



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA
FOTOVOLTAICA PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA EN CASCO
URBANO DE CANTARRANAS, F. M
SUSTENTADO POR:**

**CATHERINE STEPHANIE MALDONADO QUEVEDO
MAURICIO JOSUÉ GONZÁLEZ CANALES**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**TEGUCIGALPA, MDC, FRANCISCO MORAZÁN, 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

**EVALUACIÓN DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA
FOTOVOLTAICA PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA EN CASCO**

URBANO DE CANTARRANAS, F. M

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

MÁSTER EN

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ASESOR METODOLÓGICO

MARVIN ROBERTO MENDOZA

VALENCIA

MIEMBROS DE LA TERNA:

ABOG. JOSÉ MANUEL FLORES

LIC. RIGOBERTO RODRÍGUEZ

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2025

Mauricio Josué González Canales

Catherine Stephanie Maldonado Quevedo

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

EVALUACIÓN DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RED DE ILUMINACIÓN PÚBLICA EN CASCO URBANO DE CANTARRANAS, FRANCISCO MORAZÁN

CATHERINE STEPHANIE MALDONADO QUEVEDO

MAURICIO JOSUÉ GONZÁLEZ CANALES

Resumen

La presente investigación examina la viabilidad de implementar un sistema autónomo de generación eléctrica basado en tecnología fotovoltaica para optimizar el alumbrado público en Cantarranas, Francisco Morazán. El estudio analiza la disponibilidad de radiación solar, el impacto económico y los beneficios ecológicos asociados con la transición energética. Se adopta un enfoque metodológico mixto que integra análisis cuantitativo y cualitativo para evaluar la factibilidad técnica, el costo-beneficio y la percepción social del proyecto. Los resultados indican que la integración de paneles solares podría reducir significativamente los costos operativos, incrementar la eficiencia energética y fomentar la sostenibilidad del municipio. Se concluye que la cogeneración fotovoltaica representa una alternativa viable para mejorar la infraestructura de iluminación pública, garantizando un desarrollo urbano más eficiente y ambientalmente responsable.

Palabras claves: Cogeneración, energía, fotovoltaico, iluminación, paneles.



GRADUATE SCHOOL

**EVALUACIÓN DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA
FOTOVOLTAICA PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA EN CASCO
URBANO DE CANTARRANAS, F. M.**

**CATHERINE STEPHANIE MALDONADO QUEVEDO
MAURICIO JOSUÉ GONZÁLEZ CANALES**

Abstract

This research examines the feasibility of implementing an autonomous electricity generation system based on photovoltaic technology to optimize public lighting in Cantarranas, Francisco Morazán. The study analyses the availability of solar radiation, the economic impact and the ecological benefits associated with the energy transition. A mixed methodological approach is adopted that integrates quantitative and qualitative analysis to evaluate the technical feasibility, cost-benefit and social perception of the project. The results indicate that the integration of solar panels could significantly reduce operating costs, increase energy efficiency and promote the sustainability of the municipality. It is concluded that photovoltaic cogeneration represents a viable alternative to improve public lighting infrastructure, ensuring a more efficient and environmentally responsible urban development.

Key Words: Cogeneration, energy, lighting, panels, photovoltaic.

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico este trabajo a Dios, fuente de fortaleza e inspiración constante.

A mi prometida, Gabriela María Fernández Bellorín, por su amor, apoyo y compañía incondicional.

A mi madre, María Eva Canales Salazar, el más grande amor, por su entrega y fe en mí.

A mi padre, Mauro González Medina, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A mi hermana, Eva Lizbeth González Canales, cuya confianza ha sido mi mayor impulso.

A mi tía, María Francisca González Medina, por su apoyo constante y motivación.

A mis profesores y asesores, por su guía y valiosos conocimientos durante esta investigación.

A mis amigos y compañeros de estudio, por su apoyo, consejos y ánimo compartido.

Que este trabajo inspire a construir un futuro más limpio, justo y eficiente.

Mauricio Josué González Canales

Agradezco a Dios, fuente de fortaleza, guía y propósito en cada paso de mi vida.

Su presencia me dio claridad en la duda y ánimo en los días más difíciles.

Dedico este trabajo a mis padres, por ser mi base, mi ejemplo y mi mayor apoyo.

A mi papá, José Luis Maldonado, por enseñarme el valor de la disciplina y la constancia.

A mi mamá, Carolina Quevedo, por su amor incondicional y por creer en mí siempre.

A mi novio, Omar Stanley, por su paciencia, comprensión y cariño en cada etapa.

Gracias por ser mi pilar emocional durante este proceso tan importante.

A quienes aportaron desde su espacio con apoyo, palabras o compañía.

Cada gesto fue esencial para alcanzar esta meta.

Catherine Stephanie Maldonado Quevedo

AGRADECIMIENTO

Expresamos el más sincero agradecimiento a la Alcaldía Municipal de Cantarranas, por su invaluable apoyo en la realización de esta investigación. Su disposición para brindar información, facilitar recursos y compartir su visión sobre el desarrollo sostenible en la comunidad ha sido fundamental para el éxito de este estudio. Su compromiso con la innovación y el uso de energías renovables es un ejemplo de liderazgo en la gestión municipal.

Asimismo, agradecemos a UNITEC por proporcionarnos una formación académica de excelencia y por fomentar en sus estudiantes la investigación y la búsqueda de soluciones sostenibles. A mis docentes y asesores, gracias por su orientación, paciencia y conocimientos, que han sido clave en cada etapa de este proceso.

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo conjunto, y esperamos que sus hallazgos contribuyan al desarrollo energético y ambiental de Cantarranas, promoviendo un futuro más eficiente y sostenible para la comunidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTO	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	4
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	8
1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.3.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN GENERAL	9
1.3.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS.....	9
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	12
2.1.1 FALTA DE ILUMINACIÓN POR LA NOCHE	13
2.1.2 MACROENTORNO.....	13
2.1.2.1 ENTORNO POLÍTICO Y LEGAL	13
2.1.2.2 ENTORNO ECONÓMICO	13
2.1.2.3 ENTORNO TECNOLÓGICO	14
2.1.2.4 ENTORNO SOCIOCULTURAL	14
2.1.2.5 ENTORNO AMBIENTAL	14
2.1.3 MICROENTORNO	15
2.2 CONCEPTUALIZACIÓN.....	16
2.2.1 GESTIÓN DE PROYECTOS MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS	16

2.2.2 RED DE ILUMINACIÓN PÚBLICA	17
2.2.3 COGENERACIÓN DE ENERGÍA	18
2.2.4 FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LA COGENERACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS	19
2.2.5 GESTIÓN DEL CAMBIO.....	20
2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO	22
2.3.1 BASES TEÓRICAS.....	22
2.3.1.1 PRINCIPIOS Y TEORIAS FUNDAMENTALES	23
2.3.1.2 Tecnologías y métodos para cogeneración solar	26
2.3.1.3 Tecnologías Fotovoltaicas Aplicadas a Iluminación Pública	26
2.3.1.3.1	Integración de sistemas de almacenamiento
27	
2.3.2 METODOLOGÍAS DESARROLLADAS	27
2.3.2.1 COGENERACIÓN DE ENERGÍA.....	28
2.3.2.2 PANELES FOTOVOLTAICOS.....	30
2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	32
2.4 MARCO LEGAL.....	33
2.4.1 PERMISOS PARA COGENERACIÓN.....	34
2.4.2 REGLAMENTOS.....	34
2.4.3 LEYES APLICABLES.....	35
2.4.4 ESTÁNDARES DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA.....	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	36
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	36
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA	37
3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO	39
3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	40
3.1.4 HIPÓTESIS.....	41
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS.....	41
3.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS	41
3.2.2 ALCANCE.....	42
3.2.3 DISEÑO.....	43

3.2.4	INSTRUMENTOS.....	44
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.3.1	POBLACIÓN.....	45
3.3.2	MUESTRA.....	45
3.3.2.1	TÉCNICAS DE MUESTREO.....	46
3.4	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS.....	47
3.4.1	TÉCNICAS.....	48
3.4.2	ENTREVISTA.....	48
3.4.3	ENCUESTA.....	48
3.4.4	INSTRUMENTOS.....	48
3.5	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	50
3.5.1	FUENTES PRIMARIAS.....	50
3.5.2	FUENTES SECUNDARIAS.....	50
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		54
4.1	INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
4.1.1	PROCESO.....	54
4.1.2	DETALLES DE LOS INSTRUMENTOS Y LA POBLACIÓN.....	57
4.1.3	JUSTIFICACIÓN DEL USO DE LA ENCUESTA.....	57
4.1.4	HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS: PVGIS Y RETSCREEN.....	57
4.1.4.1	PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM).....	57
4.1.4.2	RETSCREEN EXPERT.....	58
4.1.4.3	WINDY.....	58
4.1.4.4	PLATAFORMA FORMS.....	58
4.2	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....	58
4.2.1	INSTRUMENTO PL01:.....	59
4.2.1.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL INSTRUMENTOS PL01.....	60
4.2.1.1.1	EDAD.....	60
4.2.1.1.2	GÉNERO.....	61
4.2.1.1.3	NIVEL EDUCATIVO.....	62
4.2.1.1.4	ESTADO DEL ALUMBRADO PÚBLICO.....	63
4.2.1.1.5	PROBLEMAS PERCIBIDOS DEL ALUMBRADO PÚBLICO.....	64

4.2.1.1.6	FRECUENCIA DE FALTA DE ALUMBRADO PÚBLICO	65
4.2.1.1.7	AFECTACIONES POR FALTA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	66
4.2.1.1.8	NECESIDAD DE MEJORA DEL SISTEMA ACTUAL	67
4.2.1.1.9	CONOCIMIENTOS SOBRE PANELES SOLARES	68
4.2.1.1.10	ACEPTACIÓN DE LÁMPARAS SOLARES	69
4.2.1.1.11	IMPORTANCIA DE MODERNIZAR EL SISTEMA	70
4.2.1.1.12	DISPOSICIÓN A CONTRIBUIR ECONÓMICAMENTE	71
4.2.2	RESULTADOS CUANTITATIVOS	71
4.2.3	ANÁLISIS CUALITATIVO	73
4.3	ANÁLISIS INFERENCIAL Y MODELOS APLICADOS	75
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		76
5.1	CONCLUSIONES	77
5.2	RECOMENDACIONES	78
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....		79
6.1	NOMBRE DE LA PROPUESTA.....	79
6.2	JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	79
6.3	OBJETIVOS	79
6.4	PLAN DE GESTIÓN DEL ALCANCE	80
6.4.9	PLAN DE COMUNICACIONES.....	90
6.4.10	ADQUISICIONES.....	92
6.4.11	ETAPAS DEL PROCESO DE ADQUISICIONES	92
6.4.12	MONITOREO Y CONTROL DE ADQUICIONES	94
6.4.13	IDENTIFICACIÓN DE LOS INTERESADOS	95
6.4.14	PLAN DE INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS	95
6.4.15	LÍMITES DEL PROYECTO.....	96
6.4.16	RESTRICCIONES DEL PROYECTO.....	97
6.5	MEDIDAS DE CONTROL	97
6.5.1	RIESGOS Y PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS	97
6.6	PRESUPUESTO E IMPACTO DEL PRESUPUESTO	99
6.7	PLAN DE CONTROL DE COSTOS Y PROYECCIÓN.....	100
6.8	ALCANCE DE CONTROL DE COSTOS.....	102

6.8.1 GESTIÓN DE CAMBIOS EN COSTOS	102
6.9 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL	103
6.9.1 HERRAMIENTAS DE CONTROL UTILIZADAS	103
6.10 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA 104	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
GLOSARIO	111
ANEXOS	113
Anexo 1 – Encuesta aplicada a comunidad del casco urbano de Cantarranas	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz Metodológica	38
Tabla 2: Operacionalización de las variables.....	40
Tabla 3: Resultados del instrumento (PL01) – Encuestas a la población local urbana	59
Tabla 4: Medidas de tendencia central.....	59
Tabla 5: Diccionario de la EDT / WBS	83
Tabla 6: Supuestos del cronograma	84
Tabla 7: Instrumentos de seguimiento y control.....	85
Tabla 8: Criterios de aceptación de la calidad	86
Tabla 9: Recursos humanos para el proyecto de paneles solares.....	87
Tabla 10: Recursos materiales y equipos para el proyecto	88
Tabla 11: Asignación de los recursos	89
Tabla 12: Plan de comunicaciones.....	91
Tabla 13: Adquisiciones del proyecto.....	92
Tabla 14: Monitoreo y control de las adquisiciones	94
Tabla 15: Identificación de los interesados del proyecto.....	95
Tabla 16: Plan de involucramiento de los interesados.....	96
Tabla 17: Plan de gestión de riesgo	98
Tabla 18: Presupuesto general del proyecto	100
Tabla 19: Gasto energético del casco urbano en Cantarranas.....	100
Tabla 20: Flujo de caja proyecto, parte 01.....	100
Tabla 21: Flujo de caja proyecto, parte 02.....	101
Tabla 22: Resultados TIR y VAN.....	101
Tabla 23: Procedimientos de control	103
Tabla 24: Concordancia de los segmentos con la tesis, parte 01	105
Tabla 25: Concordancia de los segmentos con la tesis, parte 02	105
Tabla 26: Acta de constitución del proyecto.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Primeros paneles solares en la historia.....	2
Figura 2: Edmund Bacquerel, descubridor del efecto fotovoltaico.....	2
Figura 3: Vista panorámica del centro de Cantarranas, Francisco Morazán.....	4
Figura 4: Alumbrado público en Cantarranas	7
Figura 5: Esquema de variables de estudio.....	39
Figura 6: Fórmula para cálculo de la muestra.....	47
Figura 7: Mapa político departamento de Francisco Morazán.....	52
Figura 8: Localización de municipio de Cantarranas con su radiación solar promedio.....	53
Figura 9: Proceso de recolección de datos	56
Figura 10: Edad de los participantes de encuesta.....	61
Figura 11: Género de los participantes de la encuesta.....	62
Figura 12: Nivel educativo de los participantes de la encuesta	63
Figura 13: Estado del alumbrado público llenado por los participantes de la encuesta.....	64
Figura 14: Problemas percibidos del alumbrado público.....	65
Figura 15: Frecuencia de falta de alumbrado público de los participantes de la encuesta.....	66
Figura 16: Afectaciones por falta de alumbrado público de los participantes de la encuesta.....	67
Figura 17: Necesidad de mejora del sistema actual de alumbrado público	68
Figura 18: Conocimientos de alumbrado público de los participantes de la encuesta	69
Figura 19: Aceptación de lámparas solares de los participantes de la encuesta	69
Figura 20: Importancia de modernización del sistema	70
Figura 21: Disposición a contribuir económicamente de los participantes de la encuesta	71
Figura 22: Nube de palabras del análisis cualitativo.....	74
Figura 23: Esquema de la EDT / WBS (Estructura de desglose de trabajo).....	82
Figura 24: Plano de distribución de lámparas solares en casco urbano de Cantarranas	85
Figura 25: Cronograma de actividades del proyecto MS Project	82
Figura 26: Diagrama de ruta crítica de actividades del proyecto MS Project.....	83

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Toda investigación nace de una necesidad real, de un vacío que demanda comprensión y acción. En el caso del municipio de Cantarranas, la carencia de un sistema de iluminación pública eficiente no solo afecta la seguridad y el bienestar de sus habitantes, sino que también limita el aprovechamiento de su potencial turístico y cultural durante las horas nocturnas. Este contexto plantea preguntas fundamentales sobre cómo mejorar el acceso a la energía sin agravar el impacto ambiental ni comprometer el presupuesto municipal. A partir de esta problemática, surge la presente investigación, cuyo propósito es explorar de forma integral la viabilidad de implementar un sistema de cogeneración eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, como una alternativa sostenible para modernizar la red de alumbrado público del casco urbano.

1.1 INTRODUCCIÓN

La investigación es la base de las políticas gubernamentales en todo el mundo y un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, ya que permite generar conocimiento, aplicarlo y compartirlo para maximizar sus beneficios en la sociedad (Zamorano, 2018). En este contexto, desempeña un papel clave en la evaluación de la viabilidad de proyectos, proporcionando información basada en evidencia para la toma de decisiones informadas.

Este capítulo aborda el problema de estudio y define los objetivos que delimitan el alcance de la investigación. A través de este análisis, se busca generar información precisa que facilite la implementación de sistemas energéticos más eficientes. A continuación, se presenta el planteamiento del problema, estableciendo el propósito y los objetivos que guían esta investigación.

Desde la antigüedad, las civilizaciones han aprovechado la energía solar para satisfacer sus necesidades básicas. Si buscamos registros históricos podemos encontrar que civilizaciones como la egipcia, la griega y romana y china hacían uso del sol como fuente ingeniosa en la arquitectura de sus edificios, el diseño de los atrios en las casas romanas, la invención de los hornos solares y cabe mencionar que antiguos pueblos veían al sol como un dios e incluso le adoraban. “El sol emite una gran cantidad de energía a través de un proceso conocido como fusión nuclear. En el núcleo del Sol, donde las temperaturas y las presiones son extremadamente altas, los átomos de hidrógeno se fusionan para formar átomos de helio. Este proceso libera una enorme cantidad de energía en forma de radiación electromagnética, principalmente en forma de luz y calor” (Planas,

2024) Este proceso permite que las cantidades de energía liberadas en forma de luz y calor irradian en el espacio y lleguen a la tierra en forma de radiación solar.



Figura 1: Primeros paneles solares en la historia

Fuente: (SOLAR, ESC SOLAR, 2022)

“A los 19 años, un científico francés llamado Edmund Bacquerel descubrió el efecto fotovoltaico, seis años después Charles Fritts fabricó la primera célula fotovoltaica de estado sólido. Fritts fue el primero en demostrar que un material sólido sin partes móviles podía utilizarse para convertir la luz solar directamente en energía eléctrica. Con este prototipo consiguió generar una corriente eléctrica continua y constante.” (Rubio, 2019).

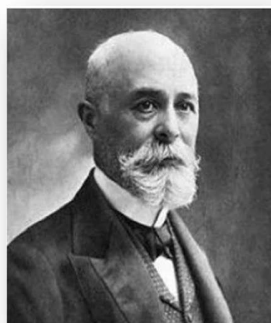


Figura 2: Edmund Bacquerel, descubridor del efecto fotovoltaico

Fuente: (SOLAR, ESC SOLAR, 2022)

La tecnología solar fotovoltaica ha avanzado significativamente desde sus inicios como ser: La investigación ha llevado al desarrollo de celdas solares que superan el 20% de eficiencia, los sistemas de seguimiento solar permiten que los paneles sigan la trayectoria del sol, aumentando la producción de energía. La tecnología de paneles solares integrados en edificios (BIPV) permite que los edificios generen su propia energía, así como los avances en baterías, como las de iones de litio, han mejorado la capacidad de almacenar energía solar para su uso posterior e integración de la energía solar en redes eléctricas inteligentes permite una gestión más eficiente de la energía convirtiéndose en una solución sostenible y eficiente para diversas necesidades energéticas.

En este contexto, la iluminación pública juega un papel crucial en el desarrollo de comunidades, proporcionando seguridad y bienestar a los habitantes. Sin embargo, el abastecimiento de energía para este fin representa un reto significativo, especialmente en zonas donde el acceso a la red eléctrica es limitado o los costos de energía son elevados. En busca de optimizar el sistema de alumbrado público del municipio de Cantarranas, Francisco Morazán minimizando su impacto ambiental y reduciendo su dependencia de fuentes de energía convencionales, la implementación de un sistema de cogeneración de energía basado en paneles solares podría representar una opción viable y sostenible. (Gobierno de la República de Honduras, 2025)

El presente estudio tiene como finalidad analizar la viabilidad de la adopción de un sistema de cogeneración de energía basado en tecnología fotovoltaica para la iluminación pública de Cantarranas, evaluando su factibilidad técnica, económica y ambiental, A lo largo de los diferentes capítulos presentados se examinarán aspectos clave como la disponibilidad de radiación solar, el consumo eléctrico requerido y los beneficios potenciales de esta iniciativa. Se considerará la integración con la red eléctrica existente, analizando la posibilidad de implementar un esquema de generación distribuida que permita optimizar la eficiencia energética y reducir costos operativos existentes en el actual proceso de gasto de energía. (Gobierno de la República de Honduras, 2025)

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Cantarranas, municipio del departamento Francisco Morazán en Honduras, está conformado por 20 aldeas según el Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadísticas (2013). Según la información cartográfica del Sistema Nacional de Información Territorial (2001) se estima una extensión territorial de 380.165 km² y se encuentra a pocos kilómetros de la capital, Tegucigalpa. Con base en las proyecciones del INE se estima que al 2021 la población total de Cantarranas asciende a los 18,571 habitantes. (Secretaría de Gobernalización, 2024)

La economía de este municipio se sustenta gracias a la agricultura y la ganadería siendo algunos de sus principales productos cultivados la caña de azúcar. En los últimos años, el turismo ha cobrado gran relevancia en Cantarranas, impulsado por su riqueza artística y cultural, convirtiéndose en un destino atractivo para turistas nacionales e internacionales., También es considerado un tesoro moderno por turistas amantes del arte y catalogada con el lugar perfecto para las personas que aman la fotografía ya que cuenta con más de 100 murales, agregando nuevos y renovando los antiguos constantemente, de esta manera se mantiene vivo el color en todos ellos.



Figura 3: Vista panorámica del centro de Cantarranas, Francisco Morazán

Fuente: (Heraldo, 2022)

Cantarranas, al igual que muchas otras regiones de Honduras, enfrenta desafíos significativos en la provisión de servicios básicos, incluyendo el alumbrado público. La limitada inversión en infraestructura ha resultado en deficiencias en áreas como agua potable, saneamiento y energía eléctrica (CEPAL, 2016). Según la Secretaría de Gobernación, Justicia y Descentralización (2019), el municipio presenta deficiencias en la cobertura y mantenimiento de estos servicios, lo que limita

el acceso de la población a un entorno seguro y bien iluminado. Asimismo, un informe del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE, 2021) presentado junto con Geoconsult destaca que las inversiones en infraestructura en Cantarranas han estado enfocadas en la mejora vial, dejando en segundo plano la optimización de otros servicios esenciales como el alumbrado público.

Este documento resalta la necesidad de estrategias de desarrollo que consideren un enfoque integral en la provisión de servicios urbanos. Por otro lado, el Fondo Nacional de Convergencia (FONAC, 2015) señala que la falta de planificación y financiamiento adecuado ha dificultado la expansión de la red de alumbrado público en Cantarranas y en otras comunidades del país. Este informe enfatiza la importancia de implementar soluciones innovadoras y sostenibles para mejorar la infraestructura energética local.

Debido a que la red de alumbrado público tradicional consume grandes cantidades de electricidad, lo que implica costos elevados para la municipalidad y un impacto ambiental significativo, se propone la adopción de energías renovables, como la instalación de sistemas fotovoltaicos. La implementación de alumbrado solar permitiría reducir costos operativos, disminuir el impacto ambiental y garantizar una mayor autonomía energética para el municipio. “La energía solar fotovoltaica implica la conversión directa de la radiación solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico, un fenómeno descubierto en 1839 por Alexandre Edmond Becquerel. Aunque el principio es antiguo, la tecnología moderna de energía solar es relativamente reciente.” (Rodríguez – de Moura, 2019, p. 1267). O’Connor (2022) afirma: “La energía solar autónoma permite la independencia energética mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos y baterías” (p. 15).

La red de alumbrado tradicional genera altos costos y un impacto ambiental significativo. La energía solar fotovoltaica, que convierte la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico (Becquerel, 1839), ofrece una alternativa renovable, limpia y económica (Rodríguez-de Moura, 2019). Además, promueve la independencia energética a través del uso de baterías (O’Connor, 2022) y ha disminuido sus costos debido al aumento de producción global, especialmente en China (Breyer, 2017). Las celdas solares, según la Universidad Politécnica Salesiana (2012), permiten transformar la luz solar en electricidad, posicionándose como una solución eficiente y sostenible para modernizar el alumbrado público.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Municipio de Cantarranas, Francisco Morazán es abastecido de energía eléctrica por medio de La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) para la iluminación pública. Sin embargo, el servicio eléctrico actual presenta varios problemas que afectan tanto a la población como a la administración municipal; deficiencias como ser: Alto consumo energético, Elevados costos de operación, Cobertura limitada en zonas rurales, Impactos ambientales. (ENEE, Informe de cobertura y electricidad en Honduras, 2021)

El consumo energético asociado al alumbrado público representa una carga financiera considerable para el municipio, dado que las tarifas eléctricas en Honduras han experimentado incrementos en los últimos años. Según datos de la ENEE, el consumo de energía eléctrica destinado a alumbrado público puede representar hasta un 10-12 % del gasto energético total de una municipalidad, lo que reduce los fondos disponibles para otras inversiones en infraestructura y servicios básicos (ENEE, Consumo de energía en Honduras, 2019) En el caso de Cantarranas, donde los ingresos municipales provienen principalmente del turismo, la agricultura y la ganadería, el costo del alumbrado público limita la capacidad de inversión en otros sectores esenciales.

