



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**PERFIL PARA UN PROYECTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO  
HIBRIDO CON ALMACENAMIENTO EN LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE NACAOME, VALLE.**

**SUSTENTADO POR:**

**CRISTIAN FRANCISCO IRÍAS QUINTANILLA  
ERICK ARIEL VILCHE DIAZ**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MASTER EN  
GESTION DE ENERGIAS RENOVABLES**

**TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZAN, HONDURAS, C.A.**

**AGOSTO, 2025**

**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**

**PERFIL PARA UN PROYECTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO  
HIBRIDO CON ALMACENAMIENTO EN LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE NACAOME, VALLE.**

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

**ASESOR METODOLÓGICO:**

**SANDRA MARIA SALAZAR CRUZ**

**ASESOR TEMÁTICO:**

**JOSE ARIEL FLORES SALGADO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**MINA CECILIA GARCIA LEZCANO  
RIGOBERTO RODRIGUEZ AVILA**

# **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2023  
Cristian Francisco Irías Quintanilla  
Erick Ariel Vilche Díaz

Todos los derechos son reservados.



## FACULTAD DE POSTGRADO

# PERFIL PARA UN PROYECTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO CON ALMACENAMIENTO EN LA PLANTA POTABILIZADORA DE NACAOME, VALLE.

**Cristian Francisco Irías Quintanilla**  
**Erick Ariel Vilche Diaz**

### Resumen

Con el presente trabajo de investigación se busca analizar la viabilidad técnica y financiera de implementar un sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento en la Planta Potabilizadora de Nacaome, ubicada en el departamento de Valle. El objetivo principal es determinar si este sistema puede representar una solución efectiva ante los problemas de inestabilidad eléctrica, así como una alternativa económica que reduzca los costos operativos por consumo de energía. La investigación se desarrolló utilizando fundamentos técnicos y metodológicos propios de los estudios de un perfil de proyecto, considerando variables como el consumo diario promedio de energía, las condiciones de radiación solar del sitio, la disponibilidad de espacio físico para la instalación de paneles y los indicadores económicos de retorno de la inversión. Para ello, se aplicaron encuestas, mediciones de carga y simulaciones con herramientas especializadas como PVSYST. El sistema propuesto consta de 646 módulos fotovoltaicos de 560 W, un banco de 96 baterías de litio de 108AH y un inversor de 250 kW, con capacidad para reducir un 82.6% la facturación eléctrica actual, que ronda los L 323,460 mensuales. Este ahorro, junto con el análisis de recuperación de inversión estimada entre 8.2 años, respalda la rentabilidad del proyecto.

**Palabras claves:** Energía fotovoltaica, energía renovable, inversor, módulos solares, sistema de almacenamiento.



## **POSTGRADUATE FACULTY**

# **PROFILE FOR A HYBRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM PROJECT WITH STORAGE AT THE NACAOME WATER TREATMENT PLANT, VALLE.**

### **AUTHORS:**

**CRISTIAN FRANCISCO IRÍAS QUINTANILLA  
ERICK ARIEL VILCHE DIAZ**

### **Abstract**

This purpose of research work is to analyze the technical and financial feasibility of implementing a hybrid photovoltaic system with storage at the Nacaome Water Treatment Plant, located in the department of Valle del Cauca. The main objective is to determine whether this system can represent an effective solution to the problems of electrical instability, as well as an economic alternative that reduces operating costs due to energy consumption. The research was conducted using technical and methodological foundations typical of project profile studies, considering variables such as average daily energy consumption, the site's solar radiation conditions, the availability of physical space for panel installation, and economic indicators of return on investment. To this end, surveys, load measurements, and simulations were conducted using specialized tools such as PVSYST. The proposed system consists of 646 560-W photovoltaic modules, a bank of 96 108AH lithium batteries, and a 250-kW inverter, capable of reducing the current electricity bill of approximately L 323,460 per month by 82.6%. This savings, along with the estimated payback period of 8.2 years, supports the project's profitability.

**Keywords:** Photovoltaic energy, renewable energy, inverter, solar modules, storage system.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por permitirme tener salud y los recursos para cumplir uno de mis sueños, a mi madre Jeaneth Diaz y padre Rigoberto Vilche que con sus incansables esfuerzos me ha dado sus apoyo, sus consejos, y ha estado conmigo en todo el proceso de maestría, me ha mostrado cuando fallo como profesional, a mi hija Azeneth Vilche que siempre me dio la inspiración para seguir adelante, a mis compañeros de trabajo Jorge Umazor y Carlos Canales por el apoyo del tiempo e información para poder culminar mi tesis.

**Erick Ariel Vilche Diaz**

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por ser guía y luz constante en mi vida, su presencia me ha dado fortaleza en los momentos de incertidumbre y serenidad en medio del esfuerzo. A Él, mi gratitud y honra por permitirme avanzar en este camino de formación. Con profundo agradecimiento, dedico esta tesis a mi pareja, por ser mi compañera de vida, por su comprensión, su paciencia en los días más demandantes y por sostenerme con palabras de aliento cuando más lo necesité. A mis hijas, quienes han sido mi mayor motivación, el motor que me impulsó a no rendirme, a dar ejemplo de constancia, disciplina y superación. Cada página de este trabajo lleva el amor y el sacrificio compartido con ustedes. Finalmente, a Erick Vilche y maestros y formadores, que durante este periodo me entregaron con dedicación su conocimiento, experiencia y acompañamiento. Gracias por marcar mi formación con exigencia y humanidad.

**Cristian Francisco Irías Quintanilla**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios por su amor hacia mí y su bondad al permitirme culminar mis metas siendo mi fortaleza en todo momento. A mi familia por brindarme su apoyo incondicional, mi hija que es un pilar fundamental para inspirarme, mi madre y padre que me apoyaron en todo y siempre me dan ánimos, mis hermanos Elvin y Isis que siempre han estado a mi lado apoyándome en cada momento, así como palabras de aliento, consejos y siendo incondicionales conmigo. a mis compañeros de cátedra y maestría, a Cristian Irías que con sus aportes e intercambio de conocimientos han hecho más ameno y entretenido este camino y a la Msc. Sandra Salazar por su tiempo, conocimiento y apoyo en todo momento de las clases de Tesis sobre la culminación del proyecto.

**Erick Ariel Vilche Diaz**

Agradecimiento a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme guiado en cada paso de este proceso, dándome claridad en los momentos de dificultad y constancia en los momentos de cansancio. Sin Su presencia en mi vida, este logro no habría sido posible. A mi familia, por su amor incondicional, su paciencia y por haber creído en mí incluso en los momentos en que yo dudé. Su apoyo emocional y moral fue el pilar que sostuvo este camino académico. A los docentes que, con generosidad y compromiso, compartieron su conocimiento y experiencia, contribuyendo de forma significativa a mi formación profesional. Agradezco profundamente cada enseñanza, cada palabra de aliento y cada exigencia que me impulsó a mejorar. Su entrega y vocación dejaron una huella permanente en mi desarrollo académico y personal.

**Cristian Francisco Irías Quintanilla**

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	1
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN GENERAL.....	4
1.3.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS .....	4
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL:.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	6
2.1.1. MACROENTORNO.....	6
2.1.2. MICROENTORNO .....	12
2.2. CONCEPTUALIZACIÓN.....	22
2.2.1. SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	22
2.2.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO .....	24
2.2.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	25
2.3. TEORÍAS DE SUSTENTO .....	26
2.3.1. BASES TEÓRICAS .....	26
2.3.2. PRINCIPIOS DE EFICIENCIA ENERGETICA.....	26
2.3.3. MODELOS DE GESTION ENERGETICA.....	27
2.4. METODOLOGÍAS DESARROLLADAS.....	28
2.5. MARCO LEGAL .....	29
2.5.1. LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA HONDUREÑA .....	32
2.5.2. ACUERDO 948/12.....	35

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	39
3.1.  CONGRUENCIA METODOLÓGICA .....	40
3.1.1.  MATRIZ METODOLÓGICA.....	40
3.1.2.  ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO .....	1
3.1.3.  OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	2
3.2.  ENFOQUE Y MÉTODOS.....	3
3.3.  DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
3.3.1.  POBLACIÓN.....	4
3.3.2.  MUESTRA .....	5
3.3.3.  TÉCNICAS DE MUESTREO.....	5
3.4.  TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS .....	5
3.5.  FUENTES DE INFORMACIÓN .....	5
3.5.1.  FUENTES PRIMARIAS.....	6
3.5.2.  FUENTES SECUNDARIAS.....	6
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	7
4.1.  INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	7
4.1.1.  PROCESO.....	7
4.1.2.  DETALLE DE LOS INSTRUMENTOS Y LA POBACIÓN.....	7
4.2.  RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS .....	8
4.2.1.  INSTRUMENTO A TODO EL PERSONAL.....	8
4.2.2.  ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL INSTRUMENTO.....	12
4.3.  CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE NACAOME, VALLE .....	38
4.3.1.  CONSUMO DE LA PLANTA POTABILIZADORA .....	38
4.3.2.  EQUIPOS CON MAYOR DEMANDA ELÉCTRICA .....	39
4.3.3.  HORAS DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS .....	40
4.3.4.  CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL .....	40
4.3.5.  PRECIO POR KWH.....	41
4.3.6.  PAGO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL .....	41
4.3.7.  SISTEMAS DE GENERACIÓN DE RESPALDO.....	41
4.3.8.  CANTIDAD DE INTERRUPCIONES ELÉCTRICA Y TIEMPO DE	

RESTABLECIMIENTO DEL FLUIDO ELECTRICO .....	42
4.3.9. NIVELES DE VOLTAJE ELÉCTRICA EN LA PLANTA .....	42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
5.1. CONCLUSIONES .....	44
5.2. RECOMENDACIONES.....	45
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	46
6.1. NOMBRE DE LA PROPUESTA.....	46
6.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	46
6.3. ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	47
6.4. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO.....	49
6.4.1. DESCRIPCIÓN.....	49
6.4.2. ANALISIS TÉCNICO .....	49
6.4.3. ESTUDIO FINANCIERO.....	59
6.5. CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA	
64	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
<i>CREE</i> . (2 de Julio de 2022). Obtenido de <a href="https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/LGIE-versi%C3%B3n-consolidada_CREER_jul_2022.pdf">https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/LGIE-versi%C3%B3n-consolidada_CREER_jul_2022.pdf</a> .....	67
ANEXOS.....	70

## TABLAS

Tabla 1. Consumo energético mensuales del año 2024 en KWh. ....	20
Tabla 2. Deuda acumulada en los años 2022 al 2024.....	20
Tabla 3. Desglosé de la Ley General de la Industria Eléctrica. ....	33
Tabla 4. Matriz metodológica del perfil del proyecto. ....	1
Tabla 5. Identificación de las variables. ....	2
Tabla 6. Resultado de los instrumentos.....	8
Tabla 7. Equipos eléctricos de la Planta Potabilizadora. ....	38
Tabla 8. Disponibilidad de área para instalación FV. ....	51
Tabla 9. Consumo de energía diaria de la Planta.....	53
Tabla 10. Datos energéticos.....	53

Tabla 11. Equipo Fotovoltaico. ....	54
Tabla 12. Resultados energéticos de la simulación de PVsyst.....	56
Tabla 13. Promedio de energía y facturación. ....	56
Tabla 14. Cronograma de implementación del Proyecto.....	64
Tabla 15. Resultados de las personas encuestadas.....	71

## FIGURAS

Figura 1. Subsidios a la cuenta de agua potable y electricidad como proporción del PIB. ....	8
Figura 2. Proceso de producción de baterías para almacenamiento energético.....	10
Figura 3. Capacidad en sistemas de almacenamiento en Centroamérica. ....	11
Figura 4. Tabla comparativa de proyectos de almacenamiento de energía en Centroamérica. ....	12
Figura 5. Cobertura y saneamiento de agua en Honduras 2022.....	14
Figura 6. Matriz de generación eléctrica de Honduras.....	15
Figura 7. Estructura del mercado eléctrico de Honduras.....	16
Figura 8 Evolución de la tarifa promedio 2018-2024 .....	16
Figura 9. Mapa del departamento de Valle. ....	17
Figura 10.Vista satelital de planta potabilizadora de Nacaome, Valle. ....	18
Figura 11. Entrada de agua a planta potabilizadora de Nacaome.....	19
Figura 12. Transformadores de potencia eléctrica de planta potabilizadora de Nacaome. ....	21
Figura 13. Parque solar Nacaome, Valle.....	22
Figura 14. Sistema fotovoltaico hibrido.....	23
Figura 15. Tipos de almacenamiento de energía.....	24
Figura 16. Laboratorio químico del tratamiento de agua en Nacaome.....	25
Figura 17. Esquema de variable de estudio. ....	1
Figura 18. Equipo de medición de Potencia.....	39
Figura 19. Bombas de agua FELM 51.75KW y 9KW. ....	39
Figura 20. Factura energética de la ENEE. ....	40
Figura 21. Estructura Tarifaria 2025.....	41
Figura 22. Panel de Nivel de Voltaje y Amperaje Digital. ....	42
Figura 23. Datos meteorológicos mensuales. ....	50
Figura 24. Diseño de estructura de módulos fotovoltaicos.....	50

Figura 25. Área de Techo.....	51
Figura 26. Área de Terreno.....	52
Figura 27. Datos proporcionados y simulados del PVsyst. Nota: Se realizo una simulación y en la tabla se muestra un resumen del proyecto, sistema y resultado. ....	55
Figura 28. Producción del sistema = Autoconsumo + Energía vendida.....	55
Figura 29. Ahorro de emisiones de CO2.....	57
Figura 30. Cotización de SEER.....	58
Figura 31. Presupuesto de la inversión inicial. ....	59
Figura 32. Financiamiento de fondos propios y subsidios.....	60
Figura 33. Resumen del análisis financiero.....	61
Figura 34. Resultados económicos detallados. ....	62
Figura 35. Retorno de la inversión .....	62
Figura 36. Encuesta como instrumento utilizado.....	70
Figura 37. Tabla en Excel del consumo de los equipos electricos. ....	75
Figura 38. Resultado de equipos de tecnología renovable a utilizar. ....	75
Figura 39. Resumen general de la simulación de PVsyst.....	76
Figura 40. Características generales del generador FV.....	77
Figura 41. Resumen de la evaluación económica.....	78
Figura 42. Grafica sobre Producción normalizadas y Proporción de rendimiento .....	78
Figura 43. Perdidas del Sistema Fotovoltaico. ....	79
Figura 44. Diagrama unifilar.....	80
Figura 45. Beneficio neto anual y flujo de caja acumulativo.....	81

## GRAFICAS

Grafica 1. Consumo Energético en la Planta Potabilizadora. ....	12
Grafica 2. Tipos de equipos eléctricos.....	13
Grafica 3. Equipos con mayor consumo energético.....	14
Grafica 4. Horario de operación de la Planta.....	16
Grafica 5. Rango de pago de la factura eléctrica. ....	17
Grafica 6. Gasto de energía eléctrica en comparación al presupuesto de operación. ....	18
Grafica 7. Interrupciones al mes por fallas de la Red de ENEE.....	21

Grafica 8. El tiempo en que restablece la energía eléctrica. ....	22
Grafica 9. Horas promedio de un sol fuerte durante el día. ....	25
Grafica 10. Afectación a la operatividad por las condiciones climática. ....	27
Grafica 11. Condiciones climáticas que afectan la operatividad de la Planta. ....	28
Grafica 12. Se ha considerado instalar anteriormente un proyecto fotovoltaico. ....	29
Grafica 13. Beneficios de un sistema fotovoltaico.....	30
Grafica 14. Almacenar energía con baterías.....	31
Grafica 15. Disposición para una sostenibilidad energética. ....	36

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo plantea el desarrollo de esta investigación, dando una introducción clara al tema de investigación, definiendo el problema de estudio y entendiendo el porqué de su importancia.

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

La presente investigación tiene como objetivo establecer la viabilidad de un perfil de proyecto implementando tecnologías que permitan volver más eficiente el proceso de distribución de agua, mediante un sistema de generación de energía fotovoltaico híbrido con almacenamiento, tecnología que nos proporcionará energía eléctrica a los equipos de mayor consumo de la planta potabilizadora de Nacaome.

Se determina la evaluación preliminar de viabilidad técnica y económica del sistema, denotando como bases principales la sostenibilidad financiera, ambiental y eficiencia energética. Se realizó un estudio técnico donde se define diseño, ubicación, dimensiones y otros aspectos de la instalación del sistema, además de un estudio financiero por medio del cual se logra definir la inversión inicial, flujo de efectivo y como apartado principal la tasa interna de retorno (TIR).

A sabiendas que la planta pertenece al estado de Honduras y es administrada por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) y con la finalidad de distribuir agua potable a la mayor parte del municipio de Nacaome.

## **1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

El acceso a agua potable y energía sostenible es un desafío global que ha sido abordado por organismos internacionales mediante estrategias alineadas con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

En este contexto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 7 de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) están alineados con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, especialmente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 "Agua limpia y saneamiento" y 7 "Energía asequible y no contaminante", reforzando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales. (FAO |ODS, 2025).

Estos objetivos buscan garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, así como asegurar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna, reforzando la seguridad hídrica y energética, elementos esenciales para el desarrollo socioeconómico de comunidades como la de Nacaome, Valle, Honduras. En Honduras, el Programa de Agua Potable y Saneamiento (APyS) tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de la población sin acceso a agua potable y saneamiento de calidad. Este programa se enfoca en incrementar el acceso y mejorar la calidad de los servicios de APyS con un enfoque de seguridad hídrica en zonas urbanas y rurales; como también fortalecer las entidades sectoriales para mejorar la gestión y la sostenibilidad de la prestación del servicio teniendo en cuenta los impactos del Cambio Climático sobre las fuentes y la infraestructura que garantiza el suministro de agua. (ONU, 2021).

El marco regulador del sector energético en Honduras también ha evolucionado para promover el uso de energías renovables. Desde 2007, se incentiva el uso de las energías renovables en el marco de la ley general de la industria eléctrica lo que se consolidó en el 2013 con la promulgación de la “Ley de promoción a la generación de energía con recursos renovable”. (Decreto-No.70-2017-Ley-de-Promoción-a-la-Generación-de-Energía-Eléctrica-con-Recursos-Renovables.pdf, s/f; Decreto-No.-138-2013-Reformas-al-Decreto-No.-70-2007.pdf, 2007, 2013).

Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, el país sigue enfrentando desafíos significativos en términos de costos energéticos y sostenibilidad financiera. Según el informe oficial de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), al tercer trimestre de 2024, las deudas totales suman 110.296 millones de lempiras, un aumento interanual de 7.520 millones de lempiras (DINEROHN, 2024). Todos estos desafíos afectan en infraestructuras clave, como las plantas potabilizadoras de agua.

En particular, la Planta Potabilizadora de Nacaome, administrada por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), ha experimentado un aumento progresivo en sus costos energéticos, lo que ha generado una deuda acumulada significativa. La evolución de la tarifa promedio de energía en el país ha seguido una tendencia alcista, afectando el presupuesto de operación de la planta.

La SERNA tiene su propia administración, operación y mantenimiento, independiente del Servicio Municipal de Nacaome (SERMUNAC), lo que dificulta la comunicación entre ambas instituciones. La cobertura del servicio es de 100%, con agua potable que cumple con las normas de calidad del país. (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016). Debido a estas diferencias y cuestiones gubernamentales la SERNA no recibe fondos por parte de SERMUNAC, para poder cubrir el pago del consume energético de la Planta Potabilizadora de Nacaome. El Casco Urbano de Nacaome solo tiene este sistema de agua potable, que fue construido en 1947, y se ha estado haciendo ampliaciones y mejoras en los tanques y las redes.

El consumo energético de la planta potabilizadora es considerablemente alto, con registros mensuales que oscilan entre los 52,000 y 55,000 KWh por mes durante el año 2024 por lo cual, teniendo en cuenta el consumo y las condiciones de suministro energético, es necesario adoptar medidas correctivas que reduzcan los costos operativos y mejoren la sostenibilidad del servicio.

### **1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

A continuación, se aborda el problema energético de la Planta de Tratamiento de Agua debido a tres causas que lo provocan, la primera la deuda millonaria que se acumula año tras años, afectando económicamente a las instituciones de SERNA y ENEE, el segundo el aumento en los costos del suministro de energía que afectan directamente el sector público del país, y como tercero los apagones de energía a diarios, por motivos de sobrecarga en las fases de distribución de la red. Resultando daños en equipos electromecánicos y afectación del suministro de agua al Municipio.

#### **1.3.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Debido al elevado consumo energético de la Planta Potabilizadora y las frecuentes interrupciones del suministro eléctrico afecta la sostenibilidad operativa y financiera del servicio de agua potable. Además, la planta actualmente mantiene una deuda acumulada por el consumo de energía, esto conlleva a la falta de planes de inversión en tecnologías de eficiencia energética.

#### **1.3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La planta potabilizadora de Nacaome, Valle, enfrenta múltiples desafíos los cuales afectan directamente su eficiencia operativa, la calidad del servicio del suministro de agua potable a las comunidades además de su sostenibilidad energética y ambiental.

El impacto de estos desafíos se refleja en altos costos operativos, baja confiabilidad en el servicio brindado. Las deficiencias mencionadas han llevado a una gestión ineficiente de la planta potabilizadora afectando el equilibrio financiero y la eficiencia operativa. De acuerdo a lo mencionado surge la necesidad de desarrollar estrategias integrales que permitan una gestión eficiente del servicio brindado por la planta potabilizadora, entre algunas sugerencias se pueden encontrar el uso de energías renovables y optimización del consumo energético buscando mitigar así las deficiencias de la planta.

### 1.3.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN GENERAL

¿Es factible la implementación de sistema fotovoltaico con almacenamiento en la planta potabilizadora de Nacaome, Valle?

### 1.3.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS

- ¿Como es la operación actual de la planta?
- ¿Cuáles son los aspectos técnicos necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico con almacenamiento en la planta potabilizadora?
- ¿Cuáles son los requerimientos para evaluar un perfil de un proyecto de sistema fotovoltaico con almacenamiento para la planta potabilizadora?

## 1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Realizar un perfil para un proyecto de sistema de energía solar con almacenamiento en la Planta de Tratamiento de Agua de Nacaome, Valle.

### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1- Analizar las condiciones, demanda energética y costos asociados de la planta Potabilizadora de Nacaome Valle.
- 2- Analizar la viabilidad técnica para la instalación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle.
- 3- Analizar la viabilidad económica para la instalación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle.

## 1.5. JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema fotovoltaico con almacenamiento en la planta de tratamiento de agua de Nacaome aborda la necesidad de reducir los costos operativos, mejorar la eficiencia energética y garantizar la sostenibilidad del suministro de agua potable, además de mitigar los costos por la deuda adquirida mediante el no pago de los servicios de energía eléctrica. Durante el proceso de investigación del proyecto se ha identificado algunas razones por las cuales denotan la importancia de la implementación del proyecto, a continuación, se ilustran de manera puntual y entendiendo sus por menores de las diferentes perspectivas manejadas en el proyecto.

Por un lado, explorando la perspectiva económica la planta de tratamiento de agua de Nacaome depende de la red eléctrica convencional para su funcionamiento, lo que genera altos costos debido al consumo constante de energía. La instalación de un sistema fotovoltaico permitiría:

- Reducir los costos de electricidad a mediano y largo plazo.
- Reducir la dependencia de las tarifas energéticas fluctuantes.
- Aprovecha los incentivos y financiamiento para energías renovables.

Desde la perspectiva medioambiental generar electricidad a partir de energía solar permite:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducir la huella de carbono de la planta.
- Aprovechar una fuente de energía limpia y renovable sin impactar negativamente al medio ambiente.

En la parte social el acceso continuo a un suministro de agua limpia beneficia a la población y genera oportunidades locales. Los impactos sociales positivos incluyen:

- Mayor confiabilidad en el suministro de agua potable.
- Creación de puestos de trabajo en instalación y mantenimiento de sistemas.
- Concientizar sobre el uso de energía renovable en la comunidad.

Este proyecto contribuye a mejorar la sostenibilidad energética de la planta de tratamiento de agua de Nacaome, asegurando beneficios económicos, financieros, ambientales y sociales. Menores costos, menor dependencia de combustibles fósiles y mejor calidad del servicio de agua potable hacen de la energía fotovoltaica una alternativa estratégica y viable.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

En América Latina y el Caribe, la obtención de agua potable representa un reto considerable, particularmente en zonas rurales, donde la infraestructura de agua es escasa y las fuentes de agua están en peligro debido al cambio climático y la contaminación. Honduras no es una excepción, dado que se topa con dificultades de cobertura, eficacia en el tratamiento y altos costos de funcionamiento en sus instalaciones de potabilización. La aplicación de energías renovables, especialmente los sistemas fotovoltaicos, emerge como una opción factible para incrementar la eficiencia en las operaciones y disminuir los gastos energéticos de dichas instalaciones. Este capítulo examina el estado presente del acceso al agua potable, la utilización de tecnologías de energías renovables que pueden mejorar el funcionamiento de las instalaciones de potabilización.

#### 2.1.1. MACROENTORNO

##### 2.1.1.1. ACCESO AL AGUA POTABLE A NIVEL REGIONAL

Es conocido que, aunque América Latina tiene cerca de un tercio de los recursos hídricos del planeta, se encuentra en una crisis considerable en cuanto al acceso al agua para consumo. (IV Edición de los Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2024, s/f). De acuerdo con cifras de Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) del año 2023, en la región existen más de 30 millones de individuos sin acceso seguro a este recurso esencial, lo que eleva la tasa de mortalidad infantil y desnutrición en zonas rurales y urbanas periféricas (KAVILANDO, 2024).

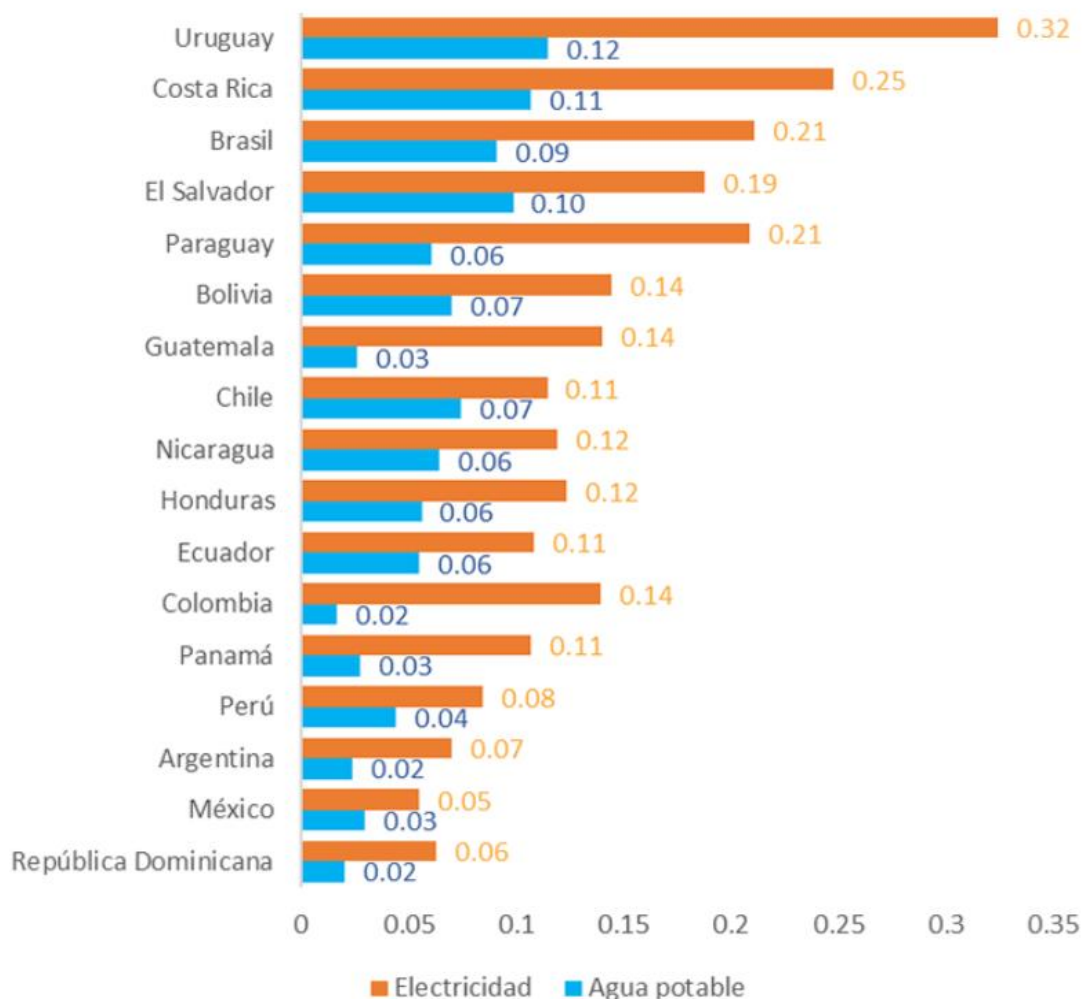
La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha estimado que para universalizar la cobertura de agua y saneamiento manejados de forma segura para la población hacia el año 2030, en promedio, los países deberían invertir anualmente el 1.3% de su Producto Interno Bruto (PIB) durante diez años, lo que generaría 3.8 millones de empleos verdes anuales e incrementaría el valor agregado bruto en un 1.6%. A pesar de varias Agendas y los esfuerzos de nuestros países, en América Latina y el Caribe, dos de cada diez personas aún no tienen acceso a agua potable gestionada de forma segura y cinco de cada diez personas no cuentan con saneamiento gestionado de forma segura. (IV Edición de los Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2024, s/f).

Por otro lado, la frecuencia e intensidad de los desastres relacionados con el agua, como las tormentas, las inundaciones y las sequías, tienen cada vez más repercusiones que afectan negativamente a los asentamientos humanos, la economía y los ecosistemas. Además, deterioran la infraestructura hídrica y dificultan los procesos productivos y el acceso estable al agua y al saneamiento. En las últimas tres décadas, los desastres asociados con el agua representaron el 88% del total de estos eventos ocurridos en la región, el 77% del costo económico reportado y el 89% de las personas afectadas. (IV Edición de los Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2024, s/f)

Estamos viendo además cómo se retraen nuestros glaciares y se van secando los ríos y lagos, mientras la aridez va ganando terreno en las zonas más pobladas y con mayor actividad económica (IV Edición de los Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2024, s/f).

El derecho al acceso al agua potable y a la electricidad es esencial para asegurar el bienestar de los habitantes. No obstante, en América Latina y el Caribe, todavía existen obstáculos para conseguir estos servicios de forma segura y constante. Ante esta situación, numerosos gobiernos han establecido subsidios a la energía y al agua como una táctica para mitigar la presión económica en los hogares y promover el acceso a estos servicios fundamentales. El no contar con un servicio de agua potable se puede reflejar en problemas de saneamiento y salud, que muchas veces se ve más fuerte en las zonas rurales, pero a medida pasa el tiempo y no se mejora los problemas pueden llegar a las zonas urbanas afectando así a una gran parte de la población de un país.

Por tal razón a nivel regional los gobiernos buscan invertir en las cuentas de agua potable y electricidad, además se les sugiere que ese tipo de subsidios vaya conectado con PIB, de esta forma lograr un crecimiento, inversión y mantenibilidad en los diferentes proyectos. En la figura 1 se presenta el cálculo del subsidio estimado por seis meses y por sector, como porcentaje del PIB de 17 países de la región.



**Figura 1. Subsidios a la cuenta de agua potable y electricidad como proporción del PIB.**

Fuente: (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, s/f).

Aunque los subsidios posibilitan que un mayor número de individuos tengan acceso temporal al agua y la electricidad, no solucionan las dificultades estructurales del sector. En numerosas áreas, las instalaciones de potabilización están obsoletas y sin mantenimiento, y las fuentes de agua se encuentran amenazadas por la explotación excesiva y contaminación. En otras situaciones, existen plantas de potabilización en óptimas condiciones, sin embargo, la red de distribución es deficiente, lo que impacta en su correcto funcionamiento y, por consiguiente, en el acceso a este recurso. No importa qué situación sea, sin una inversión considerable en infraestructura, los subsidios solo prolongan la crisis sin proporcionar una solución duradera.

### 2.1.1.2. USO DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA RENOVABLE EN PLANTAS POTABILIZADORAS

En Centro América el uso de energía renovable, en concreto el uso de sistemas fotovoltaicos en plantas potabilizadoras está en aumento, especialmente en los países vecinos de Costa Rica y Panamá, donde se han implementado proyectos de generación solar para reducir costos de operación. (PANORAMA-ENERGETICO-ALC-2024.pdf, s/f)

La integración de sistemas fotovoltaicos se volvió clave para mejorar la sostenibilidad del abastecimiento de agua.

- Costa Rica: tiene un alto porcentaje de energía renovable en su matriz cerca del 98% (Mayor recurso hídrico), con varios proyectos de energía solar para plantas potabilizadoras.
- Guatemala y El Salvador: han desarrollado proyectos piloto para reducir costos de bombeo con sistemas solares, desean poder mejorar el servicio al tratar de bajar costos y además agregar tecnología de control al proceso. (PANORAMA-ENERGETICO-ALC-2024.pdf, s/f).

Basándonos en las implementaciones de los países vecinos, no hay que olvidar que al utilizar una tecnología de energía renovable es necesario tomar en cuenta el uso de sistemas de almacenamiento energético, esto para compensar las fluctuaciones de la generación de las energías renovables (Solar y Eólica), como también poder mantener el sistema en las caídas de la red eléctrica nacional, en los espacios nocturnos un sistema de almacenamiento se vuelve clave en especial si se busca la instalación de un sistema fotovoltaico.

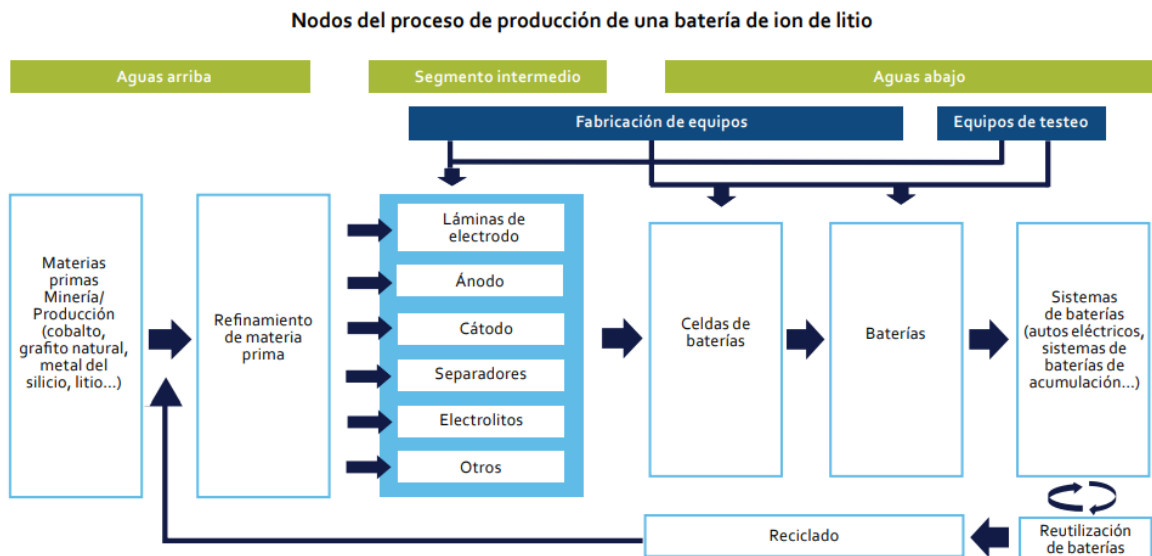
El uso de sistemas fotovoltaicos en plantas potabilizadoras aún es muy limitado, no obstante, se han desarrollado algunas iniciativas con algunos fundamentos técnicos y operativos, en comunidades rurales con un acceso deficiente al agua potable. En estos casos se han implementado sistemas pequeños de bombeo solar para abastecimiento de agua potable, esto apoyado por varias instituciones no gubernamentales.

