974.12	L291,974.12	L126,228.47
7	53,476.26	5.93	L316,889.83	L24,923.64	L290,844.63	L290,844.63	L109,339.27
8	53,208.88	5.96	L316,881.91	L26,045.20	L289,664.67	L289,664.67	L94,691.90
9	52,942.83	5.99	L316,873.99	L27,217.24	L288,431.98	L288,431.98	L81,990.37
10	52,678.12	6.02	L316,866.07	L28,442.01	L287,144.16	L287,144.16	L70,977.65
11	52,414.73	6.05	L316,858.14	L29,721.90	L285,798.76	L285,798.76	L61,430.51
12	52,152.65	6.08	L316,850.22	L31,059.39	L284,393.16	L284,393.16	L53,155.12
13	51,891.89	6.11	L316,842.30	L32,457.06	L282,924.67	L282,924.67	L45,983.17
14	51,632.43	6.14	L316,834.38	L33,917.63	L281,390.46	L281,390.46	L39,768.54
15	51,374.27	6.17	L316,826.46	L35,443.92	L279,787.56	L279,787.56	L34,384.35
16	51,117.40	6.20	L316,818.54	L37,038.90	L278,112.89	L278,112.89	L29,720.47
17	50,861.81	6.23	L316,810.62	L38,705.65	L276,363.22	L276,363.22	L25,681.30
18	50,607.50	6.26	L316,802.70	L40,447.40	L274,535.16	L274,535.16	L22,183.85
19	50,354.46	6.29	L316,794.78	L42,267.54	L272,625.20	L272,625.20	L19,156.10
20	50,102.69	6.32	L316,786.86	L44,169.58	L316,786.86	L316,786.86	L19,355.77

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 se muestra el flujo de caja proyectado considerando lo siguiente:

1. La generación de la planta solar disminuirá su producción en un 0.5% anual por la degradación que genera a pérdida de eficiencia los paneles solares.
2. El aumento en la tarifa se definió en un 0.5% anual de manera conservadora. Tomando en cuenta siempre como referencia el histórico de los últimos años registrados en la CREE.
3. Se considera un aumento en la mano de obra de 4.5% anual en mantenimiento, tomando como referencia los últimos incrementos en la inflación.

4. No se realiza cálculo de depreciación ya que no tiene ningún efecto porque no se realizan cobros de impuesto a municipalidades según el decreto n° 7 de la ley de impuestos sobre la renta.

La tabla 17 muestra los ingresos del proyecto tomando en consideración la energía generada por el sistema y el costo de la energía en base a la tarifa vigente. Asimismo, se incluye el costo O&M que está relacionado con el mantenimiento del sistema, la relación entre ingreso y costos permite determinar cuál es el flujo neto del proyecto.

6.4.2.3.4 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

6.4.2.3.3.1 VAN

El Valor Actual Neto (VAN) se calculó descontando los flujos de efectivo futuros a una tasa del 15 %. El resultado obtenido fue de aproximadamente L 1,121,565.59. Una VAN positivo indicando que los beneficios económicos generados por el sistema superan la inversión requerida, por lo que se concluye que el proyecto agrega valor financiero a la organización a largo plazo.

6.4.2.3.3.2 TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es de 41.70 %, valor que se encuentra superior a la tasa de descuento utilizada. Esto evidencia que la rentabilidad esperada del proyecto excede el costo del financiamiento y demuestra la conveniencia de ejecutar la inversión.

6.4.2.3.3.3 PERIODO DE RECUPERACIÓN

El periodo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 3.16 años, este resultado es favorable, ya que se recupera la inversión en un 15.8 % de la vida útil del proyecto de 20 años.

En el estudio el sistema fotovoltaico recupera su inversión inicial dentro de la vida útil del proyecto.

Tabla 18. Periodo de recuperación de la inversión

Año	PERIODO DE RECUPERACIÓN
0	L. -719,787.62
1	L. 275,597.71
2	L. 499,438.50
3	L. 693,459.07
4	L. 893,459.07
PRI	3.16

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CON RESPECTO AL DECRETO 50-2010

En el siguiente análisis se realiza otra evaluación económica considerando como tarifa fija el decreto 50-2010, con el propósito de validar el comportamiento de la implementación del sistema fotovoltaico con base a una tarifa subsidiada.