Además, la falta de cobertura de alumbrado público en sectores periféricos y rurales incrementa la inseguridad ciudadana y el riesgo de accidentes viales. “Las variaciones en la cantidad de luz pueden alterar el sueño, y las potentes torres de luz pueden generar estrés en nuestro organismo si nos impiden dormir adecuadamente. Pero en una época de altos niveles de delincuencia en América Latina y el Caribe, esfuerzos por mejorar el alumbrado público pueden servir como intervención ambiental de bajo costo, que evite los delitos.” (Dominguez, 2019) En términos de movilidad, la ausencia de iluminación en carreteras y caminos rurales genera condiciones peligrosas para peatones y conductores, elevando la probabilidad de accidentes de tránsito.

Desde un punto de vista ambiental, la generación de electricidad en Honduras depende en gran medida de fuentes no renovables como los combustibles fósiles, En 2020, Honduras produjo 10.038 GWh de electricidad, que provenían de una combinación de combustibles fósiles (44,7 %), energía hidroeléctrica (26,9 %), solar (10,4 %), biomasa (7,9 %), eólica (7,0 %) y energía geotérmica (3,1%). (Tejada, 2021) lo que incrementa la huella de carbono del sistema de alumbrado público. La utilización de energía convencional también contribuye a la emisión de

gases de efecto invernadero y al deterioro ambiental, afectando la sostenibilidad del municipio.



Figura 4: Alumbrado público en Cantarranas

Fuente: (Heraldo, 2022)

Ante este panorama, se plantea la necesidad de evaluar la implementación de un sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública en Cantarranas. La adopción de esta tecnología permitiría reducir significativamente los costos de operación, mejorar la eficiencia energética del alumbrado público y disminuir el impacto ambiental del municipio. Adicionalmente, la instalación de sistemas solares dotaría a la comunidad de mayor autonomía energética, reduciendo su dependencia de la red eléctrica nacional y asegurando un suministro más estable y sostenible en el tiempo.

Por lo tanto, este estudio busca analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la cogeneración de energía fotovoltaica en el alumbrado público de Cantarranas, con el fin de brindar una solución innovadora y sostenible a los desafíos que enfrenta el municipio en materia de infraestructura eléctrica.

La energía solar fotovoltaica es una energía renovable, inagotable, no contaminante y que contribuye al desarrollo sostenible. Debido al aumento de producción de paneles fotovoltaicos en China, el coste de los mismos ha disminuido. Esto favorece a la tecnología y al uso de esta energía, puesto que se sitúa a unos precios competitivos con respecto a otras energías renovables. El crecimiento de potencia instalada de energía fotovoltaica mundial se sitúa entre el 20- 25% cada año.

1.3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, ha emergido como un epicentro de atractivo cultural y turístico debido a su vibrante galería de murales al aire libre, los cuales fomentan la identidad local y la economía creativa. Sin embargo, la iluminación pública deficiente y dependiente de fuentes energéticas convencionales representa un obstáculo para la optimización del disfrute nocturno de estos espacios artísticos, limitando su impacto turístico y la seguridad de los visitantes. La implementación de un sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de alumbrado público podría no solo reducir costos y emisiones de carbono, sino también potenciar la experiencia turística, extendiendo la visibilidad y accesibilidad de los murales en horarios nocturnos. No obstante, la ausencia de estudios que evalúen la viabilidad técnica, económica y social de esta solución dificulta su implementación. Esta investigación busca determinar el potencial de la cogeneración fotovoltaica como un mecanismo innovador para fortalecer la sostenibilidad energética y el desarrollo turístico de Cantarranas. (Heraldo, 2022)

1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cantarranas, Francisco Morazán, se ha consolidado como un destino turístico emergente gracias a su innovadora expresión artística en forma de murales, los cuales otorgan identidad y dinamismo a sus espacios urbanos. Sin embargo, la deficiencia en la red de iluminación pública, dependiente de un suministro energético tradicional costoso e insostenible, limita la apreciación nocturna de estos íconos culturales, restringiendo el flujo de visitantes y reduciendo la percepción de seguridad en el casco urbano.

La cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos representa una alternativa prometedora para transformar el alumbrado público en un sistema autosuficiente, ecológicamente armónico y económicamente viable. No obstante, la falta de estudios que aborden la intersección entre tecnología fotovoltaica, iluminación estratégica y fortalecimiento del turismo cultural impide la toma de decisiones fundamentadas. Esta investigación busca analizar la viabilidad técnica, económica y social de la cogeneración fotovoltaica en Cantarranas, identificando su impacto potencial en la eficiencia energética, la sostenibilidad y la proyección turística nocturna del municipio (cadenaser, 2025)

1.3.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN GENERAL

¿Cuál es la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar sistemas de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de iluminación pública del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán?

1.3.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS

¿Cuál es el rendimiento energético y la eficiencia de los sistemas de cogeneración fotovoltaica en la red de alumbrado público de Cantarranas, considerando las condiciones climáticas locales y la demanda energética actual?

¿Qué impacto económico tendría la implementación de sistemas de cogeneración fotovoltaica en la red de iluminación pública de Cantarranas en comparación con el sistema de alumbrado convencional, considerando costos de instalación, operación y mantenimiento?

¿Cómo influiría la integración de sistemas de cogeneración fotovoltaica en la red de alumbrado público de Cantarranas en la percepción de seguridad y calidad de vida de los residentes locales?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos planteados para este análisis documental serán:

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública en el casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, con el fin de optimizar el consumo energético, reducir costos operativos y promover el uso de energías renovables en la infraestructura municipal.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la factibilidad técnica y económica de incorporar sistemas de cogeneración fotovoltaica en el alumbrado público existente en Cantarranas, mediante el estudio de la radiación solar disponible, el análisis de costos de instalación y mantenimiento, y el cálculo del retorno de inversión esperado.

2. Determinar los impactos ambientales y sociales de integrar paneles solares en el sistema de alumbrado público del casco urbano, considerando la reducción de la huella de carbono, la mejora en la calidad de vida de los habitantes y el grado de aceptación comunitaria hacia el proyecto.

3. Diseñar un plan estratégico de implementación para la instalación de sistemas fotovoltaicos en la red de alumbrado público de Cantarranas, que incluya la selección de tecnología adecuada, un cronograma de ejecución, la capacitación del personal local y propuestas de financiamiento sostenible.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio es de gran relevancia debido a la creciente necesidad de adoptar soluciones energéticas sostenibles que permitan mejorar la eficiencia del consumo eléctrico en infraestructuras públicas. La iluminación del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, representa un consumo energético significativo para la municipalidad, lo que genera altos costos operativos y dependencia de fuentes de energía convencionales, muchas de ellas basadas en combustibles fósiles. (CONASA, 2017)

La implementación de un sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos permitiría reducir el impacto ambiental asociado al consumo de electricidad, disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero y promoviendo el uso de fuentes renovables. Además, este proyecto contribuiría a la reducción del gasto público en energía eléctrica, permitiendo la reasignación de recursos municipales hacia otras áreas prioritarias para el desarrollo local.

Desde un punto de vista técnico, evaluar la factibilidad de esta iniciativa es esencial para garantizar su viabilidad y maximizar su eficiencia. La integración de paneles solares en la red de

alumbrado público podría mejorar la autonomía energética del municipio, reducir las interrupciones del servicio y fomentar el desarrollo de un modelo de gestión energética más resiliente.

Asimismo, este estudio servirá como un referente para futuras iniciativas de energía renovable en otras localidades, fortaleciendo la adopción de tecnologías sostenibles en la infraestructura municipal. De este modo, la investigación no solo beneficiará a Cantarranas, sino que también contribuirá al cumplimiento de metas nacionales e internacionales en materia de transición energética y la mitigación del cambio climático. (CONASA, 2017)

Además de los beneficios técnicos y económicos, el proyecto aporta importantes ventajas ambientales y sociales. En términos ambientales, la implementación del sistema fotovoltaico contribuye a la reducción significativa de la huella de carbono al disminuir la dependencia de fuentes de energía fósil, favoreciendo un desarrollo sostenible y responsable con el medio ambiente. Desde la perspectiva social, el proyecto promueve una mejora en la percepción comunitaria respecto al uso de energías limpias, fortalece la seguridad ciudadana mediante el mejoramiento del alumbrado público en áreas vulnerables y genera conciencia ambiental en la población beneficiaria. Estos aspectos complementan y fortalecen el alcance del objetivo general del proyecto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El crecimiento de la demanda energética y el aumento en los costos de electricidad representan un desafío para muchas municipalidades, especialmente en lo que respecta al alumbrado público, un servicio esencial para la seguridad y el bienestar ciudadano. En el caso del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, la dependencia de fuentes convencionales de energía no solo incrementa el gasto municipal, sino que también contribuye a la emisión de contaminantes. En este contexto, la implementación de un sistema de cogeneración basado en paneles fotovoltaicos se plantea como una solución innovadora y sostenible, permitiendo optimizar el consumo eléctrico, reducir el impacto ambiental y fomentar la autosuficiencia energética del municipio.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El consumo energético del alumbrado público en el casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, representa una carga significativa para la municipalidad, generando altos costos operativos y una dependencia de fuentes de energía convencionales. Ante la necesidad de adoptar soluciones sostenibles, la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos surge como una alternativa viable para optimizar el consumo eléctrico, reducir el impacto ambiental y promover el uso de energías renovables para poder así suministrarse de su propia cogeneración.

La implementación de esta tecnología permitiría disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir el gasto público en electricidad, favoreciendo la reasignación de recursos municipales a otras áreas prioritarias. Desde un enfoque técnico, evaluar su factibilidad es crucial para garantizar su viabilidad y eficiencia, además de mejorar la autonomía energética del municipio y fortalecer su resiliencia ante interrupciones del servicio.

Este estudio no solo beneficiará a Cantarranas, sino que también servirá como referencia para futuras iniciativas de energía renovable en otras localidades, contribuyendo a la transición energética y al cumplimiento de metas ambientales a nivel nacional e internacional. ((SEN), 2025)

2.1.1 FALTA DE ILUMINACIÓN POR LA NOCHE

En los últimos años, hemos avanzado en varios proyectos de infraestructura, pero seguimos enfrentando deficiencias en la red de alumbrado público, especialmente en algunas zonas del casco urbano y áreas rurales. La iluminación insuficiente afecta la seguridad de los ciudadanos y la experiencia de los turistas que visitan nuestros murales.

Hay varios factores. En primer lugar, el sistema eléctrico actual depende en gran medida de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), lo que nos limita en la capacidad de respuesta ante fallos. Además, los costos operativos son elevados, lo que dificulta la expansión y mantenimiento del alumbrado. También, algunas luminarias han llegado al final de su vida útil y requieren reemplazo inmediato.

El turismo es uno de los motores de nuestra economía local. Nuestros murales han dado reconocimiento a Cantarranas a nivel nacional e internacional, pero si los visitantes no pueden apreciarlos por la noche debido a la falta de iluminación, se pierde una gran oportunidad de desarrollo. Además, la oscuridad en ciertas calles genera una percepción de inseguridad, lo que puede disuadir a los turistas de quedarse más tiempo en el municipio (Zelaya, 2025)

2.1.2 MACROENTORNO

El análisis del macroentorno global para la implementación de sistemas de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en redes de iluminación pública urbana abarca diversos factores clave que influyen en su viabilidad y adopción.

2.1.2.1 ENTORNO POLÍTICO Y LEGAL

A nivel mundial, numerosos países están estableciendo políticas y regulaciones que promueven el uso de energías renovables en infraestructuras públicas. Por ejemplo, Francia y Alemania han implementado normativas que obligan la instalación de paneles solares en grandes áreas de estacionamiento para impulsar la movilidad sostenible y reducir las emisiones de carbono (Daily, 2023) Estas iniciativas reflejan un compromiso gubernamental hacia la transición energética y la sostenibilidad ambiental.

2.1.2.2 ENTORNO ECONÓMICO

El mercado global de alumbrado público solar está experimentando un crecimiento significativo. Se proyecta que su valor aumentará de 5.700 millones de dólares en 2019 a 14.600

millones de dólares en 2030, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 9,4% entre 2020 y 2030. Este crecimiento se atribuye a la disminución de los costos de los paneles solares y a la creciente demanda de soluciones energéticas sostenibles en entornos urbanos. (Hernández-Moro, 2013)

2.1.2.3 ENTORNO TECNOLÓGICO

Los avances tecnológicos en el sector fotovoltaico han mejorado la eficiencia y reducido los costos de los sistemas solares. Innovaciones como los paneles solares de perovskita híbrida han demostrado una mayor eficiencia en la conversión de energía, lo que los hace adecuados para diversas condiciones climáticas (Boyle, 2012). Además, la integración de sistemas de almacenamiento de energía más eficientes garantiza un suministro constante de electricidad para la iluminación pública durante las horas nocturnas.

2.1.2.4 ENTORNO SOCIOCULTURAL

Existe una creciente conciencia pública sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles y reducir la huella de carbono. Comunidades de todo el mundo están apoyando iniciativas que promueven el uso de energías renovables en infraestructuras públicas, reconociendo los beneficios ambientales y económicos asociados. La implementación de sistemas de alumbrado público alimentados por energía solar no solo mejora la seguridad y la estética urbana, sino que también refuerza el compromiso comunitario con la sostenibilidad (Daily, 2023)

2.1.2.5 ENTORNO AMBIENTAL

La adopción de sistemas de iluminación pública basados en energía solar contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Proyectos a gran escala, como las instalaciones solares en los desiertos de China, demuestran el potencial de las energías renovables para disminuir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático. Estas iniciativas no solo aprovechan recursos naturales abundantes, como la luz solar, sino que también promueven la conservación ambiental y la sostenibilidad a largo plazo.

2.1.3 MICROENTORNO

En Honduras para la implementación de sistemas de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de iluminación pública urbana abarca diversos factores clave que influyen en su viabilidad y adopción.

Honduras ha establecido un marco regulatorio favorable para el desarrollo de energías renovables. La Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Decreto Legislativo No. 70-2007) ofrece incentivos fiscales y arancelarios para proyectos de energía limpia, incluyendo exenciones de impuestos y facilidades en la importación de equipos especializados (IRENA, 2023). Además, el gobierno ha implementado programas como el Programa de Electrificación Rural de Lugares Aislados (PERLA), en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para incrementar el acceso a la energía en zonas remotas mediante soluciones tecnológicas como microredes y sistemas solares fotovoltaicos domiciliarios (BID, 2025).

La inversión en energía solar ha mostrado un crecimiento significativo en Honduras. Desde 2015, múltiples proyectos de producción de energía solar han surgido, especialmente en la zona sur del país, reflejando una tendencia hacia la diversificación de la matriz energética y la reducción de costos asociados al consumo eléctrico (Zamorano, 2018) Empresas privadas, como Invema, han adoptado la instalación de paneles solares, logrando ahorros de hasta un 20% en sus facturas eléctricas y promoviendo un desarrollo económico más sostenible (BCIE, 2021)

Los avances tecnológicos han facilitado la adopción de sistemas fotovoltaicos en el país. Proyectos como el parque solar Nacaome y Valle, con una capacidad conjunta de 100 MW, demuestran la capacidad técnica de Honduras para desarrollar y operar plantas de generación con altos estándares de calidad y tecnología de punta (Zamorano, 2018) Además, estudios de pre-factibilidad, como el realizado en el campus UNITEC de Tegucigalpa, evidencian la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas de alumbrado público autónomo mediante paneles solares y lámparas LED, optimizando el consumo energético y reduciendo costos operativos (Osorio & Flamenco, 2014).

La conciencia ambiental en la sociedad hondureña ha incrementado, impulsando la aceptación y demanda de soluciones energéticas sostenibles. Iniciativas gubernamentales y privadas que promueven el uso de energías limpias en infraestructuras públicas y privadas son bien

recibidas por la comunidad, reconociendo los beneficios ambientales y económicos que conllevan. La implementación de sistemas de iluminación pública alimentados por energía solar no solo mejora la seguridad y estética urbana, sino que también refuerza el compromiso comunitario con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente (Chalfin, 2021)

La posición geográfica de Honduras ofrece condiciones óptimas para la generación de energía solar, con altos niveles de radiación durante todo el año. La adopción de sistemas de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la iluminación pública urbana contribuiría significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con los compromisos internacionales del país en materia de cambio climático y promoviendo un desarrollo urbano más sostenible (Google Earth, 2025)

2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Hablar de energía solar, cogeneración y alumbrado público no es únicamente abordar términos técnicos; es, sobre todo, entender una transformación que conecta tecnología, entorno y vida cotidiana. La conceptualización de esta investigación busca justamente eso: establecer con claridad qué significan y cómo se relacionan los principales conceptos que dan forma a la propuesta.

2.2.1 GESTIÓN DE PROYECTOS MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS

La transición hacia fuentes de energía renovable se ha convertido en una prioridad global para garantizar un desarrollo sostenible y reducir la dependencia de combustibles fósiles (Chalfin, 2021) En este contexto, la gestión de proyectos basados en paneles fotovoltaicos representa una estrategia clave para optimizar el uso de recursos energéticos y mejorar la eficiencia operativa de los sistemas eléctricos públicos.

El presente estudio se centra en la evaluación de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública en el casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales. La implementación de un sistema de cogeneración basado en energía solar permitirá reducir costos operativos, mejorar la seguridad energética del municipio y contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de emisiones de CO₂

La gestión de proyectos de energía renovable, particularmente aquellos basados en energía

fotovoltaica, requiere un enfoque estructurado que contemple la planificación, ejecución, monitoreo y control del sistema a lo largo de su ciclo de vida (Rosling, 2018) Un proyecto fotovoltaico exitoso debe considerar factores clave como la disponibilidad de radiación solar, la capacidad de generación, la integración con la red eléctrica existente y el análisis financiero del proyecto (Institute, 2017)

Según Kerzner (2018), la gestión de proyectos fotovoltaicos se fundamenta en cinco fases esenciales:

- ❖ Inicio: Identificación de la necesidad del proyecto y viabilidad preliminar.
- ❖ Planificación: Diseño del sistema, selección de tecnologías y análisis financiero.
- ❖ Ejecución: Instalación de paneles, inversores y sistemas de almacenamiento.
- ❖ Monitoreo y Control: Evaluación del desempeño energético y ajustes operativos.
- ❖ Cierre: Análisis de resultados y generación de informes de impacto.

2.2.2 RED DE ILUMINACIÓN PÚBLICA

La iluminación pública ha sido un componente esencial en el desarrollo urbano desde la antigüedad. Se tienen registros del uso de antorchas en calles de la antigua Roma y de sistemas de lámparas de aceite en ciudades europeas del siglo XVII (Schivelbusch, 1995). Con la Revolución Industrial, el gas comenzó a utilizarse para alumbrado público, lo que permitió una mejor planificación de la iluminación en las ciudades (Freese, 2003).

El desarrollo de la electricidad en el siglo XIX marcó un punto de inflexión con la introducción de lámparas incandescentes y, posteriormente, luminarias de vapor de sodio y halogenuros metálicos. Sin embargo, estos sistemas dependían en gran medida de redes eléctricas convencionales con altos costos operativos y un impacto ambiental significativo debido al uso de combustibles fósiles para la generación de energía (International Energy Agency [IEA], 2020).

En la actualidad, la transición hacia tecnologías de iluminación eficiente, como los LED y las energías renovables, es una prioridad en muchas ciudades. La iluminación pública basada en fuentes limpias, como la energía solar, ha demostrado ser una solución viable para reducir el consumo energético y disminuir la huella de carbono (United Nations Environment Programme

[UNEP], 2020).

En el casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, la iluminación pública representa una parte significativa del consumo eléctrico municipal, generando altos costos operativos y dependencia de la red eléctrica convencional. La implementación de un sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos busca optimizar este servicio, garantizando un suministro eficiente y sostenible.

La integración de paneles solares permitirá reducir la demanda de energía de la red convencional, disminuyendo los costos y las emisiones de CO₂. Además, un sistema autónomo de iluminación pública puede mejorar la seguridad en espacios urbanos, garantizar una mayor resiliencia ante interrupciones del servicio eléctrico y promover el uso de energías renovables en la comunidad (Creswell, 2014)

2.2.3 COGENERACIÓN DE ENERGÍA

La cogeneración, también conocida como producción combinada de calor y electricidad (CHP, por sus siglas en inglés), ha sido utilizada desde la Revolución Industrial como un mecanismo para maximizar la eficiencia energética. Durante el siglo XIX, las fábricas empleaban sistemas de cogeneración a partir de motores de vapor para aprovechar el calor residual en procesos industriales (Creswell, 2014)

A lo largo del siglo XX, la cogeneración evolucionó con la llegada de los motores de combustión interna y las turbinas de gas, integrándose en sectores industriales y de generación de energía distribuida. En las últimas décadas, la combinación de cogeneración con fuentes renovables ha ganado relevancia como estrategia para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética (Creswell, 2014)

Los avances en tecnología solar han permitido el desarrollo de cogeneración fotovoltaica, que integra paneles solares con sistemas de almacenamiento térmico y eléctrico. Este modelo es especialmente útil en aplicaciones urbanas, como el alumbrado público, donde se busca optimizar el consumo de energía y reducir la dependencia de la red eléctrica convencional (International Energy Agency [IEA], 2021).

En el casco urbano de Cantarranas, la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos se presenta como una solución viable para mejorar la eficiencia de la red de

iluminación pública. La implementación de un sistema fotovoltaico permitirá generar electricidad durante el día y almacenar el excedente en baterías para su uso nocturno.

La aplicación de este sistema en Cantarranas contempla:

- ❖ Optimización del consumo energético: Uso de la electricidad generada por los paneles solares para alimentar la red de alumbrado público.
- ❖ Reducción de costos operativos: Disminución de la factura eléctrica municipal y menor necesidad de mantenimiento.
- ❖ Sostenibilidad ambiental: Reducción de emisiones de CO₂ al reemplazar fuentes de energía convencionales con energía solar.
- ❖ Mayor resiliencia energética: Independencia parcial de la red eléctrica y menor vulnerabilidad ante apagones.

2.2.4 FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LA COGENERACIÓN

El concepto de factores críticos de éxito (FCE) fue introducido por Rockart (1979) como un enfoque estratégico para identificar los elementos fundamentales que determinan el éxito de un proyecto. En el ámbito energético, estos factores han sido esenciales para la planificación e implementación de sistemas de cogeneración, asegurando su viabilidad técnica, económica y ambiental. Durante el siglo XX, la cogeneración se centró en la producción combinada de electricidad y calor en entornos industriales, pero con el avance de la tecnología fotovoltaica, su aplicación se ha extendido a sistemas de generación distribuida y redes de iluminación pública (Horlock, 2008).

Desde la década de 1990, con el auge de las energías renovables, se han identificado múltiples FCE para la cogeneración mediante paneles solares. Entre ellos destacan la disponibilidad de radiación solar, la eficiencia de los equipos, el diseño óptimo del sistema, el acceso a financiamiento y la aceptación social del proyecto. Según la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2019), el desarrollo de tecnologías de almacenamiento energético ha mejorado la integración de la cogeneración solar en infraestructuras críticas, permitiendo una mayor independencia de la red eléctrica convencional. No obstante, la planificación adecuada, la normativa vigente y la gestión eficiente de los recursos.

En el caso del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán, la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la iluminación pública requiere una evaluación exhaustiva de sus factores críticos de éxito. Uno de los aspectos más relevantes es la disponibilidad de radiación solar, ya que de ello depende la capacidad del sistema para generar suficiente electricidad. De acuerdo con la International Energy Agency (IEA, 2021), la eficiencia de conversión energética de los paneles solares y el diseño adecuado del sistema pueden maximizar la producción, asegurando un suministro estable durante la noche mediante baterías de almacenamiento.

Otro aspecto clave es la sostenibilidad financiera, ya que la inversión inicial en infraestructura fotovoltaica puede ser elevada. Para garantizar la viabilidad económica del proyecto, es fundamental contar con mecanismos de financiamiento, ya sea a través de fondos gubernamentales, cooperación internacional o esquemas de asociaciones público-privadas. Además, el cumplimiento del marco regulatorio y normativo es crucial para la implementación del sistema. Según IRENA (2019), las políticas energéticas favorables y los incentivos fiscales pueden acelerar la adopción de energías renovables en el alumbrado público, facilitando su integración en la infraestructura municipal.

La aceptación comunitaria también es un factor determinante para el éxito del proyecto. La participación de la comunidad en la planificación e implementación puede generar un mayor sentido de apropiación y respaldo hacia la iniciativa. Según estudios sobre energías renovables, la concienciación ciudadana y la educación ambiental son fundamentales para la adopción de tecnologías sostenibles a nivel local (IEA, 2021). Finalmente, es necesario establecer un plan de mantenimiento y operación que garantice la eficiencia del sistema a largo plazo. Un mantenimiento preventivo adecuado permitirá prolongar la vida útil de los paneles y baterías, asegurando un funcionamiento óptimo y evitando interrupciones de energía para la iluminación pública.