Al utilizar la energía renovable, especialmente la solar los beneficios se ven inmediatamente sobre todo en reducción de costos por electricidad, también se obtienen un cierto grado de independencia energética, sobre todo en zonas que el suministro energético es inestable, ambientalmente contribuye a la disminución de la huella de carbono. (“Energía solar y agua rural en Honduras”, 2015).

### 2.1.1.3. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA, BANCO DE BATERÍAS Y SU USO EN PLANTAS POTABILIZADORAS

El almacenamiento de energía es uno de los componentes claves en la transición hacia sistemas eléctricos más sostenibles y resilientes y amigables con el medio ambiente, ya sea en plantas potabilizadoras y otras infraestructuras críticas.

La figura 2 representa los principales segmentos dentro del proceso productivo de una batería de ion-litio (BIL), destacando el papel fundamental del litio en cada etapa. En la fase inicial, conocida como "aguas arriba", se encuentran las actividades de extracción y concentración del recurso, seguidas por el proceso de refinamiento y transformación. Dentro de esta etapa, el Triángulo del Litio tiene una participación significativa. A pesar de que este segmento maneja un volumen de negocio menor en comparación con las fases intermedias y "aguas abajo", donde se desarrollan productos de mayor valor agregado, los márgenes de rentabilidad estimados en la etapa inicial son considerablemente más altos. (Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio: implicaciones para los países del triángulo del litio, s/f).

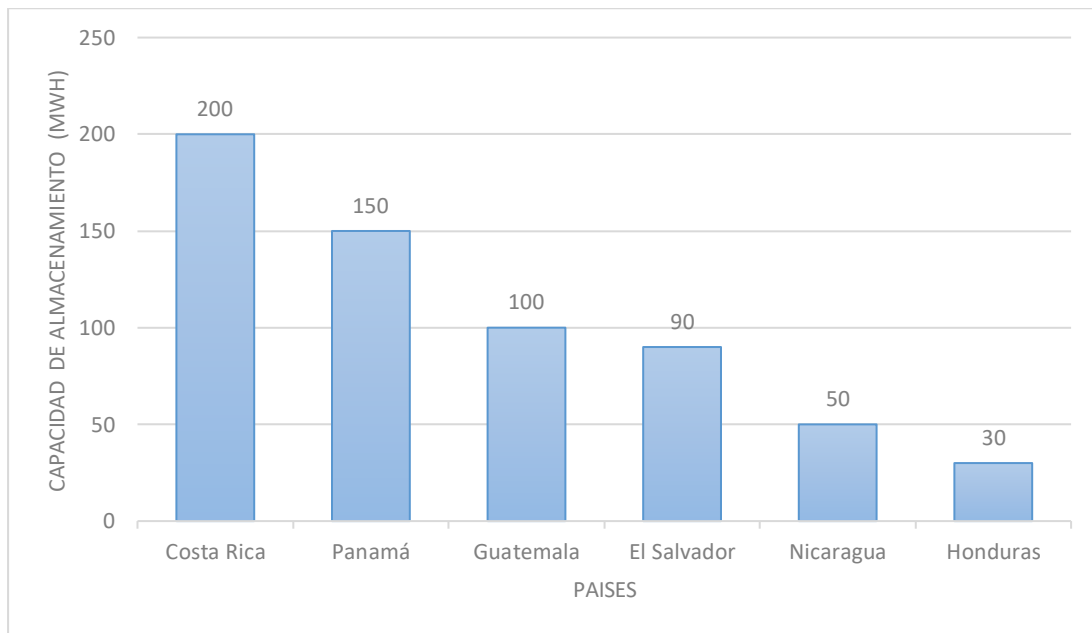


**Figura 2. Proceso de producción de baterías para almacenamiento energético.**

Fuente:(Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio: implicaciones para los países del triángulo del litio, 2021).

A nivel Centroamericano, la implementación de bancos de baterías está en aumento, especialmente en países con una fuerte apuesta por la energía renovable como son Costa Rica, Panamá, Honduras (Solar y Eólica), otros países como Guatemala y El Salvador están trabajando fuerte para no quedarse atrás.(PANORAMA-ENERGETICO-ALC-2024.pdf, s/f).

El desarrollo de bancos de baterías en la región ha estado ligado a la penetración de energías renovables y la necesidad de estabilidad en la red eléctrica. Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2023), algunos países han implementado sistemas de almacenamiento (figura 3) para mejorar la eficiencia de sus redes eléctricas y garantizar suministro en sectores críticos como el abastecimiento de agua potable.(Panorama-ALC-13-12-2022.pdf, s/f).



**Figura 3. Capacidad en sistemas de almacenamiento en Centroamérica.**

Fuente: (Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio: implicaciones para los países del triángulo del litio, 2021).

Honduras es uno de los países con menor adopción de bancos de baterías en comparación a Costa Rica y Panamá. Sin embargo, la necesidad de contar con energía estable en la red, debido a la variabilidad de la energía generada por los sistemas de generación Solares y Eólicos. La matriz energética del país está dominada por energía hidroeléctrica y térmica, con creciente participación solar y eólica. Tal inestabilidad de estos sistemas de generación en el suministro eléctrico en áreas rurales y zonas críticas, al igual que los sistemas de potabilización de agua, agudiza la necesidad de la instalación de sistemas de almacenamiento. Es muy importante dimensionar el alcance de la crisis energética actual, de esta forma poder influenciar la apertura a proyectos de generación de energía renovable con su sistema de almacenamiento, así mejorar la inversión de estos proyectos de forma general y estructurada. (CREE, 2025).

Tabla comparativa de almacenamiento de energía en Centroamérica					
País	Capacidad de Almacenamiento (MWh)	Tipo de Tecnología	Ubicación	Propósito del Almacenamiento	Proyecto Destacado
Costa Rica	200 MWh	Baterías de ion-litio	Parque Solar Juanilama	Regulación de frecuencia y respaldo para energía solar	Proyecto de Almacenamiento Juanilama
Panamá	150 MWh	Baterías de flujo	Proyecto Panamá Storage	Mejora de estabilidad de la red y respaldo de generación solar y eólica	Panama Storage System (2023)
Guatemala	100 MWh	Baterías de ion-litio	Planta Hidroeléctrica Chixoy	Reducción de picos de demanda y almacenamiento de energía hidroeléctrica	Sistema de almacenamiento Chixoy
El Salvador	90 MWh	Baterías de plomo-ácido	Proyecto de Energía Renovable Nejapa	Respaldo para microrredes y estabilización del sistema	Sistema de Respaldo Nejapa
Nicaragua	50 MWh	Baterías de ion-litio	Planta Solar Camilo Ortega	Almacenamiento de energía solar para suministro nocturno	Sistema de Almacenamiento Camilo Ortega
Honduras	30 MWh	Baterías de ion-litio	Proyecto de Almacenamiento en Nacaome	Respaldo para plantas solares y regulación de voltaje	Sistema de Energía Nacaome

**Figura 4. Tabla comparativa de proyectos de almacenamiento de energía en Centroamérica.**

Fuente: (PANORAMA-ENERGETICO-ALC-2024.pdf, s/f)

En Honduras existen varios proyectos de generación de energía renovable en zonas rurales que poseen almacenamiento, se desconoce la capacidad total instalada, pero han logrado irse implantando con el tiempo a pesar de sus altos costos de instalación.

### 2.1.2. MICROENTORNO

Honduras el acceso al agua potable y electricidad están influenciados por diversos factores en los cuales se incluyen aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos y legales los cuales tienen un impacto en los servicios de distribución del agua y la electricidad. (JMP, s/f).

#### 2.1.2.1. ACCESO AL AGUA POTABLE EN HONDURAS

En Honduras, los desafíos no sólo radican en la procuración de la universalidad de los servicios, congruente con el derecho humano al agua potable y al saneamiento, sino en la mejora en la calidad y sostenibilidad de su prestación, considerando que son esenciales para revertir la pobreza, mejorando sustancialmente la calidad de vida de los habitantes.

La población de Honduras se duplicó entre el año 1991 y 2021 y se estima que alcanzará los 10.4 millones de habitantes en el año 2022.

El crecimiento promedio anual de la población durante la década del año 2011 a 2021 fue de 1.7 %, superando el crecimiento promedio de Centroamérica de 1.4 % (Naciones Unidas, 2019). Se estima que en el año 2022 el 55.4 % de la población hondureña vivía en zonas urbanas y el 44.6% en zonas rurales (Sie Honduras, 2022). Las ciudades más pobladas del país son la capital, Tegucigalpa (1,293,611 personas), seguida de San Pedro Sula (812,689) y Choloma (282,684).

La falta de servicios de agua potable y saneamiento limita la equidad de oportunidades, aumenta los riesgos a la salud y los costos asociados a esta, lo cual impacta negativamente la economía familiar, reduciendo la productividad en los adultos y la asistencia regular de los niños a sus centros de educación, afectando el desarrollo social y económico del país y el desarrollo humano del individuo. (1. PLANASA 2022-2030 Versión ampliada.pdf, 2020).

El acceso a servicios de agua potable y saneamiento seguros, no solo es crucial para satisfacer la demanda de agua para consumo humano y las necesidades de seguridad alimentaria y nutrición, sino también para promover el desarrollo económico; constituyéndose en uno de los mayores retos a enfrentar por países en vías de desarrollo como Honduras, donde miles de sus habitantes no tienen acceso a fuentes seguras de agua para consumo humano ni a servicios dignos de saneamiento. De igual importancia es contar con infraestructuras de agua potable y saneamiento sostenibles y resilientes a los efectos del cambio climático, capaces de recuperarse en lapsos cortos de tiempo luego de daños causados por eventos naturales cada vez más frecuentes e intensos, en un país considerado como uno de los más vulnerables a estos efectos.

Honduras es signataria de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), donde se estableció como metas al ODS 6, relativas al Sector Agua Potable y Saneamiento (APS): (i) Lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible; y (ii) Lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos; compromiso que busca ser cumplido mediante su consideración en la planificación nacional conforme a las metas de país adoptadas por la Comisión para la Agenda Nacional ODS 2030. (ODS | Yunga-UN | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2025).

Según datos del Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento del Agua, el saneamiento y la Higiene (JMP) de la OMS y UNICEF 2021, para el 2020 la cobertura del servicio de agua potable con una fuente mejorada se estimó en un promedio nacional de 95.69% (99.84% urbana y 89.87% rural); señalando que, en el caso del agua gestionada de manera segura, la cobertura solo pudo ser estimada para el área rural en 18.71%. Este último dato se ve reforzado por el último informe de país para la Conferencia Latinoamericana de Saneamiento (LATINOSAN) año 2019, en el que se reportó que la cobertura nacional del servicio gestionado de manera segura resultó del 9.84% (9.95% urbana y 9.72% rural). (JMP, s/f).

Con relación a los pueblos indígenas y afrohondureños que representan el 13.28% de la población levantada mediante ENDESA/MICS 201912, muestra que dichos pueblos cuentan con un 47.9% de cobertura de fuentes mejoradas de agua (sin incluir agua embotellada ni bolsa de agua) y 85.8% utiliza saneamiento mejorado. (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, s/f).

<b>Cobertura bajo definición ODM</b>	<b>Total</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
Servicio de agua potable con una fuente mejorada	95.69%	99.84%	<b>89.87%</b>
Servicio de saneamiento mejorado	83.78%	86.44%	<b>80.05%</b>
<b>Cobertura bajo definición ODS</b>	<b>Total</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
Agua gestionada de manera segura	25,10% <sup>10</sup>	27.85% <sup>11</sup>	<b>18.71%</b>
Servicios de saneamiento gestionados de manera segura	49.68%	34.72%	<b>70.64%</b>

**Figura 5. Cobertura y saneamiento de agua en Honduras 2022.**

Fuente (1. PLANASA 2022-2030 Versión ampliada.pdf, s/f)

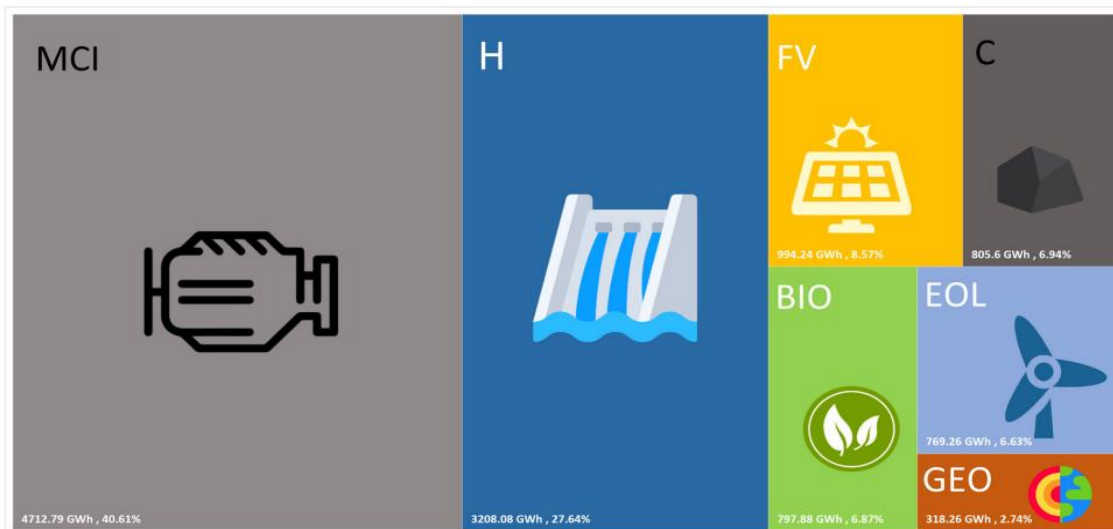
En Honduras, el acceso al agua potable aún es un reto, particularmente en las áreas rurales. Según datos proporcionados del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), alrededor del 87% de la población urbana tiene acceso al agua potable, pero en áreas rurales la cobertura es menor al 70%.

Según datos encontrados en Honduras de tienen algunos aspectos de mejora, a continuación, los más significativos:

- La irregularidad en el suministro, con cortes prolongados.
- Falta de inversión en plantas potabilizadoras y redes de distribución.
- Alta contaminación de fuentes de agua debido a desechos industriales y urbanos.
- La falta de eficiencias de los procesos operativos y energéticos de las plantas potabilizadoras. (“Energía solar y agua rural en Honduras”, 2015).

### 2.1.2.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

La situación energética actual de Honduras las podemos definir de la siguiente forma, la potencia eléctrica instalada en el año 2023 fue de 3,086.67 MW, distribuida en aproximadamente 108 centrales generadoras, donde 1,152.20 MW (37.33 %) instalados son de generadores a base de combustibles fósiles y 1,934.47MW (62.67%) corresponden a potencia instalada de generación renovable. (IEASEN-2023\_7.8.2024.pdf, s/f).



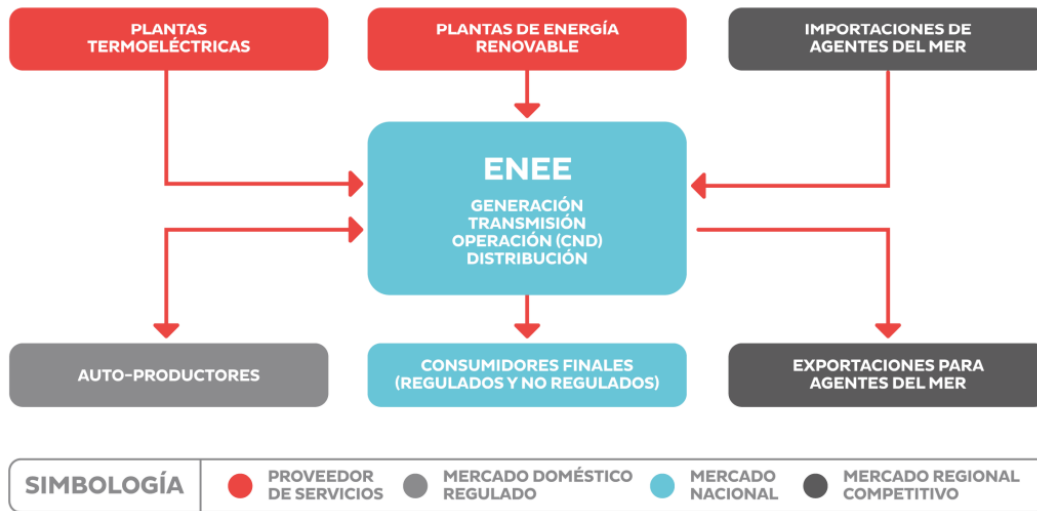
**Figura 6. Matriz de generación eléctrica de Honduras.**

**Fuente:** (IEASEN-2023\_7.8.2024.pdf, 2024).

El índice de cobertura eléctrica (ICE) 2022 es de 85.63%, en el sector urbano ICE es de 94.49% y en el rural de 74.47%. Los departamentos con menor ICE son Gracias a Dios (12.64%), Intibucá (66.25%) y Lempira (70.9%).

Por otro lado, Islas de la Bahía (98.45%), Cortés (96.23%), y Francisco Morazán (93.05%) son los departamentos que presentan los primeros lugares de cobertura.

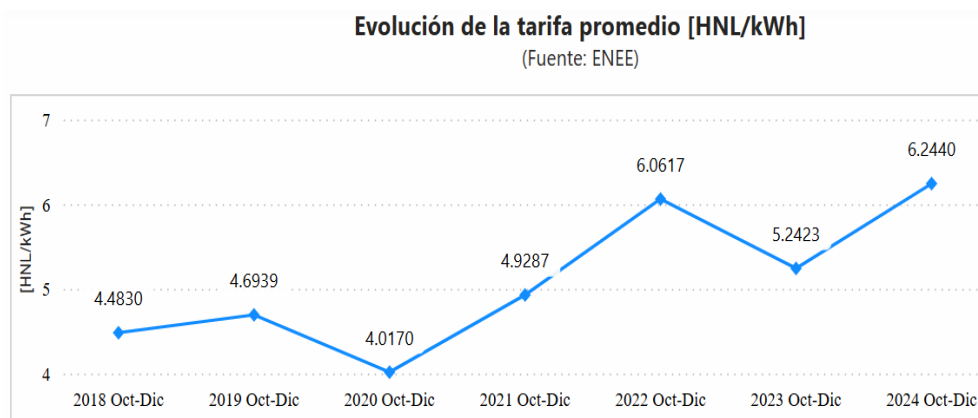
El índice de acceso a la electricidad (IAE) para el año 2022 es de 87.45% en todo el país. El departamento de Islas de la Bahía cuenta con el IAE más alto del país con un 98.5%, seguido de Cortés y Francisco Morazán con 96.57% y 93.45% respectivamente. Gracias a Dios tiene el IAE más bajo con un 28.83%. (IEASEN-2023\_7.8.2024.pdf, 2024).



**Figura 7. Estructura del mercado eléctrico de Honduras.**

Fuente: (IEASEN-2023\_7.8.2024.pdf, 2024)

Por otro lado, Honduras se caracteriza por contar con unos costos de la energía con tendencia a subir, como se muestra en la figura 8, lo que desde el punto de vista financiero y operativo afecta tanto a nivel residencial, comercial e industrial del país.



**Figura 8 Evolución de la tarifa promedio 2018-2024**

Fuente: (CREE, 2025).

### 2.1.2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE NACAOME, VALLE

El municipio de Nacaome está ubicado en el Departamento de Valle, al sur de Honduras, su nombre es tomado por la designación del río que pasa por el municipio, cuyas coordenadas son; 13.53 Latitud Norte y -87.57 Oeste del meridiano GREENWICH. Está a 95 Km de la capital de Honduras (Tegucigalpa) y a 46 Km de la frontera del Amatillo. Tiene una extensión territorial de 528 Km<sup>2</sup>. Fue fundado en el año 1,535 y recibió el título como municipalidad en 1,845. (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016).



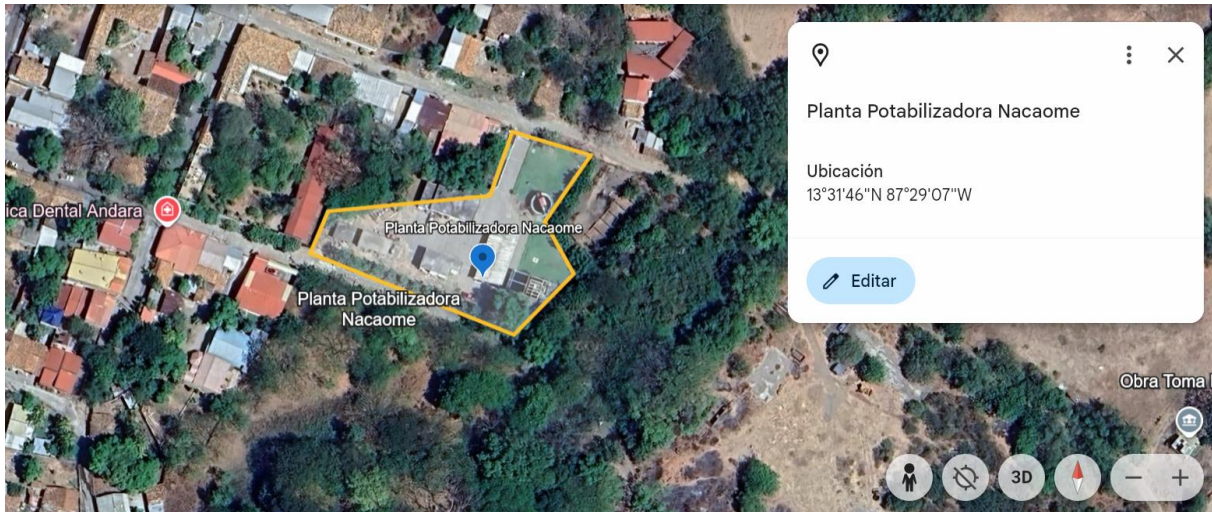
**Figura 9. Mapa del departamento de Valle.**

Fuente: (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016)

El municipio de Nacaome cuenta con una población total de 63,326 habitantes distribuidos en 10 aldeas y 232 caseríos. Encontrándose 15,654 viviendas y la mayor concentración de la población es en el casco urbano. Nacaome se categoriza en el grupo C, que comprende al municipio de lento desarrollo. (Unah.edu, 2022).

### 2.1.2.4. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO

La planta potabilizadora de Nacaome fue construida en el año de 1,947 en el Barrio el Rosario, Nacaome con coordenadas 13.52950560367929, -87.485501799073 como se observa en la figura 10. Planta en la que se siguen haciendo ampliaciones y mejoras en la parte eléctrica y civil para su distribución de agua.



**Figura 10. Vista satelital de planta potabilizadora de Nacaome, Valle.**

Fuente: (GOOGLE EARTH, 2025)

Cuenta con dos fuentes de agua: La puntilla y La Chacalina ubicados en los ríos Guacirope y Nacaome, de ahí el agua es enviada a la planta potabilizadora, con las fases completas de tratamiento de agua tiene una capacidad productora de 4,000 metros cúbicos diarios. (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016).

El servicio de agua potable y alcantarillado sanitario, en la cabecera municipal de Nacaome es responsabilidad de Servicios Municipales de Nacaome, (SERMUNAC), la cual tiene su propia administración, cuenta con un organigrama independiente de la municipalidad y con personal capacitado para las actividades técnicas y administrativas. (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016).

La producción y el tratamiento de agua es responsabilidad del Programa Nacaome de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (PN-SERNA), siendo una planta potabilizadora tipo paquete, SERNA tiene su propia administración, operación y mantenimiento independiente de SERMUNAC, lo que dificulta la comunicación entre ambos.



**Figura 11. Entrada de agua a planta potabilizadora de Nacaome.**

Fuente: (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016)

El Servicio Municipal de Nacaome es el ente de poner y cobrar las tarifas de acuerdo con las diversas categorías por sector, respetando el principio de equidad como lo demanda la Ley Marco del Sector. La cobertura es del 100% en el casco urbano y su acceso al agua es por tubería hacia el usuario final. Pero actualmente presenta un déficit de agua, generalmente por falta de reactivos o fallas mecánicas, resultando que la producción no es suficiente para satisfacer la demanda del casco urbano.

#### 2.1.2.5. SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LA PLANTA POTABILIZADORA

Según datos recolectados en la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) para la energización de los equipos eléctricos en la planta potabilizadora se alimenta con tres fases (Trifásico), que se acoplan con las fases de distribución 368 (L362), líneas que son alimentadas por un Transformador de 50MVA, y que en la actualidad el transformador se encuentra saturado, trabajando al 130% de su capacidad nominal. Esta saturación provoca inestabilidad energética en las líneas como ser; la suspensión del servicio de energía eléctrica en el municipio y bajos niveles de voltaje. Resultando daños en los equipos eléctricos, aumento del tiempo de trabajo de lo habitual, como también el malestar de la población de Nacaome con respecto al servicio de distribución de agua potable.

Debido al alza en los costos de energía eléctrica en el país, alto consumo energético en la planta y además la deuda adquirida en el periodo de funcionamiento, la planta potabilizadora ha sido afectada en su eficiencia energética. Donde su consumo y deuda de energía se muestra en las Tablas 1 y 2.

**Tabla 1. Consumo energético mensuales del año 2024 en KWh.**

Mes/Año	KWh
Enero/2024	53,179
Febrero/2024	53,179
Marzo /2024	54,895
Abril/2024	54,895
Mayo/2024	52,888
Junio/2024	52,888
Julio/2024	53,057
Agosto/2024	53,057
Septiembre/2024	52,772
Octubre/2024	52,772
Noviembre/2024	53,895
Diciembre/2024	54,951
<b>Promedio</b>	<b>53,536</b>

Nota: Datos tomados de los recibos de energía eléctrica de la Planta Potabilizadora de Nacaome durante el año 2024.

**Tabla 2. Deuda acumulada en los años 2022 al 2024.**

2022	2023	2024
L27,629,788.51	L36,505,797.41	L41,713,357.99

Nota: Datos tomado de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica.

Como se observa la situación energética en la planta potabilizadora ha sido un problema durante mucho tiempo, eventualidades que han sido solucionadas improvisadamente, debido a que la administración del Programa Nacaome-SERNA no cuenta con el presupuesto suficiente para su compra, mantenimiento y operación, generado diversos problemas que afectan su eficiencia energética de la planta. Además, equipos que por su antigüedad de funcionamiento son más delicados al momento de inyectarles energía eléctrica.



**Figura 12. Transformadores de potencia eléctrica de planta potabilizadora de Nacaome.**

Fuente: (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016)

El alto consumo se debe a que la operación de la planta potabilizadora normalmente es de 18 horas al día, que se divide en 6 hora por sector, donde habitualmente se debe de encender el bombeo de agua a las 4:00am y apagarlo a la 10pm, situación que en la actualidad no ocurre, debido a que la mayor parte el horario se extiende.

La planta cuenta con 5 bombas de alto consumo obteniendo una capacidad de producción de 4,000 metros cúbicos de agua y que por motivos de eficiencia energética no se logra con dicha capacidad. A lo que lleva a ampliar el tiempo de producción para abastecer las necesidades de agua potable en la comunidad, elevando así el consumo energético y recalentamiento de los equipos eléctricos de la planta. (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016).

#### 2.1.2.6. GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN NACAOME, VALLE.

Desde el año 2015 el departamento de Valle y Choluteca se viene instalados parques fotovoltaicos, ya que son los lugares más adecuados para la implementación de sistemas fotovoltaicos del país, el sur de honduras cuenta con la mejor radiación solares de la zona, gracias a su posición de la línea del ecuador terrestre, con una elevación que ronda los 13° y una radiación de horas solar pico (HSP) promedio de 6 horas. (PVsyst, 2025). El 16.7% de la energía eléctrica que se consume en el país proviene de 13 parques fotovoltaicos ubicados Choluteca y Valle. (La Prensa, 2017).



**Figura 13. Parque solar Nacaome, Valle**

Fuente: (SWI swissinfo.ch, 2015)

En el Departamento Valle la implementación de energía renovable solar está en crecimiento en generación de energía conectadas a la Red y fuera red. La utilización de energía solar fotovoltaica con bancos de baterías en la planta potabilizadora de Nacaome es una de las soluciones energéticas y que actualmente en el municipio de Valle es tendencia su implementación de estos sistemas fotovoltaicos con baterías, motivo que las personas del municipio optan por esta tecnología, por las constantes fallas en la red eléctrica y por los altos precios en la facturación de la energía eléctrica.

Actualmente la planta potabilizadora de tratamiento de agua potable de Nacaome no cuenta con tecnologías generadoras de energías fotovoltaicas para opacar el problema energético.

## **2.2. CONCEPTUALIZACIÓN**

### **2.2.1. SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Un sistema fotovoltaico es un sistema eléctrico que transforma la energía del sol (radiación) en energía de corriente continua (CC), por medio de celdas solares. Siendo una energía de recurso renovable e inagotable.

Básicamente en la actualidad existen tres tipos de sistemas fotovoltaicos:

1. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

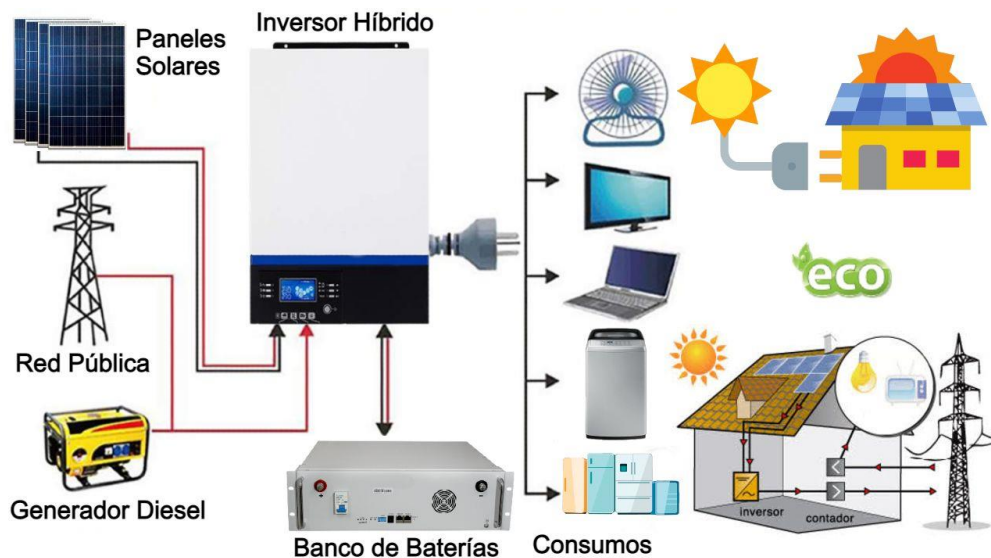
Son sistemas que están integrados con los sistemas eléctricos residenciales e industriales convencionales. Pueden utilizarse cuando sea necesario en alternancia o en combinación con la red eléctrica para responder a las necesidades energéticas del usuario final. (Enel X, 2021).

2. Sistemas fotovoltaicos autónomos.

Se diseñan de tal manera que incluyen un sistema de baterías para garantizar la continuidad del servicio, es decir que sigue suministrando la energía eléctrica durante la noche o cuando el nivel de irradiación solar es nulo. (Enel X, 2021).

3. Sistemas fotovoltaicos híbridos.

Es la combinación de sistema conectado a la red con un sistema autónomo, es decir que hace las dos funcione aportar energía al momento que haya radiación solar y seguir aportando energía cuando es nula la radiación, debido a que se puede conectar a los bancos de baterías. Además, tiene la ventaja que pueden combinarse otros tipos de tecnologías al sistema, ya sea con energía de la red, generadores de combustión, solar y eólica.

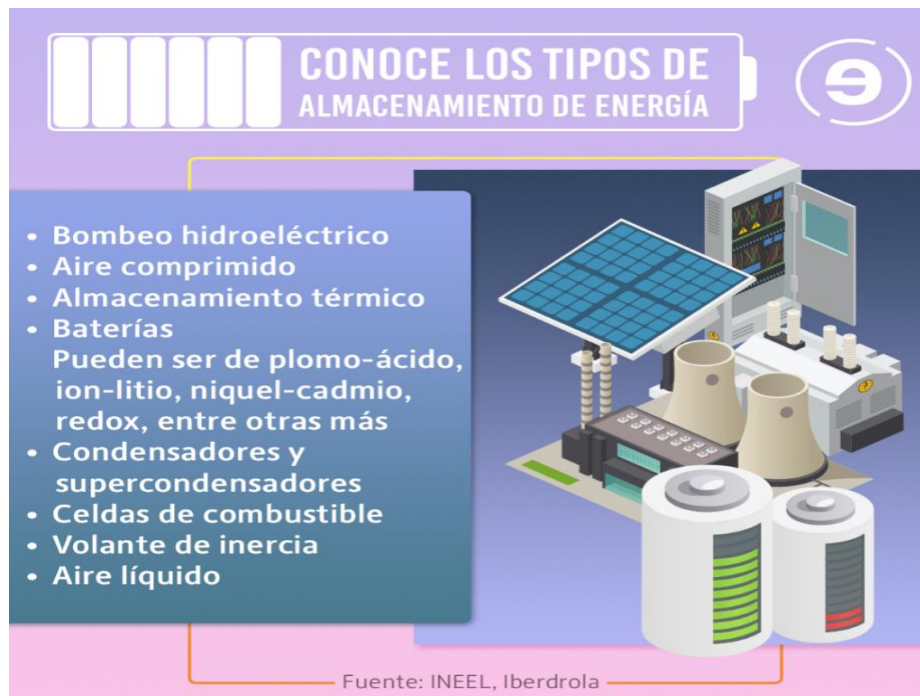


**Figura 14. Sistema fotovoltaico híbrido.**

Fuente: (Ecogreensolar, 2024)

### 2.2.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Una de las partes más importantes de la transición energética es el almacenamiento eficiente de la energía, que hace más adaptable la producción de energías renovables y garantiza su integración en el sistema. Los sistemas de almacenamiento prometen ser los más influyentes en el tan necesario cambio a un sistema eléctrico descarbonizado. Por ejemplo; las baterías, pilas, condensadores, superconductores y volantes de inercia son algunos equipos donde se puede almacenar energía en determinado tiempo. (Hernández, 2021).



**Figura 15. Tipos de almacenamiento de energía.**

Fuente: (Hernández, 2021)

Es sencillo generar, transportar y transformar la energía eléctrica. Sin embargo, aún no resulta práctico, rentable ni sencillo almacenarla. Por ello, las energías renovables que no son estables necesitan el apoyo de sistemas de almacenamiento para poder integrarse, evitar variaciones de energía durante los periodos valle y proporcionar mayor seguridad y eficiencia al sistema eléctrico. La energía eléctrica debe generarse siempre en respuesta a la demanda. En un mundo que se aleja de los combustibles fósiles y se acerca a fuentes de energía renovables como la eólica y la solar, es esencial mejorar el almacenamiento de energía eléctrica para apoyar estas tecnologías, mantener el equilibrio de la red y maximizar cada megavatio verde producido. (Iberdrola, 2025).

### 2.2.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

El tratamiento del agua es un conjunto de operaciones físicas, químicas y biológicas realizadas para eliminar la contaminación del agua. El objetivo es que el agua sea apta para el consumo humano, animal e industrial. Cuando el agua se destina al consumo humano, se trata con agua potable. El objetivo es obtener un agua con las características adecuadas para el uso previsto. Por lo tanto, el proceso de tratamiento del agua varía en función de las propiedades iniciales del agua y también de su uso final. Sin embargo, este proceso es cada vez más necesario debido a la escasez de agua potable y a las crecientes necesidades de la población mundial. El agua es hoy un recurso limitado cuya demanda, según las previsiones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se disparará en todo el mundo un 55% entre 2000 y 2050. Y aunque el 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, sólo un pequeño porcentaje, el 0,025%, es apto para el consumo humano. (DISIN S.A., 2021).