Tabla 19. Análisis de sensibilidad en base en base al Decreto 50-2010

INDICADORES FINANCIEROS	
VAN (Valor Actual Neto)	L34,753.61
TIR (Tasa Interna de Retorno)	15.91%
Índice de Rentabilidad (IR)	1.05
Período de Recuperación (años aprox.)	15 años con 11 meses

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta los resultados evidenciados en la Tabla 19, se puede concluir que la implementación de un proyecto fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copanecas, sigue siendo rentable en el periodo establecido considerando la tarifa subsidiada por el decreto 50-2010. Este resultado refleja que aun en el peor escenario donde se tiene una tarifa fija de 2 Lps/kWh, el proyecto sigue siendo financieramente viable, aunque con una menor rentabilidad.

6.5 MEDIDAS DE CONTROL

Con el objetivo de garantizar los indicadores del proyecto, se presenta la frecuencia de evaluación de los resultados obtenidos con el fin de poder optar a medidas correctivas para el beneficio del proyecto.

Tabla 20. Indicadores de Control

Indicador	Medida de Control	Frecuencia
Energía Generada	kWh generados	Mensual
Análisis de sensibilidad económica	Tarifa vigente trimestral	Trimestral
Ahorro Económico	Lempiras/mes	Mensual
Periodo de Recuperación	Ahorro Económico	Anual

Fuente: Elaboración propia

Con el indicador de la energía generada, podemos evaluar el desempeño de sistema

fotovoltaico debido a que nos permite medir la energía generada por el sistema fotovoltaico versus la energía proyectada por el software PvSyst.

Asimismo, con el indicador de análisis de sensibilidad económica permite evaluar el comportamiento del costo de la energía con respecto a las variaciones trimestrales de la tarifa vigente, con el fin de analizar los indicadores financiero del proyecto.

Del mismo modo, el indicador Ahorro económico permite cuantificar el beneficio económico total del proyecto mensualmente en base a los resultados de los indicadores anteriores. Y, por ende, el periodo de recuperación de la inversión se determina por medio del indicador de ahorro energético.

6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

A continuación, se presenta el cronograma de actividades para la implementación del análisis de prefactibilidad y ejecución del proyecto en caso de aprobación por la junta directiva de Aguas Copanecas.