2.2.5 GESTIÓN DEL CAMBIO

La gestión del cambio es un concepto ampliamente estudiado en las ciencias organizacionales y de la administración, basado en la necesidad de adaptar estructuras, procesos y personas ante nuevas condiciones. Kurt Lewin (1947) introdujo un modelo de tres etapas para gestionar el cambio: descongelamiento, cambio y recongelamiento, destacando la importancia de preparar a los individuos y organizaciones antes de implementar transformaciones. Posteriormente, modelos como los de Kotter (1996) y Prosci (2006) han enfatizado la resistencia

al cambio y la necesidad de liderazgo efectivo para asegurar la adopción de nuevas iniciativas.

En el ámbito energético, la gestión del cambio ha sido fundamental para la transición hacia fuentes renovables. La adopción de tecnologías limpias, como la cogeneración fotovoltaica, requiere no solo inversiones en infraestructura, sino también cambios en la mentalidad de los usuarios, las regulaciones gubernamentales y los modelos de gestión municipal (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019). Los estudios en energías renovables indican que la resistencia al cambio proviene, en muchos casos, de la falta de información y la incertidumbre sobre los beneficios a largo plazo (International Energy Agency [IEA], 2021).

En la evaluación de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública en Cantarranas, la gestión del cambio desempeña un papel clave. La transición de una red eléctrica convencional a un sistema basado en energías renovables implica transformaciones en infraestructura, financiamiento, políticas municipales y percepción ciudadana. Para lograr una implementación exitosa, es fundamental aplicar estrategias de gestión del cambio estructuradas, asegurando que los actores clave comprendan y apoyen el proyecto.

Uno de los desafíos más importantes es la aceptación comunitaria y gubernamental. La resistencia al cambio puede manifestarse en preocupaciones sobre costos, eficiencia y mantenimiento del sistema. Para mitigar estos obstáculos, se recomienda desarrollar campañas de sensibilización y educación dirigidas a la población y los funcionarios municipales, destacando los beneficios ambientales y económicos de la cogeneración fotovoltaica. Según Kotter (1996), el liderazgo y la comunicación efectiva son esenciales para alinear a los actores involucrados en el proceso de cambio.

Además, se requiere un marco regulatorio adecuado y mecanismos de financiamiento accesibles. La implementación de incentivos fiscales, alianzas público - privadas y fondos internacionales puede facilitar la adopción del sistema fotovoltaico en Cantarranas (IRENA, 2019).

Asimismo, es crucial establecer un modelo de operación y mantenimiento sostenible, garantizando que el nuevo sistema funcione de manera eficiente y evitando la percepción de riesgo tecnológico o financiero. La correcta aplicación de estrategias de gestión asegurará una transición fluida hacia un modelo energético más sostenible para la iluminación pública del municipio.

2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

La evaluación de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos se fundamenta en teorías de eficiencia energética, sostenibilidad y energías renovables. Según Boyle (2012), la energía solar es una fuente limpia y eficiente que optimiza recursos y reduce impactos ambientales, mejorando la viabilidad económica en sistemas de alumbrado público. (Boyle, 2012)

Articulando la metodología de PMBOK + Marco Lógico tenemos:

Este estudio adopta una **metodología mixta** e integra dos marcos metodológicos complementarios:

- El Marco Lógico (ML) se utiliza para estructurar el problema, establecer objetivos y diseñar intervenciones claras, a través de la formulación de una matriz de planificación y evaluación. Este enfoque facilita la identificación de indicadores, supuestos y medios de verificación, asegurando coherencia entre el diagnóstico y las soluciones propuestas.
- La Guía PMBOK del PMI proporciona una estructura sólida para la gestión de proyectos, que permite planificar, ejecutar, monitorear y cerrar el proyecto de manera organizada. Se aplican sus cinco fases (inicio, planificación, ejecución, control y cierre) y áreas de conocimiento (alcance, tiempo, costo, calidad, etc.) para asegurar una implementación técnica rigurosa y viable.

La articulación de ambas metodologías permite abordar el proyecto desde una doble perspectiva: planificación estratégica (ML) y gestión operativa (PMBOK). Así, mientras el Marco Lógico identifica las causas del problema y los resultados esperados, el PMBOK estructura las actividades, recursos, riesgos y entregables del proyecto, facilitando su ejecución y monitoreo efectivo.

2.3.1 BASES TEÓRICAS

La implementación de sistemas de cogeneración de energía utilizando paneles fotovoltaicos en redes de iluminación pública se fundamenta en principios científicos y tecnológicos que buscan optimizar el uso de recursos energéticos renovables. Este enfoque no solo promueve la sostenibilidad ambiental, sino que también mejora la eficiencia energética y reduce los costos operativos en entornos urbanos. (Boyle, 2012)

2.3.1.1 PRINCIPIOS Y TEORIAS FUNDAMENTALES

2.3.1.1.1 Efecto Fotovoltaico y su Base Científica

El efecto fotovoltaico fue descubierto por Alexandre Edmond Becquerel en 1839 y es la base del funcionamiento de los paneles solares. Se trata de la capacidad de ciertos materiales semiconductores, como el silicio, para generar electricidad cuando se exponen a la luz solar. Según Principles of Solar Cells, LEDs and Diodes: The role of the PN junction de J. Nelson (2003), "el efecto fotovoltaico es un proceso fundamental que convierte la energía luminosa en energía eléctrica a través de la excitación de electrones en un semiconductor" mediante este fenómeno ciertos materiales semiconductores generan una corriente eléctrica al ser expuestos a la luz solar. En el contexto de Cantarranas, este principio es esencial porque determina la capacidad del sistema para transformar la radiación solar local —que según datos de PVGIS supera las 5 kWh/m² diarias en promedio— en electricidad suficiente para abastecer las lámparas LED propuestas. La comprensión de este fenómeno permite seleccionar paneles con eficiencia adecuada para el clima y la radiación del municipio.

2.3.1.1.2 Ley de la Conservación de la Energía y Conversión Energética

La Primera Ley de la Termodinámica, o ley de la conservación de la energía, establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. En el contexto de los sistemas fotovoltaicos, la energía luminosa se convierte en energía eléctrica, con ciertas pérdidas inherentes al proceso de conversión. Aldo Vieira da Rosa, en su obra Fundamentals of Renewable Energy Processes, señala que "la conversión de energía en sistemas fotovoltaicos está sujeta a principios de conservación y eficiencia" Asimismo; el libro Fundamentals of Renewable Energy Processes de Aldo da Rosa (2013), detalla: "la conversión de energía en sistemas fotovoltaicos está sujeta a principios de conservación y eficiencia, limitando la cantidad de electricidad generada en función de la radiación disponible" . Aplicada a este proyecto, la ley confirma que la energía captada por los paneles solares no se pierde, sino que se transforma en electricidad para el alumbrado público. No obstante, en Cantarranas será crucial optimizar el diseño para minimizar pérdidas térmicas por temperatura ambiente elevada, lo que influirá en la selección de materiales y en el dimensionamiento del sistema de almacenamiento.

2.3.1.1.3 Teoría de la Cogeneración Energética:

La cogeneración implica la producción simultánea de energía eléctrica y térmica a partir de una única fuente de energía. En sistemas fotovoltaicos, esto se logra mediante dispositivos híbridos que combinan la generación eléctrica y la captación de calor. Gilbert M. Masters, en *Renewable and Efficient Electric Power Systems*, afirma que "la cogeneración en sistemas solares optimiza el uso de la radiación solar, maximizando la eficiencia energética de la instalación". En el contexto de Cantarranas, este principio es relevante porque la propuesta busca aprovechar al máximo la radiación solar disponible para generar electricidad que alimente el alumbrado público y, en caso de integrar almacenamiento, asegurar su funcionamiento continuo durante la noche. Al optimizar la eficiencia energética, la cogeneración fotovoltaica no solo reduciría el gasto municipal en energía, sino que también aumentaría la autonomía del sistema, disminuyendo la dependencia de la red eléctrica nacional.

2.3.1.1.4 Modelo de Balance Energético en Sistemas Fotovoltaicos

El balance energético en un sistema fotovoltaico mide la eficiencia en la conversión y uso de la energía. Se considera: Energía incidente (radiación solar recibida), Energía convertida (electricidad generada), Energía disipada (pérdidas térmicas y eléctricas). Según *Photovoltaic Systems Engineering* de R. Messenger y J. Ventre (2010), "un análisis detallado del balance energético permite optimizar la generación fotovoltaica, reduciendo pérdidas por temperatura y degradación del material". En este proyecto, el balance energético es clave para dimensionar el número y tipo de paneles que se instalarán en el casco urbano de Cantarranas, así como la capacidad de almacenamiento necesaria. Considerar las pérdidas por temperatura, propias del clima cálido de la región, permitirá seleccionar tecnologías y materiales que mantengan un rendimiento óptimo. De esta manera, se asegura que la energía generada sea suficiente para cubrir las necesidades de iluminación pública, incluso en periodos de menor radiación solar.

2.3.1.1.5 Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas

La Metodología de Marco Lógico es una herramienta analítica utilizada para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos. Se centra en identificar y analizar los problemas existentes, estableciendo objetivos claros y diseñando intervenciones lógicas para alcanzarlos. Esta metodología facilita la estructuración de proyectos de manera coherente, asegurando que todas las

actividades estén alineadas con los objetivos generales y específicos. (CEPAL, 2015) Al aplicar la MML en el proyecto de estudio, se comenzará con un análisis exhaustivo de la situación actual de la iluminación pública en Cantarranas, identificando las deficiencias y necesidades específicas. A partir de este diagnóstico, se establecerán objetivos claros, como la reducción del consumo energético y la mejora de la eficiencia lumínica mediante la implementación de paneles fotovoltaicos. Se diseñará una matriz de marco lógico que detalle las actividades necesarias, los recursos requeridos, los indicadores de éxito y los supuestos clave. Esta estructura te permitirá monitorear y evaluar el progreso del proyecto de manera efectiva, facilitando ajustes oportunos y asegurando el logro de los resultados esperados. En esta investigación, el Marco Lógico se empleó para estructurar el problema del alumbrado deficiente, identificar sus causas (altos costos, inseguridad, baja cobertura) y plantear el objetivo de implementar cogeneración solar. Su aplicación permitió definir indicadores concretos, como el porcentaje de reducción del gasto eléctrico municipal y la mejora en la cobertura lumínica en zonas críticas.

2.3.1.1.6 Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK)

“El PMBOK, desarrollado por el Project Management Institute (PMI), es un estándar reconocido internacionalmente que ofrece lineamientos y mejores prácticas para la gestión efectiva de proyectos. Este marco se estructura en cinco grupos de procesos: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, abarcando diez áreas de conocimiento esenciales, como integración, alcance, tiempo, costos, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos y adquisiciones”. (Murillo, 2020) La aplicación del PMBOK en proyectos de energía renovable, como la instalación de sistemas fotovoltaicos, permite una gestión estructurada y eficiente, asegurando que se cumplan los objetivos establecidos en términos de tiempo, costo y calidad. Implementar la metodología PMBOK en el proyecto de estudio a desarrollar un plan de gestión que contemple todas las áreas de conocimiento mencionadas. Por ejemplo, en la fase de planificación, se definirán claramente los objetivos del proyecto, el alcance del trabajo, los cronogramas detallados y los presupuestos estimados. Durante la ejecución, se supervisará el progreso y se implementarán controles de calidad para garantizar que la instalación de los paneles fotovoltaicos cumpla con los estándares requeridos. Además, se gestionarán los riesgos asociados, como posibles retrasos o sobrecostos, mediante planes de contingencia adecuados. Esta metodología proporcionará una estructura sólida para la implementación exitosa de la cogeneración de energía en la red de iluminación pública de Cantarranas. Para el caso de

Cantarranas, la aplicación de PMBOK asegura que el proyecto de alumbrado solar no solo sea técnicamente viable, sino que se ejecute en tiempo y presupuesto. El área de gestión de riesgos, por ejemplo, se vincula con la mitigación de fallas por condiciones climáticas extremas, mientras que la gestión de adquisiciones es clave para importar equipos con los beneficios fiscales de la Ley de Energías Renovables.

2.3.1.2 Tecnologías y métodos para cogeneración solar

El desarrollo de la cogeneración solar ha sido posible gracias al avance de diversas tecnologías fotovoltaicas y métodos de implementación adaptados a contextos urbanos. Entre estas tecnologías destacan los paneles monocristalinos, policristalinos y de película delgada, cada uno con particularidades en eficiencia, costo y adaptabilidad. A su vez, la integración de sistemas de almacenamiento energético, como baterías de ion-litio y plomo-ácido, permite asegurar el suministro constante, incluso en ausencia de radiación solar. Para el caso de Cantarranas, la selección tecnológica es un factor decisivo, ya que la radiación solar en la zona es alta y estable, lo que favorece el uso de paneles de mayor eficiencia, como los monocristalinos, en áreas turísticas de alta demanda visual y estética, mientras que en zonas residenciales se podrían emplear paneles policristalinos por su menor costo. La incorporación de baterías de ion-litio permitiría garantizar la iluminación nocturna continua, incluso durante días nublados, mejorando la percepción de seguridad y reduciendo la dependencia de la red eléctrica. Asimismo, la elección del método de instalación deberá considerar la infraestructura existente y el fácil acceso para mantenimiento, optimizando así el rendimiento y la vida útil del sistema.

2.3.1.3 Tecnologías Aplicadas a Iluminación Pública

Existen diversas tecnologías aplicables a la iluminación pública mediante cogeneración solar como ser: Paneles Monocristalinos: Mayor eficiencia, pero más costosos. Paneles Policristalinos: Menor eficiencia, pero más accesibles. Paneles de Película Delgada: Flexibles y adaptables a distintas superficies, aunque menos eficientes. La integración de sistemas fotovoltaicos en redes de iluminación pública ofrece una solución sostenible y eficiente para el suministro energético en áreas urbanas. Al generar energía eléctrica in situ mediante paneles solares, se reduce la dependencia de la red eléctrica convencional y se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la implementación de sistemas de tele gestión y control inteligente en el alumbrado público permite optimizar el consumo energético y prolongar la vida

útil de los componentes. Según Solar Energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion de Jenny Nelson (2003), "la eficiencia de conversión varía según el tipo de celda utilizada, la calidad del semiconductor y la temperatura de operación" En Cantarranas, la elección entre paneles monocristalinos, policristalinos o de película delgada deberá basarse en el balance entre costo y rendimiento para zonas turísticas y residenciales. La integración de sistemas de telegestión permitirá a la municipalidad monitorear el consumo y detectar fallas en tiempo real, reduciendo los costos de mantenimiento.

2.3.1.3.1 Integración de sistemas de almacenamiento

Para garantizar un suministro constante en la iluminación pública, es esencial integrar sistemas de almacenamiento de energía que compensen las variaciones en la generación fotovoltaica. Las opciones más comunes incluyen: Baterías de Ion-Litio: Destacan por su alta densidad energética y larga vida útil, aunque su costo es más elevado. Baterías de Plomo-Ácido: Son más económicas, pero tienen una menor densidad energética y ciclo de vida reducido. Supercondensadores: Ofrecen una rápida respuesta ante fluctuaciones de demanda, aunque su capacidad de almacenamiento es limitada en comparación con las baterías tradicionales. Un estudio titulado Review of Energy Storage System Technologies in Microgrid Applications: Issues and Challenges señala que "la integración de sistemas de almacenamiento optimiza el uso de energía renovable, mitigando variaciones de generación y demanda". En el contexto del proyecto para Cantarranas, la integración de un sistema de almacenamiento es fundamental para garantizar que la red de alumbrado público funcione de manera continua durante la noche, especialmente en días con baja radiación solar o en eventos climáticos adversos. La elección entre baterías de ion-litio o plomo-ácido deberá considerar el presupuesto municipal, la capacidad de mantenimiento técnico y la proyección de vida útil del sistema. Además, en zonas de alta demanda nocturna, como áreas turísticas, la combinación de baterías con supercondensadores podría mejorar la respuesta ante picos de consumo, asegurando una iluminación eficiente y estable.

2.3.2 METODOLOGÍAS DESARROLLADAS

Para la implementación de un sistema de alumbrado público con cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en Cantarranas, Francisco Morazán, es fundamental analizar las metodologías aplicadas en proyectos similares. A continuación, se detallan las principales

metodologías en dos secciones: 1. Cogeneración de Energía y 2. Paneles Fotovoltaicos.

2.3.2.1 COGENERACIÓN DE ENERGÍA

La cogeneración de energía implica la producción simultánea de electricidad y calor útil a partir de una única fuente de energía. En el contexto del alumbrado público, se busca maximizar la eficiencia energética y reducir costos operativos. Las metodologías aplicadas en proyectos de cogeneración incluyen:

a. Guía para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable del BCIE:

El Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y la Cooperación Alemana (KfW) han desarrollado una guía que aborda las etapas clave en el desarrollo de proyectos de energía renovable: permisos y licencias, financiamiento e inscripción en mecanismos internacionales como el Protocolo de Kioto. Esta guía ofrece una referencia clara y completa para inversionistas y desarrolladores en la región centroamericana. (BCIE,2020) Utilizar esta guía permitirá identificar y gestionar eficientemente los permisos y licencias necesarios para este proyecto en Honduras, explorar opciones de financiamiento adecuadas y considerar la posibilidad de registrar el proyecto en mecanismos internacionales que promuevan la sostenibilidad energética.

b) Análisis de Viabilidad Técnica y Económica

Evaluación de la factibilidad del proyecto considerando aspectos técnicos, económicos y sociales. Este análisis determina la rentabilidad y sostenibilidad del sistema de cogeneración propuesto. Según Paniagua Gutiérrez, A. (2022). Análisis de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una planta solar fotovoltaica hibridada. Universidad Pontificia Comillas. “Realizar este análisis permite identificar los recursos necesarios, estimar los beneficios económicos y determinar la sostenibilidad financiera del proyecto. Además, ayuda a anticipar posibles desafíos técnicos y económicos, facilitando la toma de decisiones informadas”. Este análisis implicaría:

- a) Evaluación del Potencial Solar: Analizar la irradiación solar promedio de la región para estimar la generación energética esperada.
- b) Estimación de Costos: Calcular los costos asociados a la adquisición e instalación de paneles fotovoltaicos, sistemas de almacenamiento y otros componentes necesarios.
- c) Análisis de Retorno de Inversión (ROI): Determinar el tiempo estimado en el que los

ahorros en costos energéticos compensarán la inversión inicial.

c) Selección de Tecnología Apropriada:

Identificación de tecnologías de generación que se adapten a las necesidades específicas del proyecto, considerando factores como disponibilidad de recursos, costos y eficiencia. Según Navas, J. (2021). Estudio de viabilidad técnica y económica de una instalación fotovoltaica de 32,4 kW de potencia para cubrir el consumo anual de una Cooperativa de Enseñanza situada en la localidad de La Unión. Universitat Politècnica de València. “La correcta selección tecnológica garantiza un rendimiento óptimo del sistema, maximiza la eficiencia energética y asegura la compatibilidad con las condiciones ambientales y necesidades específicas de Cantarranas”. Para este proyecto, se debe:

Evaluar Diferentes Tipos de Paneles Fotovoltáicos: Considerar opciones como paneles monocristalinos, policristalinos o de película delgada, analizando su eficiencia y costo. Seleccionar Sistemas de Almacenamiento Adecuados: Determinar la capacidad y tipo de baterías necesarias para garantizar un suministro constante de energía durante las horas nocturnas.

Incorporar Tecnologías de Control y Monitoreo: Implementar sistemas que permitan supervisar en tiempo real el desempeño del sistema y realizar ajustes para optimizar su funcionamiento.

d) Evaluación del Impacto Ambiental

Análisis de los efectos ambientales del proyecto, incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros beneficios ecológicos. Esta evaluación asegura que el proyecto se desarrolle de manera sostenible, minimizando impactos adversos y promoviendo beneficios ambientales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En Cantarranas, la evaluación debe contemplar:

- a) Análisis de Uso del Suelo: Determinar si la instalación de los paneles afecta áreas ecológicamente sensibles o tierras de cultivo.
- b) Impacto en la Biodiversidad: Evaluar posibles efectos sobre la flora y fauna locales.
- c) Beneficios Ambientales: Cuantificar la reducción de emisiones contaminantes y otros impactos positivos derivados del uso de energía renovable

e) Diseño del sistema de cogeneración de energía

Planificación detallada de los componentes del sistema, incluyendo generadores, sistemas de distribución y mecanismos de control. De acuerdo a Paniagua Gutiérrez, A. (2022). Análisis de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una planta solar fotovoltaica hibridada. Universidad Pontificia Comillas. Un diseño adecuado optimiza el rendimiento del sistema, asegura su eficiencia y garantiza que cumpla con los requerimientos energéticos del alumbrado público en Cantarranas. El diseño debe incluir:

- a) Dimensionamiento del Sistema: Calcular la cantidad de paneles necesarios y su disposición para satisfacer la demanda energética.
- b) Integración de Sistemas de Almacenamiento: Diseñar la capacidad de almacenamiento para asegurar un suministro continuo durante periodos sin generación solar.
- c) Planificación de la Distribución Energética: Establecer cómo se distribuirá la energía generada a las diferentes luminarias y sistemas asociados.

2.3.2.2 PANELES FOTOVOLTAICOS

La implementación de paneles fotovoltaicos en sistemas de alumbrado público autónomo es una solución sostenible que aprovecha la energía solar para alimentar las luminarias. Las metodologías aplicadas en este ámbito incluyen:

a) Plan para la Dirección de Proyecto de una Instalación Fotovoltaica según la Guía PMBOK (7ª Edición):

Este enfoque adapta los lineamientos del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) a proyectos de instalaciones fotovoltaicas, proporcionando un marco para la gestión integral del proyecto. Se abordan áreas como la integración, alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos y adquisiciones, asegurando una gestión eficiente y efectiva del proyecto desde su inicio hasta su cierre. Implementar esta metodología permitirá gestionar el proyecto de manera estructurada, aplicando las mejores prácticas en administración de proyectos. Se podrá definir claramente los objetivos, alcances, cronogramas y presupuestos, así como identificar y mitigar riesgos, asegurando el éxito en la implementación del sistema fotovoltaico para la iluminación pública.

b) Estudio de Pre-Factibilidad

Evaluación preliminar que analiza la viabilidad técnica y económica de instalar sistemas de alumbrado público autónomo con paneles solares y luminarias LED. Este estudio considera factores como la irradiación solar disponible, costos de instalación y mantenimiento, y beneficios a largo plazo. Según Rivera Bárcenas, I. M. (2020) “Realizar un estudio de pre-factibilidad permite identificar oportunidades y desafíos antes de comprometer recursos significativos, asegurando que el proyecto sea rentable y sostenible a largo plazo.” Este estudio implicaría:

- a) **Análisis de Recursos Solares:** Evaluar la irradiación solar promedio en la región para estimar la generación potencial de energía.
- b) **Evaluación de Demanda Energética:** Determinar el consumo energético actual del alumbrado público para dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico.
- c) **Estimación de Costos y Beneficios:** Calcular los costos de instalación, operación y mantenimiento, así como los ahorros esperados en comparación con fuentes de energía convencionales.

c) Diseño y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

Cálculo y selección de los componentes del sistema, incluyendo paneles solares, baterías, controladores de carga y luminarias LED. Este proceso asegura que el sistema cumpla con los requisitos energéticos y operativos del proyecto. De acuerdo a Zelaya Escobar, H. D., & Puerto Caballero, M. A. (2020) “Un diseño y dimensionamiento precisos aseguran que el sistema funcione de manera eficiente, cumpla con los requisitos energéticos y optimice la inversión realizada”. este proceso incluiría:

Cálculo de la Capacidad Necesaria: Basado en la demanda energética del alumbrado público, determinar la cantidad de energía que el sistema debe generar.

Selección de Componentes: Elegir paneles solares, inversores, baterías y otros componentes que se ajusten a las necesidades y condiciones locales.

Diseño de la Configuración del Sistema: Decidir la disposición física de los paneles y la integración con la red eléctrica existente o sistemas de almacenamiento.

d) Análisis de Viabilidad Técnica, Económica y Social

Estudio integral que evalúa la factibilidad del proyecto desde múltiples perspectivas, asegurando su sostenibilidad y aceptación por parte de la comunidad. Según Rivera Bárcenas, I. M. (2020). “Este análisis garantiza que el proyecto no solo sea técnicamente posible y económicamente rentable, sino también socialmente aceptable y beneficioso para la comunidad local.” este análisis abarcaría:

- a) Viabilidad Técnica: Confirmar que la tecnología propuesta es adecuada para las condiciones locales y que los recursos necesarios están disponibles.
- b) Viabilidad Económica: Analizar indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para asegurar la rentabilidad del proyecto.
- c) Viabilidad Social: Evaluar la aceptación del proyecto por parte de la comunidad, considerando beneficios como la mejora en la calidad del alumbrado público y la reducción de costos energéticos municipales.
- d) **Cumplimiento de Normativas y Estándares**

Aseguramiento de que el diseño y la implementación del sistema cumplen con las regulaciones locales e internacionales aplicables, garantizando la calidad y seguridad del alumbrado público. Según Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE). (2022) El cumplimiento normativo garantiza la legalidad, seguridad y calidad del proyecto, evitando sanciones y asegurando la confianza de la comunidad y las autoridades. es crucial:

Identificar Normativas Aplicables: Revisar leyes y regulaciones hondureñas relacionadas con la generación de energía renovable y la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Adherirse a Estándares Técnicos: Asegurar que los componentes y la instalación del sistema cumplan con estándares internacionales reconocidos, como las normas IEC 61215-1:2016 e IEC 61730-1:2016 para paneles solares.