**Figura 16. Laboratorio químico del tratamiento de agua en Nacaome.**

Fuente: (DA-NACAOME-VALLE.pdf, 2016)

Las plantas de tratamiento son proyectos de infraestructura que ofrecen una solución rápida a las necesidades de saneamiento de agua de cualquier industria. Además, reducen su impacto sobre el medio ambiente, ya que las aguas no tratadas se vierten a masas naturales como el mar, los lagos o los ríos. Estas masas pueden contaminarse con virus y enfermedades que afectan a la flora y la fauna y a todos los que entran en contacto con ellas.

Al tratar el agua, este recurso puede ser reutilizado para actividades que, aunque no requieran agua potable, deben recibir agua limpia, tales como: riego de jardines, campos deportivos, parques, lavado y actividades comunes que no necesariamente requieren su consumo. (DISIN S.A., 2021).

## **2.3. TEORÍAS DE SUSTENTO**

### **2.3.1. BASES TEÓRICAS**

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica por medio del efecto fotoeléctrico. (Energía solar, s/f).

Para esto, es necesario instalar un sistema de equipos interrelacionados especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos. un sistema FV consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando como combustible la energía solar. (Certificación ISO 50001 - Norma de gestión de la energía | NQA, s/f).

De igual forma en la investigación se tratará de abordar principios de eficiencia energética como los modelos de gestión energética, teniendo como marcos de conocimiento normas como ASHRE, LEED además de ISO 50001. (ASHRAE-HVAC-SYSTEMS-AND-EQUIPMENT-2020.pdf, s/f).

### **2.3.2. PRINCIPIOS DE EFICIENCIA ENERGETICA**

La eficiencia energética se refiere a la optimización del consumo de energía en procesos, edificaciones e industrias, minimizando el desperdicio sin comprometer la funcionalidad, este concepto se basa en principios claves que garantizan un uso racional de los recursos energéticos.

A continuación, una breve exposición de algunos principios:

- Reducción de pérdidas energéticas, este principio busca minimizar las pérdidas en generación, transmisión y distribución de energía mediante tecnologías más eficientes, sistemas de monitoreo y auditorías energéticas con periodos establecidos.
- Optimización del consumo energético, en este principio podemos ver la implementación de tecnología y estrategias de gestión que permite reducir el consumo sin afectar la productividad, ejemplos de estos es implementar el uso de motores de alta eficiencia, VFD y sistemas de automatización.
- Uso de energías renovables, se busca promover la integración de fuentes de energías renovables como la solar, eólica e hidroeléctrica y buscar la reducción y dependencia de los combustibles fósiles, además de la disminución de la huella de carbono, esto en la industria, en proyectos de potabilización de agua, también en los hogares de las comunidades.
- Gestión de la demanda energética, en este punto se busca una implementación de sistemas de almacenamiento y tarifas energéticas diferenciadas, esto para ayudar en las horas pico de consumo energético.

### 2.3.3. MODELOS DE GESTION ENERGETICA

Los modelos de gestión energética tienen como objetivo principal ayudar a las organizaciones de cualquier tamaño o sector a mejorar su desempeño energético de manera continua, optimizando el uso de la energía, reduciendo costos y emisiones de gases de efecto invernadero. La norma ISO 50001 es una norma internacional que establece los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión Energético (SGE), a continuación, principales características de un modelo de Gestión Energética:

- Enfoque sistemático, este punto proporciona un marco estructurado para gestionar la energía, permitiendo a las organizaciones identificar oportunidades de mejora en su consumo energético.
- Mejora continua, esta forma se promueve la cultura de la mejora continua en la gestión energética de las organizaciones.
- Integración con otros sistemas de gestión, podemos decir que al tener un marco estructurado sus principios pueden ser compatibles con sistemas de gestión de la calidad, gestión ambiental facilitando aún más la integración como una estrategia dentro de la organización.

Este tipo de modelos como la norma ISO 50001, permite obtener beneficios y manteniendo la mejora continua, los beneficios que se pueden alcanzar son Reducción de Costos Energéticos, Sostenibilidad Ambiental, Mejora de la Imagen Corporativa de las organizaciones. (ISO 50001, 2018).

## **2.4. METODOLOGÍAS DESARROLLADAS**

Metodología utilizada en este proyecto será la Gestión de Proyectos, podemos entender por gestión de proyectos es la forma de llevar a cabo de forma exitosa un proyecto, es decir manejarlo de forma inteligente, teniendo en cuenta los recursos que existen y manejándolos de la forma más efectiva posible. La gestión de proyectos es un enfoque estructurado para planifica, ejecutar, supervisar cerrar proyectos dentro de un periodo de tiempo, presupuesto y alcances definidos. A lo largo del tiempo ha evolucionado en un campo disciplinarios con teorías, metodología y herramientas diseñadas para mejorar la eficiencia y efectividad de la ejecución de los distintos proyectos en numerosos sectores.

Según el Project Management Institute (PMI), la gestión de proyectos implica la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas específicas para cumplir con los requisitos de cualquier proyecto que se esté llevando a cabo o que se desee manejar. Un proyecto tiene componentes claves:

- Objetivo, metas claras que se desea alcanzar.
- Alcance, define límites y entregables del proyecto a realizar.
- Tiempo, definido por el conjunto de actividades que a la vez se convierten en un cronograma.
- Costo, presupuesto monetario necesario para llevar a cabo el proyecto.
- Riesgo, este define o identifica, a su vez busca mitigar los posibles obstáculos que pueden existir.
- Recursos, define la asignación del recurso humano o mano de obra, como también materiales, herramientas y tecnología.

(Metodología del PMI (Project Management Institute), 2025)

La gestión de proyectos en campo es fundamental en múltiples industrias. A través de herramientas tradicionales o ágiles, estándares internacionales, se ha convertido en una disciplina clave para garantizar el éxito en la ejecución de iniciativas estratégicas. Implementar una metodología adecuada y adoptar mejores prácticas permite alcanzar los objetivos de un proyecto de manera eficiente y efectiva.

## **2.5. MARCO LEGAL**

El marco legal para proyectos de energía renovable en Honduras se basa principalmente en la Ley General de la Industria Eléctrica (LGIE) y la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Decreto 70-2007 y sus reformas). Estas leyes establecen las bases para la regulación del sector eléctrico, incluyendo la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía, con énfasis en las fuentes renovables.

En Honduras, la Ley de Energía Renovable, aunque busca promover fuentes de energía más limpias, enfrenta varias desventajas:

- **Altos costos iniciales**

La implementación de tecnologías renovables, como la solar y eólica, requiere inversiones significativas, lo que puede ser una barrera para algunos proyectos.

- **Dependencia de condiciones climáticas:**

La producción de energía renovable, como la solar y eólica, puede ser intermitente y depender de las condiciones climáticas, lo que requiere sistemas de respaldo y almacenamiento.

- **Impacto ambiental:**

Aunque las renovables son más limpias que los combustibles fósiles, algunas tecnologías pueden tener impactos ambientales, como la ocupación de tierras, el uso de agua y la generación de residuos.

- **Falta de reglamentación:**

La falta de reglamentación de la Ley de Energía Renovable en Honduras genera incertidumbre para los inversores y dificulta la aprobación y ejecución de proyectos.

- Limitaciones en la infraestructura de transmisión:

La falta de inversión en la infraestructura de transmisión y transformación puede limitar la capacidad de aprovechar la energía producida por las plantas renovables, como se vio en 2020, donde se perdieron más de 300 millones de kilovatios hora.

- Desafíos en el mercado eléctrico:

El mercado eléctrico hondureño no siempre valora los beneficios integrales de las energías renovables, como la sostenibilidad, la eficiencia energética y los beneficios sociales.

- Conflictos sociales:

Algunos proyectos renovables han generado conflictos sociales debido a la ocupación de tierras, el desplazamiento de comunidades y el impacto en la vida silvestre.

- Limitaciones en la generación variable:

El Centro Nacional de Despacho (CND) puede limitar la generación de plantas renovables en situaciones de alta variabilidad, lo que puede afectar la rentabilidad de los proyectos.

En resumen, aunque la Ley de Energía Renovable en Honduras busca avanzar hacia un sistema energético más sostenible, enfrenta desafíos significativos en términos de costos, infraestructura, regulación y adaptación al mercado eléctrico.

#### Principales leyes y regulaciones:

- Ley General de la Industria Eléctrica (LGIE) (Decreto 404-2013):

Esta ley establece el marco general para la industria eléctrica en Honduras, incluyendo la participación del sector privado, la regulación de tarifas, y la promoción de la competencia.

- Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Decreto 70-2007 y reformas):

Esta ley busca incentivar la inversión en proyectos de energía renovable, ofreciendo incentivos fiscales, exoneraciones de impuestos y otros mecanismos para atraer inversiones.

- Decreto 138-2013:

Reforma el Decreto 70-2007 para ampliar los incentivos y simplificar los procesos para la generación de energía renovable.

- Acuerdo SEN-132-2023:  
Establece requisitos para la inscripción de empresas proveedoras de sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica.
- Reglamento de la Ley General de la Industria Eléctrica:  
Desarrolla y complementa la LGIE, detallando aspectos como los procedimientos para la obtención de permisos y licencias, y la regulación de las tarifas.
- Ley Especial Reguladora de Proyectos Públicos de Energía Renovable:  
Establece un régimen especial para proyectos de energía renovable desarrollados por el sector público, incluyendo la presentación de informes periódicos de avance.
- Ley de Incentivos a la Generación de Energía Renovable:  
Ofrece incentivos fiscales y financieros para proyectos de energía renovable.  
Entidades reguladoras:
- Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE):  
Es la entidad encargada de regular el sector eléctrico, incluyendo la otorgación de permisos, licencias y la supervisión de la calidad del servicio.
- Secretaría de Energía (SEN):  
Define políticas y estrategias para el sector energético, incluyendo el desarrollo de energías renovables.
- Dirección General de Energía Renovable y Eficiencia Energética (DGEREE):  
Forma parte de la SEN y se encarga de promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética.  
  
Incentivos y beneficios:
- Exoneraciones de impuestos:  
Las empresas que desarrollen proyectos de energía renovable pueden beneficiarse de exoneraciones de impuestos a la importación y al consumo de equipos y materiales relacionados con la energía solar, eólica, biomasa, etc.
- Incentivos fiscales:  
La ley ofrece incentivos fiscales para la inversión en proyectos de energía renovable, como la reducción del impuesto sobre la renta.

- Facilidades para la obtención de permisos y licencias:  
Se busca simplificar los trámites para la obtención de permisos y licencias para proyectos de energía renovable, agilizando su desarrollo.
- Acceso a financiamiento:  
La ley busca facilitar el acceso a financiamiento para proyectos de energía renovable, tanto a nivel nacional como internacional.

Consideraciones adicionales:

- Concesiones para el uso de recursos:  
Las empresas generadoras que utilizan recursos hídricos deben obtener una concesión de aprovechamiento de aguas, según lo establecido en la Ley General de Aguas.
- Licencias ambientales:  
Los proyectos de energía renovable deben obtener las licencias ambientales correspondientes, de acuerdo con la legislación ambiental de Honduras.

#### 2.5.1. LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA HONDUREÑA.

Desde 2007 está en vigor en nuestro país la Ley de Fomento de la Producción de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, cuyo objetivo es incentivar la instalación de centrales de producción de energía eléctrica a partir de fuentes hidráulicas, eólicas, mareomotrices, geotérmicas, solares, biomasa y residuos sólidos.

En enero de 2014, el Congreso Nacional de Honduras aprobó a favor, la nueva Ley General de la Industria Eléctrica, que cambia fundamentalmente la forma en que operará la ENEE abriendo el camino a la inversión privada en todos los sectores del mercado energético (generación, distribución, comercialización y transmisión).

En la siguiente tabla 3, se demuestra una recopilación sobre el nombre, la descripción y fechas de las leyes que se han aprobado para la mejora de las reformas energéticas:

**Tabla 3. Desglosé de la Ley General de la Industria Eléctrica.**

Nombre	Descripción	Fecha (D/M/A)
Recopilación de la Ley General de la Industria Eléctrica y sus Reformas.	El presente documento es una consolidación conforme con lo establecido en el artículo 13 numeral 2 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, reformada mediante Decreto legislativo 60-2022 publicado en el diario oficial La Gaceta en fecha 2 de julio de 2022.	06/06/2023
Ley General de la Industria Eléctrica. (LGIE)	PCM-27-2023 reforma el artículo 3 incisos A y C de la Ley General de la Industria Eléctrica.	06/06/2023
	Decreto No. 2-2022 modifica el párrafo quinto del Artículo 18 de la Ley General de la Industria Eléctrica, contenida en el Decreto No. 404-2013.	11/02/2022
	Decreto 61-2020 reforma el primer párrafo, reforma el literal G), y adiciona 4 párrafos al inciso H, del Artículo 3, y el Artículo 18, todos de la Ley General de la Industria Eléctrica, Decreto (404-2013).	05/06/2020
	Regula las actividades de generación, transmisión, operación y distribución de electricidad; regula la importación y exportación de energía eléctrica, en forma complementaria a lo establecido en tratados internacionales sobre la materia, y la operación del Sistema Interconectado Nacional, incluyendo su relación con los sistemas eléctricos de los países vecinos.	20/05/2014
Ley Especial para Garantizar el Servicio de la Energía Eléctrica como un Bien Público de Seguridad Nacional y un Derecho Humano de Naturaleza Económica y Social.	Decreto 46-2022 reforma los artículos 1, 3 reformado, 5, 9, 10, 11, 15, 27, 28 y 29 de la Ley General de la Industria Eléctrica.	16/05/2022
Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central.	Tiene por objeto la formación y crecimiento gradual de un Mercado Eléctrico regional competitivo, basado en el trato recíproco y no discriminatorio que contribuya al desarrollo sostenible de la región dentro de un marco de respeto y protección al medio ambiente.	10/06/2015
Reforma a la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables.	Reformar el Artículo 2 y sus numerales 1), 2) 3) y 5) de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables.	08/01/2013
Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables.	Tiene como finalidad principal promover la inversión pública y/o privada en proyectos de generación de energía eléctrica con recursos renovables nacionales.	10/02/2007
Constitución de la República de Honduras.	La Constitución Política de Honduras es la norma suprema que rige actualmente en el país.	20/01/1982

Fuente: (CREE, 2025)

En el Artículo 2 del Capítulo I de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables se detalla lo siguiente:

Como medidas de política estatal orientado a preservar, conservar y mejorar el ambiente y en concordancia con el artículo 81 de la Ley General del Ambiente, las personas naturales y jurídicas que conforme a esta Ley desarrollen y operen proyectos de generación de energía eléctrica utilizando recursos naturales renovables nacionales y proyectos de cogeneración con recursos renovables nacionales, gozarán de los incentivos siguientes:

1. Exoneración del pago del impuesto sobre ventas para todos aquellos equipos, materiales y servicios, que estén destinados o relacionados directamente con la generación de energía eléctrica con recursos renovables que serán utilizados en el desarrollo, instalación, construcción de la planta de generación de energía eléctrica renovable y créditos fiscales por el estudio y diseño efectivo una vez se haya iniciado la planta.
2. Exoneración del pago de todos los impuestos, tasas, aranceles y derechos de importación, para todos aquellos equipos, materiales, repuestos, partes y aditamentos destinados o relacionados directamente con la generación de energía eléctrica renovable y que serán utilizados en los estudios, diseño final, generación de energía eléctrica renovable, locales o que provengan de otros países.
3. Exoneración, del pago del Impuesto Sobre la Renta, Aportación Solidaria Temporal, Impuesto al Activo Neto y todos aquellos impuestos conexos a la renta durante un plazo de diez (10) años, contados a partir de la fecha de inicio de operación comercial de la planta, para los proyectos con capacidad instalada hasta 50 MW.
4. Los proyectos gozarán de todos los beneficios establecidos en la Ley de Aduanas en relación con la importación temporal de maquinaria y equipos necesarios para la construcción y mantenimiento de los citados proyectos.
5. Exoneración del Impuesto Sobre la Renta y sus retenciones sobre los pagos de servicios u honorarios contratados con personas naturales o jurídicas extranjeras, necesarios para los estudios, desarrollo, instalación, ingeniería, administración y construcción monitoreo del proyecto de energía renovable.”.

Las empresas privadas o mixtas generadoras de energía eléctrica renovable que utilicen para su producción recursos renovables nacionales en forma sostenible serán acogidos a la presente Ley y podrán vender la energía y servicios eléctricos auxiliares que produzcan a través de las opciones siguientes:

Vender directamente a Grandes Consumidores o Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica, contando con la aprobación de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), previo al aseguramiento de la demanda nacional.

Las empresas generadoras y comercializadoras deberán inscribirse en el Registro Público de Empresas del Sector Eléctrico que evalúa la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), proveyendo toda la información que se les pida en el formulario de inscripción. Cada vez que se produzcan cambios en las características de las instalaciones de su operación, las empresas deberán notificar a La Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), a los fines de la actualización de su inscripción en el registro antes referido.

La empresa instaladora de la planta de generación de energía solar gozará de los beneficios de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables debiendo hacer los trámites de acreditación ante la Secretaria de Estado en el Despacho de Finanzas o la Autoridad Fiscal competente, la respectiva licencia de operación emitida por la Secretaría en los Despachos de Recursos Naturales, para los proyectos con capacidad igual o menor a tres megavatios como es el caso, y se regirá por la Ley General de La Industria Eléctrica y sus reformas. (Osorio, 2013).

#### 2.5.2. ACUERDO 948/12

Los aspectos ambientales para tomar en cuenta para la implementación de este proyecto se consideran a continuación:

Para los tramites de licenciamiento ambiental, en la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables se detallan los procedimientos a seguir en La Secretaría de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y ambiente (SERNA).

#### 2.5.2.1. CONSIDERANDO

Que mediante la Ley General del Ambiente se creó la Secretaría de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente.

Que el Artículo 68 de la Ley General de Aguas establece que la Autoridad del Agua, otorgar derechos de aprovechamiento mediante convenios de concesionamiento en base a los preceptos de la Ley de Concesiones y leyes administrativas aplicables, en los casos de desarrollo de proyectos de energía renovable, utilizando el recurso hídrico, según lo establecido en la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables.

Que la Licencia Ambiental es el permiso extendido por la autoridad del SINEIA, por el cual se hace constar que el proponente ha cumplido en forma satisfactoria todos los pasos y requisitos exigidos por la Ley para comenzar el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Que el proceso de modernización del Estado propende transformaciones, mejoras e innovaciones políticas e institucionales que permitan una mayor eficiencia de la Administración Pública.

#### 2.5.2.2. POR TANTO

En uso de las facultades legales y, en aplicación de los artículos; 36 numeral 6 y 119 párrafo final de la Ley General de la Administración Pública; 5, 10 y 78 de la Ley General del Ambiente; 2, 4, 6, 7, 24, 25, 26 y 28 del Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental; 68, 69, 71 y 73, de la Ley General de Aguas; 64, 66 y 69 de la Ley Marco del Subsector Eléctrico; 55, 56, 57, 58, 59 ,62 y 64 del Reglamento de la Ley Marco del Subsector Eléctrico, 8 y 15 de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables; 33B y 35 de la Ley de Municipalidades; 35 de la Ley de Ordenamiento Territorial.

#### 2.5.2.3. ACUERDA

Aprobar el procedimiento interno mediante el cual se tramitarán en la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente los permisos de Estudio para la Construcción de Obras de Generación, Licencia de Operación o Contrato de Operación, Contrata de Aprovechamiento de Aguas Nacionales y Licencia Ambiental. (FAOLEX, 2012).

#### 2.5.2.4. DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- El presente Acuerdo tiene por objeto integrar el procedimiento administrativo de las solicitudes que deben realizarse ante la Secretaria de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente; para el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica con recursos renovables nacionales, en base a la eficacia, economía, y celeridad, con el fin primordial de dar cumplimiento a lo preceptuado en la Ley de Procedimiento Administrativo, Ley Marco del Subsector Eléctrico, Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, Ley General del Ambiente y, la Ley General de Aguas.

Artículo 2.- Toda actividad pública o privada que tenga por objeto el desarrollo de un proyecto de generación de energía eléctrica con recursos renovables, deberá contar con un permiso de Estudio para la Construcción de Obras de Generación debidamente aprobado por la SERNA, Licencia de Operación o Contrato de Operación, Licencia Ambiental y cuanto aplique, la autorización de aprovechamiento del recurso hídricos.

Artículo 3.- La Secretaria de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), otorga permisos de estudios para la construcción de obras de generación, los cuales tendrán una duración máxima de dos (2) años, prorrogables por el mismo termino una sola vez. Los permisos se revocarán de oficio, si en un término de seis (6) meses no se han iniciado los estudios y presentado los informes requeridos por dicha Secretaria de Estado. (FAOLEX, 2012).

#### 2.5.2.5. REQUISITOS PARA LA OBTENCION DE PERMISOS

Artículo 4.- Para la autorización del Permiso de Estudio pan la Construcción de Obras de Generación, preceptuado en el artículo 75 de la Ley Marco del Subsector Eléctrico, reformado por el artículo 8 de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, se deberá presentar ante la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente, los siguientes requisitos:

1. Solicitud presentada por el proponente a través de su Apoderado Legal, que contenga el nombre y antecedentes del solicitante (Carta Poder o Poder General o Especial otorgado mediante Instrumento Público).
2. Documento de Constitución de Sociedad.

3. Título de propiedad a nombre de la sociedad o cualquier otro título traslativo de uso o dominio de los terrenos en los cuales se desarrollará el proyecto con ubicación georreferenciada, o autorización del propietario del terreno acompañado de las Constancias Catastrales del Municipio de la jurisdicción y, en caso de ser terrenos nacionales de vocación agrícola, constancia emitida por el Instituto Nacional Agrario, case contrario por la Procuraduría General de la Republica.
4. Experiencia del solicitante en el estudio, financiamiento con la banca privada y puesta en marcha de, proyectos con características similares al que se propone estudiar y desarrollar.
5. Lista de proyectos de su propiedad o en los cuales tengan participación en el capital social, de características similares al que se propone desarrollar.
6. Lista del personal clave de la firma, indicando su experiencia en estudios de este tipo, así como en la obtención de recursos con la banca privada para el financiamiento de proyectos de esta clase.
7. Identificación del proyecto que se propone estudiar y desarrollar, indicando su ubicación, características, estudios preliminares preparados por otros, así como una explicación de las razones que lo hacen suponer que el proyecto resultara factible y atractivo. (Anexar perfil preliminar del Proyecto, especificar la ubicación del proyecto en una hoja cartográfica con coordenadas UTM).
8. Explicación de cómo se propone financiar la construcción posterior del proyecto, indicando donde y cuando ha desarrollado otros proyectos siguiendo las metodologías propuestas.
9. Un Cronograma para la preparación del estudio, con hitos específicos que permitan la posterior evaluación y supervisión por parte de la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente.
10. Presentación de referencias bancarias que permitan apreciar que estará en condiciones de financiar la preparación de los estudios en cuestión y que permitan suponer que podrá posteriormente financiar la construcción de la obra.
11. Constancia de la Alcaldía Municipal de conocer la intención de realizar estudios del potencial de generación de energía con fuentes renovables o la notificación del Proponente a la Alcaldía Municipal de la intención de realizar el estudio; sin perjuicio de la notificación que la SERNA realizar a través de la Dirección General de Energía en la inspección.

(FAOLEX, 2012).

### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Un elemento fundamental en cualquier investigación es la metodología, ya que especifica los enfoques para reunir, examinar e interpretar la información. Este capítulo ofrece una explicación amplia del diseño de investigación que se basa en un método mixto y en metodología transversal. Se optó por un enfoque de método mixto que integra tanto técnicas cualitativas como cuantitativas para ofrecer una visión completa del problema investigado desde diferentes ángulos. Por otro lado, se eligió el diseño de estudio transversal para capturar el fenómeno investigado en un punto concreto en el tiempo.

La base de la metodología seleccionada es asegurar que los resultados de la investigación sean robustos, fiables y válidos. Este capítulo describirá el diseño investigativo, las técnicas de recolección de datos, los procesos de análisis de datos y las consideraciones éticas del estudio. También se abordarán las ventajas y desventajas de los métodos seleccionados y cómo estos influyen en los resultados generales de la investigación.

El enfoque de método mixto favorece una comprensión más detallada del problema en cuestión, fusionando los beneficios de la investigación cualitativa y cuantitativa. La parte cualitativa del análisis ofrece datos detallados y enriquecidos que ayudan a desentrañar el contexto y el sentido del fenómeno estudiado. En contraste, la parte cuantitativa proporciona datos numéricos que pueden ser analizados estadísticamente para detectar patrones y tendencias.

El diseño de estudio transversal fue seleccionado por su eficacia y conveniencia. Permite la recopilación de una gran cantidad de información en un lapso de tiempo relativo, siendo por lo tanto ideal para este proyecto de investigación. No obstante, es crucial reconocer que un estudio transversal ofrece solo una instantánea del fenómeno en un momento determinado y puede que no refleje los cambios a lo largo del tiempo. En las secciones siguientes, se examinará cada elemento de la metodología en profundidad para ofrecer una comprensión clara del proceso de investigación y la razón detrás de las técnicas escogidas.

### **3.1. CONGRUENCIA METODOLÓGICA**

#### **3.1.1. MATRIZ METODOLÓGICA**

La matriz metodológica es un recurso estratégico que permite al investigador estructurar de manera integral el proceso de investigación que se pretende llevar a cabo. Su función principal es organizar y representar visualmente los distintos elementos que conforman un proyecto de investigación, facilitando su planificación y desarrollo.

El propósito fundamental de esta herramienta es ofrecer una perspectiva clara y sintética del estudio, incluyendo aspectos esenciales como los objetivos, las preguntas de investigación, las variables involucradas, la metodología aplicada y los resultados esperados. Su uso contribuye a mantener la coherencia y uniformidad en el diseño metodológico, además de servir como un mecanismo de seguimiento del progreso de la investigación.

En la siguiente tabla 4; se detalla la matriz metodológica de la investigación relacionando las variables y las dimensiones de acuerdo a cada objetivo y pregunta determinada.

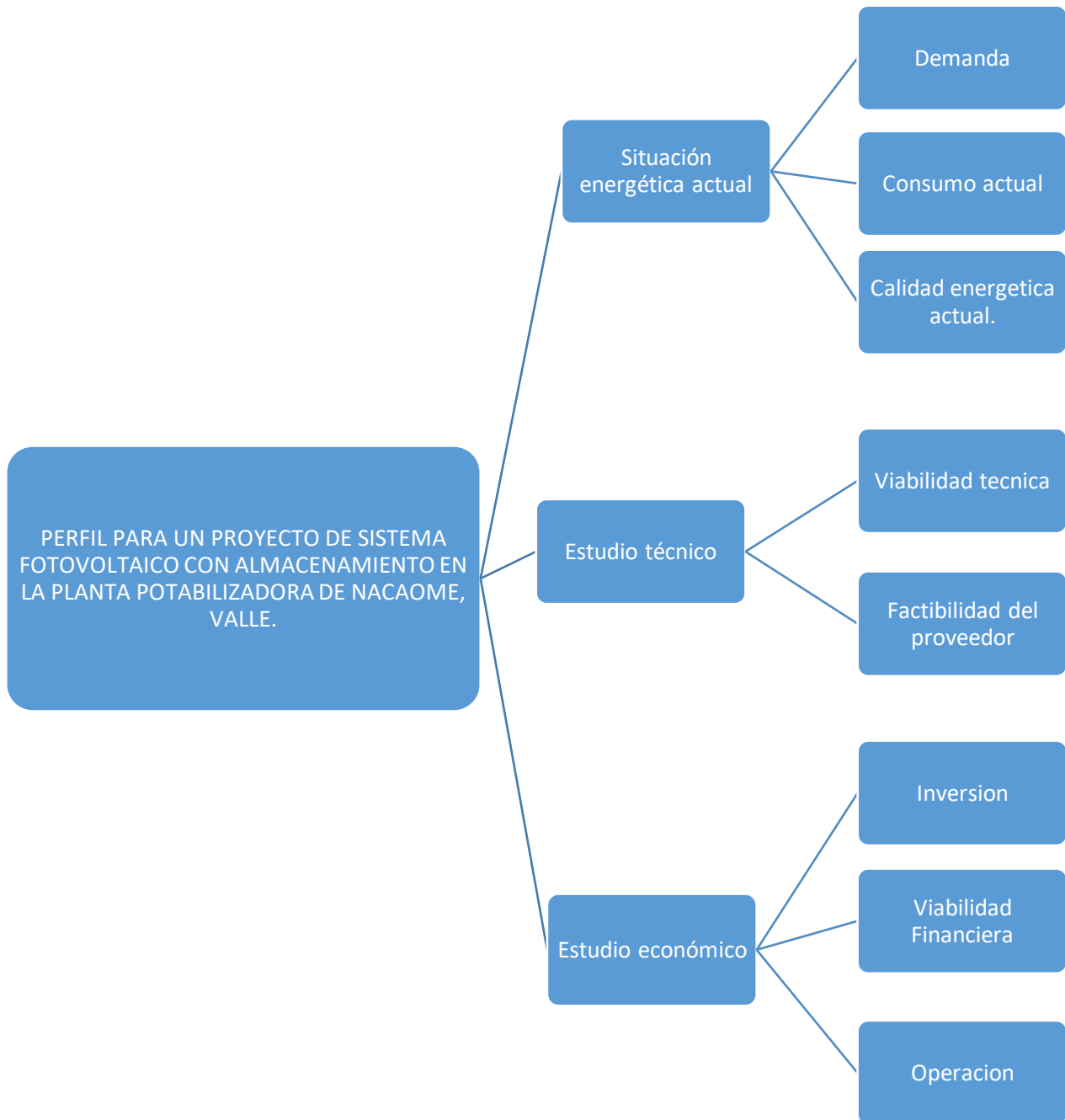
**Tabla 4. Matriz metodológica del perfil del proyecto.**

Título de la investigación	Preguntas de investigación		Objetivos		Variables	Dimensiones	
	General	Específica		Específica			
PERFIL PARA UN PROYECTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA PLANTA POTABILIZADORA DE NACAOME, VALLE.	¿Es factible la implementación de sistema fotovoltaico con almacenamiento en la planta potabilizadora de Nacaome, Valle?	¿Cuál es la demanda energética y los costos actuales para suplir dicha demanda, que requiere la planta potabilizadora de Nacaome Valle para su mantener su operación continua?	Realizar un estudio de perfil para un proyecto de sistema de energía solar con almacenamiento en la Planta de Tratamiento de Agua de Nacaome, Valle.	Analizar las condiciones demanda energética y costos asociados de la planta Potabilizadora de Nacaome Valle	Situación energética actual	Demanda	
						Consumo actual	
						Calidad energética actual	
		¿Se cuentan con las condiciones técnicas para la implementación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle?			Analizar la viabilidad técnica para la instalación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle.	Estudio técnico	Viabilidad técnica
					Factibilidad del proveedor		
		¿Se cuentan con las condiciones económicas para la implementación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle?			Analizar la viabilidad económica para la instalación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle.	Estudio económico	Inversión
					Viabilidad Financiera		
					Operación		

Nota: Tabla de investigación sobre preguntas, objetivos, metodología, instrumentos, variable y dimensiones.

### 3.1.2. ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

Esta sección presenta la definición operacional de las variables de estudio que se utiliza en la investigación. Se presenta cada variable en un esquema lógico y cronológico y la relación que existe entre cada una de las variables definidas, como se observa en la figura 18.



**Figura 17. Esquema de variable de estudio.**

Nota: Cronología de las variables de estudio que se utilizan en la investigación

### 3.1.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En esta parte del estudio, se lleva a cabo la operacionalización de las variables con el propósito de establecer un orden y una secuencia lógica que facilite el desarrollo de la investigación. Esto permite garantizar la coherencia entre las variables y sus respectivas dimensiones. A continuación, se expone la definición conceptual y operacional de las variables analizadas en la investigación (tabla 5).

**Tabla 5. Identificación de las variables.**

Variables	Dimensiones	ítems
Situación energética actual	Demanda	Capacidad instalada de la planta (KW)
		Tipos de equipo
		Equipos con mayor demanda energética
		Horas de trabajo de los equipos eléctricos
	Consumo actual	Consumo de energía mensual (KWh)
		Precio por KWh
		Recibo energía eléctrica mensual
	Calidad energética actual	Sistemas de respaldo de la planta
		Cantidad de interrupciones eléctrica mes o año.
		Tiempo de restablecimiento de la energía eléctrica
Niveles de voltajes de la energía eléctrica		
Estudio técnico	Viabilidad técnica	Radiación solar kWh/m <sup>2</sup> /día
		Espacio disponible para la instalación m <sup>2</sup>
		Condiciones climáticas del sector
		Potencial de generación del área KW
		Aspectos técnicos de los equipos requeridos
	Factibilidad del proveedor	Capacidad de generación
		Eficiencia del producto
		Costo de los equipos a instalar \$/KW
Estudio económico	Inversión	Costo de la compra de paneles solares, inversor, controlador, estructura y cableado
		Costo de sistema de almacenamiento
		Costo de instalación
		Costos de permisos
	Viabilidad Financiera	Ahorro energético anual KW/\$
		Análisis financiero TIR, VAN, ROI
	Operación	Costos de mantenimiento preventivo
		Costos de mantenimiento correctivo

Nota: Tabla de operación de las variables; definición, dimensión, indicadores y técnicas.

### **3.2. ENFOQUE Y MÉTODOS**

Un perfil de proyecto fotovoltaico, en esencia, describe la planificación y ejecución de una instalación de energía solar. Implica un análisis técnico, económico y ambiental para evaluar la viabilidad y el potencial de generación de energía del proyecto. Nos enfocamos en la optimización de la captación de energía solar, la selección adecuada de equipos y la gestión eficiente del proyecto en sus diferentes etapas.

Enfoques comunes de un proyecto fotovoltaico:

- **Autoconsumo:**

Instalaciones que producen energía para cubrir las necesidades de un usuario específico, como una vivienda o una empresa.

- **Conectadas a red:**

Sistemas que inyectan el excedente de energía a la red eléctrica, permitiendo la venta de energía a la empresa eléctrica.

- **Sistemas aislados:**

Instalaciones que operan de forma independiente de la red eléctrica, a menudo con sistemas de almacenamiento de energía como baterías.

### **3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Debido a que el requerimiento energético, la capacidad de instalación y los requerimientos técnicos se observan en su contexto natural sin alterar las variables, el diseño de la investigación estudio se clasifica como no experimental transeccional correlacionales-causales, ya que se recolectan datos actuales del consumo energético para la implementación del sistema fotovoltaico y relacionarlo con la reducción del consumo a la red.

Componentes clave de un perfil de proyecto fotovoltaico:

- **Análisis de la demanda energética:**

Determinar el consumo eléctrico del lugar donde se instalará el sistema fotovoltaico.

- **Estudio de recurso solar:**

Evaluar la radiación solar disponible en la ubicación del proyecto, incluyendo la orientación e inclinación óptimas de los paneles.

- Selección de equipos:  
Elegir paneles solares, inversores, baterías y otros componentes según las necesidades del proyecto y las características del sitio.
- Diseño del sistema:  
Definir la disposición de los paneles, la estructura de soporte, la conexión a la red eléctrica y otros aspectos técnicos.
- Análisis financiero:  
Evaluar los costos de inversión, incluyendo la compra e instalación de equipos, los costos de conexión a la red y los costos operativos, así como los ingresos esperados por la venta de energía o el ahorro en la factura eléctrica.
- Análisis de impacto ambiental:  
Evaluar los beneficios ambientales del proyecto, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Consideraciones regulatorias y legales:  
Obtener los permisos y licencias necesarios para la instalación y operación del proyecto.
- Gestión del proyecto:  
Planificar y controlar todas las etapas del proyecto, desde la planificación inicial hasta la puesta en marcha y el mantenimiento.