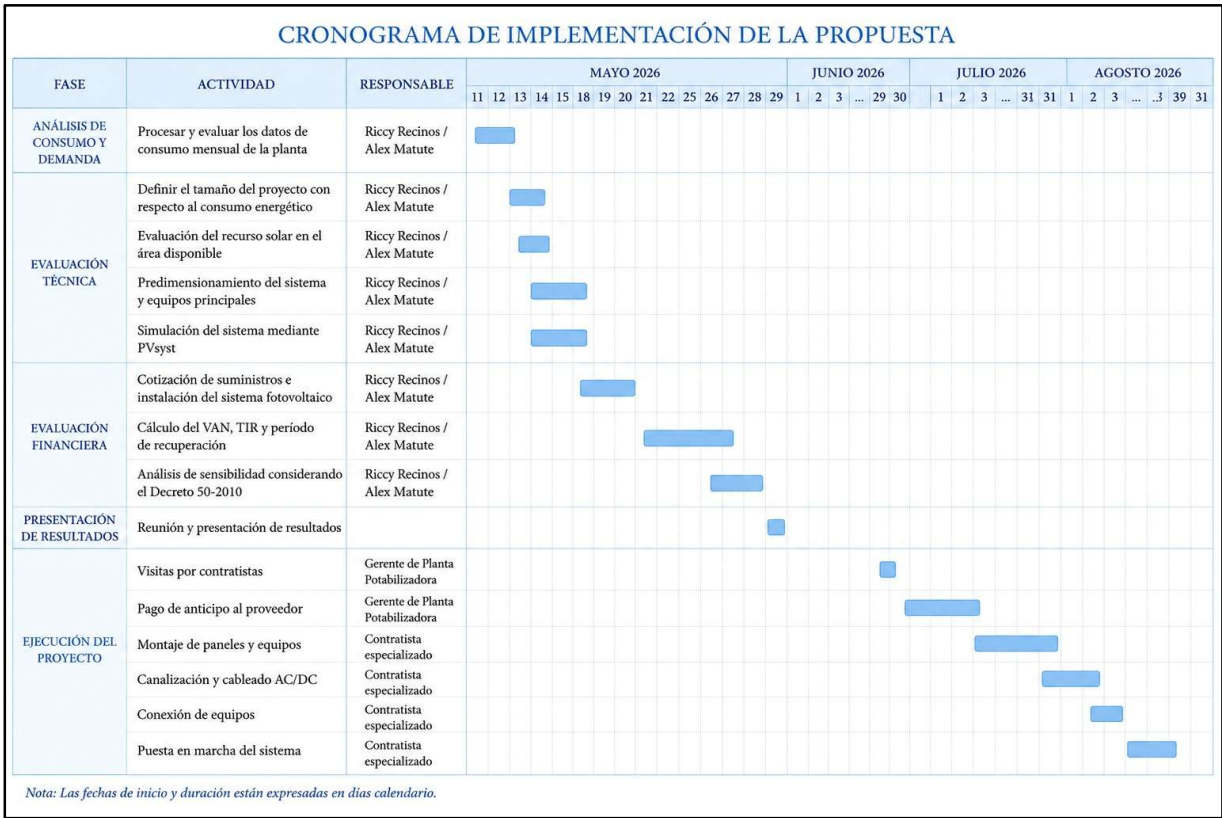


Figura 21: Cronograma de Implementación

Fuente: Elaboración Propia

6.7 PRESUPUESTO E IMPACTO DEL PRESUPUESTO

El presupuesto aplicado para la implementación de la factibilidad económica del proyecto fotovoltaico es importancia para la implementación del mismo, en esta sección se detalla los costos que están relacionados a lo largo del estudio.

Tabla 21. Presupuesto

No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario (HNL)	Total (HNL)
1	2	Und.	Desarrolladores del Estudio de Prefactibilidad	L -	L -
2	1	Und.	Visita técnica en campo en Planta Potabilizadora	L -	L -
3	1	Gl.	**Cotización por Suministro de Equipos, material y mano de obra*	L 651,324.62	L 651,324.62
Subtotal				L	651,324.62
Imprevistos 10%				L	68,463.00
Total				L	719,787.62

Fuente: Elaboración Propia

** Ver Cotización en anexo 4

El costo de L. 719,787.62, proporcionada por la empresa especialista en instalación de sistema fotovoltaicos incluye suministro del equipo, mano de obra, logística, puesta en marcha del sistema y capacitación del personal de mantenimiento de la planta, para la operación del sistema.

6.8 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA

En la figura 22, se muestran los principales puntos abordados en los capítulos de este estudio, en donde se presentan los objetivos, teorías, variables, conclusiones, propuesta entre otros términos que son los más relevantes en la investigación, mostrando a si un resumen de todo el proceso y finalización de la investigación