Obtener Permisos y Licencias: Gestionar las autorizaciones necesarias ante las autoridades competentes, como la Secretaría de Energía (SEN) y la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE).

2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

La metodología desarrollada combina enfoques cuantitativos y cualitativos, utilizando

instrumentos como encuestas a la comunidad, entrevistas a expertos y fichas de observación técnica. Estos permiten recopilar datos sobre viabilidad, eficiencia y percepción social para evaluar la implementación de paneles fotovoltaicos en la iluminación pública de Cantarranas.

2.4 MARCO LEGAL

El marco legal se refiere al conjunto de leyes, regulaciones y normativas que rigen una actividad específica dentro de un país. En el contexto de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos, este marco establece las condiciones y requisitos para la instalación y operación de sistemas de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, asegurando su correcta integración al sistema energético nacional y garantizando estándares de calidad y seguridad.

En Honduras, la promoción y regulación de la generación de energía a partir de fuentes renovables se sustentan en diversas normativas. Estas leyes buscan incentivar el uso de tecnologías limpias y asegurar que las instalaciones cumplan con los estándares exigidos por las autoridades competentes. Por ejemplo, la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Decreto No. 70-2007) ofrece incentivos fiscales y otros beneficios para proyectos que utilicen fuentes renovables, incluyendo la energía solar fotovoltaica. Además, la Ley General de la Industria Eléctrica (Decreto Legislativo 404-2013) regula las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el país, proporcionando un marco para la integración de sistemas de generación distribuida, como los paneles fotovoltaicos.

Para la implementación de un sistema de cogeneración con paneles fotovoltaicos en Cantarranas, Francisco Morazán, es esencial conocer y cumplir con el marco legal vigente. Esto permite:

- 1) **Obtener los permisos necesarios:** Antes de instalar un sistema fotovoltaico, es obligatorio tramitar autorizaciones ante entidades como la Secretaría de Energía (SEN) y la alcaldía municipal correspondiente. La SEN, por ejemplo, requiere la presentación de una solicitud formal que incluya documentos como el poder del representante legal, copia de la cédula de identidad y un croquis de ubicación del establecimiento.
- 2) **Cumplir con normativas técnicas y de seguridad:** Existen estándares que regulan la instalación, conexión y operación de los sistemas fotovoltaicos, minimizando riesgos

eléctricos y garantizando su funcionamiento óptimo. La Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE) ha establecido la “Norma Técnica de Usuarios Autoprodutores Residenciales y Comerciales”, que detalla los procedimientos y responsabilidades para la instalación de estos sistemas.

- 3) Aprovechar incentivos y beneficios: Algunas leyes ofrecen exoneraciones fiscales y facilidades para proyectos de energías renovables, lo que puede reducir costos de implementación. La Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables contempla incentivos como exenciones fiscales para equipos y materiales utilizados en instalaciones solares.
- 4) Evitar sanciones o problemas legales: No cumplir con los requisitos legales puede derivar en multas, clausuras o la imposibilidad de conectar el sistema a la red eléctrica. Adherirse al marco legal vigente asegura la viabilidad y legalidad del proyecto.

2.4.1 PERMISOS PARA COGENERACIÓN

La instalación de sistemas de alumbrado público con paneles fotovoltaicos en Honduras requiere obtener permisos específicos. Los interesados deben presentar una solicitud formal a la Secretaría de Energía (SEN), cumpliendo con los requisitos establecidos en el Artículo 61 de la Ley de Procedimiento Administrativo. Entre los documentos necesarios se incluyen: Escrito de solicitud dirigido a la SEN, Poder del representante legal, Copia de la cédula de identidad del representante legal, Poder del apoderado legal, Carné vigente del apoderado legal emitido por el Colegio de Abogados de Honduras, Dirección exacta del establecimiento con croquis y georreferenciación. Además, es necesario obtener un permiso de operación vigente emitido por la alcaldía municipal correspondiente, en este caso, la de Cantarranas.

2.4.2 REGLAMENTOS

La Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE) ha establecido el “Reglamento de Alumbrado Público”, que define los procedimientos y reglas asociadas a la prestación del servicio de alumbrado público en Honduras. Este reglamento detalla las obligaciones de las empresas suministradoras del servicio, los estándares técnicos que deben cumplir las instalaciones y los procedimientos para la atención de reclamos y mantenimiento de los sistemas de alumbrado

público.

2.4.3 LEYES APLICABLES

El marco legal hondureño en materia de energía renovable y alumbrado público incluye:

- a) Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Decreto No. 70-2007): Esta ley establece incentivos y disposiciones para fomentar la generación de energía a partir de fuentes renovables, incluyendo exoneraciones fiscales para equipos y materiales utilizados en instalaciones solares.
- b) Ley General de la Industria Eléctrica (Decreto Legislativo 404-2013): Regula las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en Honduras, proporcionando un marco para la integración de sistemas de generación distribuida, como los paneles fotovoltaicos.

2.4.4 ESTÁNDARES DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA

Los sistemas de alumbrado público con paneles fotovoltaicos deben cumplir con estándares de calidad establecidos en la “Norma Técnica de Alumbrado Público” emitida por la CREE. Esta norma técnica especifica los requisitos que deben cumplir las instalaciones para garantizar un servicio eficiente y seguro, incluyendo aspectos relacionados con el diseño, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El desarrollo metodológico en estudios de energías renovables ha evolucionado en función de la necesidad de evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de los proyectos. Desde los años 80, los enfoques metodológicos han integrado análisis cuantitativos y cualitativos para garantizar decisiones fundamentadas en datos (Creswell, 2014). Inicialmente, las evaluaciones se centraban en el potencial energético, pero con el tiempo han incorporado criterios de sostenibilidad y modelos de impacto ambiental (International Energy Agency [IEA], 2021).

En el contexto de la cogeneración fotovoltaica, las metodologías más utilizadas incluyen estudios de irradiación solar, eficiencia energética, análisis de costos y beneficios, impacto ambiental y aceptación social (Chalfin, 2021). Además, en los últimos años se han implementado herramientas de simulación y modelado que permiten predecir el desempeño de los sistemas fotovoltaicos antes de su implementación (Dominguez, 2019). Estos enfoques metodológicos han sido clave para la planificación y ejecución de proyectos energéticos en distintos contextos urbanos y rurales.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Este será un eje central para garantizar la validez del estudio. El objetivo principal es analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar un sistema de cogeneración fotovoltaica, lo que implica que el diseño metodológico debe estar alineado con estas dimensiones. Se empleará un enfoque mixto, combinando análisis de datos climáticos y energéticos con estudios financieros y encuestas a la comunidad.

Desde el punto de vista técnico, se utilizarán herramientas como PVGIS y RETScreen para evaluar la irradiación solar y la capacidad de generación fotovoltaica en Cantarranas. A nivel económico, se aplicará un análisis de costo-beneficio basado en el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), asegurando que los cálculos reflejen con precisión la rentabilidad del proyecto (Institute, 2017). En la dimensión ambiental y social, se llevará a cabo un estudio de impacto ecológico y una evaluación de percepción comunitaria mediante encuestas estructuradas (Creswell, 2014).

El diseño metodológico garantizará la congruencia entre las preguntas de investigación, los métodos de recolección de datos y el análisis de resultados, evitando inconsistencias y asegurando

que los hallazgos sean aplicables en la toma de decisiones municipales. De esta manera, el estudio ofrecerá información confiable para la posible implementación del sistema fotovoltaico en Cantarranas, contribuyendo a la sostenibilidad energética y a la reducción de costos operativos en la iluminación pública.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz metodológica es una valiosa estrategia que permite al investigador diseñar de manera general el proceso investigativo que se va a emprender. Es una herramienta utilizada en la planificación de la investigación que ayuda a organizar y visualizar los diferentes componentes de un proyecto de investigación. El propósito de una matriz metodológica es proporcionar una visión general clara y concisa del proyecto de investigación, incluidos los objetivos de investigación, las preguntas de investigación, las variables, la metodología y los resultados esperados. Ayuda a garantizar la consistencia y la coherencia en el diseño de la investigación y puede ser una herramienta útil para monitorear el progreso del proyecto de investigación.

La importancia de esta herramienta radica en su capacidad para proporcionar un marco estructurado para el proyecto de investigación. Ayuda a garantizar que todos los aspectos de la investigación estén bien planificados e interconectados, lo que puede mejorar la calidad y la validez de los resultados de la investigación. También facilita la comunicación sobre el proyecto de investigación, ya que proporciona un resumen claro y conciso del diseño de la investigación (Elaboración propia, 2025).

Tabla 1: Matriz Metodológica

Título de la Investigación	Pregunta de Investigación General	Pregunta de Investigación Específica	Objetivo Específico	Metodología	Instrumentos	Variables	Dimensión
Evaluación de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública en Cantarranas, Francisco Morazán	¿Cuál es la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar sistemas de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de iluminación pública del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán?	¿Cuál es el rendimiento energético y la eficiencia de los sistemas de cogeneración fotovoltaica en la red de alumbrado público de Cantarranas, considerando las condiciones climáticas locales y la demanda energética actual?	1. Analizar la factibilidad técnica del sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de iluminación pública de Cantarranas.	Cuantitativa y cualitativa. Modelado con software PVGIS y RETScreen.	Base de datos meteorológicos, informes técnicos, simulaciones.	Radiación solar, eficiencia del sistema, capacidad de generación de energía.	Técnica
		¿Qué impacto económico tendría la implementación de sistemas de cogeneración fotovoltaica en la red de iluminación pública de Cantarranas en comparación con el sistema de alumbrado convencional, considerando costos de instalación, operación y mantenimiento?	2. Evaluar la viabilidad económica del proyecto en términos de costos y beneficios.	Análisis financiero basado en costos de inversión y retorno.	Cotizaciones de proveedores, estado financiero municipal, encuestas.	Costos de inversión, costos operativos, ahorro en facturación eléctrica.	Económica
		¿Cómo influiría la integración de sistemas de cogeneración fotovoltaica en la red de alumbrado público de Cantarranas en la percepción de seguridad y calidad de vida de los residentes locales?	3. Analizar la percepción y aceptación de la comunidad sobre el proyecto.	Encuestas a ciudadanos y entrevistas con actores clave.	Cuestionarios estructurados, entrevistas semiestructuradas.	Opinión pública, nivel de conocimiento sobre energía renovable, percepción de seguridad.	Social
			4. Identificar el impacto ambiental de la implementación del sistema fotovoltaico.	Estudio de impacto ambiental. Comparación de reducción de emisiones.	Informes ambientales, bases de datos energéticas.	Emisiones de CO ₂ , reducción del uso de energía convencional.	Ambiental
			5. Proponer un modelo de implementación para la cogeneración de energía en la red de iluminación pública de Cantarranas.	Análisis de experiencias previas y revisión normativa.	Estudios de caso, documentos normativos.	Estrategias de implementación, gestión del cambio.	Normativa y de gestión

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

El esquema que a continuación se muestra de variables define factores como eficiencia energética, costos, impacto ambiental y aceptación social, analizados mediante encuestas, entrevistas y observaciones técnicas.

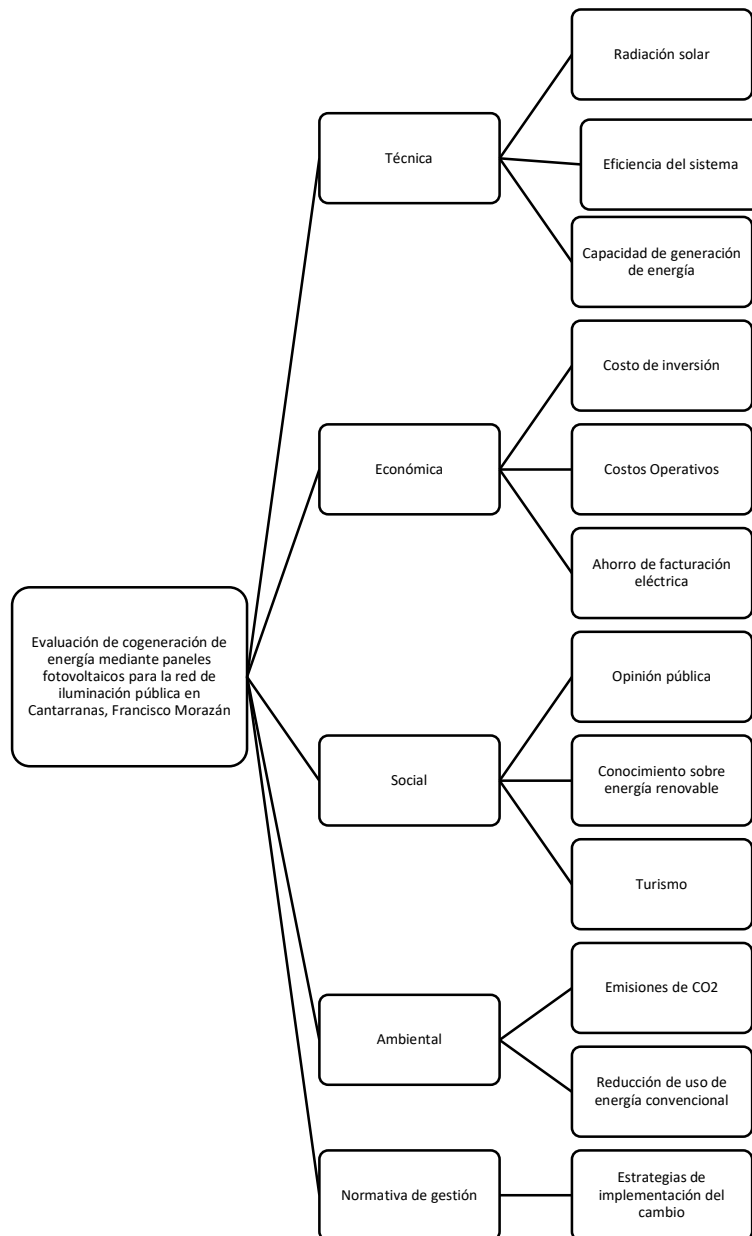


Figura 5: Esquema de variables de estudio

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Hablar de energía en la actualidad es también hablar de responsabilidad con el entorno. A medida que las ciudades crecen, crece también la necesidad de soluciones sostenibles que respondan a los desafíos ambientales, económicos y sociales de manera equilibrada. En este contexto, la propuesta de transformar el sistema de alumbrado público de Cantarranas mediante paneles solares no solo responde a una demanda técnica, sino también a una aspiración colectiva por mejorar la calidad de vida y preservar el medioambiente. Este trabajo se adentra en una evaluación integral que busca traducir esas aspiraciones en resultados medibles, a partir del análisis detallado de variables clave como la eficiencia energética, los costos operativos y la percepción social de la comunidad.

Tabla 2: Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Ítems
Radiación solar	Energía proveniente del sol que incide sobre una superficie.	Medición de la radiación solar promedio en Cantarranas.	Intensidad solar	Registros de radiación en kWh/m ² /día
Eficiencia del sistema	Capacidad del sistema fotovoltaico para convertir la energía solar en electricidad útil.	Porcentaje de rendimiento de los paneles instalados.	Rendimiento energético	Relación entre energía generada y energía esperada
Capacidad de generación de energía	Potencial de producción eléctrica del sistema fotovoltaico.	Cantidad de kWh generados por el sistema en un periodo determinado.	Producción eléctrica	Reporte mensual de energía generada
Costo de inversión	Monto inicial requerido para instalar el sistema.	Valor monetario total de los componentes, instalación y permisos.	Financiamiento inicial	Cotizaciones y presupuesto de implementación
Costos operativos	Gastos periódicos para el mantenimiento y funcionamiento del sistema.	Costos anuales de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico.	Mantenimiento y operación	Facturas de servicios y mantenimiento
Ahorro de facturación eléctrica	Reducción de pagos por consumo eléctrico gracias a la autogeneración.	Diferencia monetaria entre la factura antes y después de implementar el sistema.	Reducción de costos	Comprobantes de facturación mensual
Opinión pública	Percepción de los ciudadanos sobre el sistema fotovoltaico.	Valoración expresada en encuestas a habitantes de Cantarranas.	Satisfacción social	Resultados de cuestionarios de percepción
Conocimiento sobre energía renovable	Nivel de información de la población sobre energías limpias.	Grado de conocimiento medido mediante encuestas.	Cultura energética	Ítems sobre fuentes renovables en encuestas
Turismo	Impacto del proyecto en la afluencia de visitantes al municipio.	Cambio en el número de turistas posterior a la instalación del sistema.	Promoción turística	Datos de visitas turísticas en registros locales
Emissiones de CO ₂	Gases de efecto invernadero liberados por consumo energético convencional.	Cantidad de CO ₂ evitado gracias a la generación fotovoltaica.	Impacto ambiental	Cálculo de reducción de toneladas de CO ₂
Reducción de uso de energía convencional	Sustitución de electricidad de red por generación solar.	Porcentaje de demanda cubierta con energía solar.	Sustitución energética	Comparación entre consumo de red y generación solar
Estrategias de implementación del cambio	Planificación para llevar a cabo la transición energética.	Acciones definidas para instalar y mantener el sistema.	Gestión del cambio	Documentos del plan de ejecución y cronograma

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.1.4 HIPÓTESIS

Dado que el presente estudio se basa en un enfoque de tipo mixto con predominancia descriptiva y exploratoria, no se formula una hipótesis tradicional como ocurre en investigaciones de carácter estrictamente experimental o correlacional. En lugar de anticipar una relación causal entre variables, esta investigación se orienta a comprender, analizar y valorar la viabilidad de una propuesta técnica desde distintas dimensiones: técnica, económica, ambiental y social.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

Los enfoques mixtos abarcan una serie de procedimientos metódicos, basados en la observación y el razonamiento crítico, que se emplean para investigar de manera sistemática. Estos métodos implican la recopilación y el análisis tanto de datos cuantitativos como cualitativos, así como su combinación y discusión conjunta, con el objetivo de obtener conclusiones a partir de toda la información recopilada y lograr una comprensión más profunda del fenómeno en estudio (Sampieri et al., 2014). El enfoque mixto permite complementar los enfoques cuantitativos y cualitativos, obteniendo una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Además, ofrece validación cruzada al comparar resultados de diferentes métodos, lo que aumenta la confiabilidad de los hallazgos.

3.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Los estudios de naturaleza cualitativa buscan entender la realidad social como el resultado de un proceso histórico de construcción que se analiza a través de las diversas lógicas presentes en los actores sociales, quienes son heterogéneos y variados. Estos estudios se centran en los aspectos individuales y resaltan la importancia de explorar la interioridad, las visiones, percepciones, valores, formas de ser, ideas, sentimientos y motivaciones internas de los protagonistas (Galeano, 2004).

El enfoque cuantitativo ofrece la posibilidad de comprender una realidad a través de datos, números, frecuencias, coincidencias, promedios y afirmaciones. Este enfoque permite obtener una visión general, identificar tendencias, intenciones y realizar registros estadísticos. Sin embargo, no considera las subjetividades, interpretaciones y motivaciones involucradas en el fenómeno estudiado (Chalfin, 2021).

Dentro del enfoque mixto, se encuentran las investigaciones que se conocen como investigaciones de metodología sintética. Estas investigaciones realizan tanto la recolección como el análisis de datos, pero van más allá al integrar datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. Además, se lleva a cabo la transformación de datos cualitativos en datos cuantitativos y viceversa. En resumen, estas investigaciones combinan diferentes tipos de datos y utilizan métodos de conversión para lograr una visión más completa y profunda del fenómeno estudiado.

El enfoque mixto posibilita:

1. Obtener una visión más completa y exhaustiva del fenómeno en cuestión.
2. Realizar investigaciones más dinámicas y flexibles.
3. Definir el planteamiento del problema con mayor claridad, así como determinar los métodos más apropiados para estudiar e investigar los problemas.
4. Generar datos más variados y enriquecedores al considerar múltiples fuentes y tipos de datos, así como diversos contextos y entornos de análisis.
5. Facilitar una exploración y aprovechamiento más efectivo de los datos disponibles. La metodología cualitativa se fundamenta en modelos previamente exitosos, con el propósito de adaptarlos y aplicarlos a la Alcaldía Municipal de Cantarranas.

El enfoque cuantitativo se basa en la recopilación y análisis de datos con el objetivo de responder preguntas de investigación. Se apoya en la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para tratar de establecer patrones precisos en una población (Sampieri, 2014)

El enfoque para utilizar será mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. Se aplicarán encuestas para medir la percepción ciudadana y aceptación del proyecto, mientras que entrevistas a expertos y análisis técnicos permitirán evaluar la viabilidad, eficiencia energética y sostenibilidad del sistema fotovoltaico en la iluminación pública. (Sampieri, 2014)

3.2.2 ALCANCE

Los estudios descriptivos tienen como objetivo detallar las propiedades, características y perfiles de individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos u otros fenómenos que sean analizados. En otras palabras, su propósito exclusivo es medir o recopilar información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a los que se refieren (Sampieri et al., 53

2014). En dichos estudios, es fundamental que el investigador sea capaz de establecer, o al menos, tener una idea clara de qué aspectos se van a medir (conceptos, variables, etc.) y sobre qué, o quiénes, se van a recopilar los datos (individuos, grupos, eventos, etc.).

El alcance de esta investigación es descriptivo, ya que analiza la viabilidad técnica, económica y ambiental de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la iluminación pública en Cantarranas. Se estudian factores como eficiencia energética, costos, normativas aplicables y percepción comunitaria, proporcionando recomendaciones para su implementación.

3.2.3 DISEÑO

Los diseños de investigación transaccional o transversal se centran en recopilar datos en un solo momento, en un único período de tiempo. El objetivo fundamental de estos diseños es proporcionar una descripción detallada de las variables de interés y examinar su incidencia y cómo se relacionan entre sí en un momento dado (Gómez, 2006). La metodología de investigación de diseño transversal, también conocida como estudio transversal, es un enfoque utilizado en investigaciones científicas para analizar datos en un momento específico. Este diseño permite recopilar información de una muestra representativa de la población de estudio, en un solo momento en el tiempo, a diferencia de los estudios longitudinales que siguen a los participantes a lo largo del tiempo.

Esta información puede ser obtenida mediante encuestas, entrevistas o cuestionarios, dependiendo de la naturaleza del estudio. Al analizar los datos recopilados, los investigadores pueden examinar las frecuencias, distribuciones y relaciones entre las variables estudiadas, lo que les permite obtener una comprensión más completa de la situación en ese momento particular. (Sampieri, 2014)

Algunas de las características clave, de un diseño transversal, son:

- a) **Recolección de Datos en un Solo Punto en el Tiempo:** Los datos se recopilan en un período de tiempo determinado, generalmente a través de encuestas, cuestionarios o entrevistas.
- b) **Muestra Representativa:** Se selecciona una muestra de la población objetivo que sea representativa de la población general. Esto implica garantizar que los participantes

sean elegidos de manera aleatoria o sistemática para evitar sesgos.

- c) Datos Transversales: Los datos se recopilan de manera simultánea para todas las variables consideradas en el estudio. Esto permite examinar asociaciones entre variables, pero no establecer una relación causal.

El diseño de la investigación será transversal y descriptivo. Se recopilarán datos en un período específico mediante encuestas, entrevistas y observaciones técnicas, sin manipular variables. Este diseño permitirá analizar la viabilidad de la cogeneración de energía fotovoltaica en la iluminación pública de Cantarranas, evaluando su impacto técnico, económico y social.

3.2.4 INSTRUMENTOS

La entrevista es una herramienta que el investigador puede utilizar para obtener información mediante la formulación directa de preguntas. Este recurso de interacción cara a cara permite al investigador obtener información de primera mano, establecer una comunicación directa con los participantes seleccionados en la muestra y tener la posibilidad de profundizar en sus respuestas, lo cual resulta fundamental para el éxito del estudio (Moreno-Bayardo, 1987). El cuestionario consiste en una serie de interrogantes que posibilitan obtener información de manera directa acerca de hechos relacionados con las circunstancias y acciones actuales. Es decir, sobre eventos que están sucediendo, así como también en relación con opiniones, preferencias, evaluaciones críticas, emociones, metas, actividades, y demás, de las personas que son interrogados (Moreno-Bayardo, 1987).