### 3.3.1. POBLACIÓN

Es el Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. (Sampieri, 2014). Es decir, personas o cosas sobre las que se quiere aprender algo, en una investigación se conoce como población o universo. En general, no es posible abarcar toda la población objetivo debido a su gran número, coste y tiempo. En su lugar, se estudia un subconjunto de la población, del que se extraen conclusiones (o inferencias) que se aplican a la población objetivo. El universo debe identificarse claramente al inicio de la investigación y ser específico a la hora de incluir los elementos que forman parte de él. (salusplay, 2025).

En esta investigación, se realiza un perfil para un proyecto de sistema fotovoltaico con almacenamiento en la Planta Nacaome Valle, donde la población de investigación sería todo el personal de la Planta Potabilizadora, con aproximadamente 16 empleados entre operadores, guardias y electromecánicos, personal que tiene el conocimiento técnico de la planta.

### 3.3.2. MUESTRA

Es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta. (Sampieri, 2014). Para la presente investigación no aplica la selección de muestra, debido a que la investigación incluye a la población en su totalidad.

### 3.3.3. TÉCNICAS DE MUESTREO

Para obtener los datos necesarios que permitan dar respuesta a las preguntas de investigación, se implementaron diversas técnicas de recolección de información.

Estas metodologías fueron seleccionadas estratégicamente con el propósito de garantizar la validez y confiabilidad de los datos obtenidos, permitiendo así un análisis riguroso y fundamentado. A continuación, se detallan las técnicas utilizadas y su aplicación dentro del estudio.

## 3.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

Las siguientes técnicas fueron utilizadas para recolectar los datos requeridos y lograr responder las preguntas de investigación del proyecto.

- 1- Entrevista a expertos: se aplicaron entrevistas a expertos en el tema de generación de energía solar a través de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento.
- 2- Encuestas al personal de operación y mantenimiento de la planta potabilizadora: se aplicaron encuestas para indagar acerca del consumo mensual y la cantidad de energía requerida.
- 3- Recolección de datos: Se solicitaron documentos para obtener información del consumo y equipos de la planta y poder obtener datos sobre los costos de los materiales y equipos requeridos para el sistema fotovoltaico.

## 3.5. FUENTES DE INFORMACIÓN

La presente investigación se sustentará en el uso de fuentes de información primarias y secundarias, con el propósito de obtener un análisis completo y fundamentado sobre el potencial de implementación. Las fuentes primarias proporcionarán datos de primera mano obtenidos directamente a través de encuestas y observaciones, permitiendo una perspectiva actualizada y contextualizada. Por otro lado, las fuentes secundarias incluirán el análisis de estudios previos, artículos científicos, informes técnicos y documentos oficiales, los cuales contribuirán al respaldo teórico y a la validación de los hallazgos.

La combinación de ambas fuentes posibilitará una comprensión más amplia y objetiva de la implementación de sistemas fotovoltaico con almacenamiento.

#### 3.5.1. FUENTES PRIMARIAS

En la presente investigación orientado a la implementación de un sistema fotovoltaico con almacenamiento en planta potabilizadora de Nacaome, Valle, las fuentes primarias de información son esenciales para analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental.

Estas fuentes permiten obtener datos directos y específicos, asegurando un diagnóstico preciso de las condiciones en las que se desarrollará la iniciativa. A continuación, se detallan las principales fuentes primarias utilizadas:

- Mediciones de radiación solar.
- Análisis de espacio disponible en la planta.
- Evaluación de la potencia instalada y consumo energético de la planta.
- Encuesta.
- PVsyst.
- Google Earth.
- Hojas de cálculo Excel.

#### 3.5.2. FUENTES SECUNDARIAS

En una investigación del perfil de proyecto destinada a la implementación de un sistema fotovoltaico en una planta potabilizadora, las fuentes secundarias desempeñan un papel esencial al proporcionar información documentada que respalde el análisis. Estas fuentes facilitan la contextualización del estudio mediante la recopilación de datos históricos, regulaciones vigentes, investigaciones previas y tendencias dentro del sector energético y del agua potable. A continuación, se presentan las principales fuentes secundarias utilizadas en la presente investigación:

- Estudios y publicaciones científicas.
- Normativas y regulaciones energéticas.
- Información de fabricantes y proveedores de los equipos de implementación.
- Modelo financiero y viabilidad económica.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

La sección de análisis y resultados de este trabajo se enfoca en exponer los resultados derivados de la aplicación de la metodología a las variables pertinentes, centrándose en la factibilidad técnica y económica.

Los resultados de cualquier estudio y su posterior análisis constituyen la esencia experimental. Aquí se presentan las conclusiones de nuestra laboriosa recogida y análisis de datos, que transforman los datos no estructurados en resultados útiles que responden a las mismas preguntas que motivaron nuestra investigación. En este capítulo, se embarca en una visita guiada por los resultados de la investigación en la Planta Potabilizadora de Nacaome para el Perfil de un Proyecto Fotovoltaico con Almacenamiento.

### **4.1. INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **4.1.1. PROCESO**

El periodo de recolección de datos se realizó en la Planta Potabilizadora de Nacaome Valle, Honduras, con un personal de tres grupos cuyas oficinas del Programa Nacaome se encuentran en el Municipio antes mencionado.

Como primer paso se realizó una visita al Coordinador del Programa Nacaome – SERNA para solicitarle la implementación de encuestas en la Planta Potabilizadora a grupos principales: Cuadrilla de Electromecánicos, Grupo de Operadores de la Planta y Guardias de Seguridad de la Planta. El llenado de la encuesta era con fines de información sobre la situación energética que existe en la planta, donde se realizó en un lapso de una semana.

Al finalizar el periodo de recolección de las encuestas se creó una hoja de datos de todas las respuestas de los instrumentos.

#### **4.1.2. DETALLE DE LOS INSTRUMENTOS Y LA POBACIÓN**

La finalidad de la implementación de estos instrumentos es recolectar información de las diferentes perspectivas de los trabajadores, sobre la situación energética que vive la Planta Potabilizadora, entre otras cosas.

Al concluir el proceso de la aplicación de los instrumentos los participantes fueron los siguientes:

- Personal de Electromecánicos
  - Cantidad de personas encuestadas: 8
  - Población: 8
  
- Personal de Operadores
  - Cantidad de personas encuestadas: 4
  - Población 4
  
- Personal de Seguridad
  - Cantidad de personas encuestada: 4
  - Población: 4

## 4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

### 4.2.1. INSTRUMENTO A TODO EL PERSONAL

**Tabla 6. Resultado de los instrumentos.**

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
1	¿Cuál es el rango del consumo energético total de la Planta Potabilizadora?	Situación energética actual	(1 A 50) KW	0	0%	100%
			(51 A 200) KW	0	0%	
			(201 A 500) KW	2	13%	
			(5001 A 999) KW	1	6%	
			1 MW	1	6%	
			No se	12	75%	

2	¿Qué tipo de equipos eléctricos existen en la Planta?	Situación energética actual	Iluminación	5	19%	100%
			Pequeños equipos eléctricos	4	15%	
			Grandes equipos eléctricos	5	19%	
			Equipos de informática	1	4%	
			Todas son correctas	11	42%	
3	¿Cuáles son los equipos que mayor consumo energético generan?	Situación energética actual	Motores de bombas de agua	16	62%	100%
			Aires Acondicionado	6	23%	
			Refrigeradoras	0	0%	
			Iluminación	3	12%	
			Otros	1	4%	
4	¿Cuántas horas de trabajo encienden los equipos eléctricos de mayor consumo en la operación?	Situación energética actual	(3 a 5) h	0	0%	100%
			(10 a 12) h	0	0%	
			(16 a 18) h	10	63%	
			(19 a 23) h	6	38%	
			24h	0	0%	
5	¿Cuál es el rango de pago del recibo de energía eléctrica mensual de la Planta?	Situación energética actual	(1 a 50,000) Lps.	0	0%	100%
			(51,000 a 100,000) Lps	0	0%	
			(101,000 a 150,000) Lps	0	0%	
			(151,000 a 300,000) Lps	2	13%	
			(400,000 a 500,000) Lps	0	0%	
			(501,000 a 600,000) Lps	11	69%	
			No se	3	19%	
6	¿Cuánto representa el gasto de energía eléctrica mensual con respecto al presupuesto de operación?	Situación energética actual	Menor	0	0%	100%
			Igual	0	0%	
			Mayor	1	6%	
			No se	15	94%	
7	¿Cuentan con sistema de respaldo?	Situación energética actual	Si	0	0%	100%
			No	16	100%	

8	¿Se presentan cortes o interrupciones frecuentes del suministro eléctrico?	Situación energética actual	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
9	¿El corte de energía eléctrica como afecta las operaciones?	Situación energética actual	Malestar de los abonados de agua, daños en equipos eléctricos y se alargan las horas de trabajo del empleado	16	100%	100%
			Tranquilidad en los abonados, los equipos no se dañan y no es necesario seguir enviando agua en el resto del día	0	0%	
10	¿Las interrupciones de energía eléctrica por fallas de la red de ENEE son frecuentes en el mes?	Situación energética actual	Nunca	0	0%	100%
			Pocas Veces	5	31%	
			Regularmente	11	69%	
			Siempre	0	0%	
11	¿Cuánto tiempo tarda en restablecer la energía eléctrica en la zona?	Situación energética actual	<1h	0	0%	100%
			(2 a 3) h	15	94%	
			(4 a 6) h	0	0%	
			(7 a 8) h	1	6%	
			10>	0	0%	
12	¿El voltaje de energía eléctrica es estable?	Situación energética actual	Si	0	0%	100%
			No	16	100%	
13	¿Qué periodo del año son los días más soleados con una buena Radiación Solar?	Estudio Técnico	Enero a Mayo	16	100%	100%
			Junio a Octubre	0	0%	
			Noviembre y Diciembre	0	0%	
14	¿Cuántas horas promedio al día se tiene radiación solar?	Estudio Técnico	(4 a 5) h	4	25%	100%
			(8 a 10) h	1	6%	
			(6 a 7) h	11	69%	
15	¿Existen áreas disponibles (techo, terreno) que pueda utilizarse para paneles solares?	Estudio Técnico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	
16	¿Las condiciones climáticas (invierno) del sector afectan la operación de la Planta?	Estudio Técnico	Si	15	94%	100%
			No	1	6%	

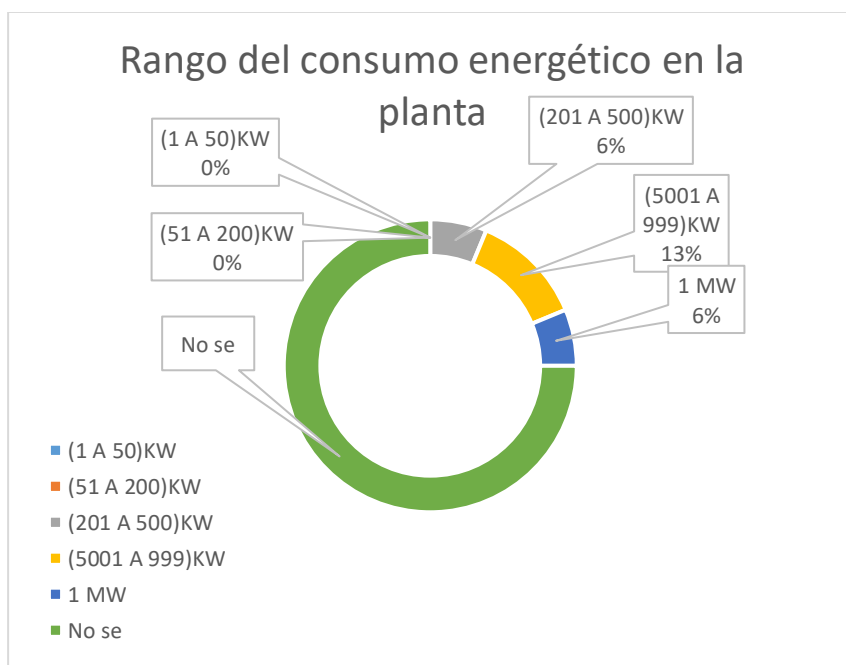
No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
17	¿Qué condiciones climáticas crees que afectan la operación de la Planta?	Estudio Técnico	Vientos	0	0%	100%
			Nubosidad	0	0%	
			Temperaturas	7	39%	
			Lluvia (humedad)	9	50%	
			No se	2	11%	
18	¿En la Planta han considerado anteriormente instalar un proyecto de energía renovable?	Estudio Técnico	Si	1	6%	100%
			No	15	94%	
19	¿Qué beneficios considera que traería la instalación de un sistema fotovoltaico con capacidad de generación para abastecer la Planta?	Estudio Técnico	Ahorro de energía	3	19%	100%
			Estabilidad energética	1	6%	
			Respaldo de energía	0	0%	
			Todas las anteriores	12	75%	
20	¿Cómo valora el almacenamiento de energía con baterías para producir energía eléctrica?	Estudio Técnico	Excelente	2	13%	100%
			Bueno	7	44%	
			Regular	7	44%	
			Malo	0	0%	
21	16. ¿Cree que sería útil integrar bancos de baterías para asegurar el suministro continuo de energía, siendo de los equipos más caros de un proyecto de este tipo?	Estudio Técnico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	
22	¿Siendo el sistema de almacenamiento uno de los más caros de un proyecto solar, vale la pena invertir en un sistema de almacenamiento que de estabilidad energética?	Estudio Económico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	
23	¿Considera que un sistema solar ayudaría a reducir los costos operativos?	Estudio Económico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
24	¿Cuál es la disponibilidad de la institución para optar en soluciones sostenibles energéticamente?	Estudio Económico	Disponible	7	44%	100%
			Poca Disponibilidad	8	50%	
			No Disponible	1	6%	
25	¿Recomendaría avanzar con un proyecto de sistema solar con almacenamiento en la Planta potabilizadora?	Estudio Económico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	

Nota: Elaboración de cuadro de resultados con respecto a las preguntas.

#### 4.2.2. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL INSTRUMENTO

- ¿Cuál es el rango del consumo energético total de la Planta Potabilizadora (KW)?



**Grafica 1. Consumo Energético en la Planta Potabilizadora.**

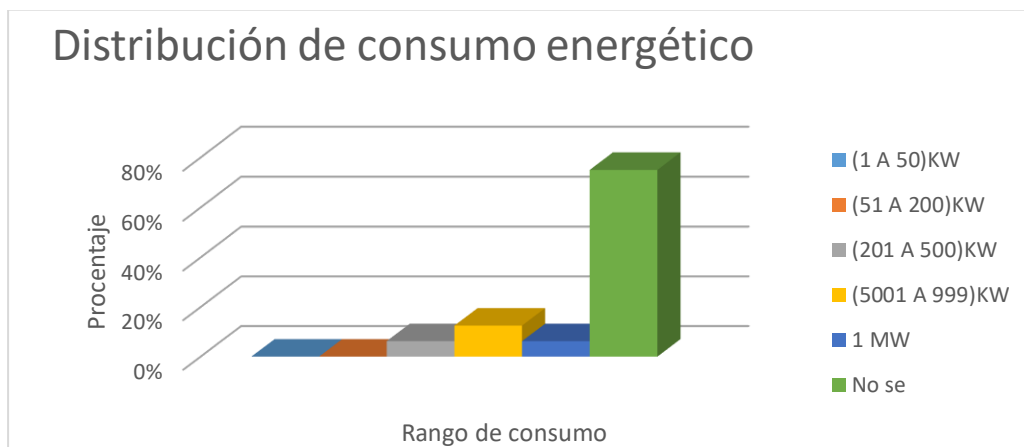
Nota: Se realizo una gráfica de acuerdo a las respuestas del consumo energético.

Desconocimiento generalizado del consumo real, un 75% del personal encuestado no conoce el rango del consumo energético total de la planta, lo que refleja una importante debilidad en el manejo y monitoreo de información energética interna. Esta situación puede limitar la capacidad de gestión, la toma de decisiones técnicas y el diseño de estrategias de eficiencia.

Subestimación o estimación ambigua del consumo. solo 3 personas (19%) ubicaron el consumo en los rangos de 201 a 999 kW, y solo 1 persona (6%) consideró que podría llegar a 1 MW. Sin embargo, los cálculos técnicos reflejan que la planta consume una energía aproximadamente de 1,797 kWh por día, mensual 53,910KWh, lo cual se traduce en una demanda energética instalada que supera los 250 kW de potencia contratada, considerando los motores de bombeo.

Necesidad de socialización y formación técnica, el hecho de que la mayoría no conozca este dato operativo clave evidencia la necesidad de fortalecer la capacitación en temas energéticos, la visibilidad de los indicadores de consumo, y la participación del personal en iniciativas de monitoreo energético.

- ¿Qué tipos de Equipos Eléctrico existen en la Planta?



**Grafica 2. Tipos de equipos eléctricos.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas de los equipos existentes en la Planta.

La distribución de respuestas indica que la planta potabilizadora posee una variedad significativa de cargas eléctricas, lo que representa un reto y una oportunidad clave al momento de planificar un sistema fotovoltaico.

Diversidad de Equipos Eléctricos: El 42% de los encuestados seleccionó “Todas las anteriores”, lo que sugiere que la mayoría reconoce la presencia simultánea de equipos de iluminación, pequeños y grandes equipos eléctricos, así como equipos de informática.

Esto implica que la planta requiere una solución energética integral, capaz de abastecer diversos tipos de cargas con diferentes perfiles de consumo y demanda.

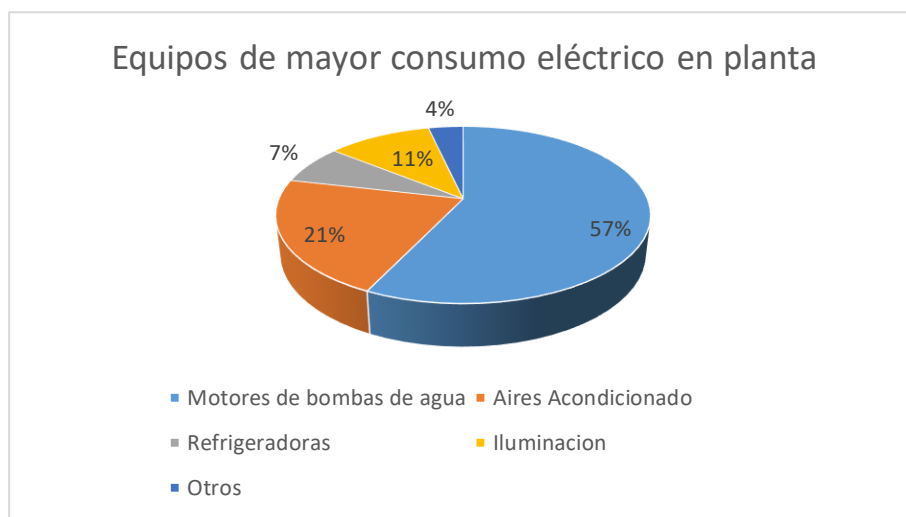
La iluminación y los grandes equipos eléctricos obtuvieron 19% de las respuestas cada uno, señalando que son cargas importantes dentro de la operación, los grandes equipos podrían corresponder a bombas, motores o sistemas de tratamiento que representan una demanda energética constante o de alto impacto, siendo crucial dimensionar adecuadamente la potencia instalada y considerar opciones de respaldo.

Implicaciones para el Sistema Fotovoltaico: La variedad de cargas eléctricas sugiere la necesidad de incorporar un sistema de almacenamiento (baterías), que permita garantizar la operación continua de equipos críticos, especialmente en horas sin radiación solar. También resalta la importancia de una buena gestión de cargas, priorizando el uso de energía solar en equipos de mayor consumo.

Es de carácter importante destacar que, dentro del diseño del sistema, se deben contemplar, curvas de carga horaria para evaluar picos de consumo, sistemas de respaldo o híbridos (solar + red o solar + baterías), además tener la posibilidad de un generador eléctrico de combustión, inversores trifásicos, especialmente por la presencia de motores grandes.

Por lo visto se deben tomar medidas de eficiencia energética previas, como reemplazo de luminarias tipo LED o instalación de variadores de frecuencia en motores.

- ¿Cuáles son los equipos que mayor consumo energético generan?



**Grafica 3. Equipos con mayor consumo energético.**

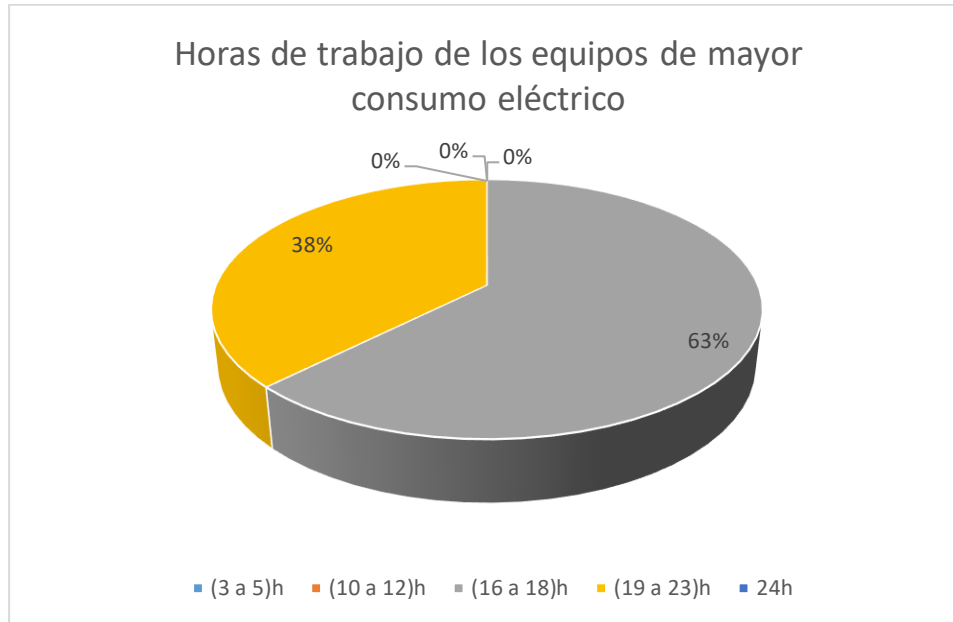
Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas de los equipos que mayor consumen dentro de la Planta.

Los resultados de la encuesta se logran identificar claramente los principales consumidores de energía dentro de la planta potabilizadora. Motores de bombas de agua (57%) la mayoría de los encuestados identificó a los motores de bombeo como los principales responsables del consumo energético.

Esto es técnicamente consistente con la función de una planta potabilizadora, ya que estos equipos trabajan de forma continua o con cargas elevadas para transportar el agua desde las fuentes hasta el sistema de distribución. Su alto requerimiento de potencia activa y reactiva justifica que el sistema fotovoltaico considere sobredimensionamiento en potencia pico, inversores capaces de soportar cargas inductivas y la incorporación de sistemas de arranque suave o variadores de frecuencia para mejorar eficiencia.

Aires acondicionados (21%) representan un segundo bloque de consumo importante. Esto puede relacionarse a oficinas administrativas o áreas técnicas con requisitos de climatización. Aunque no son cargas críticas, pueden influir en la demanda pico durante las horas de mayor radiación, lo que podría coincidir con la generación fotovoltaica. Se recomienda evaluar mejoras de eficiencia como aislamiento térmico o uso de equipos tipo inverter. Iluminación (11%) aunque su participación es menor, la iluminación está presente en toda la planta. Representa una carga constante, pero con bajo consumo relativo. Se podría dar la recomendación de migrar a tecnología LED, reduciendo aún más su impacto energético. Refrigeradoras (7%) y otros (4%) las refrigeradoras no representan un consumo significativo, lo cual es coherente si no son esenciales para los procesos operativos de la planta. El ítem “otros” puede abarcar equipos menores o sin utilización, cuya revisión permitiría detectar cargas ocultas o poco eficientes.

- ¿Cuántas horas de trabajo encienden los equipos eléctricos de mayor consumo en la operación?



**Grafica 4. Horario de operación de la Planta.**

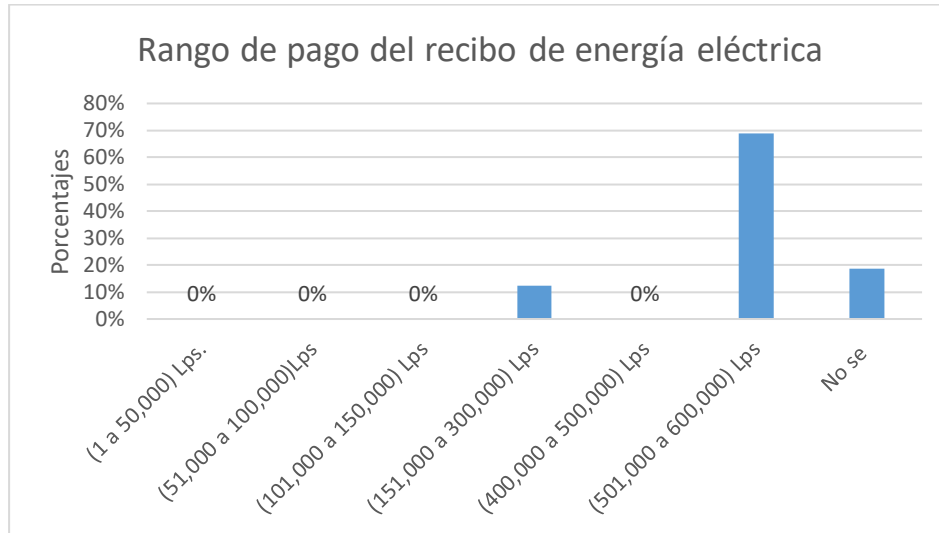
Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas de las horas que opera la Planta.

Los resultados muestran que un 100% de los equipos eléctricos de la planta operan entre 16 a 23 horas al día, lo cual indica una alta intensidad de uso energético. Este patrón de operación sugiere que los sistemas eléctricos están funcionando de manera prolongada, especialmente en los turnos extendidos, posiblemente debido a la necesidad continua de bombeo, tratamiento y distribución de agua.

- El 63% de los encuestados indicaron que los equipos trabajan entre 16 a 18 horas, lo que revela un funcionamiento casi continuo en jornada extendida.
- Otro 38% reportó entre 19 a 23 horas, lo que representa una operación en casi todo el día.

Este comportamiento tiene implicaciones directas en el consumo eléctrico total, en la demanda de potencia contratada y en la vida útil de los equipos, además de representar una alta carga operativa para el sistema de energía eléctrica actual. También justifica la necesidad de evaluar un sistema fotovoltaico como apoyo o alternativa energética, así como estrategias de eficiencia energética (como el uso de VFD y almacenamiento).

- ¿Cuál es el rango de pago del recibo de energía eléctrica mensual de la planta?



**Grafica 5. Rango de pago de la factura eléctrica.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre el pago de facturación de energía en la Planta.

Los datos revelan que el 69% de los encuestados reconoce que el recibo mensual de energía eléctrica en la planta potabilizadora se encuentra en el rango más alto registrado en la encuesta: entre 501,000 y 600,000 lempiras mensuales. Esto es un indicador crítico de consumo energético elevado, que debe correlacionarse con:

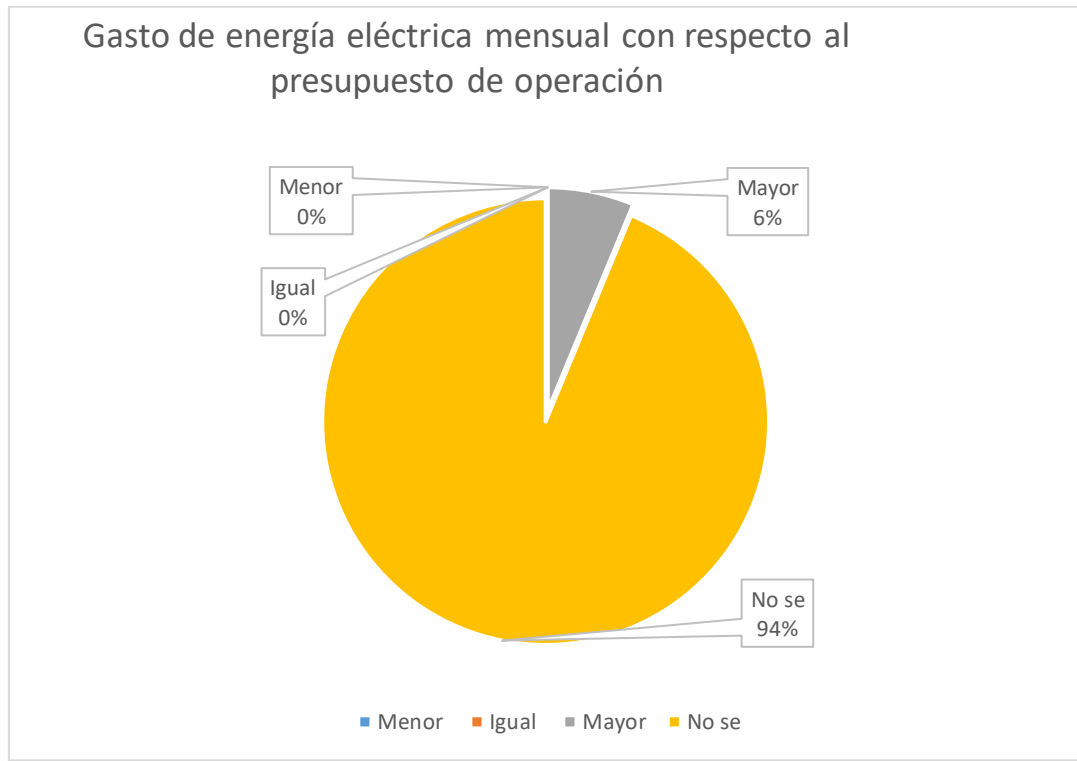
- Horas de operación de los equipos (16 a 23 h/día) – funcionamiento prolongado.
- Equipos de alto consumo identificados – principalmente motores de bombas.
- Ausencia de sistemas de generación renovable o eficiencia energética.
- Tarifas comerciales o industriales aplicables – posibles recargos por demanda.

El 13% adicional ubica el gasto entre 151,000 y 300,000 Lps, y un 19% declara desconocer el monto. Este desconocimiento puede reflejar falta de seguimiento energético o deficiencias en la gestión operativa.

Por estos resultados se logra identificar que la planta tiene una carga presupuestaria alta para cubrir la parte energética un costo  $\geq$  L.500,000 al mes representa una alta presión presupuestaria, y justifica plenamente el análisis de alternativas como:

- Sistemas fotovoltaicos con almacenamiento.
- Medidas de eficiencia energética (VFD, iluminación eficiente, reemplazo de motores).
- Optimización de la demanda contratada y gestión por horarios.

- ¿Cuánto representa el gasto de energía eléctrica mensual con respecto al presupuesto de operación?



**Grafica 6. Gasto de energía eléctrica en comparación al presupuesto de operación.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre si es menor, igual, mayor o no se el gasto de energía eléctrica con respecto presupuesto de operación.

Fuerte desconocimiento sobre la estructura de costos energéticos, el 94% del personal no sabe cuánto representa el gasto energético mensual en relación con el presupuesto operativo total. Este resultado refleja una debilidad crítica en la transparencia y socialización de los costos operativos, lo cual impide al equipo técnico dimensionar el impacto real de la energía dentro de la sostenibilidad financiera de la planta.

Baja percepción del peso económico del consumo eléctrico, solamente una persona (6%) identificó que el gasto energético mensual es mayor al resto de los gastos operativos, a pesar de que el análisis financiero de la planta muestra que la factura eléctrica mensual alcanza los L 323,460, cifra considerablemente elevada en relación con otras partidas operativas.

Implicaciones operativas del desconocimiento, esta falta de conocimiento repercute en la capacidad del equipo para identificar oportunidades de ahorro, justificar inversiones en eficiencia energética y respaldar técnicamente proyectos de energía renovable. Además, limita la toma de decisiones fundamentadas sobre la priorización del mantenimiento, reemplazo de equipos o implementación de tecnologías sostenibles.

Desconexión entre operación y presupuesto institucional, el hecho de que el personal operativo no relacione el consumo eléctrico con el presupuesto sugiere que los sistemas administrativos y financieros de la planta no están articulados con los procesos técnicos. Esto dificulta establecer una gestión energética integrada entre lo técnico y lo financiero.

- ¿Cuentan con sistema de respaldo?

Ausencia total de respaldo energético, el 100% de los encuestados indica que la Planta Potabilizadora no dispone de un sistema de respaldo energético, como plantas eléctricas, UPS, o bancos de baterías. Esta situación representa una vulnerabilidad crítica, especialmente considerando que el funcionamiento de la planta depende de manera directa del suministro eléctrico para operar bombas, tableros de control, dosificadores y sistemas de tratamiento.

Riesgo de interrupción del servicio, la falta de respaldo implica que cualquier corte en la red eléctrica deja a la planta completamente fuera de operación, lo que afecta directamente la capacidad de potabilización y distribución del agua. Esto puede generar retrasos en el suministro, afectaciones en la calidad del servicio, pérdida de presión en la red, e incluso problemas sanitarios si la interrupción se prolonga.

Alta dependencia de la red eléctrica pública, al no contar con ningún respaldo, toda la operación depende de la disponibilidad y estabilidad de la red eléctrica de ENEE. Dado que en respuestas anteriores se indica que los cortes eléctricos son frecuentes y prolongados, se confirma un estado de inseguridad operativa que pone en riesgo la continuidad de la operación, especialmente en horarios críticos o durante emergencias climáticas.

Limitación operativa para enfrentar fallas, la carencia de un sistema alternativo de energía también limita la capacidad del personal técnico para realizar maniobras de emergencia, activar procesos manuales o garantizar el funcionamiento de equipos sensibles como cloradores automáticos o tableros SCADA, en caso de que existan.

- ¿Presentan cortes o interrupciones frecuentes del suministro eléctrico?

El 100% de los encuestados, que representa el total de la población de la muestra, reporta interrupciones frecuentes en el suministro eléctrico dentro de la planta potabilizadora. Este resultado es contundente y evidencia una problemática energética estructural en la operación de la planta. Desde el punto de vista técnico, los cortes eléctricos pueden tener consecuencias severas en los procesos críticos de potabilización, como lo son:

- Paralización de bombas de agua: esenciales para captar, conducir y distribuir el recurso hídrico.
- Interrupción de los sistemas de desinfección: lo que pone en riesgo la calidad del agua entregada.
- Mayor costo operativo: desgaste acelerado de equipos eléctricos debido a los apagones y reinicios constantes, los motores y sistemas de control automático se deterioran más rápido, las constantes fallas de la red eléctrica provocan mantenimiento correctivo por fallas derivadas.

La situación reflejada por la encuesta indica que el sistema energético en la zona presenta vulnerabilidades críticas que afectan la continuidad del suministro eléctrico. Desde un enfoque técnico, es fundamental diseñar e implementar estrategias integradas de inversión, innovación y gestión para garantizar un suministro confiable, sustentable y resiliente.

Esta información respalda técnicamente la necesidad de implementar un sistema fotovoltaico con respaldo de almacenamiento energético, que pueda mitigar los efectos negativos de estos cortes y garantizar la operación continua de la planta.