Capítulo I			Capítulo II		Capítulo III		Capítulo V	Capítulo VI	
Título de Investigación	Objetivo General	Objetivo Específico	Teorías/Metodologías de Sustento	Variable	Población	Técnicas	Conclusiones	Nombre de la Propuesta	Objetivo de la Propuesta
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN PLANTA POTABILIZADORA DE AGUAS COPANECA	Determinar la prefactibilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copaneacas en el municipio de Copán Ruinas, a través de un estudio de mercado, técnico y financiero, con el fin de reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad financiera de la planta.	Conocer la situación actual del consumo energético y los costos asociados al suministro eléctrico en la Planta Potabilizadora de Aguas en Copán Ruinas.	Teoría de Estudio de Mercado	Consumo Energético	Base de Datos	Técnica de Análisis de Datos	En el análisis del consumo energético y de los costos asociados al suministro eléctrico, permitió evidenciar que la planta presenta una tendencia relativamente estable en el consumo de energía, con un mínimo de 23,680 kWh y un máximo de 35,520 kWh en el periodo de estudio. Asimismo, se constató que el costo de la energía de Aguas Copaneacas está siendo subsidiada a través del Decreto 50-2010, estableciendo un beneficio económico de aproximadamente el 60% del costo real de la tarifa de energía. Por lo tanto, se concluye que el comportamiento del consumo energético presenta una tendencia relativamente estable, y se observa que las variaciones en el costo de energía estuvieron relacionadas a los cambios en el consumo y no a fluctuaciones trimestrales en la tarifa eléctrica, debido a que la planta cuenta con un subsidio que reduce su costo real del consumo energético.	Prefactibilidad de un Sistema Fotovoltaico en la planta potabilizadora de Aguas Copaneacas, sustentado en base a los resultados financieros obtenidos.	Analizar el comportamiento del consumo energético con el propósito de establecer los requerimientos energéticos que servirán de base para la propuesta.
		Determinar la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copaneacas, para conocer las condiciones requeridas para el aprovechamiento de la generación fotovoltaica.	Teoría Factibilidad Técnica	Consumo Energético	Base de Datos	Técnica de Análisis de Datos	Al analizar la demanda energética de la Planta Potabilizadora de Aguas Copaneacas, se observó el comportamiento de la operación en 24 horas evidenciando una demanda máxima de aproximadamente 65 kW, y una demanda continua de 20 kW a 30 kW. De igual manera, en la jornada diurna de 7:00 am a 5:00 pm, se comprobó que en este horario la planta tiene un consumo del 45.5% del total de la energía mensual, siendo este un rango que coincide con las horas de mayor disponibilidad del recurso solar.		Desarrollar un estudio técnico para determinar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico considerando las características físicas y operativas de la planta.
		Analizar la viabilidad técnica de implementar un sistema fotovoltaico, considerando la disponibilidad de recursos solares y las condiciones de infraestructura existente.	Teoría de Factibilidad Financiera	Viabilidad Técnica	Base de Datos	Técnica de Análisis de Datos	Los resultados en el análisis técnico establecieron que, dado la ubicación geográfica de la Planta Potabilizadora de Aguas Copaneacas, se dispone de una radiación promedio de 5.32 kWh por metro cuadrado y un área disponible de aproximadamente 162 metros cuadrados de techo aluzn. Debido a la limitante del área útil a nivel de techo, se determinó por medio del software PVSyst una capacidad máxima de sistema fotovoltaico de 35.7 kWp en DC, y una potencia en AC de 30 kW conformada con dos inversores de 15 kW y una energía anual proyectada de 55,109 kWh. Por lo tanto, se considera técnicamente viable la implementación de un sistema solar, ya que su dimensionamiento máximo, tomando en cuenta las limitaciones del área, coincide aproximadamente con la demanda energética continua que se realizó en el estudio de mercado.		Evaluar la viabilidad económica del proyecto por medio de la inversión y sus gastos de implementación, así como la rentabilidad del sistema fotovoltaico.
		Desarrollar la prefactibilidad financiera para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copaneacas.	Teoría de Factibilidad Financiera	Rentabilidad	Base de Datos	Técnica de Análisis de Datos	Los resultados que se obtuvieron en el estudio de prefactibilidad financiera, lograron determinar que la propuesta de la implementación de un sistema fotovoltaico en la Planta Potabilizadora de Aguas Copaneacas, representa una alternativa económicamente viable bajo las condiciones evaluadas. Evidenciando una rentabilidad favorable donde refleja un Valor Actual Neto Positivo, una tasa interna de Retorno superior a la tasa de descuento y un periodo de recuperación de aproximadamente 3.16 años. También es importante mencionar, que bajo el análisis de sensibilidad considerando el subsidio establecido por el decreto 50-2010, se evidencia que, aún bajo las condiciones más conservadoras de ahorro energético, el proyecto sigue siendo financieramente viable, aunque con menor rentabilidad.		