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La población se refiere a la agrupación de personas, objetos o elementos, independientemente de si dicha agrupación cuenta con un número limitado o infinito. En ambos casos, los individuos o elementos que conforman esta población se caracterizan por ser claramente distintos entre sí, lo que implica que pueden ser fácilmente reconocidos y diferenciados sin dar lugar a ninguna ambigüedad o confusión (Quesada & Garcia, 1988).

El término población se utiliza para referirse a cualquier grupo de elementos que comparten características comunes. A cada uno de los elementos que forman parte de este grupo se les denomina individuo. Sin embargo, en la mayoría de los estudios resulta impracticable estudiar a todos los individuos de una población. Por lo tanto, se hace necesario utilizar subgrupos de

elementos extraídos de dicha población. Estos subgrupos se conocen como muestras.

3.3.1 POBLACIÓN

La población se refiere a la agrupación de personas, objetos o elementos, independientemente de si dicha agrupación cuenta con un número limitado o infinito. En ambos casos, los individuos o elementos que conforman esta población se caracterizan por ser claramente distintos entre sí, lo que implica que pueden ser fácilmente reconocidos y diferenciados sin dar lugar a ninguna ambigüedad o confusión (Sampieri, 2014)

El término población se utiliza para referirse a cualquier grupo de elementos que comparten características comunes. A cada uno de los elementos que forman parte de este grupo se les denomina individuo. Sin embargo, en la mayoría de los estudios resulta impracticable estudiar a todos los individuos de una población. Por lo tanto, se hace necesario utilizar subgrupos de elementos extraídos de dicha población. Estos subgrupos se conocen como muestras.

La población de estudio estará conformada por habitantes y comerciantes del casco urbano de Cantarranas, quienes brindarán información sobre la percepción y aceptación del proyecto. Además, incluirá expertos en energía renovable, funcionarios municipales y técnicos del sector eléctrico, quienes aportarán datos sobre viabilidad técnica, normativa y operativa del sistema fotovoltaico, con un total de 7,251 personas del casco urbano.

3.3.2 MUESTRA

Una muestra se refiere a un conjunto más pequeño de personas extraídas de una población general, compartiendo características que los hacen representativos del conjunto más amplio. Se selecciona un grupo de individuos dentro de una población más grande con el propósito de obtener una muestra que refleje adecuadamente las características y la diversidad presentes en la población en general (Sampieri, 2014)

El muestreo es un método mediante el cual se eligen de manera deliberada individuos, o un subgrupo, de la población. Esto con el propósito de obtener conclusiones estadísticas y estimar las características de toda la población en cuestión. Esta técnica permite obtener una representación precisa y significativa de la población total. Lo que facilita la realización de inferencias estadísticas confiables. A través del muestreo, se busca obtener información sustancial acerca de la población completa utilizando una fracción representativa de sus miembros, lo cual resulta en estimaciones

válidas y generalizables.

La muestra será seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad y disponibilidad de los participantes. Incluirá residentes y comerciantes del casco urbano de Cantarranas para encuestas, y expertos en energía, funcionarios municipales y técnicos eléctricos para entrevistas. El tamaño de la muestra dependerá de la representatividad necesaria para obtener conclusiones significativas, será de 365 personas.

3.3.2.1 TÉCNICAS DE MUESTREO

Para llevar a cabo la investigación, se empleará un método de muestreo probabilístico aleatorio simple. Esta es una técnica eficiente que implica la selección de un conjunto de participantes (muestra) representativo de un grupo más amplio (población) para su estudio. El muestreo probabilístico se fundamenta en un procedimiento de carácter aleatorio, en el cual las unidades que constituyen la muestra son seleccionadas de manera aleatoria. Esta metodología es la única de naturaleza científica que posibilita la medición y limitación del error de muestreo (Grande & Abascal, 2005).

El muestreo aleatorio simple es una técnica que se destaca por su simplicidad y objetividad. Se trata de seleccionar una muestra de tamaño n de una población total de tamaño N de manera completamente aleatoria. En esta técnica, todos los elementos de la población tienen la misma oportunidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra (Vivanco, 2005).

El método de muestreo aleatorio simple es una de las técnicas más eficientes dentro del muestreo probabilístico, ya que permite ahorrar tiempo y recursos. Además, este enfoque garantiza la obtención de información confiable al seleccionar cada miembro de una población de forma aleatoria. Cada individuo tiene una igual probabilidad de ser elegido para formar parte de la muestra, lo que asegura la representatividad y la imparcialidad en la selección. Esta técnica brinda una base sólida para obtener conclusiones estadísticas precisas y generalizables a partir de la muestra seleccionada.

Para llevar a cabo el estudio en cuestión, se empleó una muestra representativa seleccionada al azar a partir de una población previamente identificada. Se optó por un nivel de 57 confianza del 95% y un margen de error del 5%.

$$n = \frac{Z^2 * N * q * p}{E^2(N - 1) + (Z^2 * p * q)} = n \text{ encuestas}$$

Figura 6: Fórmula para cálculo de la muestra

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Donde:

Z: Nivel de confianza del 95% (según tabla Z = 1.96)

p: Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado (80%)

q: Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado (20%)

N: Tamaño del universo finito (7,251 habitantes)

E: Error de estimación máximo esperado (E = 5%)

n: Resultado que indica el tamaño de la muestra mínima

Para determinar el tamaño de muestra requerido, se aplicó la fórmula para poblaciones finitas, considerando una población total de 7,251 habitantes en el casco urbano de Cantarranas, un nivel de confianza del 95%, una probabilidad de éxito del 50% y un margen de error del 5%. El resultado indicó que se requerían 365 encuestas.

Acorde a este resultado, se aplicaron 365 encuestas válidas, lo cual garantiza la representatividad estadística de los datos y permite inferencias confiables a nivel de la población objetivo.

3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

Cada herramienta fue seleccionada con base en los objetivos específicos del estudio y adaptada a las características particulares del municipio de Cantarranas. Desde encuestas aplicadas a residentes hasta entrevistas con actores clave del entorno municipal, los procedimientos seguidos no solo garantizaron la validez de los datos, sino que también permitieron capturar matices sociales, técnicos y ambientales que resultan esenciales para evaluar la viabilidad del sistema de cogeneración propuesto.

3.4.1 TÉCNICAS

Las técnicas utilizadas en esta investigación permitirán recopilar, analizar e interpretar información relevante para la evaluación de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de iluminación pública en el casco urbano de Cantarranas. A través de métodos estructurados, se garantizará la validez y confiabilidad de los datos obtenidos para una toma de decisiones efectiva.

3.4.2 ENTREVISTA

La entrevista se presenta como una valiosa herramienta a disposición del investigador, que le permite obtener información al recopilar datos a través de preguntas directas formuladas de manera personal y verbal, dirigidas a cada individuo incluido en la muestra previamente seleccionada (Moreno-Bayardo, 1987). La entrevista se convierte en un recurso clave para establecer una comunicación directa y efectiva entre el investigador y los participantes, permitiendo una interacción personal y verbal que facilita la comprensión y el intercambio de información relevante. A través de este método, se logra transmitir de manera explícita el propósito del estudio, proporcionando a los participantes una comprensión clara de los objetivos y la dirección de la investigación.

3.4.3 ENCUESTA

La encuesta se compone de un conjunto de interrogantes que posibilitan la obtención de información de primera mano acerca de diversos aspectos relacionados con las circunstancias y acciones actuales. Esto abarca tanto sucesos que están teniendo lugar en el momento, como opiniones, preferencias, juicios críticos, sentimientos, aspiraciones, actividades, entre otros, de las personas que son objeto de la encuesta (Moreno-Bayardo, 1987).

El cuestionario se configura como una vía eficaz para obtener información de manera sistemática y estandarizada, ya que se puede aplicar a una amplia muestra de individuos de manera consistente. Las preguntas incluidas en el cuestionario se diseñan de manera precisa y objetiva, buscando obtener respuestas claras y cuantificables que puedan ser analizadas posteriormente.

3.4.4 INSTRUMENTOS

Como se menciona en la sección 3.2.4, se desarrollaron varios cuestionarios para poder capturar la información de la muestra, los instrumentos de investigación son herramientas

utilizadas para recolectar información relevante en un estudio. En proyectos de evaluación de sistemas fotovoltaicos, los instrumentos más comunes incluyen encuestas, cuestionarios, entrevistas y software de simulación energética. Estos permiten obtener datos cuantitativos y cualitativos esenciales para evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de un proyecto (Hernández-Sampieri et al., 2014). La selección de los instrumentos depende del diseño metodológico y los objetivos del estudio. En investigaciones sobre energía renovable, herramientas como RETScreen, PVGIS y Windy son fundamentales para estimar la irradiación solar y el potencial de generación fotovoltaica. Además, la aplicación de cuestionarios estructurados a la comunidad ayuda a comprender la percepción social del proyecto, permitiendo una evaluación integral del impacto como ser Google Forms. (Creswell, 2014).

Los cuestionarios estructurados consisten en una serie de preguntas cerradas o de opción múltiple que se aplican a una muestra amplia para obtener datos cuantitativos sobre opiniones, comportamientos o características específicas. En proyectos de energía fotovoltaica, los cuestionarios pueden utilizarse para evaluar el nivel de conocimiento de la población sobre energías renovables, su disposición a adoptar nuevas tecnologías y las expectativas respecto al proyecto. Para tu estudio, se diseñará un cuestionario que será distribuido entre los residentes de Cantarranas, recopilando información sobre su percepción de la iluminación pública actual y su apertura hacia la implementación de sistemas fotovoltaicos. La importancia de este instrumento radica en su capacidad para proporcionar datos estadísticamente significativos que guiarán las decisiones estratégicas del proyecto.

- 1) Encuestas dirigidas a la comunidad: Se aplicará a residentes y comerciantes mediante formularios en Google Forms o Microsoft Forms, permitiendo una recopilación de datos eficiente y organizada. Posteriormente, los resultados se analizarán con Excel o Google Sheets para identificar tendencias y patrones.
- 2) Fichas de observación técnica: Se utilizarán plantillas en Microsoft Excel para documentar el estado actual del alumbrado público, consumo energético y condiciones de instalación de los paneles solares. También se podrán emplear herramientas como GIS (Sistemas de Información Geográfica) para mapear ubicaciones óptimas para la instalación.
- 3) Análisis documental: Se revisarán normativas y estudios previos utilizando PDF Reader para documentos digitales, Microsoft OneNote o Evernote para organizar notas, y bases de datos

científicas como Google Scholar o Scopus para acceder a investigaciones relevantes.

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información son todos los datos utilizados para respaldar un estudio de investigación. Se dividen en fuentes primarias y fuentes secundarias, dependiendo de si la información proviene directamente de la realidad estudiada o si ha sido recopilada previamente en otros trabajos científicos (Ruiz-Rojas, 2007). El uso de fuentes confiables es crucial para garantizar la validez de la investigación. En estudios sobre energía fotovoltaica y cogeneración, las fuentes primarias incluyen mediciones en campo y encuestas, mientras que las fuentes secundarias abarcan estudios previos, reportes técnicos y normativas sobre energías renovables (Gómez, 2006).

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias son aquellas que proporcionan datos originales y no interpretados, obtenidos directamente por el investigador. En este proyecto, se consideran fuentes primarias los datos de irradiación solar recolectados con herramientas como PVGIS, las mediciones en campo sobre consumo energético y las respuestas obtenidas en encuestas y entrevistas con actores clave del municipio de Cantarranas (Sampieri et al., 2014). El uso de fuentes primarias es fundamental para evaluar la viabilidad técnica del proyecto. La recopilación de datos en el sitio permite conocer la cantidad de energía que podría generarse, así como los posibles beneficios económicos y ambientales. Además, las encuestas comunitarias ayudan a comprender la aceptación social del sistema fotovoltaico, aspecto clave para la toma de decisiones en políticas energéticas locales (Quesada & García, 1988).

Esta investigación se basará en entrevistas y encuestas como fuentes de información primaria, recolectando datos de expertos en energía renovable y usuarios de la red de alumbrado público. Estas herramientas permitirán evaluar la viabilidad, beneficios y desafíos de la cogeneración de energía fotovoltaica, proporcionando información relevante para el diseño e implementación del proyecto en Cantarranas, Francisco Morazán

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias incluyen toda la información previamente publicada y documentada sobre el tema de estudio. En este caso, se utilizarán libros, artículos científicos, informes gubernamentales y bases de datos especializadas en energía renovable para respaldar los análisis

técnicos y económicos del proyecto (Grande & Abascal, 2005).

Estas fuentes permiten contextualizar el estudio dentro de un marco teórico sólido, facilitando la comparación con experiencias previas y la aplicación de modelos existentes a la realidad de Cantarranas. Además, ayudan a validar los datos primarios al contrastarlos con estudios previos sobre la generación de energía fotovoltaica en entornos similares (Vivanco, 2005).

Para este apartado se utilizarán como fuentes secundarias proyectos e investigaciones relacionadas con cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos como ser:

- 1) **Estudio de Caso: Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano:** tiene como finalidad la redacción de un estudio de caso en el que se demuestra el compromiso de Zamorano con el medio ambiente por medio de la ejecución de un proyecto para ampliar su parque solar, dentro del caso se describen los aspectos técnicos y financieros que se tomaron en cuenta para comprobar el beneficio económico y ambiental que la fase 1 del parque generaba y tomar la decisión de implementar una segunda fase con tecnología más innovadora.
- 2) **Experiencias en Energía Renovable y Eficiencia Energética en Honduras:** Se han instalado paneles solares en comunidades rurales, alumbrado público solar y sistemas eficientes en edificios gubernamentales e industrias. Estas iniciativas, apoyadas por el gobierno y organismos internacionales, buscan disminuir costos y mitigar impactos ambientales.
- 3) **Proyecto residencial que tendrá alumbrado público solar:** El proyecto está ubicado a menos de un kilómetro de la carretera principal de San Manuel y el objetivo principal es la protección del medio ambiente y que los habitantes de las villas vivan en contacto con la naturaleza. Los lotes son desde las 258 a 500 varas cuadradas, a un precio de mil lempiras cada vara.
- 4) **Evaluación de necesidades de capacitación en materia de Educación y Formación para América Latina:** Este informe reúne los resultados de una Evaluación de Necesidades de Capacitación en materia de Educación y Formación en sectores de Energía Solar de 20 países de América Latina realizada entre abril y septiembre de 2019. Se describen los distintos resultados y conclusiones del trabajo realizado por el consorcio del proyecto.

3.6 ANALISIS TÉCNICO DE CAPACIDAD SOLAR

Cantarranas es un municipio del departamento de Francisco Morazán, ubicado en la región central de la República de Honduras. Se encuentra a aproximadamente 36 kilómetros al noreste de Tegucigalpa, lo que lo sitúa dentro del área de influencia del Distrito Central. Su localización geográfica está entre las coordenadas 14°13' de latitud norte y 87°00' de longitud oeste.



Figura 7: Mapa político departamento de Francisco Morazán

Fuente: (Heraldo, 2022)

Este municipio ubicado en la región centro-sur de Honduras, cuenta con condiciones climáticas y geográficas favorables para el aprovechamiento de la energía solar. Según el Atlas Solar de Honduras, desarrollado por el Programa de Energía Renovable del SERNA-CREE y la GIZ (2015), el departamento de Francisco Morazán presenta una irradiación global horizontal promedio diaria entre 5.0 y 5.5 kWh/m²/día, lo cual lo sitúa entre las regiones con moderado a alto potencial solar en el país.

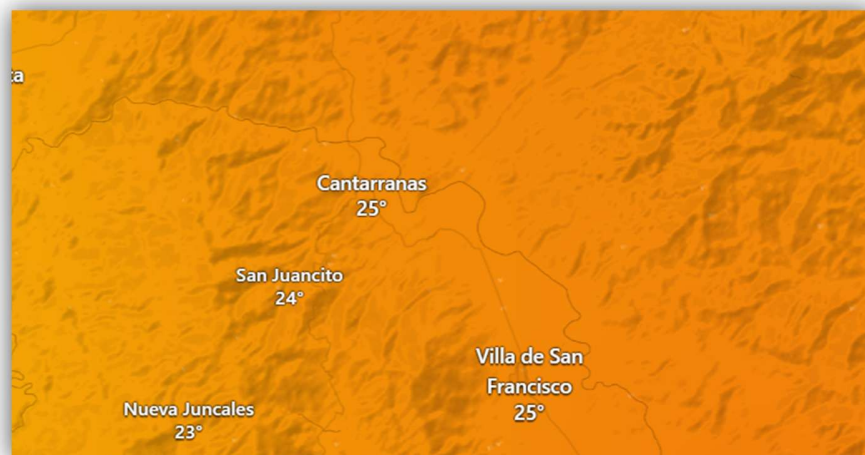


Figura 8: Localización de municipio de Cantarranas con su radiación solar promedio

Fuente: (Windy, 2025)

Este nivel de irradiación se mantiene estable durante gran parte del año, alcanzando sus valores máximos durante la estación seca (febrero a abril) y disminuyendo levemente en la época lluviosa (mayo a octubre), sin representar una amenaza significativa para la autonomía de sistemas solares autónomos. Dichas condiciones son óptimas para el funcionamiento de luminarias solares LED con baterías recargables, ya que permiten un ciclo completo de carga diaria en la mayoría de los días del año.¹

Asimismo, estudios del Centro Nacional de Energía Renovable (CENER) y el Observatorio Nacional de Energía (2020) corroboran que el índice de radiación solar anual en el área metropolitana de Tegucigalpa y sus municipios vecinos, como Cantarranas, es suficiente para aplicaciones fotovoltaicas en iluminación, bombeo de agua y electrificación rural. El potencial solar del municipio, sumado a su topografía abierta en áreas urbanas, facilita la instalación de postes y paneles sin mayores obstrucciones o sombreados críticos.²

En conclusión, Cantarranas presenta un entorno técnico favorable para implementar soluciones de alumbrado público basadas en energía solar, contribuyendo a una infraestructura más sostenible y resiliente.

¹ IRENA, «Renewable Energy Capacity Statistics 2022».

² SERNA, «Atlas Solar de Honduras».

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la búsqueda del conocimiento y la comprensión, el viaje desde la indagación hasta la comprensión a menudo atraviesa diversos paisajes de recopilación, exploración y análisis de datos. Este capítulo se erige como una coyuntura significativa en esta expedición. Sirve como el lienzo en el que los colores de la información recopilada se entretajan intrincadamente en patrones de comprensión, arrojando luz sobre las respuestas buscadas y revelando el tapiz de ideas obtenidas.

4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de datos para esta investigación se realizó utilizando un enfoque mixto, combinando instrumentos cuantitativos y cualitativos para obtener una visión integral de la situación del alumbrado público en Cantarranas y las percepciones ciudadanas sobre la implementación de un sistema de cogeneración fotovoltaica.

4.1.1 PROCESO

Se aplicaron cuestionarios estructurados a una muestra representativa de la población del municipio, con el objetivo de identificar patrones de percepción sobre la calidad del alumbrado actual, el nivel de satisfacción, la percepción de seguridad nocturna y la disposición a aceptar un sistema basado en energía solar. Las encuestas incluyeron preguntas cerradas y de escala Likert, lo que permitió obtener datos cuantitativos para el análisis estadístico. La encuesta fue diseñada para ser aplicada a la población local, abarcando la zona urbana del municipio. Se estructuró en cuatro bloques principales: diagnóstico del sistema actual, nivel de satisfacción, conocimiento sobre energía solar y disposición ante su implementación. Esto permitió obtener una visión integral sobre la situación actual y las expectativas ciudadanas respecto al proyecto propuesto.

De igual forma se identificaron personajes claves en el casco urbano, como ser personas de la Alcaldía Municipal, como también la publicación de el enlace Google Forms para poder

llegar a más personas de la localidad, la encuesta se llevo a cabo de forma remota. Al obtener información de las encuestas, la plataforma proporcionó los resultados estructurados de cada pregunta, Minitab para el análisis de los datos estructurados (compuestos por los datos cualitativos y cuantitativos de las encuestas); y Atlas.ti para el análisis de los datos no estructurados (compuestos por los datos recopilados en la transcripción de las entrevistas).

Se realizaron entrevistas a actores clave, incluyendo autoridades municipales, líderes comunitarios y representantes del sector turístico, con el fin de profundizar en aspectos como la viabilidad social, las expectativas, las preocupaciones sobre la operación y mantenimiento, y el potencial impacto económico y social del proyecto. Este instrumento permitió obtener información cualitativa de alto valor, que complementó los hallazgos de la encuesta.

Se llevó a cabo un registro en campo de las condiciones del alumbrado público en diferentes zonas del municipio, identificando áreas con deficiencias lumínicas, puntos críticos de inseguridad y zonas con alto potencial turístico que podrían beneficiarse de un sistema de iluminación más eficiente.

Se consultaron informes municipales, registros de consumo energético y documentos normativos, con el objetivo de obtener datos históricos sobre el gasto en energía eléctrica, la cobertura del alumbrado público y las políticas locales relacionadas con el uso de energías renovables.

La combinación de estos instrumentos garantizó una recopilación de datos completa y diversa, permitiendo triangulación de la información y fortaleciendo la validez de los resultados.

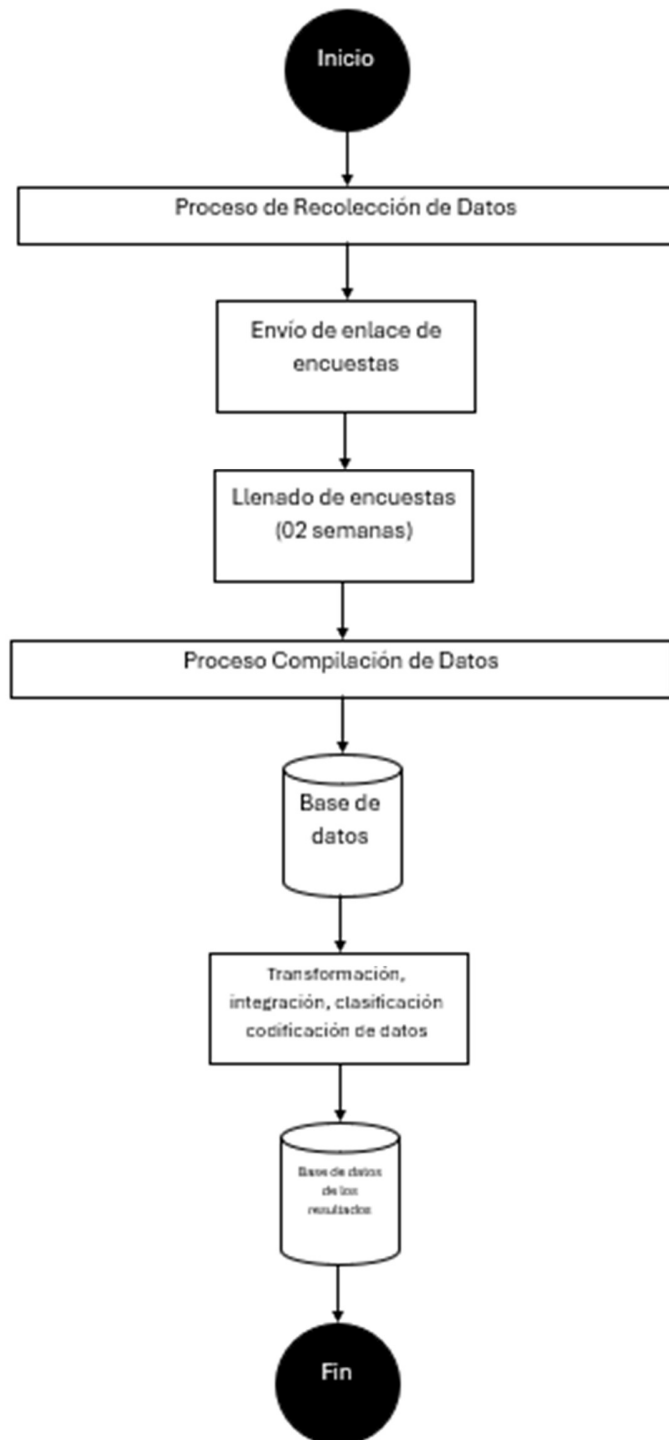


Figura 9: Proceso de recolección de datos

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.1.2 DETALLES DE LOS INSTRUMENTOS Y LA POBLACIÓN

Se estableció que cada instrumento esté diseñado con un perfil o rol específico dentro de la localidad. El punto principal es poder tener la perspectiva social de manera integral y holística la situación actual de Cantarranas. Al culminar el proceso de la aplicación de los instrumentos son:

- PL01 – Personas Locales de Cantarranas
 - Cantidad de personas encuestadas: 365
 - Población: 7,251

4.1.3 JUSTIFICACIÓN DEL USO DE LA ENCUESTA

La elección de la encuesta como herramienta de recolección de datos se fundamenta en su capacidad para:

- Captar información directa de la comunidad, permitiendo conocer sus necesidades reales y percepciones sobre el estado del alumbrado público.
- Identificar problemas específicos que afectan la eficiencia y cobertura del sistema actual.
- Medir el nivel de conocimiento y aceptación hacia las tecnologías de energía renovable, especialmente la solar fotovoltaica.
- Facilitar la toma de decisiones basadas en evidencia, fortaleciendo la propuesta técnica y social del proyecto.