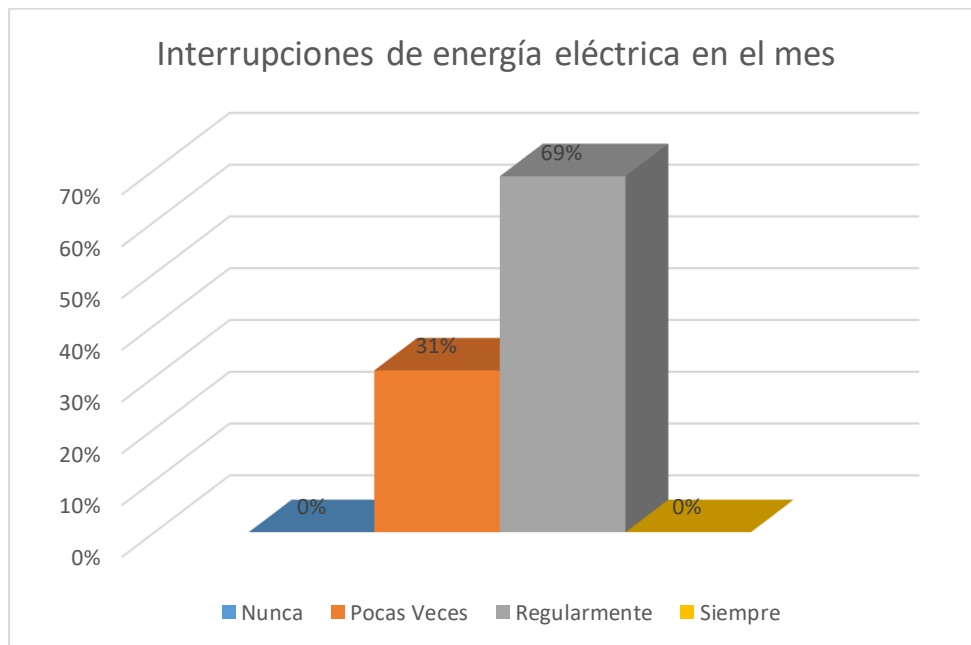
- ¿El corte de energía eléctrica como afecta las operaciones?

Afectación directa al servicio y operación, el 100% de los encuestados reconoce que los cortes de energía tienen consecuencias negativas inmediatas tanto en la operación interna como en la relación con los usuarios. Esta unanimidad es un indicador crítico de cómo la falta de suministro eléctrico interrumpe las funciones esenciales de la planta, afectando la continuidad del servicio de agua potable.

Daños técnicos y riesgo a los equipos eléctricos, los cortes inesperados y especialmente los “apagones” con picos de voltaje pueden dañar motores, arrancadores, tableros de control, sensores, válvulas electrónicas y otros componentes eléctricos. Estos daños no solo generan costos de reparación elevados, sino que también provocan retrasos operativos y disminuyen la vida útil de los equipos, afectando la eficiencia general del sistema.

Impacto operativo en el personal, el corte eléctrico también alarga la jornada de trabajo del personal técnico y operativo, ya que deben reprogramar procesos, reiniciar equipos, verificar los daños y, en algunos casos, realizar tareas manuales que normalmente están automatizadas. Esto implica mayor carga laboral, menor eficiencia y aumento del riesgo de errores, la reacción negativa de los usuarios del servicio, la falta de agua potable provocada por cortes en la planta genera malestar inmediato en los abonados del sistema. Este efecto social tiene implicaciones operativas y administrativas, ya que incrementa las quejas, llamadas, y presiona a la institución para restablecer el servicio sin que existan las condiciones técnicas suficientes. Además, afecta la imagen institucional y la percepción de confiabilidad.

- ¿Las interrupciones de energía eléctrica al mes son frecuentes por fallas de la red de ENEE?



**Gráfica 7. Interrupciones al mes por fallas de la Red de ENEE.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre como consideran las fallas de cortes de energía.

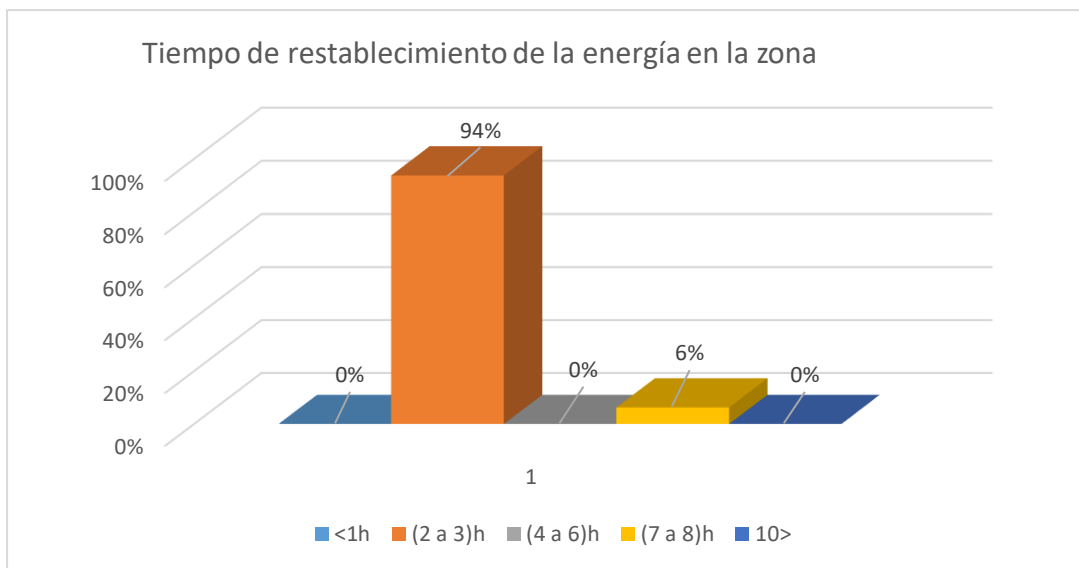
El 69% de los encuestados afirma que las interrupciones por fallas de la red de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) ocurren regularmente cada mes. Esta cifra, sumada al 31% que respondió "pocas veces", indica que la totalidad de los encuestados reconoce la ocurrencia de cortes, aunque con distinta frecuencia.

Este comportamiento afecta directamente al funcionamiento operativo de una planta potabilizadora, ya que:

- Las interrupciones regulares comprometen la continuidad de procesos como el bombeo y tratamiento del agua.
- Se incrementa la necesidad de sistemas de respaldo (por ejemplo, generadores diésel, que elevan los costos de operación y mantenimiento).
- El riesgo de contaminación o fallos en el tratamiento puede aumentar si los procesos quedan a medio ciclo.
- Las variaciones de voltaje al reestablecerse la energía pueden dañar equipos electrónicos sensibles como variadores de frecuencia, tableros eléctricos y sensores.

Este diagnóstico técnico puede apoyar al perfil del proyecto, de implementar un sistema de generación fotovoltaico con almacenamiento para mejorar la confiabilidad energética, reducir la dependencia de la red pública y garantizar un suministro continuo al menos en los procesos críticos.

• ¿Cuánto tiempo tarda en restablecer la energía eléctrica en la zona?



**Grafica 8. El tiempo en que restablece la energía eléctrica.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas.

El análisis de los resultados evidencia que un 94% de los encuestados indicó que el restablecimiento del servicio eléctrico tarda entre 2 a 3 horas, mientras que un 6% afirmó que puede demorar entre 7 a 8 horas.

Ninguno de los encuestados indicó una recuperación más rápida (menos de 1 hora) ni más prolongada (más de 10 horas).

Desde el punto de vista técnico-operativo, estas demoras son altamente críticas en una planta potabilizadora por las siguientes razones:

- Impacto en la operación continua: Las paradas superiores a 2 horas interrumpen procesos clave como el bombeo, la dosificación química y el sistema de filtración, afectando la eficiencia del tratamiento.
- Riesgo para la calidad del agua: La discontinuidad del servicio puede comprometer el cumplimiento de normas sanitarias, generando riesgos para la salud pública.
- Sobrecarga de equipos al reiniciar: La reposición brusca de energía puede provocar picos de corriente, afectando la vida útil de motores, arrancadores y tableros.
- Pérdida económica: Cada hora sin producción o sin bombeo representa pérdidas por interrupciones del suministro de agua a la población.

Este panorama técnico refuerza la necesidad de un sistema energético alternativo, que garanticen la operatividad continua incluso en caso de falla de la red pública.

- ¿El voltaje de energía eléctrica es estable?

Inestabilidad de voltaje como condición generalizada, el 100% de los encuestados afirma que el voltaje de energía eléctrica suministrado por la red no es estable, lo cual representa una condición técnica crítica para la operación de la Planta Potabilizadora. Esta respuesta evidencia una problemática constante de variación en los niveles de tensión, que puede ir desde caídas de voltaje (subtensión) hasta picos peligrosos (sobretensión), afectando directamente el funcionamiento y la integridad de los equipos eléctricos.

Consecuencias técnicas de la inestabilidad de voltaje:

- Daños en equipos sensibles: Los variadores de frecuencia, motores eléctricos, PLCs, tableros de control y sensores, al recibir voltaje fuera de rango, pueden sobrecalentarse, fallar o quemarse.

- Desconexiones intempestivas: Los sistemas automatizados pueden detenerse como medida de protección, interrumpiendo procesos claves como el bombeo, la cloración o el registro de datos operativos.
- Reducción de vida útil: La exposición prolongada a voltajes inestables acelera el desgaste de componentes electrónicos, generando mayores costos de mantenimiento y recambio.

#### Implicaciones operativas:

- Retrasos en la producción de agua potable: Cuando los equipos se desconectan por baja tensión, la operación se detiene hasta que el voltaje vuelva a niveles normales, ocasionando pérdida de tiempo en las actividades programadas.
- Incremento en la supervisión y ajustes manuales: El personal debe estar alerta y muchas veces intervenir manualmente para reiniciar equipos, monitorear voltajes y verificar daños, lo que aumenta la carga operativa y reduce la eficiencia del sistema.
- Riesgo de suministro irregular a la población: Esta inestabilidad compromete el servicio, ya que se interrumpe el proceso de distribución de agua, generando afectación directa en los usuarios.

#### • ¿Qué periodo del año son los días más soleados con una buena Radiación Solar?

El 100% de los encuestados coincidió en que el periodo de enero a mayo representa la etapa del año con mayor cantidad de días soleados y buena radiación solar. Este resultado tiene implicaciones claves para evaluar el perfil del proyecto:

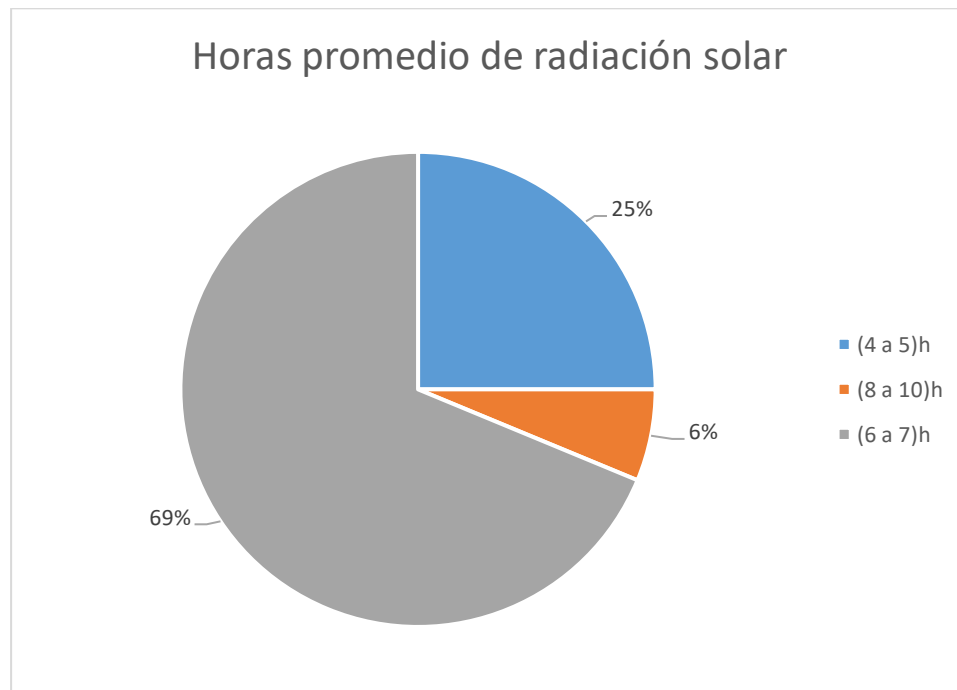
Máxima generación esperada, este periodo será ideal para alcanzar el pico de generación eléctrica del sistema fotovoltaico. Los paneles solares podrán operar en condiciones óptimas gracias a la mayor irradiancia solar.

Diseño del sistema, el conocimiento de este patrón climático es útil para planificar la capacidad de almacenamiento de energía (baterías) y la gestión de carga. Durante estos meses, se puede prever un excedente de generación que podría almacenarse para uso posterior o brindar a la red y poder percibir beneficios económicos por la energía entregada.

Análisis estacional, es esencial considerar que, durante junio a diciembre, especialmente en la época lluviosa (junio a octubre), habrá una notable reducción en la radiación solar disponible, lo cual puede afectar la eficiencia del sistema si no se dimensiona adecuadamente.

Planificación operativa: Este resultado facilita la toma de decisiones para tareas de mantenimiento o ajustes en los sistemas eléctricos, aprovechando el periodo de mayor producción energética.

- ¿Cuánta horas promedio al día esta fuerte el sol?



**Grafica 9. Horas promedio de un sol fuerte durante el día.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre las horas que los rayos del sol se reflejan en la tierra.

El mayor porcentaje de encuestados (69%) indicó que el promedio diario de radiación solar se encuentra entre 6 y 7 horas, lo cual constituye un dato técnico importante para la evaluación del potencial fotovoltaico en la planta, lo cual da base para dimensionamiento y tener en cuenta que ese promedio horas diarias de radiación solar efectiva representa una condición favorable para la instalación de un sistema solar fotovoltaico, ya que permite una producción estable y eficiente de energía.

Aunque un 25% señaló un rango más bajo, poco confiable (4 a 5 horas), esto puede deberse a factores climáticos ocasionales o ubicación de observación dentro del sitio. Sin embargo, el valor predominante de 6 a 7 horas refuerza una estimación técnica confiable.

Si buscamos una estimación de generación utilizando esta media de horas, se puede calcular el rendimiento diario esperado del sistema fotovoltaico. Por ejemplo, un sistema de 10 KW podría generar entre 60 y 70 kWh por día en condiciones óptimas.

El hecho de que solo un 6% reporta valores de 8 a 10 horas indica que los días con máxima radiación son menos frecuentes o puntuales, y, por tanto, no deben considerarse como base para el dimensionamiento del sistema, también da pie a búsqueda de información con otros instrumentos.

- ¿Existen áreas disponibles (techos, terrenos u otros) que puedan utilizarse para instalar paneles solares?

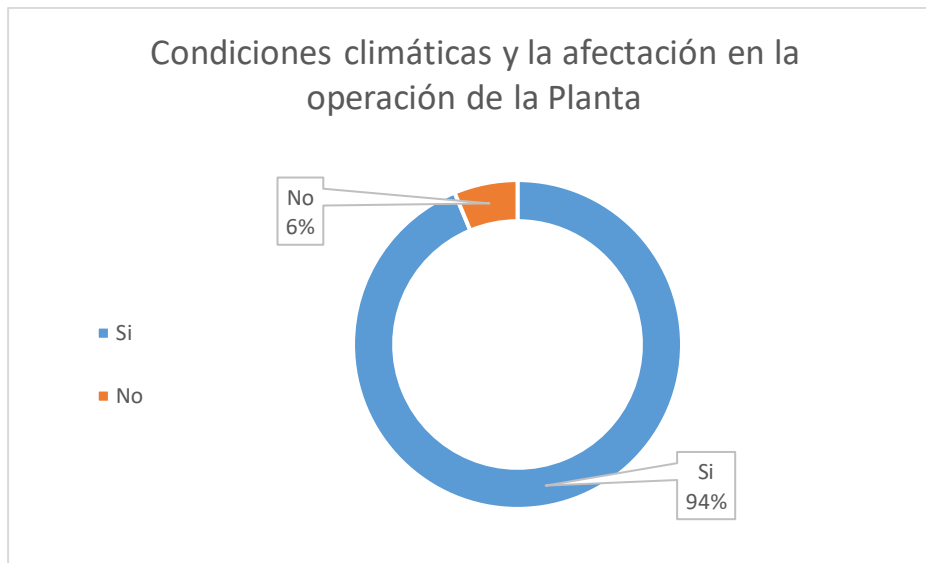
El 100% de los encuestados indicó que existen áreas disponibles, ya sea en techos o terrenos, para la instalación de sistemas de generación fotovoltaica. Este resultado es determinante para la viabilidad de un proyecto solar en la planta.

La disponibilidad confirmada de espacio físico es uno de los principales criterios técnicos para la implementación de paneles solares. Este dato elimina la necesidad de inversión adicional en adecuación estructural o compra de terreno, al contar con techo y/o terreno disponible, se pueden considerar diferentes configuraciones: sistemas sobre techo (on-roof) o en suelo (ground-mounted), según condiciones estructurales, orientación y eficiencia esperada.

La existencia de espacio garantiza no solo la instalación inicial del sistema solar, sino también una posible ampliación futura si aumenta la demanda energética.

Potencial de reducción de consumo de red: La implementación de paneles solares en estas áreas puede significar un descenso sustancial en el consumo de energía de la red eléctrica, especialmente útil considerando los altos costos mensuales de electricidad señalados en otras preguntas del estudio.

- ¿Las condiciones climáticas (invierno) del sector afectan la operación de la Planta?



**Grafica 10. Afectación a la operatividad por las condiciones climática.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre si afecta el clima a las operaciones de la planta potabilizadora.

Alta sensibilidad de la operación frente a condiciones climáticas, el 94% del personal confirma que las condiciones climáticas durante el invierno afectan de manera significativa la operación de la Planta Potabilizadora. Esta percepción está respaldada por la realidad de que en épocas de lluvia se presentan tormentas eléctricas, cortes de energía, incremento del caudal con mayor turbidez y fallas en los sistemas eléctricos, lo cual impacta técnica y operativamente en la continuidad y calidad del servicio.

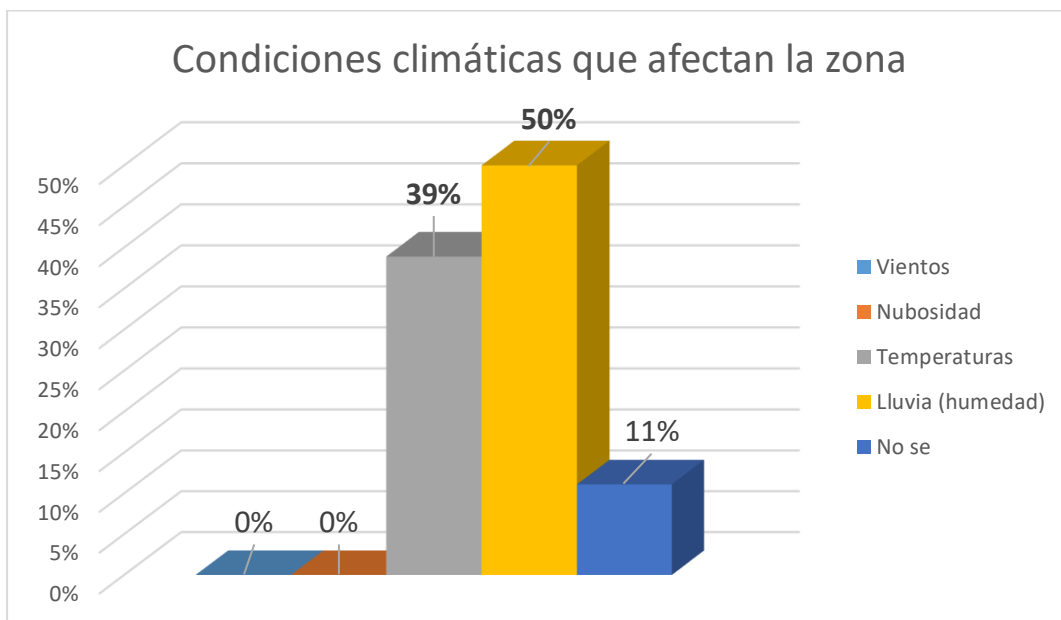
Consecuencias técnicas más frecuentes en temporada lluviosa:

- Cortes e interrupciones del suministro eléctrico: Las lluvias intensas suelen venir acompañadas de descargas eléctricas y fallas en la red de distribución, lo que provoca apagones o variaciones de voltaje que detienen los sistemas eléctricos de la planta.
- Aumento en la turbidez del agua cruda: Las lluvias arrastran sedimentos y contaminantes hacia las fuentes superficiales, lo que exige mayor esfuerzo de los sistemas de bombeo, filtración y cloración, elevando el consumo energético y los tiempos de operación.
- Mayor riesgo de daños eléctricos: El aumento de humedad y la presencia de descargas eléctricas elevan la probabilidad de cortocircuitos, fallas en tableros y desconfiguración de equipos de control automático.

### Impacto operativo del clima adverso:

- Interrupción del servicio: Si la planta se paraliza por corte eléctrico, el suministro de agua potable a la comunidad también se ve interrumpido. Esto repercute directamente en la satisfacción del usuario y en el cumplimiento de metas operativas.
- Mayor presión sobre el personal: Durante el invierno, el equipo técnico debe responder a contingencias eléctricas y realizar ajustes operativos urgentes, lo que genera jornadas extendidas y un nivel mayor de estrés laboral.

#### • ¿Qué otras condiciones climáticas crees que afecten la operación de la planta?



**Grafica 11. Condiciones climáticas que afectan la operatividad de la Planta.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre que condición climática provoca para la operatividad de Planta Potabilizadora.

Los resultados reflejan que la lluvia (50%) y las temperaturas elevadas (39%) son las condiciones más señaladas por el personal como factores que afectan la operación de la planta, esto ofrece información relevante desde una perspectiva energética:

Lluvia (50%) impacto operativo, puede afectar la confiabilidad del suministro eléctrico debido a posibles cortocircuitos, humedad en sistemas eléctricos y menor eficiencia en equipos no herméticos, las lluvias reducen la radiación solar disponible, lo que limita la producción de energía en sistemas fotovoltaicos, y podrían afectar la acumulación de suciedad en paneles solares.

Temperaturas altas (39%) pueden disminuir la eficiencia de motores eléctricos, transformadores y paneles solares (cuya producción disminuye con el aumento térmico), se incrementa la demanda de energía para sistemas de ventilación o climatización, elevando el consumo eléctrico.

Vientos y nubosidad (0%) No fueron identificadas como problemáticas por el personal, aunque técnicamente la nubosidad sí puede afectar sistemas solares. Esto puede indicar una brecha de conocimiento o que en la región la nubosidad no es frecuente ni densa.

Las condiciones identificadas requieren una planificación energética preventiva, en caso de instalar un sistema solar, es importante considerar el comportamiento climático anual (como días lluviosos y temperaturas altas) en el dimensionamiento y orientación de los paneles.

- ¿En la planta han considerado anteriormente instalar un proyecto de energía renovable?



**Grafica 12. Se ha considerado instalar anteriormente un proyecto fotovoltaico.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas si años anteriores consideraron realizar un proyecto fotovoltaico.

Los datos muestran que el 94% del personal técnico operativo afirma que no se ha considerado previamente un proyecto de energía renovable en la planta, lo que revela una falta significativa de análisis o iniciativas en esta área, a pesar del contexto energético actual que favorece la transición hacia tecnologías sostenibles.

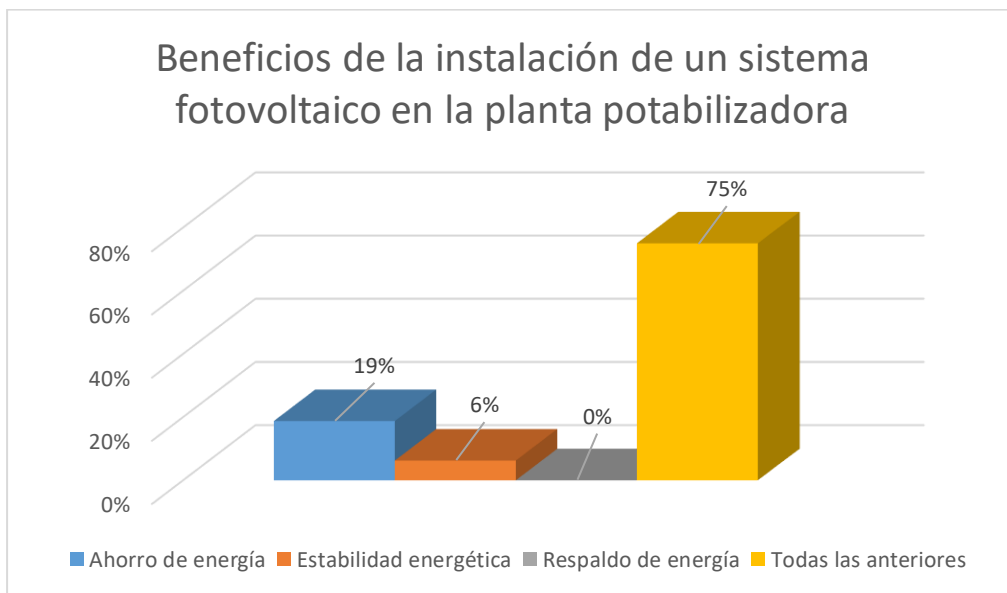
Esta ausencia de planificación hacia fuentes renovables representa una gran oportunidad para iniciar un cambio estratégico, dado que los recursos solares en la zona son favorables (según el análisis anterior de horas de radiación y disponibilidad de áreas).

Necesidad de capacitación y difusión, la falta de iniciativas puede deberse a desconocimiento técnico, financiero o normativo, lo que sugiere que se requiere formación y sensibilización en energía renovable.

En preguntas previas se ha identificado disponibilidad de áreas (100%) y una radiación solar diaria significativa (más del 69% reporta entre 6 y 7 horas/día), lo que fortalece el argumento para iniciar proyectos de energía solar fotovoltaica.

Aunque no se ha considerado previamente la implementación de energía renovable, las condiciones actuales de infraestructura, clima y operación indican una alta viabilidad técnica para iniciar proyectos solares. Es recomendable elaborar un perfil de proyecto que analice aspectos técnicos, económicos y ambientales de una instalación fotovoltaica, la cual se podría iniciar con una prueba piloto o en su defecto un porcentaje de cubrimiento al menos para equipos críticos del proceso.

- ¿Qué beneficios considera que traería la instalación de un sistema fotovoltaico con capacidad de generación para abastecer la planta?



**Grafica 13. Beneficios de un sistema fotovoltaico.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre ahorro de energía, estabilidad energética y respaldo.

Los resultados reflejan que el 75% de los encuestados considera que la implementación de un sistema fotovoltaico aportaría múltiples beneficios integrales, es decir: ahorro, estabilidad y respaldo energético.

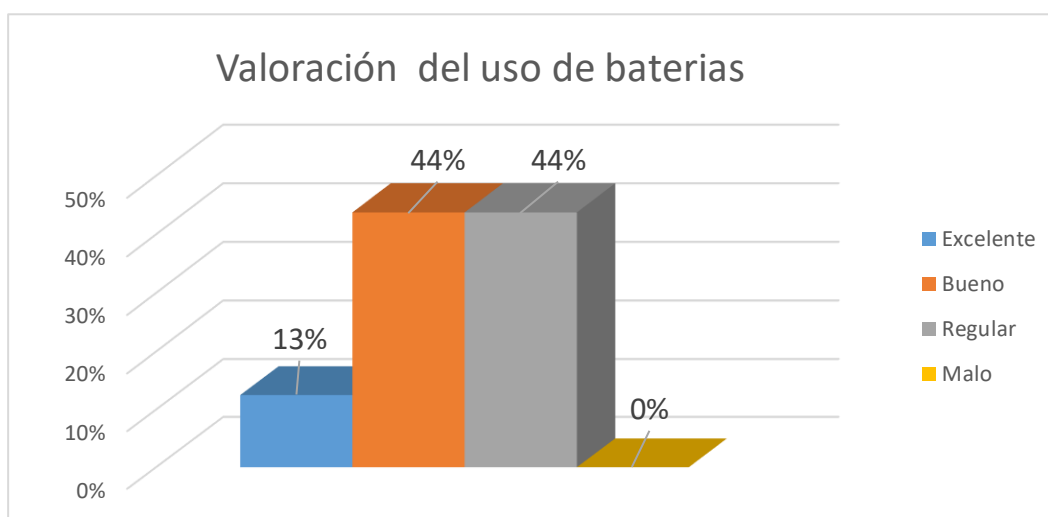
Correlación con aspectos técnicos, el ahorro energético en un sistema fotovoltaico bien dimensionado puede reducir significativamente el consumo de electricidad de la red, generando ahorros operativos y mejorando la competitividad de la planta.

Desde la perspectiva de estabilidad energética las fuentes renovables, cuando se gestionan adecuadamente con sistemas de almacenamiento o sincronización, contribuyen a una mayor autonomía y control de la energía, reduciendo los efectos de cortes o variaciones de voltaje.

Respaldo energético, aunque ningún encuestado marcó esta opción individualmente, al estar incluida en la respuesta “Todas las anteriores”, se reconoce su importancia en casos de emergencia o interrupciones del suministro convencional.

Existe una amplia aceptación del potencial energético de la energía solar en la planta. La respuesta mayoritaria demuestra un entendimiento técnico integral de los beneficios del sistema fotovoltaico. Este nivel de consenso representa un contexto propicio para el desarrollo e implementación de un proyecto solar, con miras a lograr sostenibilidad energética y reducción de costos.

- ¿Cómo valoras el almacenamiento de energía con baterías de calidad para poder producir energía eléctrica?



**Grafica 14. Almacenar energía con baterías.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas sobre cómo considera almacenar energía con baterías.

La mayoría de los encuestados considera que el almacenamiento con baterías es una solución positiva o aceptable para la producción de energía eléctrica en la planta, con un 88% distribuyéndose entre las categorías bueno y regular, y un 13% considerándolo excelente.

Evaluaciones "Excelente" y "Bueno" (57%):

Indican una percepción favorable hacia la adopción de sistemas de almacenamiento como apoyo a fuentes intermitentes (por ejemplo, solar fotovoltaico).

Reconocen el potencial de las baterías para reducir la dependencia de la red y gestionar eficientemente los excedentes de generación solar.

Evaluación "Regular" (44%):

Refleja una actitud cautelosa o falta de experiencia directa con sistemas de baterías, puede estar relacionada con inquietudes sobre costos, mantenimiento o vida útil de las baterías, aspectos que deben abordarse en el diseño técnico del sistema.

Evaluación "Malo" (0%):

La ausencia de opiniones negativas destaca una apertura general a tecnologías de almacenamiento, lo cual es un indicador clave para la aceptación de proyectos energéticos avanzados.

El almacenamiento energético mediante baterías es percibido de manera mayormente favorable por el personal técnico y administrativo de la planta. Esta valoración constituye una base sólida para considerar sistemas híbridos (fotovoltaico + almacenamiento), especialmente para:

- Cubrir picos de demanda
- Garantizar suministro nocturno o en días nublados
- Optimizar el uso de la energía renovable generada

La percepción general positiva favorece la viabilidad del proyecto y de facilitar la eficiencia energética y transición a energías limpias.

- ¿Cree que sería útil integrar bancos de baterías para asegurar el suministro continuo de energía, siendo de los equipos más caros de un proyecto de este tipo?

La totalidad del personal técnico y administrativo encuestado considera útil la integración de bancos de baterías, incluso reconociendo su alto costo dentro de un sistema de generación con energías renovables.

Utilidad reconocida al 100%, se identifica un consenso absoluto sobre el papel estratégico de las baterías para garantizar la autonomía y estabilidad energética, este resultado es coherente con la necesidad de compensar la variabilidad de fuentes intermitentes como la solar.

La inclusión de un banco de baterías genera un impacto positivo en el diseño energético, la valoración técnica respalda la inclusión de almacenamiento en el dimensionamiento de este proyecto, para lograr disminuir los impactos negativos de los problemas energéticos de la red de forma que la planta logre:

- Reducir interrupciones
- Cubrir demanda en horarios sin generación
- Aportar respaldo crítico a cargas prioritarias

Tomando en cuenta su alto costo, los encuestados valoran más la seguridad y continuidad del suministro que el gasto inicial, lo que sugiere una madurez técnica y conciencia energética en el personal consultado.

La percepción técnica es unánime los bancos de baterías son considerados esenciales en un sistema energético confiable y eficiente. Este hallazgo es clave para la justificación económica y técnica del proyecto, permitiendo plantear escenarios con almacenamiento incluso en evaluaciones de rentabilidad a largo plazo.

Este respaldo también facilita la aceptación institucional del sistema, minimiza resistencias al cambio y refuerza la viabilidad de implementar una matriz energética más limpia y autónoma.

- ¿Siendo el sistema de almacenamiento uno de los más caros de un proyecto solar, vale la pena invertir en un sistema de almacenamiento que de estabilidad energética?

Aceptación total de la inversión en almacenamiento, el 100% del personal encuestado considera que, a pesar del alto costo, vale la pena invertir en un sistema de almacenamiento si este proporciona estabilidad energética. Esta percepción demuestra una clara comprensión del valor estratégico y operativo de contar con autonomía energética en una planta cuya operación depende completamente de la disponibilidad de energía eléctrica.

Justificación técnica de la necesidad del almacenamiento:

- Continuidad del servicio: La operación de la Planta Potabilizadora requiere energía eléctrica de forma constante y confiable, especialmente para la operación de bombas, dosificadores, tableros de control y sistemas de monitoreo. La intermitencia del suministro eléctrico o el voltaje inestable afectan directamente estos procesos.
- Autonomía energética: Un sistema de baterías dimensionado adecuadamente permite mantener en funcionamiento los equipos críticos durante cortes de energía prolongados, evitando interrupciones en el suministro de agua.
- Estabilidad del voltaje: Los inversores híbridos y sistemas de baterías no solo almacenan energía, sino que filtran y estabilizan la tensión eléctrica, protegiendo equipos electrónicos sensibles.

Ventajas operativas del almacenamiento energético:

- Respaldo ante contingencias climáticas: Durante la temporada lluviosa, donde los cortes son frecuentes, las baterías garantizan que la planta pueda seguir operando sin interrupciones, incluso en condiciones adversas.
- Reducción de tiempos muertos y daños operativos: Al evitar paradas forzadas, se eliminan los tiempos improductivos y se protege el estado de los motores y otros dispositivos eléctricos, prolongando su vida útil.
- Mayor capacidad de planificación operativa: Con un sistema de respaldo, el personal puede programar turnos, mantenimientos y entregas de agua sin depender del comportamiento de la red, lo que mejora la eficiencia de la operación.

Relevancia económica en el contexto del proyecto, aunque los bancos de baterías representan un 30% a 40% del costo total de un sistema fotovoltaico híbrido, la reducción de costos por interrupciones, daños eléctricos, horas extra del personal y pérdida de producción compensa esta inversión en el mediano plazo. Además, la combinación de generación solar con almacenamiento reduce significativamente la factura eléctrica, con proyecciones de ahorro en más del 85% mensual.

- ¿Considera que un sistema solar ayudaría a reducir costos operativos?

Aprobación unánime del beneficio económico, el 100% de los encuestados coincide en que la implementación de un sistema fotovoltaico contribuiría directamente a reducir los costos operativos de la planta. Esta percepción evidencia una clara conciencia energética del impacto económico de los sistemas de generación renovable, podríamos interpretar lo siguiente:

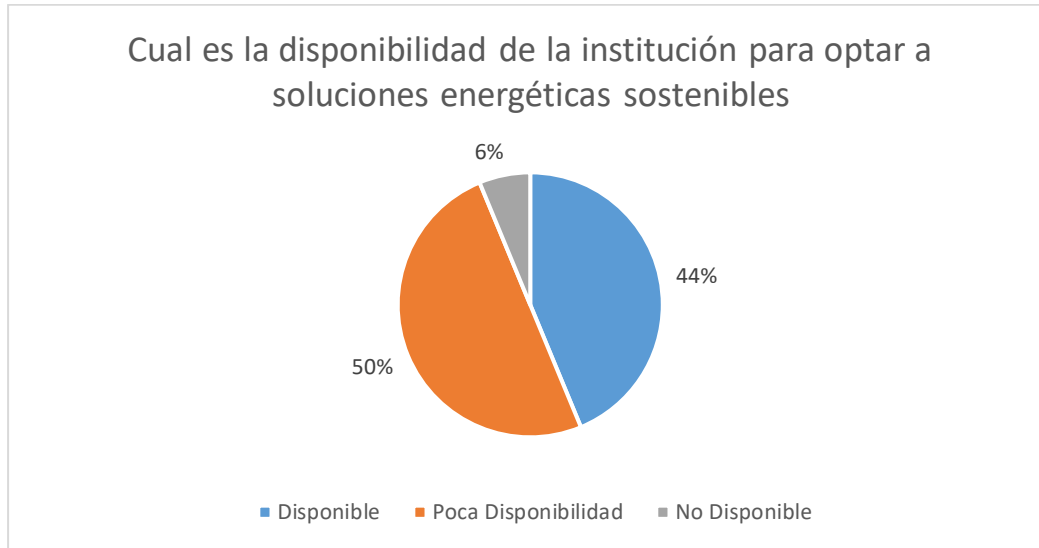
- Esta afirmación técnica se alinea con el costo evitado por el consumo de energía de red o combustible fósil.
- La estabilidad de precios al depender de una fuente inagotable como el sol.
- La posibilidad de integrar tecnologías de eficiencia energética, como inversores inteligentes y monitoreo en tiempo real, que optimizan aún más el ahorro.