Figura 22: Concordancia metodológica

Fuente: Elaboración Propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado, L. E. C., & Solís, J. Y. Á. (2024). Factibilidad de sistema de agua potable con energía fotovoltaica, en el banano, San Manuel, Cortés [Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC]. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/13070>
2. Alvarez Welchez, C. (2024a). Plan de Inversión de Rehabilitación Rápido Impacto (PIRRI).
3. Alvarez Welchez, C. (2024b). Diagnostico equipo Planta Potabilizadora.
4. Atlas Energía. (2025). ¿Qué es el consumo energético y cómo optimizarlo para reducirlo?. <https://atlas-energia.com/blog/que-es-el-consumo-energetico-y-como-optimizarlo-para-reducirlo/>
5. Baca Urbina, G. (2023). Evaluación de Proyectos Plus / McGraw Hill Interamericana. <https://www.ebooks7-24.com/visorEpub.aspx?i=33271&t=EDF0CDFD-E7A9-4B96-9C5D-6946CD1FF239>
6. Banco Central de Honduras. (2025). Informe de inflación — Primer trimestre 2025. BCH. <https://www.bch.hn>
7. Bayod Rújula, Á. A. (2009). Energías renovables: sistemas fotovoltaicos: (ed.). Zaragoza, Spain: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/41940?page=14>.
8. CEPAL. (s. f.). Los servicios básicos de agua potable y electricidad como sectores clave para la recuperación transformadora en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org>
9. Concepto.de. (2025). Rentabilidad. <https://concepto.de/rentabilidad/>
10. Congreso Nacional de la República de Honduras. (1963, 20 de diciembre). Ley del Impuesto Sobre la Renta. Decreto-Ley No. 25. Diario Oficial La Gaceta. <https://bufeterosa.com/wp-content/uploads/2021/02/leyimpuestorenta.pdf>
11. Cruz García, M. A. (2019). Fuentes de información. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, 8(15), 57–58. <https://doi.org/10.29057/icea.v8i15.4864>
12. Datos primarios: Definición, ejemplos y métodos de recogida. (2026). ATLAS.ti. <https://atlasti.com/es/research-hub/datos-primarios>
13. Definicion.edu.lat. (2025). Fuentes de información. <https://definicion.edu.lat/concepto/fuentes-de-informacion.html>
14. Efecto fotovoltaico—Educación Energética. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2025, de https://energyeducation.ca/encyclopedia/Photovoltaic_effect

15. Empresa Nacional de Energía Eléctrica. (s. f.). Empresa Nacional de Energía Eléctrica. Recuperado 9 de agosto de 2025, de <https://www.enee.hn/>
16. Escuela de Negocios de la UEMC. (2025, octubre 21). Estudio de mercado: Cómo hacerlo paso a paso con ejemplos. UEMC Business School. <https://www.escueladenegociosydireccion.com/blog/asesoria-de-empresas/como-hacer-un-estudio-de-mercado-en-6-sencillos-pasos/>
17. Evaluación del estado de preparación de las energías renovables: Honduras. (2023, noviembre 14). <https://www.irena.org/Publications/2023/Nov/Renewables-Readiness-Assessment-Honduras-ES>
18. Grajales Guerra, T. (1996, marzo 27). Conceptos básicos para la investigación social (Serie Textos Universitarios). Publicaciones Universidad de Montemorelos.
19. Hernández-Sampieri et al, Metodología de la investigación, 2014, pp 194-267.pdf. (s. f.). SlideShare. Recuperado 9 de agosto de 2025, de <https://es.slideshare.net/slideshow/herndezsampieri-et-al-metodologa-de-la-investigacin-2014-pp-194267pdf/251553065>
20. Meza Orozco, J. J. (2010). Evaluación financiera de proyectos (2a. Ed.). Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/69145>
21. Mokate, K. M. (2004). Evaluación financiera de proyectos de inversión (2a. Ed.). Universidad de los Andes. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/96818>
22. Nagaraja, M. R., Biswas, W. K., & Selvan, C. P. (2025). Advancements and challenges in solar photovoltaic technologies: Enhancing technical performance for sustainable clean energy – A review. Solar Energy Advances, 5, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2024.100084>
23. Napky, M. C., & Bustillo, T. A. C. (2023). Estudio de factibilidad para la implementación de energía solar en SERCOM de Honduras, edificio Castaños [Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC]. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/8244>
24. Oseguera, W. O. A. (2023). Estudio de pre factibilidad para proyecto de generación de energía solar fotovoltaica en empresa Pacasa [Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC]. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/8071>
25. Pedraza Renden, O. H. (2001). La Matriz de Congruencia: Una Herramienta para Realizar Investigaciones Sociales. [file:///C:/Users/alex.matute/Downloads/Dialnet-LaMatrizDeCongruencia-5900518%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/alex.matute/Downloads/Dialnet-LaMatrizDeCongruencia-5900518%20(2).pdf)
26. Salas, R. E. M. (2024). Matriz de Congruencia Metodológica como herramienta para gestionar el proceso investigativo. Transdigital, 5(9), e337-e337. <https://doi.org/10.56162/transdigital337>
27. SAPAG, N. (2008). Sapag-proyectos 6ta edición.pdf.