Además, el uso de encuestas permite analizar estadísticamente los resultados, lo cual es útil para justificar técnica y socialmente la implementación del proyecto ante entidades municipales o posibles financiadores.

4.1.4 HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS: PVGIS Y RETSCREEN

Además de la encuesta a la población, se hará uso de herramientas de análisis técnico que complementen la viabilidad del proyecto. En particular, se emplearán:

4.1.4.1 PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM)

Esta plataforma permite estimar la radiación solar disponible en la zona de estudio, así

como calcular el rendimiento energético esperado de los sistemas fotovoltaicos. Su uso es fundamental para conocer el potencial solar de Cantarranas y dimensionar correctamente el sistema de alumbrado.

4.1.4.2 RETSCREEN EXPERT

Esta herramienta será utilizada para realizar un análisis financiero y energético detallado. RETScreen permite evaluar el comportamiento del sistema propuesto en términos de ahorro económico, reducción de emisiones y retorno de inversión, aportando información clave para la sostenibilidad del proyecto.

4.1.4.3 WINDY

Es una plataforma interactiva de pronóstico meteorológico que ofrece mapas en tiempo real de viento, lluvia, temperatura, oleaje y más. Utiliza datos de modelos globales para brindar información precisa y visualmente detallada, ideal para navegantes, pilotos, meteorólogos y usuarios que requieren conocer el clima con alta confiabilidad.

4.1.4.4 PLATAFORMA FORMS

es una herramienta digital que permite crear formularios, encuestas y cuestionarios en línea de manera sencilla. Facilita la recopilación de datos, opiniones o registros mediante formularios personalizables, útiles para educación, investigación, eventos, evaluaciones o sondeos en tiempo real, con almacenamiento y análisis automático de respuestas.

Estas herramientas proporcionan datos técnicos confiables y validados, que complementan la información social obtenida mediante las encuestas, permitiendo una evaluación integral del proyecto desde el punto de vista técnico, económico y social.

4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante las técnicas de recolección de datos aplicadas, los cuales permiten analizar de manera integral la percepción ciudadana, el estado actual del sistema de alumbrado público y la viabilidad de implementar energía fotovoltaica en Cantarranas, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos para una mejor interpretación.

4.2.1 INSTRUMENTO PL01:

Tabla 3: Resultados del instrumento (PL01) – Encuestas a la población local urbana

No	Pregunta	Variable	Resultados			Total	
			Codificación / Opciones	Respuestas	%		
1	Edad	Edad	1	Menos de 20 años	87	23.84%	100.00%
			2	Entre 21 - 30 años	111	30.41%	
			3	Entre 31 - 40 años	65	17.81%	
			4	Entre 41 - 60 años	78	21.37%	
			5	Mayor a 60 años	24	6.58%	
2	Género	Género	1	Masculino	135	36.99%	100.00%
			2	Femenino	219	60.00%	
			3	Otro	11	3.01%	
3	Nivel educativo	Nivel educativo	1	Primaria	114	31.23%	100.00%
			2	Secundaria	143	39.18%	
			3	Técnico	45	12.33%	
			4	Superior	63	17.26%	
			5	Otro	0	0.00%	
4	¿Cómo califica el estado actual del alumbrado público en su zona?	Estado del alumbrado público	1	Malo	276	75.62%	100.00%
			2	Regular	29	7.95%	
			3	Bueno	32	8.77%	
			4	Muy bueno	28	7.67%	
5	¿Qué problemas ha notado con el alumbrado público en su comunidad? (puede marcar más de uno)	Problemas percibidos del alumbrado público	1	Poca iluminación	48	13.15%	100.00%
			2	Lámparas dañadas o sin funcionar	76	20.82%	
			3	Zonas completamente oscura	99	27.12%	
			4	Poca cobertura en calles alejadas	28	7.67%	
			5	No hay mantenimiento	78	21.37%	
			6	Otro	36	9.86%	
6	¿Con qué frecuencia observa fallos en el alumbrado público?	Frecuencia de fallos en alumbrado público	1	Muy poco	41	11.23%	100.00%
			2	Frecuente	125	34.25%	
			3	Muy seguido	131	35.89%	
			4	Siempre	68	18.63%	
7	¿Cómo afecta la falta de alumbrado público en su zona? (puede marcar más de uno)	Afectaciones por falta de alumbrado público	1	Inseguridad / Delincuencia	134	36.71%	100.00%
			2	Riesgos de accidentes	58	15.89%	
			3	Dificultad para transitar en la noche	100	27.40%	
			4	Incomodidad visual	40	10.96%	
			5	Otro	33	9.04%	
8	¿Cree usted que el actual sistema de alumbrado público en el casco urbano necesita ser mejorado?	Necesidad de mejora del sistema actual	1	Sí	345	94.52%	100.00%
			2	No	11	3.01%	
			3	No estoy seguro (a)	9	2.47%	
9	¿Ha escuchado hablar sobre el uso de paneles solares para alumbrado público?	Conocimientos sobre paneles solares	1	Sí	355	97.26%	100.00%
			2	No	10	2.74%	
10	¿Estaría de acuerdo con que se implementen lámparas solares en Cantarranas?	Aceptación de lámparas solares	1	Sí	363	99.45%	100.00%
			2	No	2	0.55%	
11	¿Qué tan importante considera que es modernizar el sistema de alumbrado público?	Importancia de modernizar el sistema	1	Alto	335	91.78%	100.00%
			2	Medio	24	6.58%	
			3	Bajo	6	1.64%	
12	¿Estaría dispuesto a pagar una pequeña tasa adicional para mantener un sistema de alumbrado público moderno? (Los apagones no serían problema)	Disposición a contribuir económicamente	1	Sí	331	90.68%	100.00%
			2	No	25	6.85%	
			3	Tal vez	9	2.47%	

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 4: Medidas de tendencia central

Medidas	Variable											
	Edad	Género	Nivel educativo	Estado del alumbrado público	Problemas percibidos del alumbrado público	Frecuencia de fallos en alumbrado público	Afectaciones por falta de alumbrado público	Necesidad de mejor del sistema actual	Conocimientos sobre paneles solares	Aceptación de lámparas solares	Importancia de modernizar el sistema	Disposición a contribuir económicamente
No. Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Media	29.21	1.66	1.89	1.53	2.38	2.38	73	1.07	1.03	1.005	2.88	1.11
Error estándar de la media	0.79	0.028	0.0635	0.053	11.14	0.069	12.55	0.013	0.0097	0.0033	0.039	0.022
Mediana	25.5	2	2	1	62	3	58	1	1	1	3	1
Moda	21	2	2	1	-	3	-	1	1	1	3	1
Desviación	15.13	0.53	1.213	1.02	27.29	1.03	28.07	0.26	0.17	0.07	0.4	0.39
Varianza	228.77	0.29	1.47	1.04	744.87	1.06	787.97	0.067	0.029	0.005	0.16	0.15
Cuartil 1	25.5	1	1	1	36	2	40	1	1	1	3	1
Cuartil 2	25.5	2	2	1	62	3	58	1	1	1	3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.2.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL INSTRUMENTOS PL01

El análisis del instrumento PL01 permitió recopilar información valiosa sobre la percepción ciudadana respecto al alumbrado público. Se evaluaron aspectos como estado actual, problemas detectados, frecuencia de fallos y disposición hacia tecnologías renovables, lo que facilitó comprender las necesidades y expectativas de la comunidad para mejorar el sistema de alumbrado público.

4.2.1.1.1 EDAD

La muestra está compuesta principalmente por personas jóvenes y adultas jóvenes, siendo el grupo de 21 a 30 años el más numeroso con 111 participantes. Le siguen los menores de 20 años (87) y el rango de 41 a 60 años (78). Los grupos de 31 a 40 años y mayores de 60 años son menos representados, con 65 y 24 personas respectivamente. Esto indica que la encuesta refleja mayormente las opiniones de personas en etapas tempranas y medias de la vida.

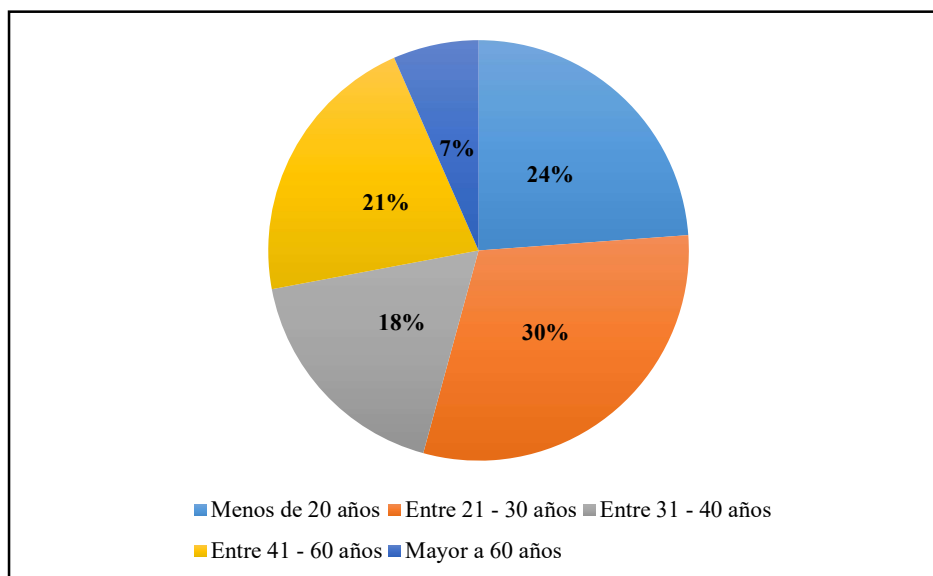


Figura 10: Edad de los participantes de encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La distribución por edad muestra que la mayoría de los encuestados son jóvenes y adultos jóvenes, con un predominio del grupo entre 21 y 30 años, seguido por menores de 20 años. Esto sugiere que las opiniones reflejadas en el estudio están principalmente influenciadas por personas en etapas activas de su vida, posiblemente más interesadas y afectadas por el alumbrado público. Los grupos de mayor edad son menos numerosos, lo que puede limitar la representación de perspectivas de adultos mayores.

4.2.1.1.2 GÉNERO

Este refleja una mayor participación femenina en la muestra, con 219 encuestadas, frente a 135 hombres y 11 personas que se identificaron con otro género. Esta distribución indica una alta representación de mujeres en el estudio, lo que puede influir en las percepciones y prioridades expresadas respecto al alumbrado público. La inclusión de personas de género diverso también muestra un enfoque inclusivo del instrumento, permitiendo captar una variedad más amplia de opiniones dentro de la comunidad.

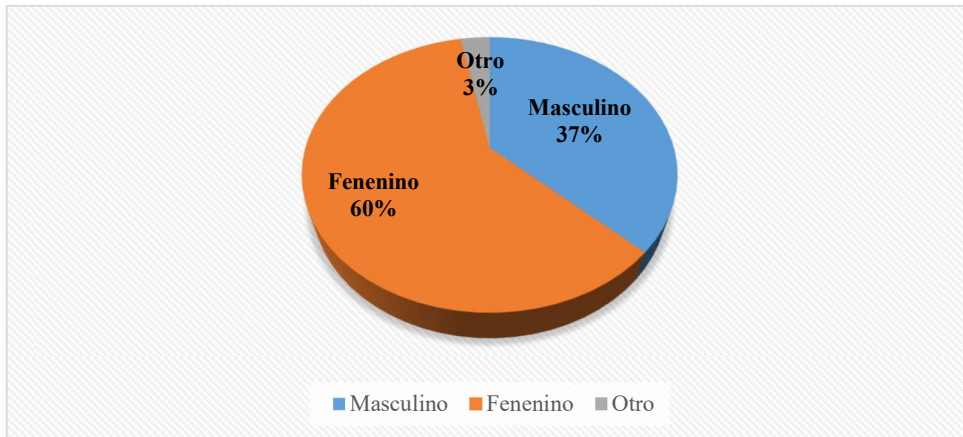


Figura 11: Género de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La distribución por género en la muestra evidencia una participación mayoritaria del género femenino, con un total de 219 encuestadas, lo que representa aproximadamente el 60% del total. En comparación, el género masculino estuvo representado por 135 personas, mientras que 11 participantes se identificaron con otro género. Esta composición indica que las percepciones recogidas en el instrumento PL01 están fuertemente influenciadas por la opinión de mujeres, lo cual puede ser relevante al analizar temas vinculados con la seguridad y la movilidad urbana, donde las mujeres suelen tener experiencias particulares.

La inclusión de una categoría para “otro” género muestra que el instrumento fue diseñado con un enfoque inclusivo, permitiendo visibilizar la diversidad dentro de la población. Aunque esta categoría representa un pequeño porcentaje del total, su presencia es significativa desde el punto de vista de la equidad y la representatividad. En conjunto, estos datos permiten comprender mejor cómo las experiencias y opiniones respecto al alumbrado público pueden variar según el género de los encuestados.

4.2.1.1.3 NIVEL EDUCATIVO

La variable nivel educativo muestra que la mayoría de los encuestados cuenta con educación secundaria (143) y primaria (114), lo que representa más del 70% de la muestra total. En menor proporción se encuentran personas con formación técnica (45) y superior (63), mientras que la categoría “otro” no registró respuestas. Esta distribución indica que las opiniones recogidas

proviene mayoritariamente de personas con niveles educativos básicos e intermedios, lo cual puede influir en la forma en que perciben y valoran el alumbrado público en su comunidad.

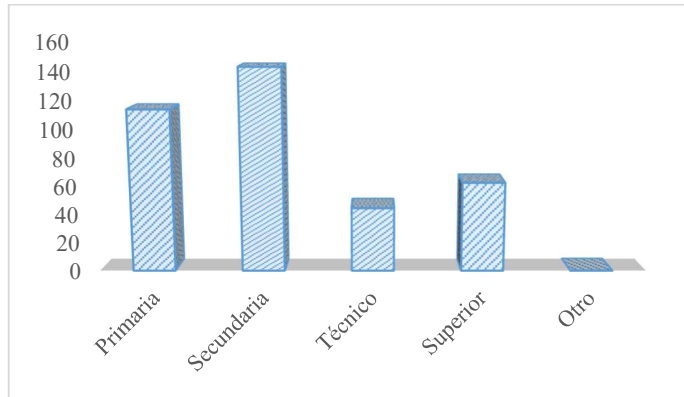


Figura 12: Nivel educativo de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La distribución del nivel educativo de los encuestados evidencia que la mayoría posee estudios en los niveles de primaria (114 personas) y secundaria (143 personas), lo que representa aproximadamente el 70% de la muestra total. Esto indica que gran parte de la población encuestada tiene una formación académica básica o intermedia, lo cual es relevante al momento de analizar la comprensión, percepción y valoración de servicios públicos como el alumbrado. Estos niveles educativos pueden influir en la forma en que se identifican los problemas, se proponen soluciones o se interpreta la información técnica.

En menor proporción, se identifican personas con formación técnica (45) y educación superior (63), lo que representa una parte significativa pero no predominante de la muestra. La ausencia de respuestas en la categoría “otro” sugiere que la mayoría de los encuestados se identifican con los niveles educativos convencionales. Esta diversidad educativa dentro de la muestra permite obtener una visión más amplia y representativa sobre el conocimiento y la opinión ciudadana respecto al alumbrado público, considerando distintos niveles de formación y experiencia académica.

4.2.1.1.4 ESTADO DEL ALUMBRADO PÚBLICO

En relación con la percepción ciudadana sobre el estado del alumbrado público, los resultados muestran una fuerte inclinación hacia opiniones negativas. Del total de 365 personas encuestadas, una mayoría significativa, es decir, 276 individuos, calificaron el servicio como “malo”, lo cual representa aproximadamente el 76% del total. Este dato sugiere una problemática evidente en la infraestructura de iluminación pública en la zona estudiada. Solo una pequeña fracción de los participantes valoró el servicio de manera positiva: 32 lo consideraron “bueno” y 28 “muy bueno”, lo cual suma apenas un 16% de opiniones favorables.

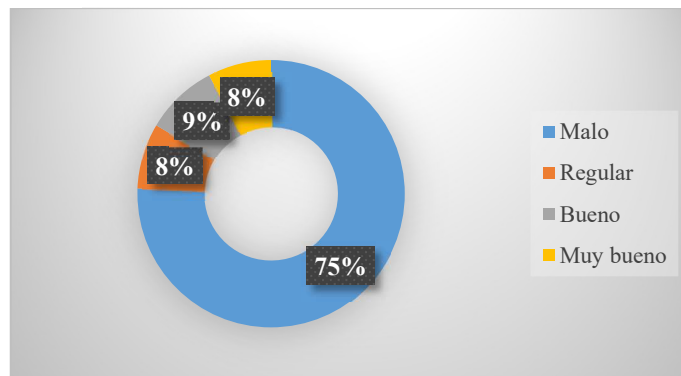


Figura 13: Estado del alumbrado público llenado por los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Por su parte, 29 personas (alrededor del 8%) indicaron que la situación es “regular”, lo que podría interpretarse como una percepción intermedia pero aún insatisfactoria. Esta tendencia indica un alto nivel de descontento que puede estar asociado a fallos en mantenimiento, cobertura o funcionalidad del sistema de alumbrado. La opinión generalizada de los habitantes evidencia la necesidad de intervenciones puntuales por parte de las autoridades locales. Además, estos resultados refuerzan la urgencia de políticas públicas que respondan a las demandas básicas de seguridad y visibilidad nocturna. En definitiva, el mal estado del alumbrado público constituye un tema prioritario que no puede ser ignorado.

4.2.1.1.5 PROBLEMAS PERCIBIDOS DEL ALUMBRADO PÚBLICO

Entre los principales problemas identificados en relación con el alumbrado público, se destaca que 99 personas mencionaron la existencia de zonas completamente oscuras, lo cual representa una de las preocupaciones más críticas. A esta situación se suma que 78 ciudadanos

señalaron la falta total de mantenimiento del sistema, evidenciando una posible negligencia en la gestión del servicio. Asimismo, 76 encuestados indicaron que muchas lámparas están dañadas o no funcionan, lo que acentúa la sensación de inseguridad en horarios nocturnos. Estos resultados permiten ver que el problema no es aislado, sino más bien una combinación de factores estructurales. La suma de estos tres aspectos da cuenta de una falla sistemática tanto en lo técnico como en lo administrativo. En consecuencia, se hace urgente una intervención integral que responda a las múltiples dimensiones del problema.

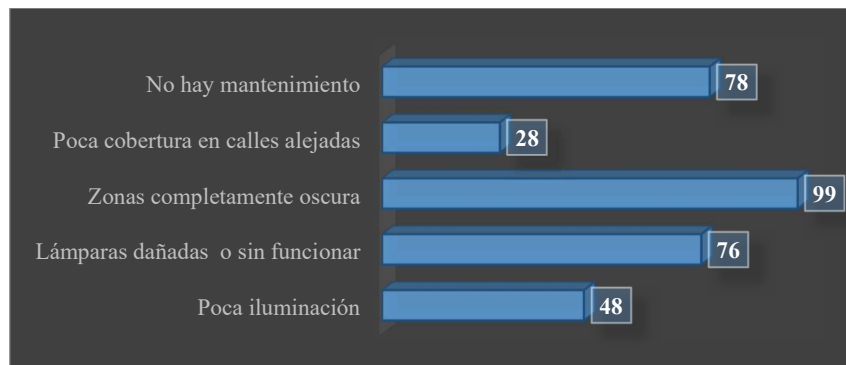


Figura 14: Problemas percibidos del alumbrado público

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Por otro lado, 48 personas mencionaron que la iluminación existente es insuficiente, lo que podría afectar la visibilidad en áreas transitadas. Además, 28 encuestados señalaron que hay poca cobertura en calles alejadas, lo que indica una planificación desigual del sistema de alumbrado. También se registraron 36 respuestas en la categoría “otro”, lo que sugiere la presencia de problemas adicionales que no fueron contemplados en las opciones ofrecidas. Estos datos refuerzan la idea de que las deficiencias en iluminación no solo afectan la funcionalidad urbana, sino también la percepción de seguridad de los habitantes. En general, los resultados apuntan a una necesidad de revisión técnica, cobertura equitativa y mantenimiento constante. Atender estas demandas podría mejorar significativamente la calidad de vida y reducir los riesgos asociados a la oscuridad en espacios públicos.

4.2.1.1.6 FRECUENCIA DE FALTA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Los datos reflejan que la mayoría de los participantes enfrenta fallos en el alumbrado

público con bastante frecuencia: 131 respondieron que ocurre “muy seguido” y 125 dijeron que es “frecuente”. Solo 41 personas indicaron que estos problemas se presentan “muy poco”, lo cual representa una minoría considerable. Además, 68 personas señalaron que los fallos suceden “siempre”, lo que evidencia una situación crítica en algunas zonas. En conjunto, estos resultados muestran un servicio inestable que afecta de forma constante a gran parte de la población.

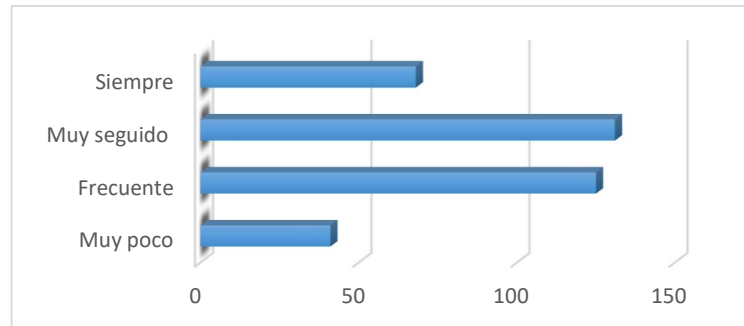


Figura 15: Frecuencia de falta de alumbrado público de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.2.1.1.7 AFECTACIONES POR FALTA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Según los resultados, la principal consecuencia identificada por los encuestados es el aumento de la inseguridad y la delincuencia, con 134 respuestas. También se destaca la dificultad para transitar en la noche, mencionada por 100 personas, lo que refleja preocupación por la movilidad peatonal y vehicular. Otros efectos reportados incluyen riesgos de accidentes (58 respuestas) e incomodidad visual (40), además de 33 personas que señalaron impactos distintos bajo la categoría “otro”. Estos datos reflejan que la falta de iluminación no solo afecta la percepción de seguridad, sino también la calidad de vida diaria.

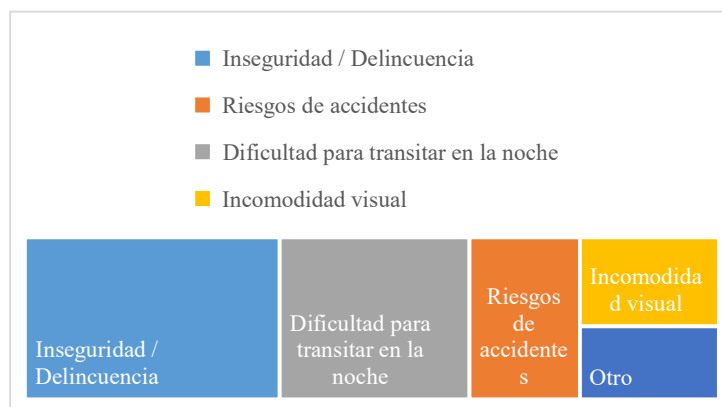


Figura 16: Afectaciones por falta de alumbrado público de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La alta incidencia de respuestas vinculadas a la inseguridad confirma que el alumbrado público no solo cumple una función técnica, sino también social. La oscuridad favorece entornos propicios para actos delictivos y limita la vigilancia comunitaria. Asimismo, la dificultad para circular en la noche refleja un impacto directo en la rutina de los habitantes, afectando su libertad de movimiento. En conjunto, los datos sugieren que mejorar la iluminación urbana podría contribuir significativamente a la prevención del delito y al bienestar general.

4.2.1.1.8 NECESIDAD DE MEJORA DEL SISTEMA ACTUAL

Los resultados muestran una respuesta contundente por parte de la población: 345 personas afirmaron que el sistema de alumbrado público necesita ser mejorado. Esta cifra representa una abrumadora mayoría del total encuestado, lo que revela un consenso casi unánime sobre las deficiencias actuales. Solo 11 personas consideran que no es necesario realizar mejoras, mientras que 9 expresaron incertidumbre al respecto. Este panorama evidencia una fuerte demanda colectiva por intervenciones en la infraestructura urbana.