Dado que la totalidad de los participantes lo ve como un mecanismo para disminuir los gastos, este dato fortalece:

- La justificación de la inversión inicial.
- Poder implementar una propuesta de escalamiento energético, si existiese un plan de crecimiento de la planta.

La respuesta positiva y unánime refuerza la viabilidad energética y financiera del proyecto fotovoltaico. No solo hay conciencia del ahorro esperado, sino también una disposición favorable al cambio tecnológico, esto permite avanzar hacia una estrategia energética sostenible, que reduzca la dependencia de fuentes externas, mejore la competitividad de la planta y respalde la transición hacia un modelo de producción con menor huella ambiental.

- ¿Cuál es la disposición de la institución para optar en soluciones sostenibles energéticamente?



**Grafica 15. Disposición para una sostenibilidad energética.**

Nota: Se realizó una gráfica de acuerdo a las respuestas

La tendencia general moderada, el 50% de los encuestados señala que la disponibilidad es limitada, mientras que un 44% indica que sí existe disponibilidad activa para adoptar soluciones sostenibles como la energía solar. Solo un 6% afirma una total falta de apertura, factores que pudieran limitar la adopción energética sostenible:

- Presupuestos institucionales ajustados.
- Desconocimiento técnico sobre tecnologías renovables.
- Falta de planificación energética institucional.
- Limitaciones administrativas o normativas.

Aunque la mayoría percibe algún grado de interés o apertura, la existencia de un porcentaje importante con “poca disponibilidad” sugiere que el proyecto debe incluir una fase preliminar de socialización institucional.

Los datos reflejan una disponibilidad parcial pero mejorable para adoptar tecnologías sostenibles. Esta percepción debe considerarse como un punto de partida para diseñar una estrategia energética que involucre a la administración, con soluciones claras y demostración del beneficio técnico-económico. El enfoque debe ser gradual, práctico y con resultados medibles.

- ¿Recomendaría avanzar con un perfil de proyecto para un sistema solar con almacenamiento en la planta potabilizadora?

La totalidad de los encuestados (100%) considera pertinente avanzar en un perfil de proyecto para un sistema solar fotovoltaico con almacenamiento. Esto refleja un alto consenso técnico y económico sobre el potencial de la energía solar en la operación de la planta potabilizadora, la unanimidad en las respuestas sugiere una clara disposición a avanzar con acciones concretas para la implementación de energías renovables.

El perfil del proyecto se convierte en el siguiente paso lógico y necesario para validar técnica y económicamente el proyecto, con potencial para transformar el modelo energético de la planta hacia uno más limpio, estable y eficiente, considerando lo siguiente:

- 100% considera que existen áreas disponibles para paneles solares.
- 100% cree que un sistema solar ayudaría a reducir los costos operativos.
- 100% está a favor de integrar baterías como respaldo.

Esto indica una disposición a proyectos de energía renovable del grupo encuestado, que valida la apertura al desarrollo de soluciones sostenibles. Dada la demanda eléctrica continua en la planta potabilizadora, la combinación de paneles solares + almacenamiento es altamente eficiente:

- Permite autonomía energética ante interrupciones.
- Mejora la resiliencia operativa frente a eventos climáticos o cortes de red.
- Reduce emisiones si actualmente se depende de combustibles fósiles como el diésel.

La unanimidad en las respuestas sugiere una clara disposición a avanzar con acciones concretas para la implementación de energías renovables. El proyecto se convierte en el siguiente paso lógico y necesario para validar técnica y económicamente el proyecto, con potencial para transformar el modelo energético de la planta hacia uno más limpio, estable y eficiente.

### 4.3. CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE NACAOME, VALLE

#### 4.3.1. CONSUMO DE LA PLANTA POTABILIZADORA

Durante la inspección dentro de la planta, se identificaron los siguientes equipos:

- 14 bombas de agua de diferentes potencias.
- 2 aires acondicionados de 12000BTU.
- 40 lámparas dobles fluorescente.
- 2 refrigeradoras.

Dicha inspección dentro de la planta potabilizadora se identificó que el sistema es Trifásica con voltajes de 480V/220V/110V, según los datos de placa de todos los equipos eléctricos la suma ronda los 254KW aproximadamente 359 Amperios, datos que se muestra en la tabla 7.

La mayor parte del tiempo cuando la planta opera la potencia que se refleja en los medidores es de 200 Amperios con un aproximadamente 142KW, datos que se muestran en la figura 19, Esto debido a que solo se conectan dos bombas de aguas de 51.75KW al mismo tiempo.

**Tabla 7. Equipos eléctricos de la Planta Potabilizadora.**

Tabla de equipos Planta Potabilizadora Nacaome								
No.	Equipo Eléctrico	V	Hz	Con	KW	KWt	KWH/D	Con. anual (MWh)
4	Bomba FELM	480	60	D	51.75	207	1035	372.6
4	Bomba FELM	480	60	Y	9	36	648	233.28
6	Bomba Rognoni	480	60	Y	0.55	3.3	59.4	21.384
2	Aires acondicionados 12KBTU	220	60		1.3	2.6	18.2	6.552
40	Lámparas	110	60		0.12	4.8	33.6	12.096
1	Refrigeradora 10 PC	110	60		0.2	0.2	2	0.72
1	Refrigeradora 6 PC	110	60		0.12	0.12	1.2	0.432
<b>Total</b>						<b>254.0</b>	<b>1797.4</b>	<b>647.064</b>

Nota: Listado de equipos y su potencia eléctrica.



**Figura 18. Equipo de medición de Potencia.**

Nota: Medidor análogo de voltaje y amperaje.

#### 4.3.2. EQUIPOS CON MAYOR DEMANDA ELÉCTRICA

Como se observa la figura 20 se muestran los equipos de mayor consumo. Los equipos eléctricos que más consumen al año en la planta Potabilizadora son las bombas Felm de 51.75KW con un promedio de consumo anual de 372.6 MWh y las bombas Felm de 9KW con un consumo promedio anual de 233.28MWh. Siendo una suma 605.88 MWh anual, representando el 93.6% del consumo energético total.



**Figura 19. Bombas de agua FELM 51.75KW y 9KW.**

Nota: Son los dos equipos eléctricos de mayor consumo energético.

### 4.3.3. HORAS DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS

El horario establecido para operación de la Planta Potabilizadora es de 18 horas al día que por lo general encienden a las 4:00 de la mañana y apagan operación a las 10pm. El resto de las 6 horas se deja para descanso de las maquinas eléctrica. Regularmente existen fallas del fluido eléctrico en la red en las horas de operación lo que conlleva a que se extienda las horas de trabajo.

### 4.3.4. CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL

Como se muestra en la tabla 1 vista en el Capítulo 2 el promedio del consumo energético mensual en la Planta Nacaome es de 53,536KWh. Resultado que fue extraído de las facturas eléctricas del año 2024.

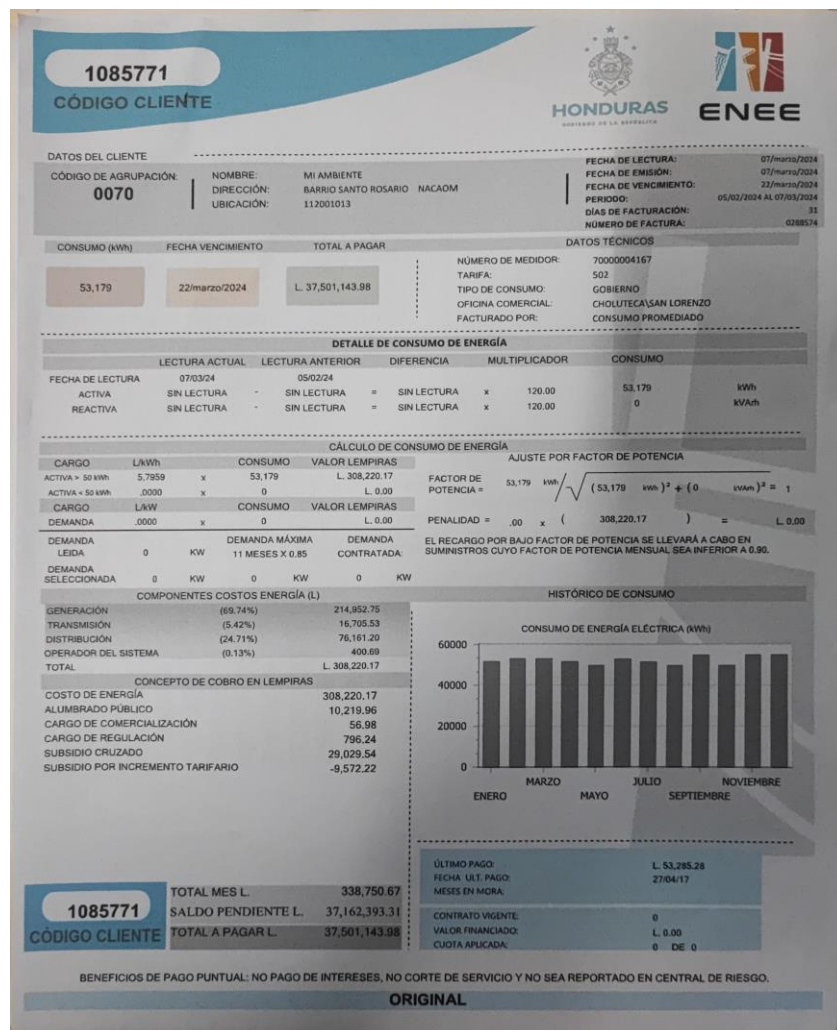


Figura 20. Factura energética de la ENEE.

Nota: Recibo de la ENEE en marzo del 2024, donde se encuentra la energía consumida, precio del KWh y el pago mensual.

#### 4.3.5. PRECIO POR KWH

En la figura 21 se muestra dentro del recibo el precio estipulado por kwh consumido, este valor ronda los 5.7959 lempiras durante el 2024. Actualmente la estructura tarifaria de La CREE–ENEE para el año 2025 es la siguiente (figura 22).

### Estructura tarifaria que debe aplicar la ENEE para la facturación a partir de abril de 2025

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Potencia	Precio de la Energía
	HNL/abonado-m	HNL/kW-mes	HNL/kWh
Servicio Residencial			
Consumo de 0 a 50 kWh/mes	58.17		4.4722
Consumo mayor de 50 kWh/mes	58.17		
Primeros 50 kWh/mes			4.4722
Siguientes kWh/mes			5.8195
Servicio General en Baja Tensión	58.17		5.8273
Servicio en Media Tensión	2,574.76	324.2580	3.8012
Servicio en Alta Tensión	6,436.90	279.9264	3.5852

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Energía
	HNL/Lámpara-m	HNL/kWh
Alumbrado Público	66.27	4.5800

Acti  
Ve a l

#### Figura 21. Estructura Tarifaria 2025.

Nota: En la imagen se demuestra la tarifa que debe aplicar la ENEE a partir del mes de abril del 2025.

#### 4.3.6. PAGO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL

El promedio mensual de pago de energía ronda los 343,592 lempiras, dicho pago se demuestra en la figura 21. Tomar en cuenta que algunas de las lecturas de consumo mensual son promediadas por parte de la ENEE, valores vistos en la tabla 1 del Capítulo 2.

#### 4.3.7. SISTEMAS DE GENERACIÓN DE RESPALDO

La planta Nacaome no cuenta con sistemas de respaldo, no existe un proyecto para ejecutar una compra e instalación de un sistema de respaldo.

#### 4.3.8. CANTIDAD DE INTERRUPCIONES ELÉCTRICA Y TIEMPO DE RESTABLECIMIENTO DEL FLUIDO ELECTRICICO

De acuerdo a la encuesta y a al jefe de electromecánicos del Programa Nacaome las interrupciones de energía eléctrica en la zona son constantes, en promedio 4 veces por semana, el tiempo para restablecer el fluido eléctrico es de un aproximado de 3 horas.

#### 4.3.9. NIVELES DE VOLTAJE ELÉCTRICA EN LA PLANTA

La mayor parte del tiempo existen fallas de fluctuación de voltaje provocando que exista paros operativos en la planta potabilizadora. Esto perjudica directamente a los usuarios del servicio de agua potable, además de esto se dan fallas de equipos debido a las fluctuaciones lo cual influye negativamente en el costo operativo de la planta.



**Figura 22. Panel de Nivel de Voltaje y Amperaje Digital.**

Nota: En el panel de control se va monitoreando que niveles de voltajes se encuentran en la planta Nacaome y al mismo tiempo su amperaje.

En la figura 23 se observa que el nivel de voltaje es bajo de 412V, el cual debe rondar en 480V para ser un voltaje correcto en la operación de los equipos.

El análisis técnico detallado realizado en este capítulo revela que la Planta Potabilizadora de Nacaome opera actualmente bajo condiciones energéticas que pueden ser sustancialmente optimizadas, tanto en términos de consumo como de eficiencia operativa. Las cifras evidencian una dependencia excesiva del suministro eléctrico convencional, con un consumo diario de 1,797 kWh y una factura mensual alrededor de L323,000 lo cual compromete de manera directa la sostenibilidad financiera de la operación a mediano y largo plazo.

Ante este escenario, las oportunidades de mejora identificadas no solo son técnicas y cuantificables, sino que también se traducen en posibilidades reales de transformación estructural del sistema energético de la planta.

Uno de los hallazgos más relevantes es que el 97% del consumo total está concentrado en equipos de bombeo, lo que permite enfocar las estrategias de eficiencia en acciones específicas y de alto impacto. La incorporación de tecnologías como variadores de frecuencia, el rediseño de esquemas de operación eléctrica y la instalación de un sistema de generación solar híbrido, permitirían reducir de forma significativa la carga sobre la red pública y mejorar el control sobre los picos de demanda. Además, se establece que el sistema fotovoltaico propuesto tiene el potencial de disminuir el consumo desde la red en un 90%.

Desde el punto de vista de área y estructural, se determina que existe un margen técnico de implementación, además el proyecto puede ser abordado mediante soluciones de ingeniería como el uso de paneles de alta eficiencia, estructuras elevadas o ajustes en la inclinación del montaje, sin comprometer la productividad del sistema.

Asimismo, el respaldo institucional y técnico reflejado en las encuestas permite inferir que existe un contexto favorable para avanzar hacia un modelo energético sostenible, siempre que se articule con procesos de capacitación, monitoreo continuo y políticas internas que aseguren el buen uso, seguimiento y mantenimiento de los equipos. El uso de tecnologías inteligentes de gestión energética, combinado con acciones estratégicas en eficiencia operativa, configura un nuevo modelo de gestión de planta más autónomo, resiliente y eficiente.

En definitiva, las oportunidades de mejora detectadas nos permiten optimizar el desempeño energético actual, también abren la puerta a una transformación profunda del modelo operativo de la planta, al incorporar principios de sostenibilidad, autosuficiencia y gestión técnica avanzada. Estas mejoras, correctamente planificadas e implementadas, podrían posicionar a la planta de Nacaome como un referente en eficiencia energética en el sector público del país.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

El proyecto fotovoltaico propuesto no solo representa una solución para reducir el gasto energético, sino que se proyecta como una herramienta operativa integral que permitirá a la planta garantizar la continuidad del servicio, aumentar la resiliencia institucional ante cortes eléctricos y mejorar la capacidad de gestión técnica del sistema, a continuación, se concluye que:

Las condiciones energéticas de la Planta Potabilizadora de Nacaome son desfavorables tanto por las fluctuaciones de voltajes como los cortes de energía recurrentes en la zona, además presenta un alto consumo energético, un consumo diario de 1,797 kWh, lo que representa un consumo mensual estimado de 53,910 kWh y anual de 646.920 MWh, generando una factura mensual promedio de L323,460, la planta opera un aproximado de 18 horas por día. Esta carga energética impacta negativamente en la sostenibilidad financiera de la planta.

Desde una perspectiva técnica el proyecto es viable, dado que la planta tiene un consumo diario promedio de 1,797 kWh, equivalente a un consumo mensual de 53,910 kWh. Con el diseño propuesto de 646 paneles solares de 560 Wp cada uno, se estima una producción solar mensual de 43,200 kWh, lo que estima un ahorro mayor del 85% del consumo actual. La incorporación de un banco de 96 baterías y un inversor de 250 kW proporciona respaldo de energía durante 4 a 5 horas por la noche y durante cortes prolongados de la red. Con los datos obtenidos con software especializados, se obtiene una viabilidad ambiental y climática, en el estudio se identifica que el periodo con mejor radiación solar es de enero a mayo, con una media de 6 HSP diarias, lo que refuerza la viabilidad del proyecto desde el punto de vista geográfico y climático.

Desde el punto de vista financiero y económico se puede demostrar que el proyecto es viable, se obtienen TIR, VPN, y ROI con resultados favorables, el proyecto representa un importante potencial de ahorro. Según los datos presentados en la tablas comparativas y gráficos presentados durante el análisis del perfil de proyecto, la factura energética mensual actual de la planta es de L.323,460, mientras que, con el sistema solar instalado, se espera una reducción en la factura mensual  $\geq 85\%$ . Esta sustancial reducción de los costos operativos libera recursos presupuestarios que pueden reasignarse a mejoras de mantenimiento y servicio.

## 5.2. RECOMENDACIONES

1. Optimizar el diseño del sistema para el espacio disponible, el área actual disponible (1,722 m<sup>2</sup>) se busca realizar un diseño de estructuras de soporte que ayuden a maximizar las áreas disponibles y darle mayor eficiencia a la generación energética a la planta potabilizadora ya que mayor generación en menor espacio.
2. Considerando que la planta opera 18 horas al día y que las bombas de agua representan el 97% del consumo energético, se recomienda incorporar sistemas de control (como variadores de frecuencia) que mejoren la eficiencia operativa y reduzcan el desgaste de los equipos.
3. Tomando en cuenta la implementación, alcance y costo del sistema fotovoltaico sería de gran importancia implementar un plan de mantenimiento preventivo energético.
4. Dado que el sistema propuesto implica inversión en baterías, inversores y paneles, se sugiere establecer un programa de monitoreo, limpieza, y revisión periódica de componentes, así como la instalación de medidores inteligentes que ayuden a controlar los flujos de energía y optimizar la operación.
5. Considerando la magnitud del proyecto y sus beneficios, la sensibilización y capacitación técnica continua del personal sería una ventaja técnica y operativa, dado que se identificó una apertura positiva a la transición energética, es estratégico fortalecer esta cultura mediante capacitaciones periódicas sobre operación de sistemas renovables, gestión energética y análisis de indicadores de desempeño.
6. Se sugiere tomar en cuenta el cambio de luminarias, aunque su consumo es menor al de las bombas del sistema, el cambio a luminarias led con tecnología actualizada ayudaría a mejorar la eficiencia energética del sistema fotovoltaico, logrando un aumento en la autonomía del sistema en las horas nocturnas.

## **CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD**

Este capítulo profundiza en la aplicabilidad de los resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación propuesta en el contexto de un Perfil para un Proyecto de Sistema Fotovoltaico con Almacenamiento en la Planta Potabilizadora de Nacaome, Valle. El diseño e implementación de este proyecto tiene una factibilidad importante de acuerdo a la información obtenida mediante la evaluación del análisis financiero con un TIR de 21.34% y un LCOE de 3.0342 Lps/KWh.

La aplicación de los conocimientos adquiridos sobre la gestión de proyectos se realizará por medio de la metodología del Project Management Institute (PMI), se reflejarán en la aplicación de cada área de conocimiento que se implementará en el proyecto para su inicio y planificación. A través de la utilización del programa de Project.PRJ (PVsyst 7.4) que realiza una simulación del estudio técnico y económicos del proyecto fotovoltaico.

### **6.1. NOMBRE DE LA PROPUESTA**

Perfil para un Proyecto de Sistema Fotovoltaico Híbrido con Almacenamiento en la Planta Potabilizadora de Nacaome, Valle.

### **6.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

La presente propuesta para un perfil surge como respuesta a una problemática estructural y persistente que afecta directamente la continuidad y eficiencia del servicio de agua potable en la Planta Potabilizadora de Nacaome, Valle. Diversos factores identificados en los capítulos técnicos y económicos respaldan la urgencia y viabilidad de implementar una solución energética autónoma, a través de un sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento.

Desde el punto de vista energético, se evidencia que la planta consume en promedio 1,797 kWh diarios, generando un gasto mensual de aproximadamente L 323,460, lo que representa una carga financiera considerable y una dependencia casi absoluta del suministro eléctrico público. A esto se suma que el 100% del personal confirma que no existe sistema de respaldo, y que los cortes de energía son frecuentes y afectan directamente la operación, provocando daños a equipos, interrupciones del servicio, malestar social e incremento de las horas de trabajo del personal operativo.

En términos técnicos, el análisis muestra que la infraestructura de la planta permite la instalación de un sistema de paneles solares, un banco de baterías con un inversor, con capacidad para reducir el consumo desde la red y cubrir las horas críticas sin interrupción. Además, la ubicación geográfica ofrece condiciones favorables de radiación solar (promedio de 6 HSP durante la mayor parte del año), lo que refuerza la viabilidad del sistema propuesto.

Desde una perspectiva económica, los ahorros podrían ser considerables al año y los años que este operativo y generando el proyecto, mejorando sustancialmente la eficiencia operativa y liberando recursos para otras áreas prioritarias. el 100% del personal encuestado considera que vale la pena su incorporación, un sistema fotovoltaico híbrido con su almacenamiento, dado que garantiza estabilidad energética, protección de equipos y continuidad del servicio.

En el plano operativo y social, la propuesta contribuye a mejorar la resiliencia institucional, reducir la exposición a riesgos eléctricos, estabilizar procesos críticos como el bombeo y la cloración, y garantizar un suministro de agua más confiable para la población, especialmente durante la temporada lluviosa, cuando las interrupciones son más frecuentes.

Finalmente, la propuesta se justifica como parte de un proceso de transición energética sostenible en el sector público, alineado con los objetivos de eficiencia energética, reducción de emisiones y mejora de los servicios esenciales. La integración de tecnologías limpias como la solar, con respaldo y automatización, representa una solución estructural y de largo plazo, no solo viable, sino necesaria para garantizar la continuidad y calidad del servicio de agua potable en la región.

### **6.3. ALCANCE DE LA PROPUESTA**

En conjunto, la propuesta de un perfil de proyecto tiene como alcance:

- Analizar y validar la viabilidad técnica de una solución energética renovable.
- Estimar su impacto en la reducción del gasto operativo y los riesgos eléctricos.
- Identificar beneficios sociales, como la mejora en la calidad del servicio de agua y la percepción de los usuarios.
- Sentar las bases para una inversión futura que garantice resiliencia energética, sostenibilidad y eficiencia institucional.

Diagnóstico de la demanda energética y operatividad, la propuesta incluye estudiar el perfil del consumo eléctrico diario de la planta, que asciende a 1,797 kWh/día, con énfasis en los equipos de mayor carga como bombas y tableros eléctricos. Además, se evalúa el impacto de la inestabilidad de voltaje, los cortes frecuentes y la falta de sistemas de respaldo, lo cual representa una amenaza directa para la continuidad de operación.

Dimensionamiento técnico del sistema solar híbrido, se contempla el diseño de un sistema compuesto por 646 módulos fotovoltaicos, un inversor de 250 kW y 96 baterías de litio, con capacidad para cubrir el consumo crítico de la planta, tanto en horario solar como en horario nocturno o de emergencia. El estudio técnico también evalúa el espacio disponible (1,722 m<sup>2</sup>) para su instalación y las condiciones de radiación solar local, favorables durante al menos ocho meses al año.

Simulación de desempeño energético, a través del software PVSYST, se proyectan los niveles de generación eléctrica anual y se simula la interacción con el banco de baterías, con indicadores clave como el porcentaje de autonomía alcanzado, la energía inyectada a la red y la reducción en el consumo de red. Esto permite establecer un panorama confiable del rendimiento esperado del sistema.

Compatibilidad con infraestructura existente, la propuesta analiza la viabilidad de integrar el sistema solar sin comprometer los procesos actuales, considerando el redireccionamiento de cargas, la protección de equipos sensibles y la posible incorporación de tecnologías para mayor eficiencia energética como ser variadores de frecuencia en las bombas principales

Evaluación de percepción y participación institucional, a partir de las encuestas aplicadas al personal técnico y administrativo, se evidencia un alto grado de aceptación de la propuesta. El 100% de los encuestados considera que la implementación de un sistema de almacenamiento energético es necesaria, y que el proyecto aportará resiliencia, ahorro y continuidad operativa, lo que muestra un contexto institucional favorable para su adopción.

Impacto en la calidad del servicio de agua, el alcance social de la propuesta se refleja en su contribución a la continuidad del servicio de agua potable, especialmente durante cortes eléctricos o tormentas, reduciendo el malestar de los usuarios, las quejas por interrupciones, y evitando afectaciones en comunidades que dependen de este sistema para consumo humano.

Fortalecimiento de la gestión pública local, la iniciativa representa una mejora estructural en la gestión de servicios públicos, al dotar a la planta de herramientas que disminuyen su

vulnerabilidad energética. Esto promueve una imagen institucional positiva, fortalece la confianza ciudadana y genera condiciones para replicar el modelo en otras instalaciones públicas del país.

## **6.4. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO**

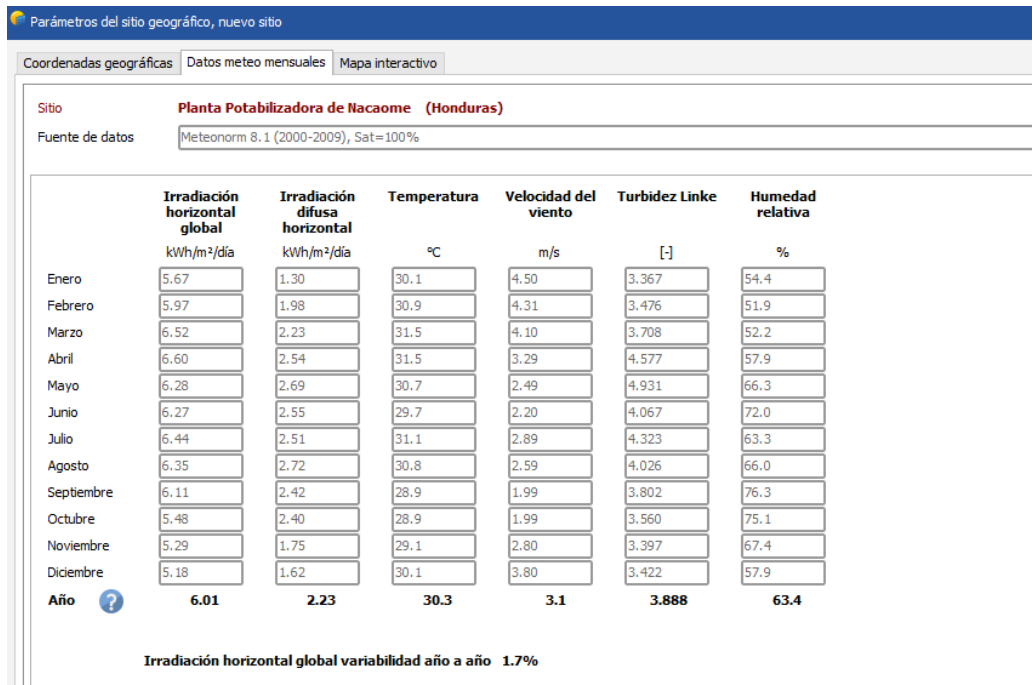
### **6.4.1. DESCRIPCIÓN**

Se desarrollará una propuesta para la gestión del perfil de proyecto orientada a la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica con almacenamiento en la planta potabilizadora de agua del municipio de Nacaome, Valle, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética, reducir los costos operativos y garantizar la continuidad del servicio ante interrupciones del suministro eléctrico. La viabilidad del proyecto será evaluada a través de un análisis técnico y económico, considerando variables como la demanda energética actual, la disponibilidad de irradiación solar y el retorno de la inversión.

### **6.4.2. ANALISIS TÉCNICO**

#### **6.4.2.1. RADIACIÓN SOLAR EN LA PLANTA POTABILIZADORA**

Con el programa de PVsyst y usando las coordenadas Lat.: 13.52950560367929 y Lon.: -87.485501799073, se ubicó La Planta Potabilizadora de Nacaome, Valle. Donde la irradiación solar promedio rondan de 6.01 HSP como se demuestra en la figura 24.



**Figura 23. Datos meteorológicos mensuales.**

Nota: Usando el PVsyst se encontró el promedio de las irradiaciones, temperaturas y velocidad del viento.

También se encontró la temperatura promedio mensual que ronda los 30.3°C como se demuestra en la figura 24. La temperatura es parte importante del estudio técnico dado que incide en la eficiencia de generación de los módulos fotovoltaicos. Podemos decir que a mayor temperatura sobre 27 °C la eficiencia de generación tiende a la baja.

#### 6.4.2.2. ESPACIO DISPONIBLE PARA LA INSTALACIÓN

De acuerdo al análisis en PVsyst nos da como resultado 646 módulos solares, con una ocupación de área de 1669 m<sup>2</sup>, datos que se muestran en la figura 25.



**Figura 24. Diseño de estructura de módulos fotovoltaicos.**

Nota: Usando el PVsyst se encontró el promedio de las irradiaciones, temperaturas y velocidad del viento.

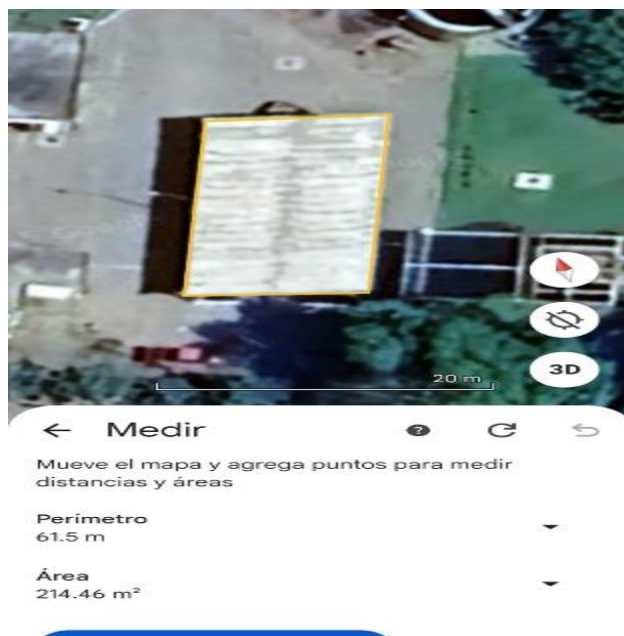
Durante la inspección se analizó los lugares donde se podría instalar los módulos fotovoltaicos, para poder saber las áreas exactas se utilizó Google Earth dando las siguientes áreas (m<sup>2</sup>):

**Tabla 8. Disponibilidad de área para instalación FV.**

Área en Techo			Área en Techo		
Galera	214	m <sup>2</sup>	Área #1	172	m <sup>2</sup>
Losa #1	137	m <sup>2</sup>	Área #2	181	m <sup>2</sup>
Losa #1	69	m <sup>2</sup>	Área #3	164	m <sup>2</sup>
Techo #1	54	m <sup>2</sup>	Área #4	312	m <sup>2</sup>
Techo #2	35	m <sup>2</sup>	Área #5	138	m <sup>2</sup>
			Área #6	63	m <sup>2</sup>
			Área #7	108	m <sup>2</sup>
			Área #8	75	m <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>	<b>509</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Subtotal</b>	<b>1213</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

<b>AREA TOTAL DISPONIBLE</b>
<b>1722 m<sup>2</sup></b>

Fuente: (Elaboración propia, 2025)



**Figura 25. Área de Techo.**

Nota: Se midió el área de la Galería usado el programa de Google Earth.



**Figura 26. Área de Terreno.**

Nota: Se midió el área del terreno usado el programa de Google Earth.

Se tiene un total disponible de 1,722 m<sup>2</sup>. Que según los cálculos realizados se necesitan 646 paneles solares que cubren área aproximada de 1,669 m<sup>2</sup>, de acuerdo a estos datos dentro del emplazamiento de la planta potabilizadora se tiene el área necesaria para la instalación de los módulos fotovoltaicos.

#### 6.4.2.3. CONDICIONES CLIMATICAS

El municipio de Nacaome existe dos tipos de condiciones climáticas:

- El verano: Normalmente el verano se da desde noviembre a mayo, es decir que la mayor parte del año son días soleados, logrando días con un promedio de 5 a 6 HSP de irradiación.
- El Invierno: Normalmente el invierno de junio a noviembre, en esta época se dan tormentas eléctricas constantes.

#### 6.4.2.4. CAPACIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Para lograr encontrar la capacidad de generación solar que necesita la Planta Potabilizadora, se realizó un análisis técnico del consumo eléctrico de los equipos existentes, generando un perfil eléctrico del consumo energético. En las siguientes tablas que se verán a continuación se demuestra un análisis de datos que nos da a conocer las cantidades de equipos fotovoltaicos a necesitar.

**Tabla 9. Consumo de energía diaria de la Planta.**

No.	Equipo Eléctrico	KWt	KWH/D
4	Bomba FELM	207	1035
4	Bomba SAER	36	648
6	Bomba Rognoni	3.3	59.4
2	Aires acondicionados 12KBTU	2.6	18.2
40	Lámparas	4.8	33.6
1	Refrigeradora 10 PC	0.2	2
1	Refrigeradora 6 PC	0.12	1.2
<b>Total</b>			<b>1797</b>

Nota: Suma del consumo de energía diario de los equipos eléctricos.

El consumo de energía diaria es de 1,797 KWh como se muestra en la tabla 8, donde también se muestra otros datos importantes para el cálculo de la cantidad de paneles y baterías. Resultado que se analiza en la siguiente tabla:

**Tabla 10. Datos energéticos.**

Datos Energéticos			
Energía diaria:	<b>1797</b>	KWh	
Panel Solar:	<b>560</b>	W	
Batería:	<b>106</b>	AH	
Inversor:	<b>250</b>	KW	
HSP:	<b>6.01</b>	H	
Voltaje DC:	<b>729</b>	V	16 Baterías
Voltaje AC:	<b>480</b>	V	
Días de Autonomía.:	<b>21%</b>	Día	5 Horas
Factor. de Seguridad.:	<b>1.2</b>		
Coefficiente de Perdida	<b>0.9</b>		
Prof. Descarga:	<b>0.8</b>		

Nota: Los siguientes datos son necesarios para encontrar la cantidad de módulos solares, inversor y baterías de litio.

Con los datos resultante de la tabla 8 y 9 se logra calcular la cantidad de equipos solares para la generación de energía eléctrica.

La siguiente tabla demuestra la cantidad de equipos fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda de la Planta Potabilizadora:

**Tabla 11. Equipo Fotovoltaico.**

No. De Panel:	646	Módulos
Banco de Batería	6	Banco
No. De batería	96	Unidad
Inversor	250	KW

Nota: Cantidad de equipo solar a utilizar en el sistema fotovoltaico.