- <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/20.500.14624/1243/1/Sapag-proyectos%206ta%20edici%C3%B3n.pdf>
28. SAPAG, N. (2008). Sapag-proyectos 6ta edición.pdf.
<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/20.500.14624/1243/1/Sapag-proyectos%206ta%20edici%C3%B3n.pdf>
29. Tarifas de Energía Vigentes. (2025). Tarifas de Energía Vigentes.
<https://www.eneeutcd.hn/es/tarifasvigentes>
30. Tobajas Vázquez, M. C. (2014). Instalaciones solares fotovoltaicas (ed). Cano Pina.
<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/43053?page=1>
31. Vargas, F. G. (2002). MANUAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.
<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/16ce88fb-ef60-48cd-8554-6572d6e9bb39/content>
32. VQ Ingeniería. (2025). Estudio de viabilidad técnica: cómo lograrlo paso a paso.
<https://www.vqingenieria.com/estudio-de-viabilidad-tecnica>
33. Wood Mackenzie. (2024, octubre). En América Latina, el costo nivelado de la energía de las renovables cayó un 8%. PV Magazine México. <https://www.pv-magazine-mexico.com/2024/10/24/en-america-latina-el-coste-nivelado-de-la-energia-de-las-renovables-cayo-un-8-segun-wood-mackenzie/>

ANEXOS

Anexo 1: Factura eléctrica, solicitada en visita técnica

DATOS DEL CLIENTE				FECHA DE LECTURA:			
CÓDIGO DE AGRUPACIÓN:	NOMBRE:	AGUAS COPANEAS		23/abril/2026			
0663	DIRECCIÓN:	BOMBA DE AGUA BO EL CEDRAL COPAN RUINAS		23/abril/2026			
	UBICACIÓN:	996003100		21/mayo/2026			
				PERIODO: 24/03/2026 AL 23/04/2026			
				DÍAS DE FACTURACIÓN: 30			
				RTN: 08019003243825			

CONSUMO (kWh)	FECHA VENCIMIENTO	TOTAL A PAGAR	DATOS TÉCNICOS				
27,120	21/mayo/2026	L. 69,830.37	NÚMERO DE MEDIDOR:	2024109082527			
			TARIFA:	702			
			TIPO DE CONSUMO:	MUNICIPALIDAD			
			OFICINA COMERCIAL:	SANTA ROSA			
			FACTURADO POR:	CONSUMO REAL			

DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA									
	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	MULTIPLICADOR	CONSUMO	CONSUMO MEDIDOR RETIRADO			
FECHA DE LECTURA	23/04/2026	24/03/2026							
ACTIVA	3,134	2,795	=	339	x	80.00	27,120	kWh	kWh
REACTIVA	817	712	=	105	x	80.00	8,400	kVarh	kVarh
DEMANDA	0				x	80.00	0	KW	KW

CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA						AJUSTE POR FACTOR DE POTENCIA	
CARGO	L/kWh	CONSUMO	VALOR LEMPIRAS				
ACTIVA > 50 kWh	5.7511	x	27,120	L. 155,969.83			
ACTIVA < 50 kWh	0.0000	x	0	L. 0.00			
CARGO	L/kW	CONSUMO	VALOR LEMPIRAS				
DEMANDA	0.0000	x	0	L. 0.00			