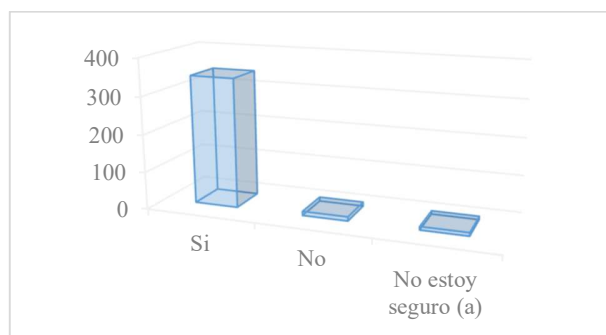


Figura 17: Necesidad de mejora del sistema actual de alumbrado público

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La percepción general parece estar influenciada por experiencias directas con fallos constantes en la iluminación y los efectos negativos que esto genera. La seguridad, la movilidad y el bienestar nocturno son aspectos que probablemente motivan esta postura crítica. El dato también sugiere que existe una disposición ciudadana para respaldar iniciativas de mejora si estas son bien planteadas. En este contexto, las autoridades tienen el reto de responder a una necesidad ampliamente reconocida por la comunidad.

4.2.1.1.9 CONOCIMIENTOS SOBRE PANELES SOLARES

La mayoría de los encuestados, con un total de 355 personas, afirmaron conocer el uso de paneles solares para alumbrado público, lo que indica un alto nivel de familiaridad con esta tecnología. Esto refleja una creciente conciencia sobre las energías renovables y su aplicación en servicios públicos, como el alumbrado en las calles, que busca mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

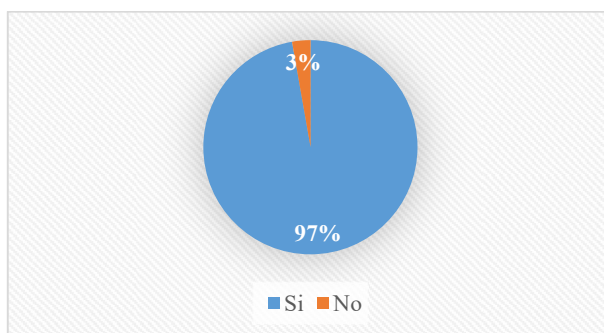


Figura 18: Conocimientos de alumbrado público de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Por otro lado, un pequeño grupo de 10 personas no estaba familiarizado con esta tecnología, lo que sugiere que aún existe un segmento de la población que requiere mayor información y educación sobre las ventajas y el funcionamiento de los paneles solares en el alumbrado público. Promover campañas informativas podría ayudar a ampliar el conocimiento y aceptación de esta alternativa sostenible.

4.2.1.1.10 ACEPTACIÓN DE LÁMPARAS SOLARES

La gran mayoría de los encuestados, con un total de 363 personas, mostró su apoyo a la implementación de lámparas solares en Cantarranas, lo que refleja una actitud favorable hacia el uso de tecnologías sostenibles para mejorar el alumbrado público. Este respaldo indica que la comunidad valora las soluciones ecológicas que pueden contribuir a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y a la reducción de costos energéticos.

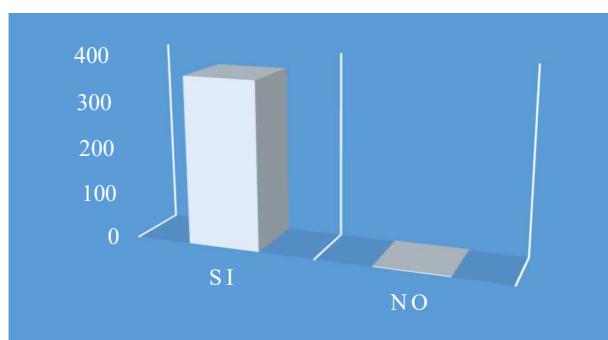


Figura 19: Aceptación de lámparas solares de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En contraste, solo 2 personas expresaron su desacuerdo con la instalación de lámparas solares, lo que representa un porcentaje muy pequeño de la población encuestada. Este dato sugiere que, aunque la mayoría está convencida de los beneficios, es importante considerar y atender las posibles preocupaciones de quienes no están de acuerdo, para lograr una implementación exitosa y con aceptación generalizada.

4.2.1.1.11 IMPORTANCIA DE MODERNIZAR EL SISTEMA

La mayoría de los encuestados, con 335 personas, calificaron su nivel de conocimiento o aceptación como alto, lo que indica un fuerte interés y familiaridad con el tema en cuestión. Este resultado sugiere que gran parte de la población tiene una percepción positiva y un buen entendimiento sobre el uso de tecnologías o proyectos relacionados, facilitando así su posible adopción.

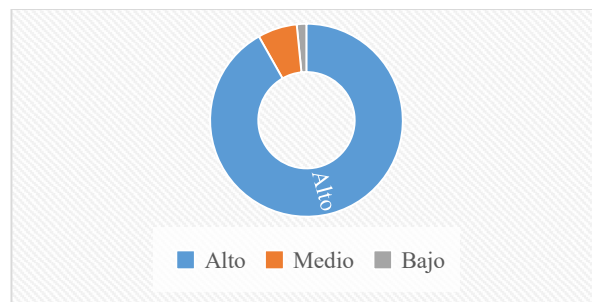


Figura 20: Importancia de modernización del sistema

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Por otro lado, 24 personas manifestaron un nivel medio, mostrando cierto conocimiento, pero con espacio para mayor información o confianza. Finalmente, 6 personas se ubicaron en el nivel bajo, lo que señala la necesidad de fortalecer la comunicación y educación para incluir a este pequeño grupo y aumentar su participación y aceptación.

4.2.1.1.12 DISPOSICIÓN A CONTRIBUIR ECONÓMICAMENTE

La mayoría de los encuestados, con 331 personas, manifestó estar dispuesta a pagar una pequeña tasa adicional para mantener un sistema de alumbrado público moderno, lo que refleja una disposición favorable hacia la inversión en mejoras que aseguren un servicio eficiente y continuo, sin problemas de apagones. Este resultado demuestra que la comunidad valora la calidad y estabilidad del alumbrado público y está dispuesta a contribuir económicamente para lograrlo.

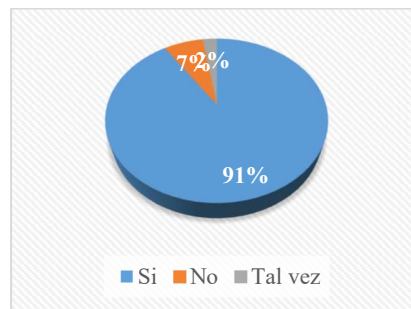


Figura 21: Disposición a contribuir económicamente de los participantes de la encuesta

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Por otro lado, 25 personas expresaron su rechazo a pagar esta tasa adicional, y 9 se mostraron indecisas, lo que indica que existe un pequeño sector que aún tiene dudas o preocupaciones respecto al costo o los beneficios de esta medida. Para aumentar la aceptación, sería importante informar con claridad sobre el uso de los recursos y los beneficios concretos que traerá el sistema moderno.

4.2.2 RESULTADOS CUANTITATIVOS

Esta sección presenta los resultados derivados de los cuestionarios aplicados a la población urbana. Los datos estadísticos permiten identificar tendencias, niveles de satisfacción, conocimiento sobre energía solar y apertura al cambio, proporcionando evidencia útil para fundamentar el diseño técnico del proyecto propuesto.

Los resultados de la encuesta evidencian patrones cuantitativos claramente definidos en relación con las percepciones, conocimientos y disposición ciudadana respecto al sistema de

alumbrado público. El desglose por edades muestra una fuerte participación de personas en etapas productivas, con un 30.4% del total correspondiente al grupo de 21 a 30 años. Esta predominancia generacional sugiere que la información obtenida proviene, en su mayoría, de individuos en una etapa activa de vida, lo que puede traducirse en una valoración más directa y crítica del estado del alumbrado por su frecuente uso de los espacios públicos en horarios nocturnos.

En cuanto al género, se observa una representación femenina del 59.9%, superior al promedio esperado en estudios poblacionales de este tipo. Este sesgo hacia la participación femenina puede influir en una mayor sensibilidad ante temas como seguridad y movilidad, donde las mujeres suelen estar más expuestas a situaciones de riesgo en condiciones de poca visibilidad. La inclusión de 11 personas no binarias o de género diverso representa un 3% de la muestra, incorporando un enfoque de equidad poco frecuente en diagnósticos comunitarios de infraestructura pública.

Desde el punto de vista educativo, el 70.4% de los encuestados posee estudios de nivel básico (primaria y secundaria), lo cual influye en la manera en que se procesan y comprenden los conceptos técnicos relacionados con la eficiencia energética o la sostenibilidad. A pesar de esto, se evidencia una alta comprensión del problema: el 76% califica negativamente el estado actual del alumbrado, y un 94.5% expresa necesidad de mejorarlo, lo que apunta a una percepción uniforme de deterioro e insuficiencia del servicio.

Sobre los problemas específicos percibidos, el 27.1% destaca la existencia de zonas sin iluminación como principal inconveniente, mientras que el 21.3% menciona lámparas dañadas o inoperantes, y un 20.9% la ausencia total de mantenimiento. Esta distribución sugiere que las deficiencias no son puntuales sino sistemáticas, abarcando tanto aspectos técnicos como administrativos del sistema. Además, el 37.1% reporta que la falta de alumbrado ocurre "muy seguido", y otro 34.2% señala que es "frecuente", consolidando una experiencia compartida de inestabilidad y fallos recurrentes.

En términos de impacto, el 36.7% de los participantes asocia la falta de iluminación con un incremento en inseguridad y delitos, seguido de un 27.4% que experimenta dificultad al transitar en horas nocturnas. Estas cifras evidencian que el alumbrado público es percibido no solo como un servicio técnico, sino como un componente esencial de la seguridad ciudadana.

Finalmente, los indicadores relacionados con innovación tecnológica revelan una alta

aceptación: el 97.3% está a favor de implementar lámparas solares, y un 90.7% aceptaría pagar una tasa mínima adicional para su mantenimiento. Este hallazgo es crucial, ya que vincula la percepción de modernización con una disposición económica concreta, lo cual refuerza la viabilidad social del cambio propuesto. Además, el 88.4% calificó su nivel de conocimiento sobre tecnologías solares como alto, demostrando que la población no solo está informada, sino que también muestra voluntad para adoptar nuevas soluciones energéticas.

4.2.3 ANÁLISIS CUALITATIVO

El análisis cualitativo profundiza en las percepciones ciudadanas recogidas mediante entrevistas. A través de testimonios clave, se exploran opiniones, expectativas y preocupaciones vinculadas con el sistema actual de alumbrado público y el potencial impacto del uso de energía solar en la comunidad.

El análisis cualitativo desarrollado en esta investigación permitió identificar percepciones, valoraciones y actitudes de los actores clave del municipio de Cantarranas frente a la posibilidad de implementar un sistema de cogeneración fotovoltaica en su red de alumbrado público. A través de entrevistas semiestructuradas, observación directa y análisis documental, se construyeron categorías emergentes que dan cuenta de la aceptación y expectativas de la comunidad respecto al proyecto. Este hallazgo inicial indica que el debate sobre el alumbrado público no es únicamente técnico, sino que está vinculado a la identidad comunitaria y a la expectativa de modernización del municipio. La amplia participación y el aporte de diferentes actores sugieren que el proyecto tiene un alto potencial de generar cohesión social si se comunica y gestiona de forma inclusiva.

Una de las primeras categorías identificadas fue la percepción de inseguridad nocturna, asociada directamente a la deficiencia del sistema de iluminación pública existente. Diversos informantes señalaron que la oscuridad limita la movilidad, desalienta las actividades nocturnas y compromete tanto la seguridad como la calidad de vida urbana. En este sentido, la mejora del alumbrado fue valorada como una intervención urgente y necesaria. Esta percepción revela que la falta de iluminación no es solo un problema funcional, sino un factor que restringe el desarrollo económico y social del municipio, afectando desde la actividad turística nocturna hasta la interacción comunitaria. La urgencia expresada por los participantes refuerza la necesidad de priorizar este proyecto en la agenda municipal.

En relación con la aceptación social de la propuesta, se evidenció un respaldo mayoritario por parte de los participantes, quienes calificaron el proyecto como una iniciativa “innovadora”, “necesaria” y “beneficiosa para el pueblo”. Las personas expresaron que la implementación de paneles solares representa no solo una modernización tecnológica, sino también una acción coherente con las necesidades locales de ahorro energético y sostenibilidad ambiental. Esta apreciación positiva refuerza la viabilidad social de la propuesta. El consenso positivo hallado sugiere que la implementación del sistema tendría un bajo nivel de resistencia social y un alto grado de legitimidad comunitaria. Esto es relevante porque la aceptación ciudadana puede acelerar los procesos de aprobación y facilitar la colaboración en la etapa de implementación.

Adicionalmente, surgió una preocupación transversal en torno a la capacidad institucional para gestionar y mantener el sistema. Algunos actores subrayaron la importancia de capacitar al personal técnico de la municipalidad y establecer un modelo de operación sostenible que garantice la durabilidad del proyecto. Este aspecto refleja la conciencia local sobre la necesidad de acompañar la innovación con procesos de fortalecimiento institucional. Esta preocupación apunta a que la sostenibilidad del proyecto no depende únicamente de la inversión inicial, sino también de la creación de capacidades técnicas permanentes. Si no se implementan programas de formación y mantenimiento, existe el riesgo de que el sistema pierda eficiencia en el mediano plazo, lo que afectaría su credibilidad y los beneficios esperados.



Figura 22: Nube de palabras del análisis cualitativo

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Una categoría particularmente estratégica fue la articulación entre energía renovable y desarrollo turístico. Los participantes reconocieron que un sistema eficiente de iluminación,

especialmente en zonas de alta circulación turística como los murales, podría extender la actividad nocturna, aumentar el tiempo de permanencia de los visitantes y dinamizar la economía local.

En conjunto, el análisis cualitativo demuestra que la comunidad no solo comprende la importancia del proyecto, sino que lo valora positivamente como una propuesta integral de mejora urbana. La narrativa social recogida durante el estudio valida la coherencia entre la intervención técnica propuesta y las aspiraciones de la ciudadanía, lo que fortalece la legitimidad, pertinencia y potencial de implementación del sistema de cogeneración fotovoltaica en Cantarranas. Este vínculo entre iluminación y turismo revela que el proyecto no solo resolvería una necesidad de infraestructura, sino que también podría convertirse en un catalizador económico. La iluminación estratégica en zonas turísticas podría generar un retorno indirecto de la inversión mediante el aumento del consumo local y la atracción de eventos culturales nocturnos.

En términos de viabilidad, estos hallazgos confirman que el proyecto cuenta con un terreno social favorable, siempre que se acompañe de estrategias de fortalecimiento institucional y comunicación comunitaria. La alineación entre las expectativas ciudadanas y los objetivos técnicos incrementa las probabilidades de éxito a largo plazo.

4.3 ANÁLISIS INFERENCIAL Y MODELOS APLICADOS

Se incorporan herramientas analíticas avanzadas para estimar los beneficios operativos, financieros y ambientales del sistema propuesto. Los modelos utilizados permiten sustentar la viabilidad del proyecto con base en datos reales y simulaciones específicas para el contexto local.

Al examinar los datos recolectados se aplicaron métodos de inferencia estadística para comprender mejor las relaciones subyacentes entre las variables sociodemográficas y las percepciones ciudadanas sobre el alumbrado público. Por ejemplo, se empleó la prueba de independencia de chi-cuadrado para verificar si existía una conexión significativa entre el nivel educativo y el conocimiento de tecnologías como los paneles solares. Los resultados mostraron indicios de que quienes poseen educación media o superior tienden a estar más familiarizados con alternativas sostenibles, lo cual sugiere que el grado académico puede influir en la apertura hacia propuestas innovadoras. Esta relación no solo se manifiesta en el conocimiento técnico, sino también en la disposición a aceptar sistemas modernos, como las lámparas solares.

En un segundo momento, se utilizó un modelo de regresión logística para explorar las probabilidades de que una persona acepte pagar una tasa adicional destinada a mejorar el alumbrado. Este análisis permitió observar que factores como la percepción negativa del servicio actual y la aceptación previa de lámparas solares incrementan notablemente la probabilidad de estar dispuesto a colaborar económicamente. La regresión indicó que cuanto peor se evalúa el sistema actual, mayor es la motivación para invertir en uno nuevo. Esto refleja un sentido de corresponsabilidad entre la ciudadanía, especialmente cuando se tiene la expectativa de que los beneficios compensarán el gasto. Además, se comprobó que el apoyo a medidas sostenibles está directamente relacionado con la percepción de seguridad y bienestar colectivo.

Finalmente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para examinar si las edades influyen en la forma en que se experimentan los efectos de la falta de alumbrado. Los resultados indicaron que los jóvenes tienden a sentirse más vulnerables frente a la delincuencia en entornos poco iluminados, mientras que las personas de mayor edad manifestaron preocupaciones relacionadas con el riesgo de caídas y obstáculos en la vía pública. Estos hallazgos permiten comprender que el problema no afecta a todos por igual, y que cada grupo etario prioriza distintas necesidades. Así, se refuerza la idea de que las políticas públicas deben adaptarse a las realidades específicas de cada segmento poblacional, incorporando soluciones pensadas desde la experiencia cotidiana de quienes viven en los barrios.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo presenta las conclusiones derivadas del análisis e interpretación de los datos obtenidos a través de los instrumentos aplicados durante la investigación, específicamente las encuestas realizadas a los habitantes del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán. Las conclusiones reflejan el grado de viabilidad técnica, económica, ambiental y social de implementar un sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública.

Asimismo, se formulan recomendaciones estratégicas orientadas a facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades municipales y otros actores involucrados. Estas sugerencias están enfocadas en maximizar el aprovechamiento de los recursos solares disponibles, garantizar la sostenibilidad del proyecto en el tiempo y fomentar la participación ciudadana, con el objetivo de contribuir al desarrollo urbano sostenible, eficiente y seguro del municipio.

5.1 CONCLUSIONES

1. La viabilidad es positiva en las tres dimensiones. Desde el enfoque técnico, el estudio demuestra que la radiación solar en Cantarranas es suficiente para garantizar el rendimiento óptimo del sistema fotovoltaico, y se identificaron tecnologías compatibles como paneles monocristalinos y sistemas de almacenamiento con baterías de ion-litio. En cuanto a la viabilidad económica, el análisis del flujo de caja, TIR y VAN indicó retornos aceptables de inversión a mediano plazo, reducción de costos operativos y menor dependencia de la red convencional. Desde la perspectiva ambiental, el proyecto permite reducir significativamente las emisiones de CO₂, promoviendo un modelo de desarrollo urbano más sostenible y alineado con políticas nacionales e internacionales de energía limpia
2. El rendimiento energético proyectado es altamente eficiente gracias a la elevada radiación solar promedio en la zona (más de 5 kWh/m²/día). Se utilizaron herramientas como PVGIS y RETScreen para simular el comportamiento energético del sistema. La eficiencia se maximiza al integrar luminarias LED de bajo consumo y sistemas de almacenamiento que aseguran un suministro constante.
3. El impacto económico es favorable a largo plazo. Aunque la inversión inicial es significativa, los costos operativos se reducen drásticamente, ya que la energía solar no tiene costo de suministro continuo. El análisis financiero mostró que el Valor Actual Neto (VAN) es positivo y la Tasa Interna de Retorno (TIR) supera el mínimo esperado para proyectos municipales. Además, la disminución en costos de mantenimiento, al utilizar tecnología más duradera (como paneles solares y luminarias LED), genera ahorros sostenidos en el tiempo
4. Los resultados de encuestas y entrevistas reflejan que la comunidad percibe una mejora directa en la seguridad y calidad de vida con un sistema de alumbrado eficiente. Las

zonas oscuras son actualmente asociadas a inseguridad, riesgos de accidentes y disminución del turismo nocturno.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Implementar un sistema de alumbrado público solar de forma gradual y estratégica, iniciando en las áreas identificadas como de mayor afectación e inseguridad según el análisis cualitativo y cuantitativo. Esto permitirá atender de manera prioritaria las necesidades más urgentes, generar resultados visibles en el corto plazo y fomentar la confianza comunitaria hacia el proyecto.
2. Diseñar e implementar una estrategia integral de gestión social y educativa que, a partir de los hallazgos sobre alta aceptación y expectativas ciudadanas, fortalezca el sentido de pertenencia y el uso responsable del sistema. Esta estrategia debe incluir campañas de sensibilización, formación de líderes comunitarios y actividades participativas para garantizar que la comunidad se convierta en aliada activa del mantenimiento y cuidado del alumbrado solar.
3. Establecer un modelo de gobernanza energética municipal con enfoque en sostenibilidad, que responda a la preocupación detectada sobre la capacidad técnica para operar el sistema. Este modelo debe contemplar planes de mantenimiento preventivo, capacitación continua del personal y protocolos de gestión del cambio para asegurar que la infraestructura se mantenga operativa y eficiente a largo plazo.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

La aplicabilidad del proyecto propuesto se enfoca en traducir los hallazgos de la investigación en una solución concreta, viable y replicable para el municipio de Cantarranas. La propuesta plantea la implementación de un sistema de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos en la red de alumbrado público, considerando no solo los aspectos técnicos, sino también el contexto económico, social y ambiental de la comunidad.

6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA

“Diseño e Implementación de un sistema de generación fotovoltaica interconectado para la optimización energética de la red de alumbrado público en Cantarranas”

6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La presente propuesta surge como respuesta a la creciente demanda energética, el alto costo de la factura eléctrica y la necesidad de soluciones sostenibles en Cantarranas. La instalación de sistemas fotovoltaicos domiciliarios representa una alternativa técnica y financieramente viable, como lo demuestra el estudio previo. Se justifica además por su contribución a la mitigación del cambio climático, su capacidad de reducir la dependencia de la red nacional y la posibilidad de fomentar una cultura energética responsable en el ámbito residencial.

6.3 OBJETIVOS

En el presente apartado se describen los objetivos claves de esta propuesta.

6.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico interconectado para optimizar el consumo energético del alumbrado público en Cantarranas, reduciendo costos y promoviendo el uso de energía renovable.

6.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el perfil de consumo energético de la red de alumbrado público en

Cantarranas.

- Diseñar técnicamente un sistema de generación fotovoltaica interconectado que se ajuste a la demanda de energía identificada.
- Proponer una estrategia de implementación por etapas, priorizando zonas de mayor impacto energético.
- Diseñar un plan básico de operación y mantenimiento que facilite la sostenibilidad técnica del sistema.

6.4 PLAN DE GESTIÓN DEL ALCANCE

En el presente apartado se definirá el alcance del proyecto, estableciendo con claridad qué actividades y entregables forman parte del mismo, así como aquellas que quedan expresamente fuera. Esta delimitación es esencial para asegurar que el desarrollo del proyecto se mantenga alineado con sus objetivos, optimizando el uso de los recursos disponibles y evitando desviaciones innecesarias.

6.4.1 ALCANCE DEL PROYECTO

- Recolección y análisis de datos de consumo energético del alumbrado público.
- Estudio del recurso solar disponible en la zona.
- Diseño técnico del sistema fotovoltaico interconectado.
- Elaboración de planos y especificaciones para instalación.
- Gestión y supervisión de la instalación física del sistema.
- Pruebas y puesta en marcha del sistema interconectado.
- Capacitación para operación y mantenimiento.
- Elaboración de un plan de mantenimiento y seguimiento post-instalación.

6.4.2 HITOS DEL PROYECTO

Este apartado describe los hitos clave que marcan el progreso y control del proyecto, incluyendo la ejecución práctica del sistema, lo que permite un seguimiento ordenado desde el

diseño hasta la puesta en marcha y capacitación.

Hito 1: Recolección y análisis de datos de consumo y recursos solares.

Hito 2: Diseño técnico y dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Hito 3: Elaboración de planos y especificaciones para instalación.

Hito 4: Adquisición de materiales y equipos.

Hito 5: Ejecución y supervisión de la instalación física.

Hito 6: Pruebas funcionales y puesta en marcha del sistema.

Hito 7: Capacitación a personal para operación y mantenimiento.

Hito 8: Entrega formal y cierre del proyecto.

6.4.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ALCANCE

Los criterios de aceptación establecen las condiciones para que cada entregable y fase sean consideradas satisfactorias, incluyendo la correcta instalación y operación del sistema fotovoltaico según los estándares técnicos y normativos aplicables.

- Entregables que cumplen con las especificaciones técnicas definidas.
- Instalación física realizada conforme a los planos y normas vigentes.
- Sistema probado y funcionando correctamente.
- Capacitación entregada al personal responsable.
- Documentación completa y aprobada por los interesados.

6.4.4 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT / WBS)

La EDT estructura el proyecto en componentes claros y manejables que abarcan desde la planificación, diseño, instalación hasta la puesta en marcha y entrega final, facilitando el control y asignación de responsabilidades.