Para el Sistema Fotovoltaico Híbrido con Almacenamiento se necesitan los siguientes equipos:

- 646 paneles de 560W monocristalino.
- 96 baterías de litio de 106AH/48V.
- 1 inversor de 250KW.
- Estructura de módulos solares.

#### 6.4.2.5. ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA SOLAR

Con el uso del programa de PVsyst se realizó el análisis de la productividad del sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento.

El sistema de módulos fotovoltaicos serán serie – paralelo, se conectaran 38 String en paralelo de 17 paneles en series por cada String.

Resumen del proyecto		
<b>Sitio geográfico</b>	<b>Situación</b>	<b>Configuración del proyecto</b>
Planta Potabilizadora de Nacaome	Latitud 13.53 °N	Albedo 0.20
Honduras	Longitud -87.49 °W	
	Altitud 28 m	
	Zona horaria UTC-6	
<b>Datos meteo</b>		
Planta Potabilizadora de Nacaome		
Meteonorm 8.1 (2000-2009), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema		
<b>Sistema conectado a la red</b>	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
Simulación para el año n° 10		
<b>Orientación campo FV</b>	<b>Sombreados cercanos</b>	<b>Necesidades del usuario</b>
Plano fijo	Sin sombreados	Carga constante fija
Inclinación/Azimut 17 / -26 °		73.9 kW
		Global
		647 MWh/Año
<b>Información del sistema</b>		
<b>Generador FV</b>	<b>Inversores</b>	<b>Paquete de baterías</b>
Núm. de módulos 646 unidades	Núm. de unidades 1 unidad	Estrategia de almacenamiento : Autoconsumo
Pnom total 362 kWp	Pnom total 250 kWca	Núm. de unidades 96 unidades
	Proporción Pnom 1.447	Voltaje 819 V
		Capacidad 648 Ah

**Figura 27. Datos proporcionados y simulados del PVsyst.**

Nota: Se realizó una simulación y en la tabla se muestra un resumen del proyecto, sistema y resultado.

Con el resumen que se observa en la figura 28, se utilizó para ingresarlo al Proyecto PVsyst dando como resultado del sistema la siguiente figura:

Parámetros de simulación		Resultados principales	
<b>Proyecto</b>	Estudio de Prefactibilidad de Sistema Fotovoltaico Híbrido Planta Potabilizadora	Producción del sistema	584 MWh/año
<b>Sitio</b>	Planta Potabilizadora de Nacaome	Prod. normalizada	4.42 kWh/kWp/día
<b>Tipo sistema</b>	Conectado a la red	Prod. específica	1614 kWh/kWp/año
<b>Simulación</b>	01/01 al 31/12 (Datos meteo genéricos)	Pérdidas del conjunto	1.43 kWh/kWp/día
<b>Generador FV</b>	Módulos FV TWMPF-72HD560	Proporción de rendimiento	0.716
	Inversor Protect-PV 250	Pérdidas del sistema	0.32 kWh/kWp/día
	Potencia nominal 362 kWp		
	Voltaje MPP 42.1 V		
	Corriente MPP 13.3 A		
	Inv. unidad de potencia 250 kW		
	Núm. de inv. 1		

Resumen del sistema	
Proyecto:	Estudio de Prefactibilidad de Sistema Fotovoltaico Híbrido Planta Potabilizadora
Generador FV, Pnom =	362 kWp Sistema conectado a la red
Autoconsumo	416 MWh/año
Energía vendida a la red	168 MWh/año

**Figura 28. Producción del sistema = Autoconsumo + Energía vendida**

Nota: En la simulación realizada se observa el autoconsumo, la energía vendida a la red y otros parámetros energéticos.

Según la simulación en el PVsyst como se muestra en la figura 29, el sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento nos da como resultado la siguiente tabla:

**Tabla 12. Resultados energéticos de la simulación de PVsyst.**

Autoconsumo Energético	416 MWh/Año
Energía Inyectada a la Red	168 MWh/Año
Energía Consumida de Red	231 MWh/Año

Nota: Energías de autoconsumo, consumidas e inyectadas, resultados del Project PVsyst.

Los resultados de simulación vistos en la tabla 12 con la mejor productividad que convenga en el proyecto y cuidando que el presupuesto de la inversión versus el gasto de operación de la planta sea viable para su ejecución. Se observa que la producción de energía que se aprovecha con el sistema fotovoltaico es de 416 MWh/año, la energía que se necesita de la red es de 231 MWh/año y la energía que se inyecta a la red es de 168 MWh/año. Para saber un promedio al año de cuanto es el resultado del consumo de energía que se facturara es la siguiente:

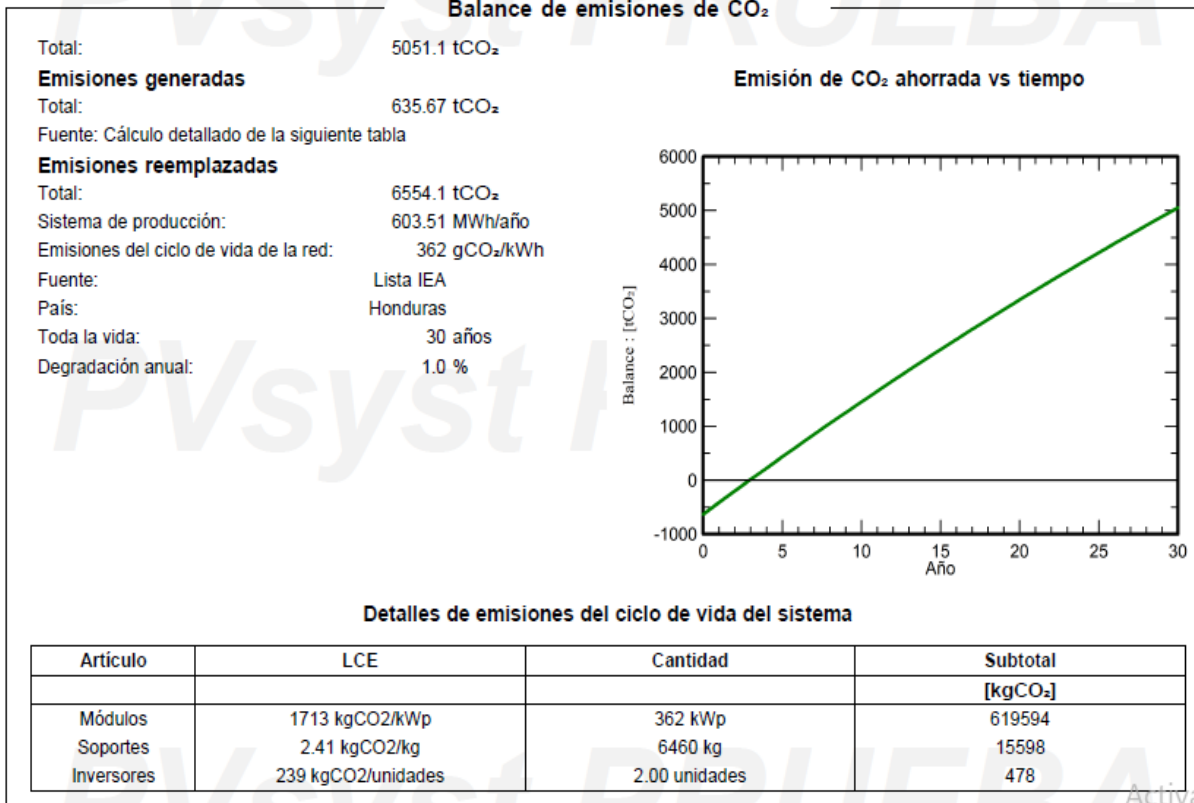
**Tabla 13. Promedio de energía y facturación.**

Promedio de Energías actuales		Estimación de Energías con el Proyecto	
Consumo Diario	1797 KWh	Consumo Mensual	19,250 KWh / L112,180
Consumo Mensual	53,910 KWh	Inyección a Red	14,000 KWh/ L56,000
Consumo Anual	646.920MWh		
Factura Mensual	L323,460	Factura Mensual	L56,180

Nota: Comparación de las energías mensuales, anuales y facturación al implementar el sistema fotovoltaico, valor del consumo mensual L/KWh = L5.8273 y valor inyectado a red L/KWh = L4.

#### 6.4.2.6. EMISIONES DE CO2 AHORRADAS

Como se detalla den la figura 30 la ejecución del proyecto de sistema fotovoltaico hibrido dará un ahorro de emisiones de CO2 de 2051.087 toneladas a nuestra atmosfera, durante 30 años de vida del proyecto. Aquí se demuestra lo importante que es las implementaciones de tecnologías limpias en el planeta.



**Figura 29. Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>.**

Nota: Es el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> resultante durante 30 años de vida del proyecto.

#### 6.4.2.7. COTIZACION DEL PRODUCTO FOTOVOLTAICO

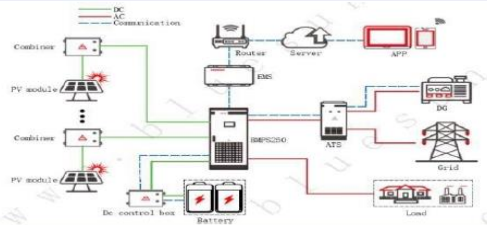
A continuación, se da un presupuesto del Sistema Fotovoltaico Híbrido con Almacenamiento Conectado a la Red de 250KW:



## VENTA DE PRODUCTOS RENOVABLES S. DE R.L.



RTN: 08019019108650  
 UBICACIÓN: Honduras, Choluteca, B<sup>o</sup> Las Colinas Una Cuadra al Norte de La Universidad Pedagógica  
 CELULAR Y WHATSAPP: 8961-2611  
 CORREO: [energiarenovablesseer@gmail.com](mailto:energiarenovablesseer@gmail.com)

### 250KW Hybrid Solar Power System



Model: BSM250KW  
 PV Capacity: 285600W  
 System Location: Honduras  
 AC Voltage: 480V 60 Hz Three Phase  
 Mounting Area: Rooftop/Ground Installation

Date: 13/06/2025

Items	Modelo	Imagen	Descripcion	Cantidad	Precio Unit	Precio Total
1	BSM560M10 -72HPH		BSM560M10 -72HPH Size:2278*1134*35mm Application Class: A 17 pieces in a string, total 30 strings	646	L5,345	L3,452,870.00
2	DC Combiner Box		6 input 1 output (Switches,Breaker,SPD)	6	L52,315	L313,890.00
3	Inverter BMP250		AC Rated Power : 250KW AC Voltage: 480 V 60 Hz	1	L3,138,892	L3,138,892.00
	EMS(Optional)		Monitoring the system	1	L78,472	L78,472.00
4	Bluesun Lithium Battery BSM48106H		51.2V 106AH Capacity: 260.505kWh 16pcs one cluster, total 3 clusters	96	L49,046	L4,708,416.00
			High Voltage Box	6	L52,315	L313,890.00
			Battery Racking 11 level	10	L47,085	L470,850.00
			Battery Combiner 630A (Include Busbar, external power cable, BMS display)	2	L235,417	L470,834.00
5	PV Cable		PV 4mm2	3000	L104	L312,000.00
6	MC4 Connector		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	130	L350	L45,500.00
7	Customized Mounting System (including all parts)		Whole set for 646pcs solar panels, rooftop/ground installation Warranty: 25 years	646	L3,644.20	L2,354,153
<b>Sub Total</b>						<b>L15,659,767</b>
<b>Mano de Obra</b>						<b>L 4,702,750</b>
<b>ISV</b>						<b>L3,054,377.78</b>
<b>TOTAL</b>						<b>L23,416,894.78</b>

La cotización tiene una vigencia de 30 días a partir de su fecha de emisión.

**Figura 30. Cotización de SEER.**

Nota: Cotización donde se detalla todos los equipos solares a utilizar.

### 6.4.3. ESTUDIO FINANCIERO

En el estudio se presentan los indicadores financieros utilizados para evaluar la aceptación y rentabilidad del proyecto.

#### 6.4.3.1. PLAN DE INVERSION

El plan de inversión inicial incluye el costo de los módulos solares, inversor, cableado para establecer la conexión entre el panel solar y el inversor, los rieles para la fijación de los paneles solares, las baterías y el costo de instalación.

El costo total de la inversión inicial será de aproximadamente de L23,416,894.78 que corresponde a la suma de los precios asignados a los materiales requerido para la instalación de los paneles solares. Presupuesto que se demuestra en la figura 32.

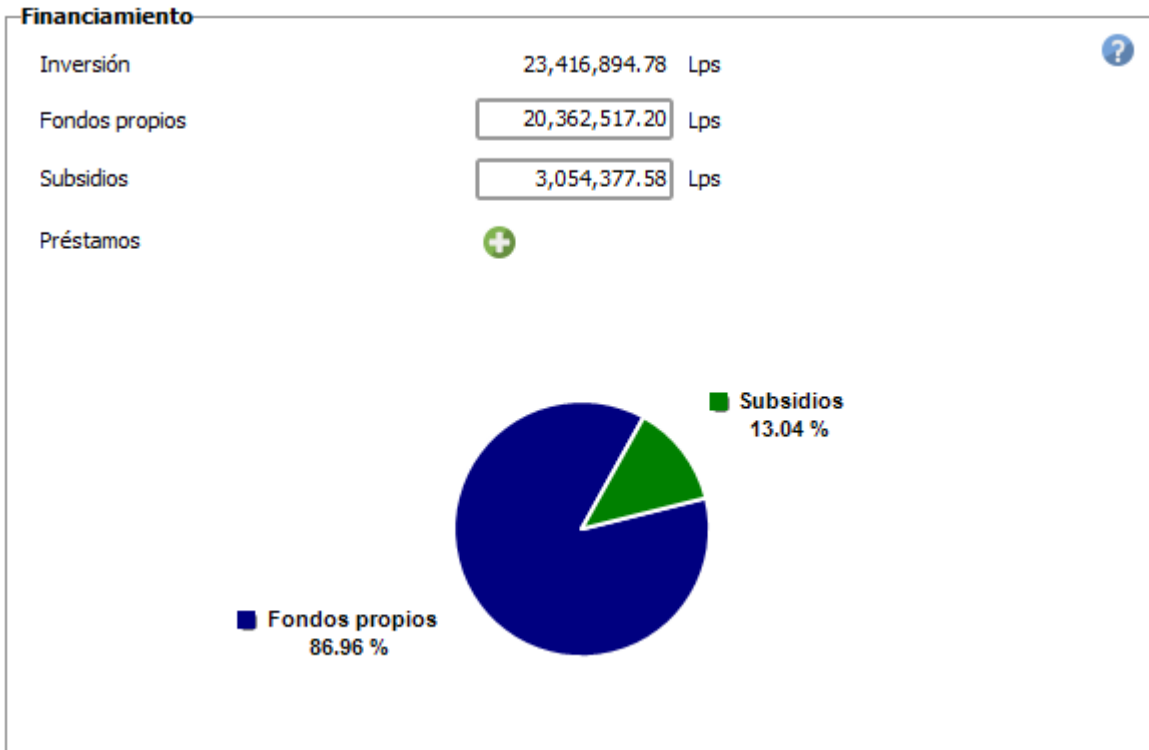
Costo del sistema			
Costes de instalación			
Artículo	Cantidad unidades	Costo Lps	Total Lps
Módulos FV			
TWMPF-72HD560	646	5,345.00	3,452,870.00
Soportes para módulos	646	3,644.20	2,354,153.20
Inversores			
Protect-PV 250	1	3,138,892.00	3,138,892.00
Baterías	96	49,046.00	4,708,416.00
Otros componentes			
Accesorios, sujetadores	1	45,500.00	45,500.00
Cableado	1	312,000.00	312,000.00
Caja de conexiones	6	52,315.00	313,890.00
Sistema de monitoreo, pantalla de visualización	1	1,334,046.00	1,334,046.00
Instalación			
Instalación	362	13,000.00	4,702,750.00
Impuestos			
IVA	1	0.00	3,054,377.58
		Total	23,416,894.78
		Activo amortizable	13,699,831.20
Costos de operación			
Artículo			Total Lps/año
Mantenimiento			
Provisión para el reemplazo del inversor			209,259.47
Reparaciones			15,000.00
Limpieza			5,000.00
Provisión para remplazo batería			392,368.00
Total (OPEX)			621,627.47
Incluyendo inflación (4.00%)			1,035,529.62
Resumen del sistema			
Costo total de instalación		23,416,894.78 Lps	
Costos de operación (Incl. inflación 4.00%/año)		1,035,529.62 Lps/año	
Energía solar utilizable		416 MWh/año	
Energía vendida a la red		168 MWh/año	
Costo de la energía producida (LCOE)		3.0342 Lps/kWh	

**Figura 31. Presupuesto de la inversión inicial.**

Nota: Datos del presupuesto ingresados en el Project PVsyst.

### 6.4.3.2. ESTRUCTURA DE CAPITAL

La estructura de capital se define del siguiente modo: el coste total es de L23,416,894.78, los fondos propios de L20,362,517.20 representado el 86.96%, y el subsidio de L3,054,377.58 representando 13.04%, tal como se muestra en la figura 33.



**Figura 32. Financiamiento de fondos propios y subsidios.**

Nota: Datos del análisis financiero en el Project PVsyst.

### 6.4.3.3. DATOS PARA EL ANALISIS FINANCIERO

Para el análisis financiero se incluyeron datos que son relevantes, datos que al ingresarlos a la simulación del programa Project PVsyst nos acercamos a la realidad obteniendo un mejor análisis económico.

La figura 34 nos muestra una variación del ingreso a lo largo del tiempo de; inflación de 4% al año, envejecimiento de 5% y una tasa de descuento del 8%.

Otros datos que influyen en el análisis financiero son las tarifas de consumo de 5,82730 Lps/KWh y la tarifa de venta de electricidad sería de un aproximado de 4 Lps/KWh.

Análisis financiero				
<b>Período de simulación</b>				
Vida del proyecto	25 años	Año de inicio	2026	
<b>Variación del ingreso a lo largo del tiempo</b>				
Inflación			4.00 %/año	
Variación de producción (envejecimiento)			5.00 %/año	
Tasa de descuento			8.00 %/año	
<b>Gastos dependientes de ingresos</b>				
Tasa de impuesto sobre la renta			0.00 %/año	
Otro impuesto sobre la renta			0.00 %/año	
Dividendos			0.00 %/año	
<b>Activos amortizables</b>				
Activo	Método de amortización	Período de amortización (años)	Valor de rescate (Lps)	Amortizable (Lps)
Módulos FV				
TWMPF-72HD560	Línea recta	20	0.00	3,452,870.00
Soportes para módulos	Línea recta	20	0.00	2,354,153.20
Inversores				
Protect-FV 250	Línea recta	20	0.00	3,138,892.00
Baterías				
Accesorios, sujetadores	Línea recta	20	0.00	4,708,416.00
		Total	0.00	13,699,831.20
<b>Financiamiento</b>				
Fondos propios			20,362,517.20 Lps	
Subsidios			3,054,377.58 Lps	
<b>Venta de electricidad</b>				
Tarifa de alimentación			4.00000 Lps/kWh	
Duración de la garantía de tarifas			20 años	
Impuesto de conexión anual			0.00 Lps/kWh	
Variación de tarifa anual			0.0 %/año	
Reducción de tarifa de alimentación después de la garantía			0.00 %	
<b>Autoconsumo</b>				
Tarifa de consumo			5.82730 Lps/kWh	
Evolución de tarifas			+5.0 %/año	
<b>Retorno de la inversión</b>				
Período de recuperación			8.2 años	
Valor presente neto (VPN)			54,098,203.28 Lps	
Tasa de rendimiento interno (TRI)			21.34 %	
Retorno de la inversión (ROI)			265.7 %	

**Figura 33. Resumen del análisis financiero.**

Nota: Refleja los datos importantes que influyen para el desarrollo del retorno de la inversión.

#### 6.4.3.4. RESULTADOS DEL ANALISIS FINANCIERO

Se estima que para el año 8 la inversión inicial realizada ya habrá sido recuperada a través de los beneficios esperados por el proyecto como se muestran en la figura 35 del resultado económico detallado.

**Resultados económicos detallados (Lps)**

Año	Venta de electricidad	Fondos propios	Costos de func.	Subsidio de amortización	Ingreso imponible	Impuestos	Beneficio después de impuestos	Ahorro en consumo	Cumul lucro	% amort.
0	0	20,362,517	0	0	0	0	0	0	-20,362,517	0.0%
1	672,615	0	621,627	684,992	0	0	50,968	2,422,582	-18,072,175	11.2%
2	706,246	0	646,493	684,992	0	0	59,753	2,670,896	-15,731,083	22.7%
3	741,558	0	672,352	684,992	0	0	69,206	2,944,663	-13,338,576	34.5%
4	778,636	0	699,246	684,992	0	0	79,390	3,246,491	-10,893,955	46.5%
5	817,568	0	727,216	684,992	0	0	90,352	3,579,256	-8,396,481	58.8%
6	858,446	0	756,305	684,992	0	0	102,142	3,946,130	-5,845,383	71.3%
7	901,369	0	786,557	684,992	0	0	114,812	4,350,609	-3,239,853	84.1%
8	946,437	0	818,019	684,992	0	0	128,418	4,796,546	-579,048	97.2%
9	993,759	0	850,740	684,992	0	0	143,019	5,288,192	2,137,909	110.5%
10	1,043,447	0	884,770	684,992	0	0	158,677	5,830,232	4,911,933	124.1%
11	1,095,619	0	920,161	684,992	0	0	175,459	6,427,830	7,743,971	138.0%
12	1,150,400	0	956,967	684,992	0	0	193,433	7,086,683	10,635,005	152.2%
13	1,207,920	0	995,246	684,992	0	0	212,675	7,813,068	13,586,054	166.7%
14	1,268,316	0	1,035,055	684,992	0	0	233,261	8,613,907	16,598,170	181.5%
15	1,331,732	0	1,076,458	684,992	0	0	255,275	9,496,833	19,672,441	196.6%
16	1,398,319	0	1,119,516	684,992	0	0	278,803	10,470,258	22,809,990	212.0%
17	1,468,235	0	1,164,297	684,992	0	0	303,938	11,543,460	26,011,974	227.7%
18	1,541,647	0	1,210,868	684,992	0	0	330,778	12,726,664	29,279,586	243.8%
19	1,618,729	0	1,259,303	684,992	0	0	359,426	14,031,148	32,614,055	260.2%
20	1,699,665	0	1,309,675	684,992	0	0	389,990	15,469,340	36,016,646	276.9%
21	1,784,649	0	1,362,062	0	422,586	0	422,586	17,054,947	39,488,659	293.9%
22	1,873,881	0	1,416,545	0	457,336	0	457,336	18,803,080	43,031,429	311.3%
23	1,967,575	0	1,473,207	0	494,368	0	494,368	20,730,395	46,646,331	329.1%
24	2,065,954	0	1,532,135	0	533,819	0	533,819	22,855,261	50,334,773	347.2%
25	2,169,252	0	1,593,420	0	575,831	0	575,831	25,197,925	54,098,203	365.7%
Total	32,101,976	20,362,517	25,888,240	13,699,831	2,483,941	0	6,213,736	247,396,397	54,098,203	365.7%

**Figura 34. Resultados económicos detallados.**

Nota: Resultado de la simulación de PVsyst donde refleja el año en que se tendrá un retorno económico de la inversión.

**6.4.3.5. PERIODO DE RECUPERACION**

El proyecto es viable de acuerdo al resultado del Project PVsyst, la figura 36 nos demuestra que el periodo de recuperación es de 8.2 años, el valor presente neto (VPN) es de 54,098,203.28 lempiras, la tasa de rendimiento interno (TIR) es de 21.34% y con un retorno de la inversión (ROI) de 266%. resultando un análisis financiero favorable para la inversión.

<b>Retorno de la inversión</b>	
Período de recuperación	8.2 años
Valor presente neto (VPN)	54,098,203.28 Lps
Tasa de rendimiento interno (TRI)	21.34 %
Retorno de la inversión (ROI)	265.7 %

**Figura 35. Retorno de la inversión**

Nota: Es el resultado de la información financiera final que demuestra la viabilidad del retorno de la inversión.

El análisis técnico y financiero del proyecto confirma la viabilidad de implementar un sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales de Nacaome, una solución eficaz a la actual crisis energética que enfrenta esta infraestructura crítica. La propuesta entrega una cobertura energética del 100% durante las horas punta, con hasta 4 horas de respaldo en caso de fallo de la red, gracias a la integración de bancos de baterías de litio dimensionados para garantizar la autonomía y la continuidad del servicio.

Desde una perspectiva técnica, la planta ha sido validada para un consumo diario promedio de 1,797 kWh, equivalente a un consumo mensual de 53,910 kWh. Con el diseño propuesto de 646 paneles solares de 560 W cada uno, se estima una producción solar mensual de 43,200 kWh, lo que reemplaza aproximadamente >85% del consumo actual. La incorporación de un banco de 96 baterías y un inversor de 250 kW proporciona respaldo de energía durante 4 a 5 horas por la noche y durante cortes prolongados de la red, que actualmente ocurren con una frecuencia alta, al nivel de poder identificar fallas de la red diariamente, según el estudio y los datos obtenidos.

El análisis también muestra un impacto positivo en la sostenibilidad operativa y ambiental del sistema, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles y fortaleciendo la resiliencia ante las constantes fallas de la red eléctrica nacional. Además, la inversión en sistemas de almacenamiento está plenamente justificada, a pesar de su elevado coste, dada la demostrada necesidad de estabilidad energética continua en la planta.

Desde el punto de vista financiero, se obtienen TIR, VPN, y ROI con resultados favorables, es decir el perfil es viable, el proyecto representa un importante potencial de ahorro. Según los datos presentados en la tabla comparativa de este capítulo, la factura energética mensual actual de la planta es de L.323,460, mientras que, con el sistema solar instalado, se espera una reducción en la factura mensual  $\geq 85\%$ , lo que generará un ahorro estimado superior al 85 %. Esta sustancial reducción de los costos operativos libera recursos presupuestarios que pueden reasignarse a mejoras de mantenimiento y servicio.

En consecuencia, la viabilidad del proyecto se justifica no solo técnicamente, basándose en los indicadores de consumo, producción y autonomía, sino también económicamente, basándose en la significativa rentabilidad de la inversión a medio plazo y la viabilidad financiera proyectada.

## 6.5. CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA

Tabla 14. Cronograma de implementación del Proyecto.

Capítulo I			Capítulo II	Capítulo III			Capítulo IV	Capítulo V		Capítulo VI	
Título de la propuesta	Objetivo general	Objetivo específico	Teorías de sustento	Variables	Población	Técnica	Desarrollo	Conclusiones	Recomendaciones	Nombre de la propuesta	Alcance de la propuesta
Perfil para un proyecto de sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento en planta potabilizadora de Nacaome, Valle.	Realizar un perfil de proyecto para la implementación de un sistema de energía solar con almacenamiento en la Planta de Tratamiento de Agua de Nacaome, Valle	1-Analizar las condiciones, demanda energética y costos asociados de la planta Potabilizadora de Nacaome Valle.  2-Analizar la viabilidad técnica para la instalación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle.	1- ISO 50000. 2- Gestión de proyectos PMI.	1- Situación energética actual.  2- Estudio técnico.	Población finita:  16 encuestas aplicadas a la población operacionalmente activa a nivel de la planta potabilizadora de Nacaome Valle.	1- Encuestas a personal operativo (operacional y mantenimiento).  2- Entrevistas de expertos.	1- Informe del proceso de recolección de datos  2- Resultados y análisis de las técnicas aplicadas.	1- La Planta Potabilizadora de Nacaome presenta un alto consumo energético, un consumo diario de 1,797 kWh, lo que representa un consumo mensual estimado de 53,910 kWh y anual de 646.920 MWh, generando una factura mensual promedio de L323,460, la planta opera un aproximado de 18 horas por día. Esta carga energética impacta negativamente en la sostenibilidad financiera de la planta. 2- Confiabilidad del sistema con almacenamiento, este diseño puede lograr cargar completamente las baterías en la mayoría de los días de año, garantizando una	1- Optimizar el diseño del sistema para el espacio disponible, el área actual disponible (1,722 m <sup>2</sup> ) se busca realizar un diseño de estructuras de soporte que ayuden a maximizar las áreas disponibles y darle mayor eficiencia a la generación energética a la planta potabilizadora ya que mayor generación en menor espacio. 2- Considerando que la planta opera 18 horas al día y que las bombas de agua representan el 97% del consumo energético, se recomienda	Perfil de proyecto para implementación de sistema fotovoltaico híbrido con almacenamiento en planta potabilizadora de Nacaome, Valle.	En conjunto, la propuesta del perfil tiene como alcance:  1- Analizar y validar la viabilidad técnica de una solución energética renovable.  2-Estimar su impacto en la reducción del gasto operativo y los riesgos eléctricos.

		3-Analizar la viabilidad económica para la instalación de un sistema fotovoltaico en la planta potabilizadora de Nacaome Valle.		3- Estudio económico.		3- Recolección de datos.	3- Condiciones actuales de la planta de tratamiento de agua.	<p>estabilidad y autonomía energética en caso de interrupciones del suministro eléctrico, lo cual es especialmente importante considerando que el 100% de los encuestados afirma que existen cortes frecuentes.</p> <p>3- Con los datos obtenidos con software especializados, se obtiene una viabilidad ambiental y climática, en el estudio se identifica que el periodo con mejor radiación solar es de enero a mayo, con una media de 6 HSP diarias, lo que refuerza la viabilidad del proyecto desde el punto de vista geográfico y climático.</p>	<p>incorporar sistemas de control (como variadores de frecuencia) que mejoren la eficiencia operativa y reduzcan el desgaste de los equipos.</p> <p>3- Dado que el sistema propuesto implica inversión en baterías, inversores y paneles, se sugiere establecer un programa de monitoreo, limpieza, y revisión periódica de componentes, así como la instalación de medidores inteligentes que ayuden a controlar los flujos de energía y optimizar la operación.</p>		<p>3- Identificar beneficios sociales, como la mejora en la calidad del servicio de agua y la percepción de los usuarios.</p> <p>4-Sentar las bases para una inversión futura que garantice resiliencia energética, sostenibilidad y eficiencia institucional.</p>
--	--	---	--	-----------------------	--	--------------------------	--	---	---	--	--

Nota: Tabla de concordancia entre todos los capítulos del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *PLANASA 2022-2030 Versión ampliada.pdf*. (s/f).

*Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio: Implicaciones para los países del triángulo del litio*. (s/f).

*ASHRAE-HVAC-SYSTEMS-AND-EQUIPMENT-2020.pdf*. (s/f).

*Certificación ISO 50001—Norma de gestión de la energía | NQA*. (s/f). Recuperado el 18 de marzo de 2025, de [https://www.nqa.com/es-es/certification/standards/iso-50001?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.nqa.com/es-es/certification/standards/iso-50001?utm_source=chatgpt.com)

CREE. (2025). CREE, 2025. *CREE*. <https://www.cree.gob.hn/informes/>

*DA-NACAOME-VALLE.pdf*. (s/f). Recuperado el 8 de marzo de 2025, de [https://conasa.hn/wp-content/uploads/2017/04/DA-NACAOME-VALLE.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://conasa.hn/wp-content/uploads/2017/04/DA-NACAOME-VALLE.pdf?utm_source=chatgpt.com)

*Energía solar: Qué es, características y ventajas principales*. (s/f). REPSOL. Recuperado el 26 de marzo de 2025, de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshtml>

Energía solar y agua rural en Honduras. (2015, septiembre 30). *Volvamos a la fuente*. <https://blogs.iadb.org/agua/es/2192/>

*IEASEN-2023\_7.8.2024.pdf*. (s/f). Recuperado el 16 de marzo de 2025, de [https://sen.hn/wp-content/uploads/2024/08/IEASEN-2023\\_7.8.2024.pdf](https://sen.hn/wp-content/uploads/2024/08/IEASEN-2023_7.8.2024.pdf)

*ISO 50001:2018*. (s/f). ISO. Recuperado el 18 de marzo de 2025, de <https://www.iso.org/standard/69426.html>

*IV Edición de los Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2024: Hacia el Foro Mundial del Agua 2024 | Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. (s/f). Recuperado el 16 de marzo de 2025, de <https://www.cepal.org/es/discursos/iv->

edicion-dialogos-regionales-agua-america-latina-caribe-2024-foro-mundial-agua-2024

*JMP*. (s/f). Recuperado el 16 de marzo de 2025, de

<https://washdata.org/data/household#!/dashboard/new>

*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*. (s/f). Recuperado el 16 de marzo de 2025, de

<https://www.cepal.org/es/enfoques/servicios-basicos-agua-potable-electricidad-como-sectores-clave-la-recuperacion>

*Metodología del PMI (Project Management Institute): ¿en qué consiste?* (s/f). UNIR.