DEMANDA LEIDA	DEMANDA MÁXIMA	DEMANDA CONTRATADA:
0 KW	11 MESES X 0.85	0 KW

COMPONENTES COSTOS ENERGÍA (L)		
GENERACIÓN	(66.28%)	103,376.80
TRANSMISIÓN	(5.70%)	8,890.28
DISTRIBUCIÓN	(26.75%)	41,721.93
OPERADOR DEL SISTEMA	(1.27%)	1,980.82
TOTAL		L. 155,969.83

CONCEPTO DE COBRO EN LEMPIRAS	
COSTO DE ENERGÍA	155,969.83
ALUMBRADO PÚBLICO	8,541.70
CARGO DE COMERCIALIZACIÓN	59.31
CARGO DE REGULACIÓN	411.43
SUBSIDIO CRUZADO	6,577.92
BENEFICIO DECRETO 50-2010	-101,729.82

HISTÓRICO DE CONSUMO	
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (kWh)	
ENERO	MARZO
MAYO	JULIO
SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE

ÚLTIMO PAGO:	
FECHA ULT. PAGO:	L. 68,920.92
MESES EN MORA:	0
CONTRATO VIGENTE:	0
VALOR FINANCIADO:	L. 0.00
CUOTA APLICADA:	0 DE 0

652569	
TOTAL MES L.	69,830.37
SALDO PENDIENTE L.	0.00
TOTAL A PAGAR L.	69,830.37

CÓDIGO CLIENTE	

Anexo 2: Carta de Autorización Aguas Copanecas

CARTA DE AUTORIZACIÓN AGUAS COPANECAS

Copán Ruinas, Copán, 19/05/2026
Lic. Marvin Mejía
Gerente
Aguas Copanecas

Estimado Señor: Marvin Mejía

Reciba un cordial y atento saludo. Por medio de la presente deseamos solicitar su apoyo, dado que somos alumnos de UNITEC y nos encontramos desarrollando el Trabajo Final de Graduación previo a obtener nuestro título de maestría en Dirección Empresarial seleccionando como tema ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN PLANTA POTABILIZADORA DE AGUAS COPANECAS, por lo que estaríamos muy agradecidos de contar con el apoyo de la institución que usted representa para poder desarrollar nuestra investigación. En particular, dicha solicitud se circunscribe a petitionar que se nos autorice a realizar: La solicitud de la facturación de la energía eléctrica de los últimos seis meses de funcionamiento de la planta.

A la espera de su aprobación, me suscribo de Usted.

Atentamente,



Riccy Mabel Recinos Axume
12443204



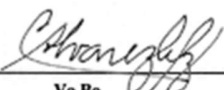
Alex José Matute Castro
12443167

Por este medio Aguas Copanecas

Autoriza la realización dentro de sus instalaciones el proyecto de investigación de Postgrado antes mencionado.