Recuperado el 18 de marzo de 2025, de

<https://www.unir.net/revista/ingenieria/metodologias-pmi/>

*ODS | Yunga-UN | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*

(2025). <https://www.fao.org/yunga/globalcitizens/sdgs/es/>

*Panorama-ALC-13-12-2022.pdf*. (s/f). Recuperado el 16 de marzo de 2025, de

<https://www.olade.org/wp-content/uploads/2023/01/Panorama-ALC-13-12-2022.pdf>

*PANORAMA-ENERGETICO-ALC-2024.pdf*. (s/f). Recuperado el 16 de marzo de 2025, de

<https://www.olade.org/wp-content/uploads/2025/02/PANORAMA-ENERGETICO-ALC-2024.pdf>

*CREE*. (2 de Julio de 2022). Obtenido de [https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/LGIE-versi%C3%B3n-consolidada\\_CREE\\_jul\\_2022.pdf](https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/LGIE-versi%C3%B3n-consolidada_CREE_jul_2022.pdf)

*CREE*. (2025). Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/leyes-reglamentos-y-normas-tecnicas/>

*CREE*. (2025). *CREE*. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/historial-de-tarifas/>

*DISIN S.A.* (23 de Febrero de 2021). Obtenido de <https://www.disin.com/que-es-una-planta-de-tratamiento-de-agua-y-para-que-se-necesita/>

*Ecogreensolar*. (2024). Obtenido de <https://www.ecogreensolar.co/sistemas-hibridos/>

*Enel X*. (2021). Obtenido de <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/how-does-a-photovoltaic-system-work>

*FAOLEX*. (14 de Agosto de 2012). Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon121718.pdf>

GOOGLE EARTH. (2025). *Google earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/search/Planta+Potabilizadora+Nacaome,+Nacaome/@13.52971688,-87.48552383,32.3609267a,408.18779467d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCVNefX7UWS9AEZsJVbZSCy9AGWOLgfzbuFXAIdB3YM5yxIXAQgIIATIpCicKJQohMWctaGhNaldfNWIXRHRCdkR3SEFRTjFnTTVhWE>

Hernández, F. (16 de Abril de 2021). *Energiahoy*. Obtenido de <https://energiahoy.com/2021/04/16/infografia-conoce-los-tipos-de-almacenamiento-de-energia/>

*Iberdrola*. (2025). Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/almacenamiento-de-energia-eficiente>

KAVILANDO. (14 de noviembre de 2024). *La Crisis del Agua en América Latina: Una Emergencia que Exige Respuestas Integrales*. Obtenido de [https://kavilando.org/lineas-kavilando/territorio-y-despojo/10019-la-crisis-del-agua-en-america-latina-una-emergencia-que-exige-respuestas-integrales?utm\\_source=chatgpt.com](https://kavilando.org/lineas-kavilando/territorio-y-despojo/10019-la-crisis-del-agua-en-america-latina-una-emergencia-que-exige-respuestas-integrales?utm_source=chatgpt.com)

*La Prensa*. (20 de Febrero de 2017). Obtenido de <https://www.laprensa.hn/economia/honduras-revierte-su-matriz-energetica-HBLP1046188>

Osorio, A. N. (1 de Agosto de 2013). *CREE*. Obtenido de [https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/Documentos-CPI-CREE-01-2019\\_Reforma-a-la-Ley-de-Promoci%C3%B3n-a-la-Generaci%C3%B3n-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrico-](https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/Documentos-CPI-CREE-01-2019_Reforma-a-la-Ley-de-Promoci%C3%B3n-a-la-Generaci%C3%B3n-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrico-)

con-Recursos-Renovables.pdf

*PVGIS*. (18 de Diciembre de 2024). Obtenido de PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL

INFORMATION SYSTEM: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

*PVsystem*. (2025). Obtenido de <https://www.pvsyst.com/>

*salusplay*. (2025). Obtenido de <https://www.salusplay.com/apuntes/apuntes-metodologia-de-la-investigacion/tema-5-la-muestra-y-la-poblacion-de-estudio>

Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la Investigacion* (6 ed.). Mexico: Mc Graw Hill

Education. Obtenido de

[https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

*SWI swissinfo.ch*. (07 de Mayo de 2015). Obtenido de <https://www.swissinfo.ch/spa/primer-gran-planta-de-energ%C3%ADa-solar-para-honduras/41417156>

*Unah.edu*. (2022). Obtenido de <https://oee.unah.edu.hn/assets/Perfiles-Sociodemograficos/Valle-17/Reporte-de-1701-Valle-Nacaome.pdf>

# ANEXOS

## Anexo 1: Instrumento utilizado.

**Encuesta para Proyecto de Prefactibilidad del Sistema Fotovoltaico**

---

**Sección 1: Datos Generales del Entrevistado**

**Nombre completo:**  
**Cargo o función dentro de la planta:**  
**Años de experiencia en el área:**  
**Área específica en la que labora (operación, mantenimiento, administración, etc.):**  
|

**Sección 2: Situación Energética de la Planta Potabilizadora.**

Marque con una flecha o punto la respuesta correcta (Puede contestar una, dos o todas de acuerdo a lo actual de la planta potabilizadora)

1. ¿Cuál es el rango del consumo energético total de la Planta Potabilizadora (KW)?  
 1KW a 50KW     51KW a 200KW     200KW a 500KW  
 501KW a 999KW     1MW     No se

2. ¿Qué tipos de Equipos Eléctricos existen en la Planta?  
 Iluminación (Lámparas o focos)  
 Pequeños Equipos eléctricos (Plancha, cafetera, radio, televisor, microonda)  
 Grandes Equipos Eléctricos (Motor, Lavadora, Congelador, Aire acondicionado)  
 Equipo de informática (Computadora, impresora, máquina de escribir, calculadora)  
 Todas son correctas

3. ¿Cuáles son los equipos que mayor consumo energético generan?  
 Motores de aguas     Aires acondicionados     Refrigeradoras  
 Iluminación     Otros

4. ¿Cuántas horas de trabajo encienden los equipos eléctricos para la operación?  
 1h a 5h     6h a 12h     13h a 18h     19h a 23h     24h

5. ¿Cuál es el rango de pago del recibo de energía eléctrica mensual de la planta?  
 1L a 50,000L     51,000L a 100,000L     101,000L a 150,000L  
 51,000L a 500,000L     501,000L a 500,000L     501,000L a 800,000L

6. ¿Cuánto representa actualmente el gasto de la energía eléctrica mensual con respecto al presupuesto de operación?  
 Menor que el presupuesto     Mayor que el presupuesto     Igual     No se

7. ¿Cuentan con sistema de respaldo (generadores, UPS, etc.)?  
 Sí     No

8. ¿Presentan cortes o interrupciones frecuentes del suministro eléctrico?  
 Sí     No

9. ¿Cómo afectan las operaciones?  
 Malestar de los abonados de agua, daños en equipos eléctricos y se alargan las horas de trabajo del empleado.  
 Tranquilidad en los abonados, los equipos no se dañan y no hay necesidad de seguir enviando agua durante el día.

10. ¿Las interrupciones de energía eléctrica al mes son diarias por fallas de la red de ENEE o la planta?  
 Nunca     Pocas veces     Regularmente     Siempre

11. ¿Cuánto tiempo tarda en restablecer la energía eléctrica en la zona?  
 <1h     2h a 3h     4h a 6h     7h a 8h     10<

12. ¿El voltaje de energía eléctrica es estable?  
 Sí     No

**Sección 3: Viabilidad y Factibilidad del Sistema Fotovoltaico.**

13. ¿Qué meses del año son los días más soleados con una buena Radiación Solar?  
 Enero a Mayo     Junio a Octubre     Noviembre y Diciembre

14. ¿Cuánta horas promedio al día esta fuerte el sol?  
 4h a 5h     6h a 7h

15. ¿Existen áreas disponibles (techos, terrenos u otros) que puedan utilizarse para instalar paneles solares?  
 Sí     No

16. ¿Las condiciones climáticas del sector (invierno) afecta operación de la planta?  
 Sí     No

17. ¿Qué otras condiciones climáticas crees que afecten la operación de la planta?  
 Vientos     Nubosidad     Temperaturas     Humedad

18. ¿En la planta han considerado anteriormente instalar un proyecto de energía renovable?  
 Sí     No

19. ¿Qué beneficios considera que traería la instalación de un sistema fotovoltaico con capacidad de generación para abastecer la planta?  
 Ahorro de energía     Estabilidad en la energía     Respaldo de energía  
 Todas son correctas

**Sección 4: Almacenamiento de Energía.**

20. ¿Cómo valoras el almacenamiento de energía con baterías de calidad para poder producir energía eléctrica?  
 Excelente     Bueno     Regular     Malo

21. ¿Cree que sería útil integrar bancos de baterías para asegurar el suministro continuo de energía?  
 No     Sí

**Sección 5: Aspectos Económicos.**

22. ¿Siendo el sistema de almacenamiento uno de los más caros de un proyecto solar vale la pena invertir en un sistema de almacenamiento que de estabilidad energética?  
 Sí     No

23. ¿Considera que un sistema solar ayudaría a reducir costos operativos?  
 Sí     No

24. ¿Cuál es la disposición de la institución para optar en soluciones sostenibles energéticamente?  
 Disponible     Mas o Menos     No Disponible

25. ¿Recomendaría avanzar con un estudio de prefactibilidad para un sistema solar con almacenamiento en la planta potabilizadora?  
 Sí     No

«Gracias por su opinión»  
«Apreciamos mucho su tiempo»

Activar Windo  
Ve a Configuración

Activar Windows  
Ve a Configuración para

**Figura 36. Encuesta como instrumento utilizado.**

Nota: Se realizó una encuesta para proyecto de sistema fotovoltaico en Planta Potabilizadora de Nacaome.

**Anexo 2:** Tabla de resultado de los encuestado.

**Tabla 15. Resultados de las personas encuestadas.**

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
1	¿Cuál es el rango del consumo energético total de la Planta Potabilizadora?	Situación energética actual	(1 A 50) KW	0	0%	100%
			(51 A 200) KW	0	0%	
			(201 A 500) KW	2	13%	
			(5001 A 999) KW	1	6%	
			1 MW	1	6%	
			No se	12	75%	
2	¿Qué tipo de equipos eléctricos existen en la Planta?	Situación energética actual	Iluminación	5	19%	100%
			Pequeños equipos eléctricos	4	15%	
			Grandes equipos eléctricos	5	19%	
			Equipos de informática	1	4%	
			Todas son correctas	11	42%	
3	¿Cuáles son los equipos que mayor consumo energético generan?	Situación energética actual	Motores de bombas de agua	16	62%	100%
			Aires Acondicionado	6	23%	
			Refrigeradoras	0	0%	
			Iluminación	3	12%	
			Otros	1	4%	

4	¿Cuántas horas de trabajo encienden los equipos eléctricos de mayor consumo en la operación?	Situación energética actual	(3 a 5) h	0	0%	100%
			(10 a 12) h	0	0%	
			(16 a 18) h	10	63%	
			(19 a 23) h	6	38%	
			24h	0	0%	
5	¿Cuál es el rango de pago del recibo de energía eléctrica mensual de la Planta?	Situación energética actual	(1 a 50,000) Lps.	0	0%	100%
			(51,000 a 100,000) Lps	0	0%	
			(101,000 a 150,000) Lps	0	0%	
			(151,000 a 300,000) Lps	2	13%	
			(400,000 a 500,000) Lps	0	0%	
			(501,000 a 600,000) Lps	11	69%	
			No se	3	19%	
6	¿Cuánto representa el gasto de energía eléctrica mensual con respecto al presupuesto de operación?	Situación energética actual	Menor	0	0%	100%
			Igual	0	0%	
			Mayor	1	6%	
			No se	15	94%	
7	¿Cuentan con sistema de respaldo?	Situación energética actual	Si	0	0%	100%
			No	16	100%	
8	¿Se presentan cortes o interrupciones frecuentes del suministro eléctrico?	Situación energética actual	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
9	¿El corte de energía eléctrica como afecta las operaciones?	Situación energética actual	Malestar de los abonados de agua, daños en equipos eléctricos y se alargan las horas de trabajo del empleado	16	100%	100%
			Tranquilidad en los abonados, los equipos no se dañan y no es necesario seguir enviando agua en el resto del día	0	0%	
10	¿Las interrupciones de energía eléctrica por fallas de la red de ENEE son frecuentes en el mes?	Situación energética actual	Nunca	0	0%	100%
			Pocas Veces	5	31%	
			Regularmente	11	69%	
			Siempre	0	0%	

11	¿Cuánto tiempo tarda en restablecer la energía eléctrica en la zona?	Situación energética actual	<1h	0	0%	100%
			(2 a 3) h	15	94%	
			(4 a 6) h	0	0%	
			(7 a 8) h	1	6%	
			10>	0	0%	
12	¿El voltaje de energía eléctrica es estable?	Situación energética actual	Si	0	0%	100%
			No	16	100%	
13	¿Qué periodo del año son los días más soleados con una buena Radiación Solar?	Estudio Técnico	Enero a Mayo	16	100%	100%
			Junio a Octubre	0	0%	
			Noviembre y Diciembre	0	0%	
14	¿Cuántas horas promedio al día se tiene radiación solar?	Estudio Técnico	(4 a 5) h	4	25%	100%
			(8 a 10) h	1	6%	
			(6 a 7) h	11	69%	
15	¿Existen áreas disponibles (techo, terreno) que pueda utilizarse para paneles solares?	Estudio Técnico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	
16	¿Las condiciones climáticas (invierno) del sector afectan la operación de la Planta?	Estudio Técnico	Si	15	94%	100%
			No	1	6%	

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
17	¿Qué condiciones climáticas crees que afectan la operación de la Planta?	Estudio Técnico	Vientos	0	0%	100%
			Nubosidad	0	0%	
			Temperaturas	7	39%	
			Lluvia (humedad)	9	50%	
			No se	2	11%	
18	¿En la Planta han considerado anteriormente instalar un proyecto de energía renovable?	Estudio Técnico	Si	1	6%	100%
			No	15	94%	
19	¿Qué beneficios considera que traería la instalación de un sistema fotovoltaico con capacidad de generación para abastecer la Planta?	Estudio Técnico	Ahorro de energía	3	19%	100%
			Estabilidad energética	1	6%	
			Respaldo de energía	0	0%	
			Todas las anteriores	12	75%	

20	¿Cómo valora el almacenamiento de energía con baterías para producir energía eléctrica?	Estudio Técnico	Excelente	2	13%	100%
			Bueno	7	44%	
			Regular	7	44%	
			Malo	0	0%	
21	16. ¿Cree que sería útil integrar bancos de baterías para asegurar el suministro continuo de energía, siendo de los equipos más caros de un proyecto de este tipo?	Estudio Técnico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	
22	¿Siendo el sistema de almacenamiento uno de los más caros de un proyecto solar, vale la pena invertir en un sistema de almacenamiento que de estabilidad energética?	Estudio Económico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	
23	¿Considera que un sistema solar ayudaría a reducir los costos operativos?	Estudio Económico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	

No.	Pregunta	Variable	Resultado			Total
			Opciones	Respuesta	%	
24	¿Cuál es la disponibilidad de la institución para optar en soluciones sostenibles energéticamente?	Estudio Económico	Disponible	7	44%	100%
			Poca Disponibilidad	8	50%	
			No Disponible	1	6%	
25	¿Recomendaría avanzar con un perfil de proyecto para un sistema solar con almacenamiento en la Planta potabilizadora?	Estudio Económico	Si	16	100%	100%
			No	0	0%	

Nota: Elaboración de cuadro de resultados de las preguntas, respuesta y porcentaje.

### Anexo 3: Uso de Excel para el cálculo del consumo energético.

Tabla de equipos Planta Potabilizadora Nacoame											
Equipo Eléctrico	V	Hz	Con	KW	KWt	Eff%	Op. hrs/día	Op. hrs/año	VFD	KWH/D	Con. anual (MWh)
Bomba FELM	480	60	D	51.75	207	94.3	5	1800	X	1035	372.6
Bomba SAER	480	60	Y	9	36	94.3	18	6480	X	648	233.28
Bomba Rognoni	480	60	Y	0.55	3.3		18	6480		59.4	21.384
Aires acondicionados 12K	220	60		1.3	2.6		7	2520		18.2	6.552
Lamparas	110	60		0.12	4.8		7	2520		33.6	12.096
Refrigeradora 10 PC	110	60		0.2	0.2		10	3600		2	0.72
Refrigeradora 6 PC	110	60		0.12	0.12		10	3600		1.2	0.432
<b>Total</b>					<b>254.0</b>					<b>1797.4</b>	<b>647.064</b>
					256.3					1742.4	Tarifas
					Potencia Total Nominal=	254.0			KW		Valor promedio mensual
					Consumo mensual=	53922			KWh/Mes	314,219.67	L/KWh
					Consumo Anual=	647.064			MWh/Anual		

Equipo Eléctrico	KWt	KWH/D
Bomba FELM	207	1035
Bomba SAER	36	648
Bomba Rognoni	3.3	59.4
Aires acondicionados	2.6	18.2
Lamparas	4.8	33.6
Refrigeradora 10 PC	0.2	2
Refrigeradora 6 PC	0.12	1.2
<b>Total</b>		<b>1797</b>

Figura 37. Tabla en Excel del consumo de los equipos electricos.

Nota: Elaboración propia sobre la potencia y del consumo de energía diaria.

### Anexo 4: Datos energéticos calculado para la simulación en el PVsystem.

Datos Energeticos	
Energía diaria:	1797 KWh
Panel Solar:	560 W
Bateria:	106 AH
Inversor:	250 KW
HSP:	6 H
Voltaje DC:	768 V
Voltaje AC:	480 V
Dias de Aut.:	20% Dia
Fac. de Seg.:	1.2
Coef. Perdida:	0.9
Prof. Descarga:	0.8
No. De Panel:	646 Modulos
Banc. De Bat:	6 Banco
No. De Baterias:	96 Unidad
Inversor:	250 KW

Figura 38. Resultado de equipos de tecnología renovable a utilizar.

Nota: Se realizo cálculos en Excel para estimar la cantidad de equipo solar que se simulo en PVsystem.

**Anexo 5:** Resultados de la simulación de PVsyst.



**Proyecto: Estudio de Prefactibilidad de Sistema Fotovoltaico  
Hibrido Planta Potabilizadora Nacaome, Valle**

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.8

VC1, Fecha de simulación:  
01/07/25 05:25  
con V7.4.8

Resumen del proyecto		
<b>Sitio geográfico</b>	<b>Situación</b>	<b>Configuración del proyecto</b>
Planta Potabilizadora de Nacaome	Latitud 13.53 °N	Albedo 0.20
Honduras	Longitud -87.49 °W	
	Altitud 28 m	
	Zona horaria UTC-6	
<b>Datos meteo</b>		
Planta Potabilizadora de Nacaome		
Meteonorm 8.1 (2000-2009), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema		
<b>Sistema conectado a la red</b>	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
Simulación para el año nº 10		
<b>Orientación campo FV</b>	<b>Sombreados cercanos</b>	<b>Necesidades del usuario</b>
Plano fijo	Sin sombreados	Carga constante fija
Inclinación/Azmut 17 / -26 °		73.9 kW
		Global
		647 MWh/año
<b>Información del sistema</b>	<b>Inversores</b>	<b>Paquete de baterías</b>
<b>Generador FV</b>		Estrategia de almacenamiento : Autoconsumo
Núm. de módulos 646 unidades	Núm. de unidades 1 unidad	Núm. de unidades 96 unidades
Pnom total 362 kWp	Pnom total 250 kWca	Voltaje 819 V
	Proporción Pnom 1.447	Capacidad 648 Ah

Resumen de resultados			
Energía producida 583884 kWh/año	Producción específica 1614 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 71.62 %	
Energía usada 646996 kWh/año		Fracción solar (SF) 64.26 %	

Tabla de contenido	
Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	5
Diagrama de pérdida	6
Gráficos predefinidos	7
Diagrama unifilar	13
Costo del sistema	14
Análisis financiero	15
Balace de emisiones de CO <sub>2</sub>	18

**Figura 39.** Resumen general de la simulación de PVsyst.

Nota: Se muestra el resumen del proyecto, sistema y de resultados.

## Anexo 6: Características del generador FV.

Características del generador FV			
<b>Módulo FV</b>		<b>Inversor</b>	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	TWMPF-72HD560	Modelo	Protect-PV 250
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	560 Wp	Unidad Nom. Potencia	250 kWca
Número de módulos FV	646 unidades	Número de inversores	1 unidad
Nominal (STC)	362 kWp	Potencia total	250 kWca
Módulos	38 cadena x 17 En serie	Voltaje de funcionamiento	400-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.45
Pmpp	331 kWp		
U mpp	651 V		
I mpp	508 A		
<b>Potencia FV total</b>		<b>Potencia total del inversor</b>	
Nominal (STC)	362 kWp	Potencia total	250 kWca
Total	646 módulos	Número de inversores	1 unidad
Área del módulo	1669 m <sup>2</sup>	Proporción Pnom	1.45
Área celular	1540 m <sup>2</sup>		
<b>Almacenamiento de batería</b>			
<b>Batería</b>			
Fabricante	Generic		
Modelo	WM-008-4800		
<b>Paquete de baterías</b>			
Núm. de unidades	16 en serie x 6 en paralelo	<b>Características del paquete de baterías</b>	
Descarga mín. SOC	20.0 %	Voltaje	819 V
Energía almacenada	424.7 kWh	Capacidad nominal	648 Ah (C10)
<b>Cargador de entrada de batería</b>			
Modelo	Genérico	Temperatura	Temperatura ambiente exterior
Máx. potencia de carga	320.0 kWcc		
Eficiencia máx./Euro	97.0/95.0 %		
<b>Inversor batería a red</b>			
Modelo	Genérico		
Máx. potencia descarga	142.0 kWca		
Eficiencia máx./Euro	97.0/95.0 %		

**Figura 40. Características generales del generador FV.**

Nota: Se detalla las características de los módulos FV, sistema de almacenamiento e inversores del sistema Fotovoltaico híbrido.

## Anexo 7: Evaluación económica.

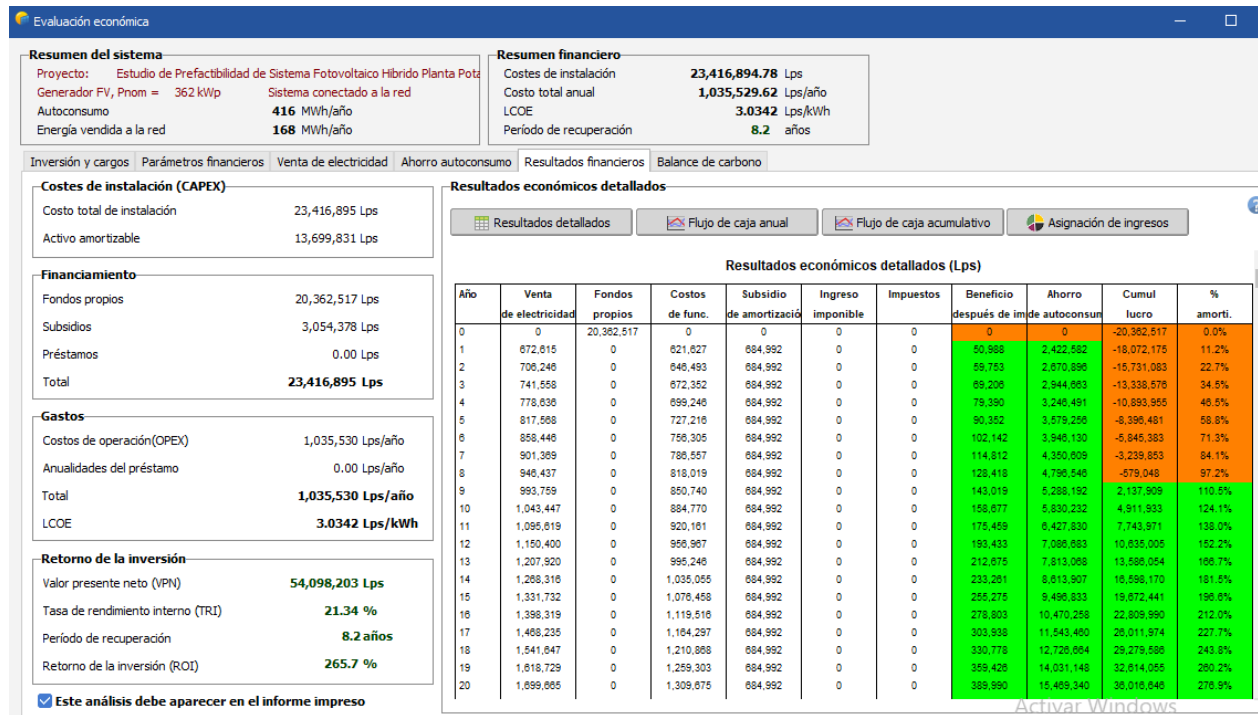


Figura 41. Resumen de la evaluación económica.

Nota: Resultado final del estudio económico; autoconsumo y venta de energía, financiamiento, gastos y retorno de inversión del proyecto.

## Anexo 8: Graficas de Producción, perdidas y rendimiento.

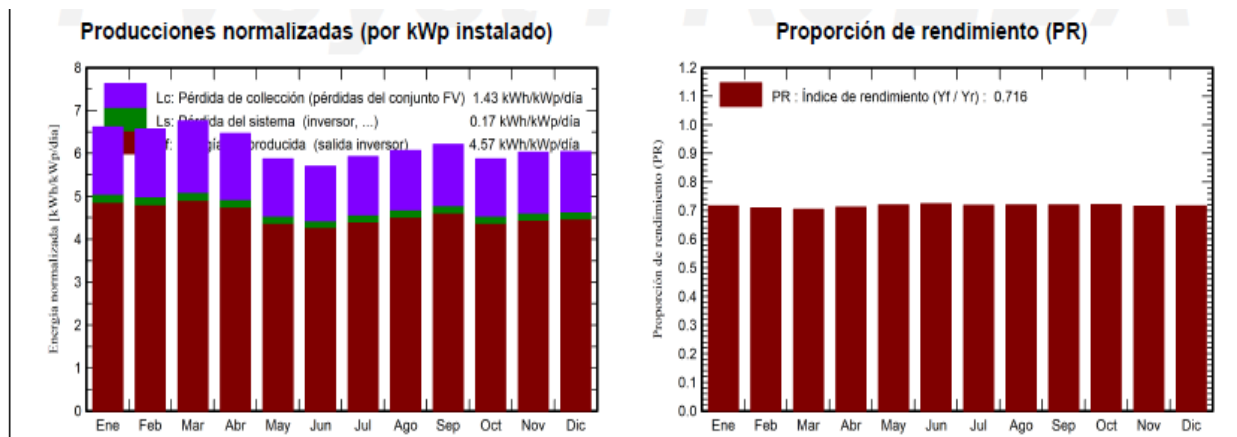
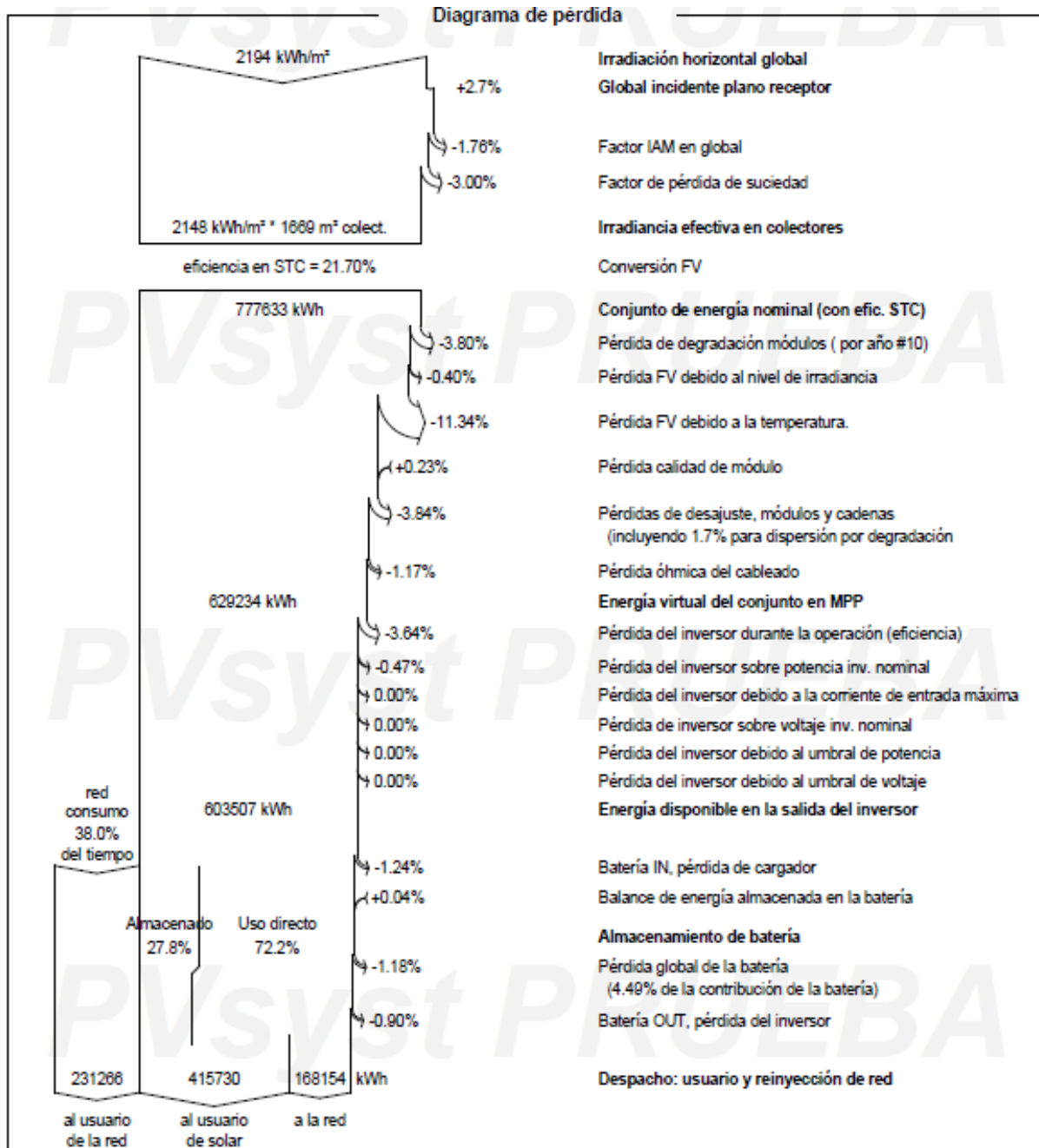


Figura 42. Grafica sobre Producción normalizadas y Proporción de rendimiento

Nota: En la grafica izquierda se muestra la pérdidas y producción del sistema FV, la grafica derecha el porcentaje de rendimiento por cada mes.

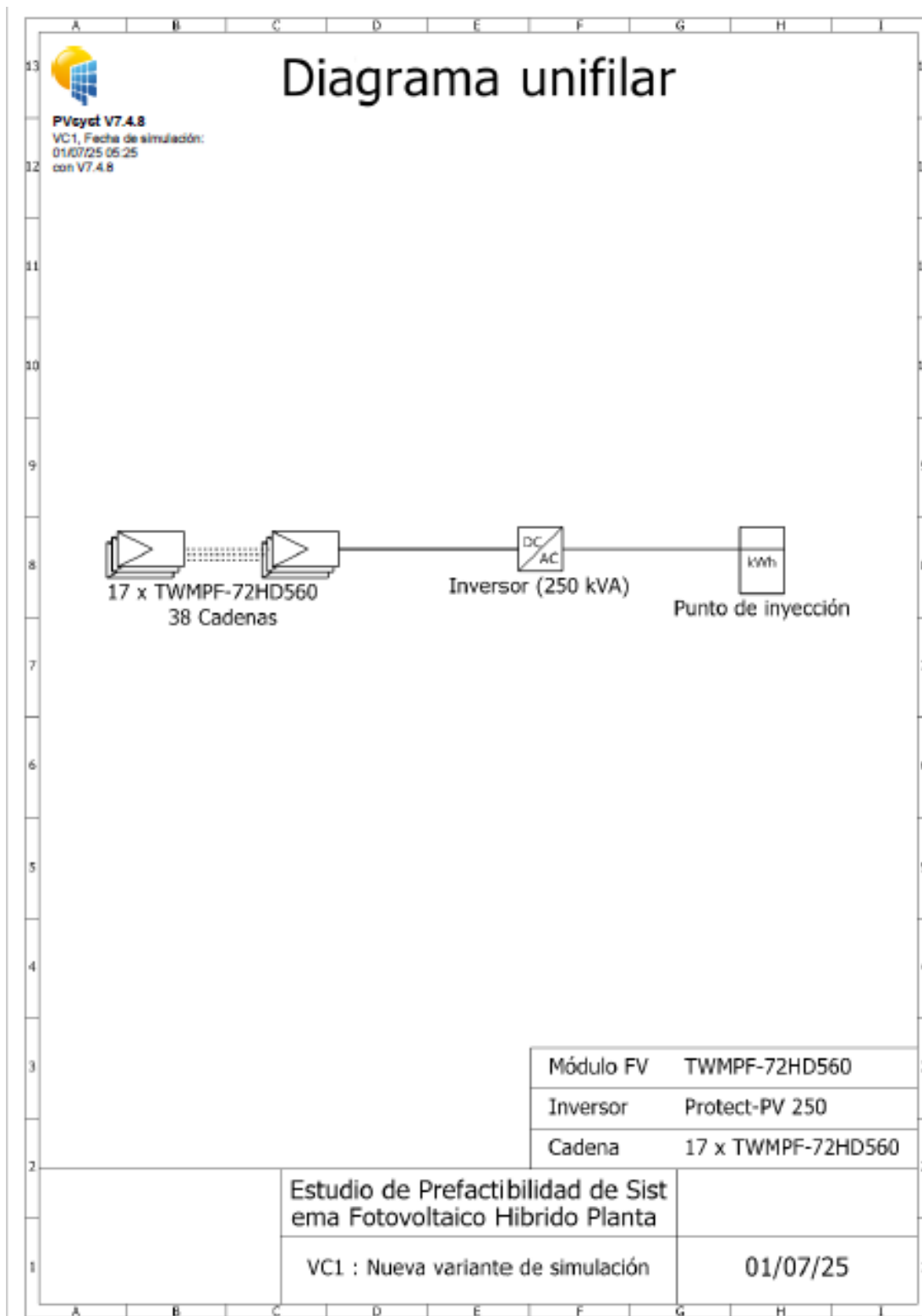
**Anexo 9:** Diagramas de Perdidas del sistema Fotovoltaico.



**Figura 43. Perdidas del Sistema Fotovoltaico.**

Nota: En el diagrama se refleja algunas pérdidas del inversor, baterías, paneles u otros que restan a la producción total del sistema fotovoltaico.

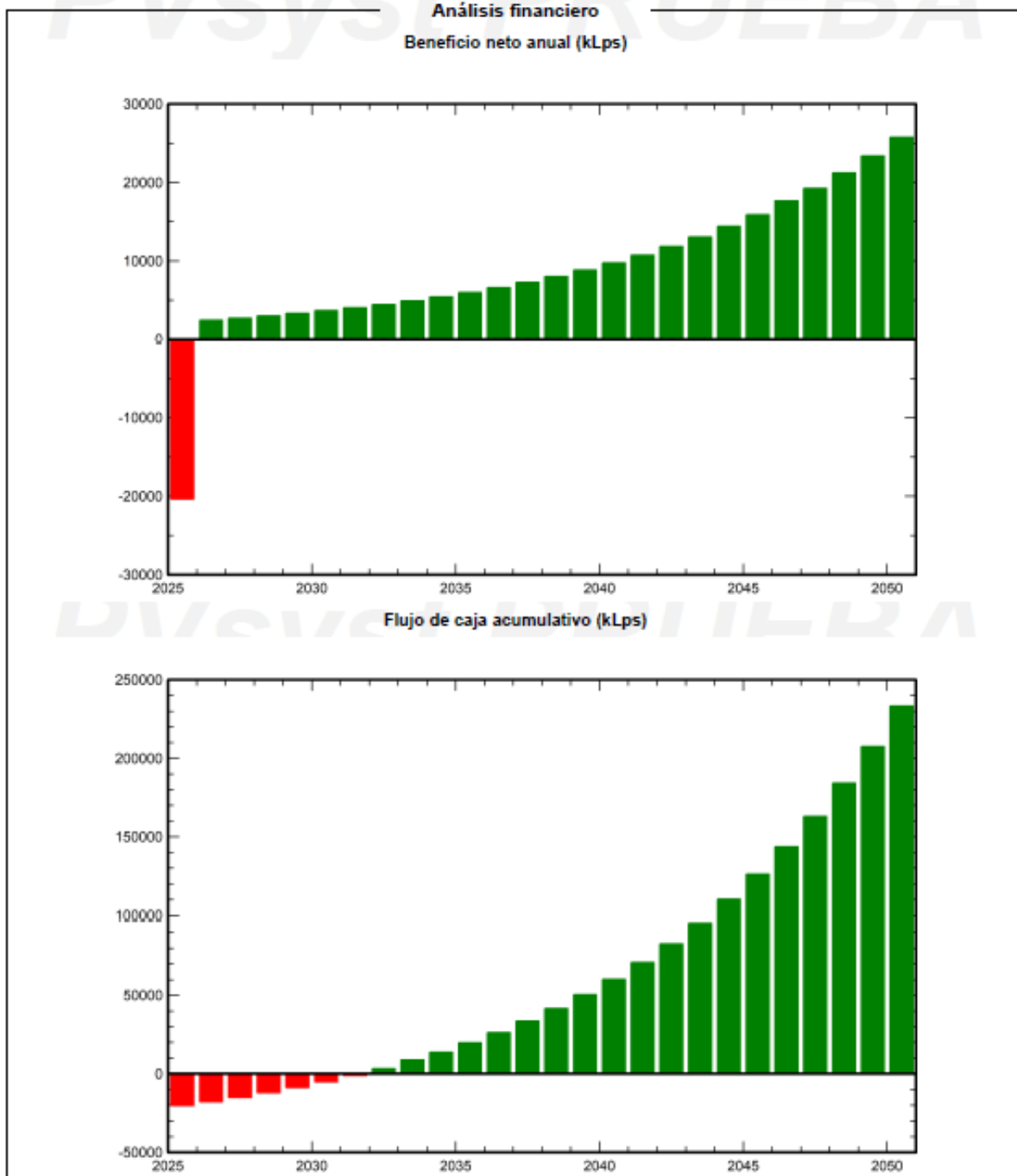
**Anexo 10:** Diagramas unifilar del proyecto.



**Figura 44. Diagrama unifilar.**

Nota: Se observa el diagrama de la conexión de paneles inversor e inyección del sistema híbrido.

**Anexo 10: Beneficio neto anual y flujo de caja acumulativo.**



**Figura 45. Beneficio neto anual y flujo de caja acumulativo.**

Nota: En la grafica se muestra la trayectoria del retorno financiero del inicio del proyecto hasta el año 2050.