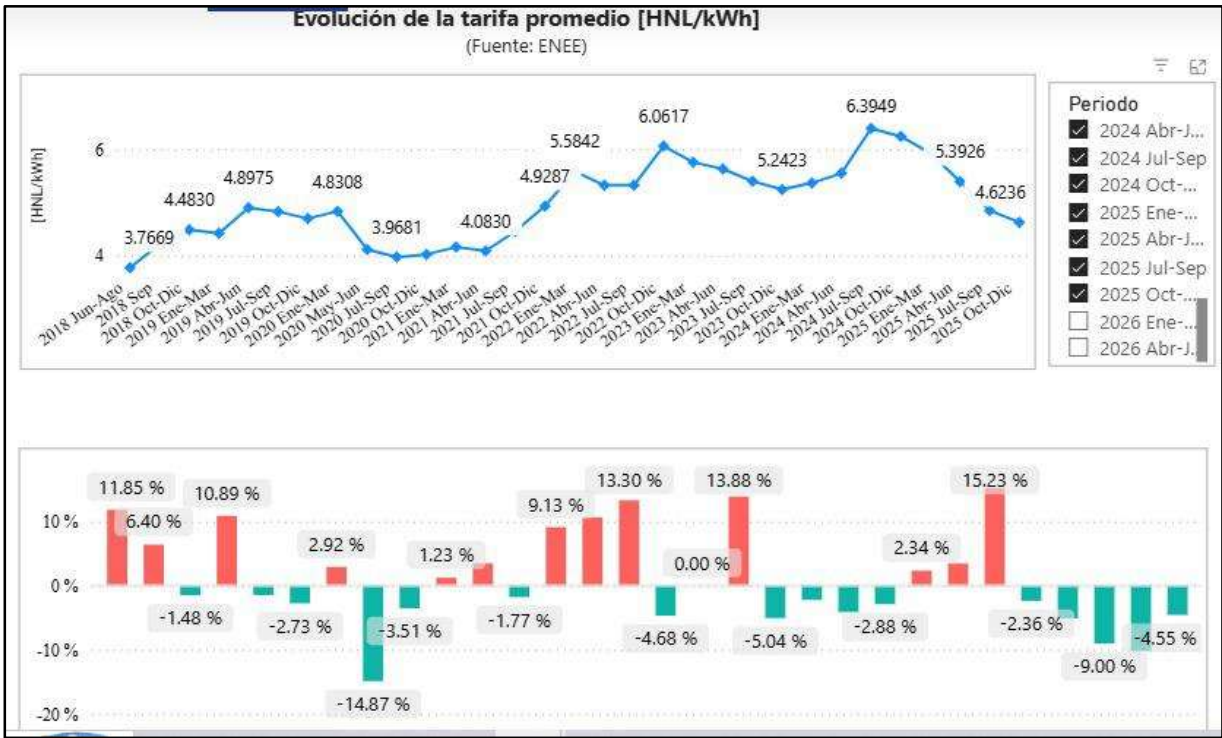


Lic. Marvin Mejía
Gerente Aguas Copanecas



Vo.Bo

Anexo 3: Evolución Histórica de la tarifa promedio



Anexo 4: Cotización del proyecto



OFERTA TECNICO FINANCIERA PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO AGUAS COPANECAS

N° de Cot. 000225

Fecha: 20 de mayo de 2026

Estimados señores Aguas Copanecas

Reciban un cordial saludo de parte de Soluciones Fotovoltaicas y Electricas, empresa especializada en soluciones energeticas sostenibles y proyectos de generacion fotovoltaica de alta calidad.

Por medio de la presente, nos complace en presentar nuestra propuesta para el suministro e instalación de un sistema fotovoltaico para autoconsumo en sus instalaciones, ubicadas en Copan Ruinas, estimada en un Costo Total de L651,324.62. El cual se desglosa de la siguiente manera.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. TOTAL
1	Paneles solares JA Solar, 595W, Modelo JAM72D40-595/MB	UND	60.00	L203,017.32
2	Inversor Huawei SUN2000 15KTL 208/220V	UND	2.00	L135,548.60
3	Estructura solar para techo	Global	1.00	L27,758.70
4	Cableado AC/DC	Global	1.00	L40,250.00
5	Protecciones eléctricas AC/DC	Global	1.00	L63,250.00
6	Sistema de monitoreo	Global	1.00	L11,500.00
7	Ingeniería y Diseño	Global	1.00	L30,000.00
8	Mano de obra de instalación	Global	1.00	L120,000.00
9	Transporte y logística	Global	1.00	L20,000.00
TOTAL				L 651,324.62
ISR				-
NETO RECIBIDO				L 651,324.62

reinaldo.villa12@gmail.com

+504 8764-0607

Consideraciones:

- Validez de la oferta: 15 días (ajuste de precio después de este plazo depende de la fluctuación del cambio de divisa USD-HNL).
- No se considera refuerzo ni reparaciones de cubiertas.
- No se considera construcción de cuatio eléctrico o zanjeado eléctrico.
- Disponibilidad de equipo: Entrega inmediata.
- Tiempo de ejecución del proyecto 4 semanas después del anticipo.
- Condiciones de pago 60% de anticipo y 40% contra entrega.
- Mantenimiento año 1 gratis, año 2 se estima un valor de 0.02\$/Wp

Estamos a su disposición para ampliar esta información

Atentamente: Rinaldo Villatoro



Ing. Rinaldo Villatoro