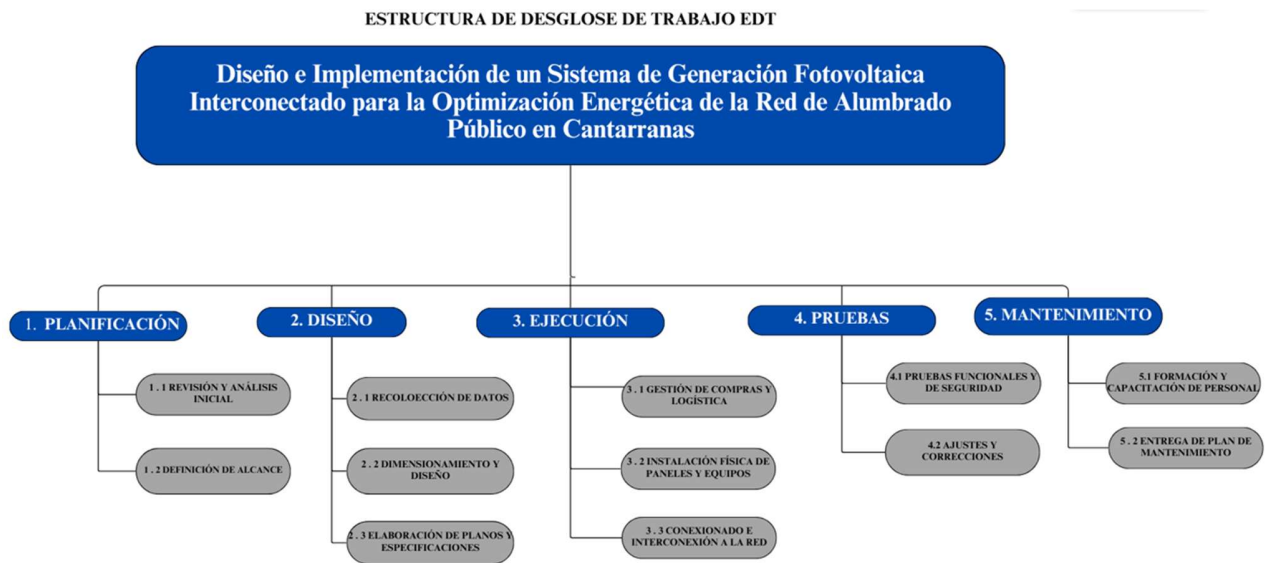


Figura 23: Esquema de la EDT / WBS (Estructura de desglose de trabajo)

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.5 DICCIONARIO DE EDT

Este diccionario proporciona una descripción detallada de cada componente de la EDT para el proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado para el alumbrado público en Cantarranas. Incluye el ID de cada paquete de trabajo, su nombre, descripción, entregables esperados y responsable.

Tabla 5: Diccionario de la EDT/ WBS

ID	Nombre del Paquete de Trabajo	Descripción del Trabajo	Entregables Principales	Responsable
1	Proyecto Fotovoltaico Cantarranas	Proyecto completo de diseño e implementación del sistema fotovoltaico para alumbrado público en el casco urbano de Cantarranas	Sistema operativo, informe técnico final	Dirección del Proyecto
1.1	Fase de Diseño Técnico	Actividades orientadas a la elaboración del diseño eléctrico, estructural, presupuestario y logístico del sistema	Planos, memorias de cálculo, presupuesto	Equipo de diseño / Investigadores
1.1.1	Diagnóstico Energético	Recolección de datos sobre consumo actual, deficiencias del sistema existente y condiciones solares	Informe diagnóstico	Unidad Técnica Municipal
1.1.2	Estudio de Radiación Solar	Cálculo del potencial solar disponible en el área mediante software o datos meteorológicos	Informe de análisis solar	Consultor Solar
1.1.3	Dimensionamiento del Sistema	Cálculo de la cantidad de paneles, baterías, luminarias y estructuras necesarias	Memoria de cálculo, hoja técnica de dimensionamiento	Ingeniero eléctrico
1.1.4	Elaboración de Planos y Especificaciones	Desarrollo de planos eléctricos, esquemas de instalación y especificaciones técnicas de equipos	Planos en formato digital, listado de materiales	Dibujante técnico / ingeniero
1.1.5	Presupuesto y Cronograma	Estimación de costos y tiempos de ejecución mediante herramientas de gestión	Presupuesto detallado y cronograma (Excel/MS Project)	Ingeniero de costos / Planner
1.2	Fase de Ejecución	Actividades relacionadas con la instalación física del sistema, desde obra civil hasta conexión eléctrica	Sistema funcional instalado	Contratista principal
1.2.1	Obras Preliminares	Trazado, limpieza del sitio, replanteo de ubicación de postes y logística	Áreas preparadas para instalación	Supervisor de obra
1.2.2	Cimentaciones	Excavación, armado y vaciado de bases de concreto para postes	Cimentaciones listas y fraguadas	Equipo de obra civil
1.2.3	Montaje de Postes	Colocación y nivelación de postes metálicos o galvanizados	Postes instalados	Instaladores
1.2.4	Instalación de Luminarias y Paneles	Montaje de luminarias LED y paneles solares en cada unidad	Conjunto panel+luminaria funcional	Electricistas / técnicos solares
1.2.5	Cableado y Conexiones	Tendido de cableado, conexión a baterías y sistemas de control e interconexión con la red si aplica	Sistema cableado y energizado	Electricista certificado
1.2.6	Instalación de Controladores / Inversores	Colocación de inversores, cajas de control y protecciones eléctricas	Controladores instalados con pruebas	Ingeniero eléctrico
1.3	Fase de Puesta en Marcha	Actividades finales para validar funcionamiento, capacitar al personal y formalizar cierre del proyecto	Informe de pruebas, acta de entrega, manual de operación	Dirección del Proyecto
1.3.1	Pruebas de Funcionamiento	Verificación del desempeño del sistema y ajustes finales	Informe de pruebas y checklist	Técnico supervisor
1.3.2	Capacitación Técnica	Capacitación al personal de la municipalidad para operación y mantenimiento	Manual de usuario, lista de asistencia	Formador técnico
1.3.3	Entrega y Documentación Final	Revisión de obra, acta de entrega, planos finales y entrega de documentación	Acta de recepción, planos as-built, informe final	Coordinador técnico

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.6 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

Establecer las actividades, responsables y plazos requeridos para implementar el sistema de alumbrado público solar en una longitud de 4.15 km del casco urbano de Cantarranas, garantizando eficiencia, seguridad y control de tiempos.

6.4.6.1 SUPUESTOS DEL CRONOGRAMA

- Trabajo en fases por tramos de 500 m.
- Un equipo técnico puede instalar hasta 5 postes por día.
- Jornadas de trabajo de lunes a viernes, 8 horas/día.
- No se consideran lluvias ni fallas de suministro como restricciones graves

Tabla 6: Supuestos del cronograma

Nº	Actividad	Duración (días)	Responsable
1	Análisis de perfiles y estudio de radiación	6	Departamento de diseño
2	Selección de tecnología, Cálculo de diseño, elaboración de planos y presupuesto	13	Departamento de diseño
3	Estudio de sitio y replanteo	5	Unidad Técnica Municipal
4	Compra y logística de materiales	10	Proveedor / Alcaldía
5	Transporte de postes y luminarias	5	Proveedor / Transporte
6	Excavación y base para postes	6	Cuadrilla civil
7	Instalación de postes y luminarias (28 tramos de 5 postes)	15	Electricista / técnico solar
8	Pruebas y ajustes	2	Técnico y supervisión
9	Inspección final y entrega técnica	2	Alcaldía + Veeduría
10	Capacitación de personal municipal	7	Proveedor
11	Documentación técnica final	2	Unidad de Proyectos
Total estimado del proyecto		52 días	

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.6.2 DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El desarrollo del cronograma para la ejecución del sistema de alumbrado público solar en Cantarranas responde a una planificación técnica que considera tanto la complejidad operativa como las condiciones logísticas del municipio. La intervención abarca un tramo de más de cuatro

kilómetros, en el cual se instalarán 141 luminarias distribuidas estratégicamente, respetando criterios de eficiencia luminosa y cobertura.

Las actividades fueron ordenadas de forma secuencial, comenzando con el levantamiento del sitio y continuando con la adquisición de materiales, el traslado, la instalación física y las pruebas finales. Este proceso se ha diseñado para ejecutarse en un plazo de 59 días hábiles, con el propósito de garantizar una implementación ordenada, con márgenes adecuados para la supervisión técnica y la entrega formal a las autoridades municipales. La estructura temporal del proyecto asegura que cada fase reciba la atención y los recursos necesarios, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos del plan sin comprometer la calidad de la obra.



Figura 24: Plano de distribución de lámparas solares en casco urbano de Cantarranas

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.6.3 CRONOGRAMA MS PROJECT

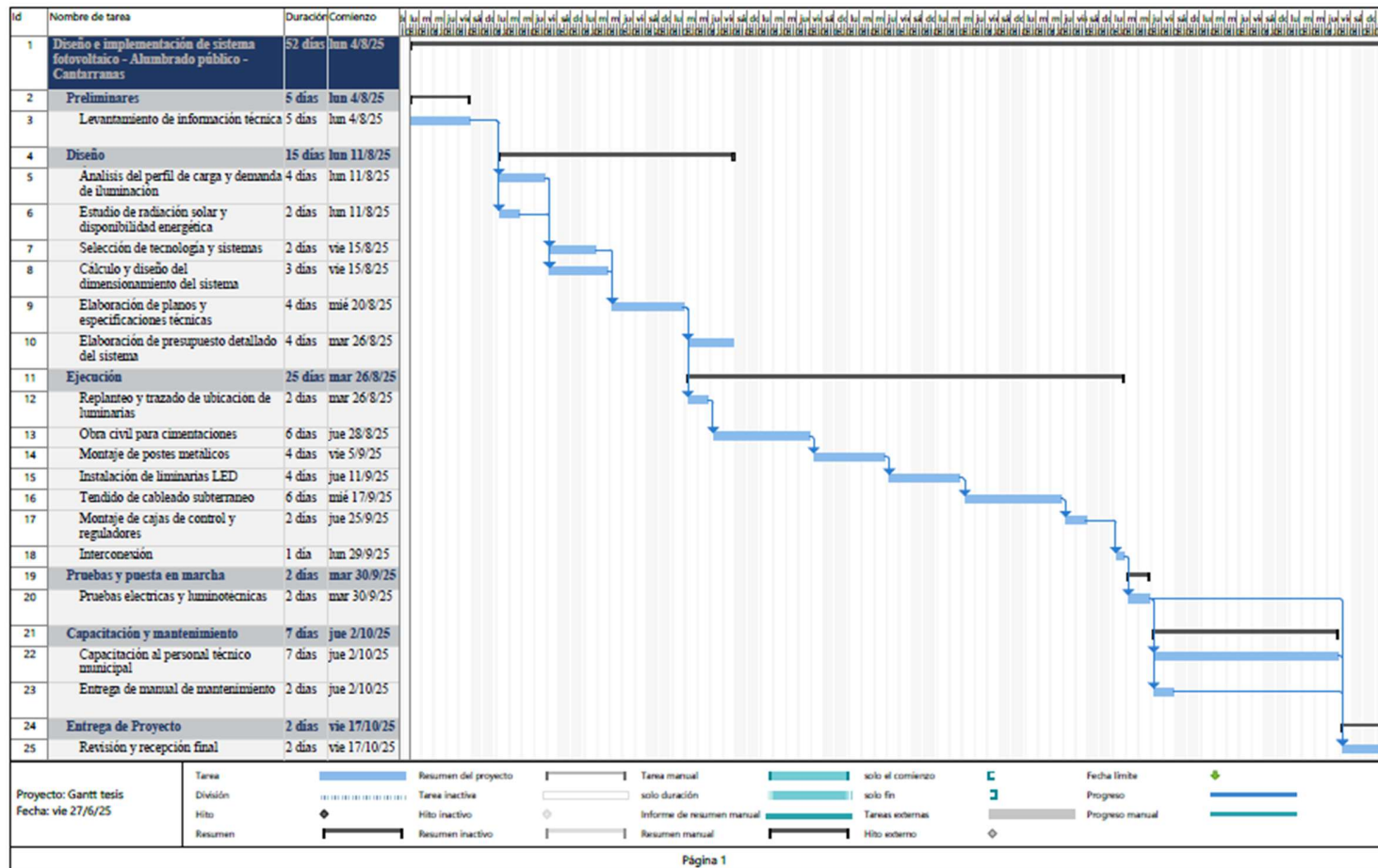


Figura 25: Cronograma de actividades del proyecto MS Project

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.6.4 DIAGRAMA DE RUTA CRÍTICA

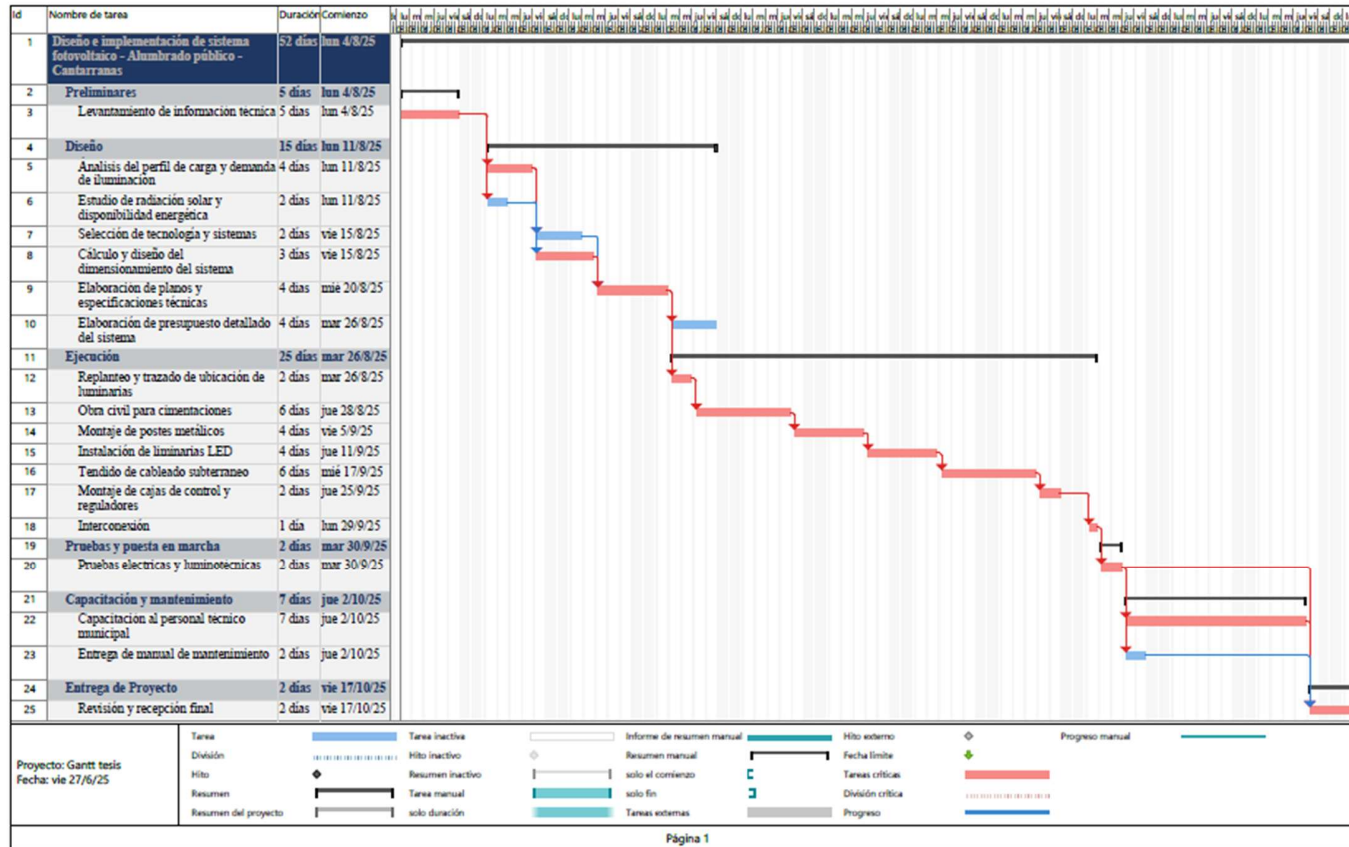


Figura 26: Diagrama de ruta crítica de actividades del proyecto MS Project

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.6.5 INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Para asegurar la correcta ejecución de cada fase del proyecto de alumbrado público, se han definido mecanismos de seguimiento que permitirán monitorear los avances de manera clara y oportuna. Uno de los principales instrumentos será el registro diario de obra, en el cual el encargado técnico documentará el número de postes instalados, observaciones relevantes del día y cualquier contratiempo operativo. Este informe se complementará con evidencia fotográfica georreferenciada, capturada en cada tramo intervenido, lo cual facilitará tanto la verificación de avances como la validación del trabajo realizado.

Además, se implementarán cortes semanales de seguimiento, en los que se comparará el avance real con lo previsto en el cronograma. Para ello, se utilizará una plantilla de control que refleje en forma porcentual el cumplimiento acumulado. También se programarán reuniones de coordinación cada viernes entre los responsables del proyecto, donde se analizarán indicadores clave como el rendimiento diario del equipo, la tasa de instalación por semana y la frecuencia de interrupciones técnicas.

Finalmente, se prevé el uso de listas de chequeo por actividad crítica, especialmente para la instalación y prueba de luminarias, lo que permitirá anticipar errores, validar procedimientos y reducir retrabajos. Todos estos instrumentos han sido seleccionados para ofrecer una visión práctica del proceso, adaptada a la capacidad operativa local y orientada a mantener el control sin burocracia innecesaria.

Tabla 7: Instrumentos de seguimiento y control

Instrumento	Frecuencia de uso	Responsable	Propósito principal	Observaciones
Registro diario de obra	Diario	Técnico de campo	Documentar avances diarios, incidentes, clima, observaciones	Incluye evidencia fotográfica y ubicación GPS.
Plantilla de avance semanal	Semanal	Supervisor de ejecución	Comparar avance físico real con cronograma previsto.	Se presenta cada viernes en reunión de seguimiento.
Lista de chequeo por actividad	Antes y después	Equipo técnico	Validar calidad en instalación y conexión de luminarias.	Se usa por cada grupo de 10 postes instalados.
Reunión de seguimiento	Semanal	Alcaldía, contratista, veeduría	Evaluar cumplimiento, tomar decisiones correctivas.	Puede realizarse de forma presencial o virtual.
Informe de hitos de ejecución	Al completar fases	Unidad de Proyectos / Supervisor	Reportar finalización de tramos clave del proyecto.	Requiere verificación conjunta (técnico + supervisor).
Indicadores clave de rendimiento (KPI)	Semanal	Encargado del proyecto	Medir eficiencia (postes/semana, tiempos, problemas)	Se registra en hoja de cálculo para consolidación mensual.

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.7 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

El presente plan tiene como objetivo establecer las directrices y procedimientos necesarios para garantizar que cada etapa del proyecto de alumbrado público solar en Cantarranas se desarrolle cumpliendo con los estándares técnicos y funcionales requeridos. Se busca asegurar que los materiales, la instalación y la operación final de las luminarias cumplan con criterios de durabilidad, eficiencia energética y seguridad, en beneficio directo de la comunidad.

Los parámetros que guían la calidad del proyecto se fundamentan en:

- ❖ Cumplimiento con normativas internacionales de alumbrado público (como EN 13201 o IESNA RP-8).
- ❖ Uso de luminarias LED solares de 100 W con certificación CE o equivalente.
- ❖ Instalación sobre postes metálicos galvanizados de 8 metros con base firme de concreto armado.
- ❖ Correcto funcionamiento de sensores de encendido automático y baterías con

autonomía mínima de tres noches sin recarga solar.

- ❖ Distribución de luminarias respetando la separación técnica recomendada (25–30 metros), con cobertura uniforme y sin zonas oscuras.

6.4.7.1 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE CALIDAD

Para que el proyecto se considere concluido satisfactoriamente:

- El 100 % de las luminarias deben encenderse automáticamente al anochecer (Puesta del Sol).
- Todas las luminarias deben estar correctamente instaladas, sin inclinaciones que perjudique el ángulo de recepción solar ni cableado expuesto.
- Los postes deben estar alineados, firmemente anclados y sin movimiento (A plomo).
- Las pruebas de autonomía deben evidenciar funcionamiento mínimo de 10 horas continuas sin carga adicional.

Tabla 8: Criterios de aceptación de la calidad

Actividad	Responsable	Momento de aplicación
Verificación de especificaciones técnicas de equipos	Supervisor técnico	Al recibir materiales
Revisión del sitio antes de la excavación	Unidad técnica municipal	Antes de iniciar instalación
Inspección de cimentaciones	Encargado de obra	Durante fase de instalación
Prueba funcional de luminarias instaladas	Técnico eléctrico	Al finalizar cada tramo
Verificación fotométrica (si aplica)	Apoyo externo opcional	Por muestreo

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.8 PLAN DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS

Se busca organizar, asignar y administrar los recursos humanos, materiales y técnicos necesarios para llevar a cabo las actividades definidas en el proyecto de instalación del sistema fotovoltaico para alumbrado público en Cantarranas. Se establece eficiencia operativa, cumplimiento de plazos y sostenibilidad de los resultados.

6.4.8.1 RECURSOS HUMANOS

El desarrollo del proyecto de alumbrado público solar en Cantarranas requiere una adecuada organización de los recursos, tanto humanos como materiales, para garantizar una ejecución eficiente y sin interrupciones. En la fase de planificación, se cuenta con la participación de un coordinador técnico y personal de apoyo municipal, quienes se encargan de revisar las condiciones iniciales del entorno y definir con claridad el alcance de la intervención. Esta etapa es clave para orientar las decisiones posteriores y asegurar que los recursos asignados respondan a necesidades reales del sitio.

Tabla 9: Recursos humanos para el proyecto de paneles solares

Fase EDT	Actividad Principal	Perfil Requerido	Cantidad Aproximada
1. Planificación	Revisión inicial, definición de alcance	Coordinador de proyecto, técnico municipal	2
2. Diseño	Recolección de datos, dimensionamiento	Ingeniero eléctrico, asistente técnico	2 – 3
3. Ejecución	Compras, instalación, conexión	Electricistas, ayudantes, técnico solar	5 – 6
4. Pruebas	Ajustes, verificaciones de seguridad	Técnico especialista, supervisor	2
5. Mantenimiento	Capacitación, entrega de plan de mantenimiento	Facilitador, técnico municipal	2

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.8.2 RECURSOS MATERIALES Y EQUIPOS

El componente material del proyecto desempeña un papel central en la calidad y durabilidad del sistema de alumbrado público propuesto. Para la ejecución de las actividades contempladas en la planificación, se ha definido un conjunto de recursos físicos que garantizan tanto la funcionalidad del sistema como su estabilidad estructural. Dentro de los elementos principales se encuentran las luminarias solares LED de 100 vatios, las cuales integran el panel fotovoltaico, la batería de respaldo y el sensor de encendido automático. Estas luminarias han sido seleccionadas por su eficiencia energética, autonomía prolongada y facilidad de instalación.

Acompañando a las luminarias, se instalarán postes metálicos galvanizados de ocho metros de altura, diseñados para resistir condiciones climáticas adversas y proporcionar un soporte adecuado para los equipos. Cada uno será fijado sobre una base de concreto armado, fundida in situ, para garantizar su estabilidad a largo plazo. Esta solución constructiva permite asegurar la verticalidad y resistencia de la estructura sin depender de anclajes prefabricados, lo cual es ventajoso en contextos urbanos con suelos de diversa composición.

Tabla 10: Recursos materiales y equipos para el proyecto

Elemento	Uso Principal	Cantidad Estimada	Observación
Luminarias solares LED 100 W	Iluminación pública	141 unidades	Incluyen panel, batería, sensor
Postes metálicos galvanizados (8 m)	Soporte físico de luminarias	141 unidades	Instalación en base de concreto
Bases de concreto armado	Fijación de postes	141 unidades	Fundidas in situ
Herramientas eléctricas	Montaje y conexión	1 juego por equipo técnico	Incluye taladros, cortadoras, etc.
Equipo de protección personal (EPP)	Seguridad laboral	6 kits completos	Casco, guantes, chaleco, botas
Vehículo de transporte liviano	Traslado de materiales	1 – 2 unidades	Pickup o camión mediano
Estación total / GPS portátil	Replanteo y supervisión técnica	1 unidad	Opcional, para trazado y control

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La selección de todos estos recursos responde a un enfoque técnico que prioriza la durabilidad, la compatibilidad entre componentes y la adaptabilidad al entorno urbano de Cantarranas. A su vez, esta planificación de materiales y equipos permite optimizar los tiempos de ejecución, reducir desperdicios y facilitar tareas de mantenimiento en el futuro.

6.4.8.3 ASIGNACIÓN DE RECURSOS

La asignación de recursos del proyecto se ha organizado de acuerdo con las fases establecidas en la planificación. En la etapa inicial, se destina personal técnico para el análisis del sitio y la definición del alcance, utilizando principalmente herramientas administrativas. Durante el diseño, se emplea software especializado y equipo técnico para el levantamiento de datos y elaboración de planos.

Tabla 11: Asignación de los recursos

Fase	Recursos Clave
Planificación	Personal técnico, equipo informático, documentos base del municipio
Diseño	Software de diseño (AutoCAD, PVsyst), personal técnico especializado
Ejecución	Luminarias, postes, materiales eléctricos, herramientas, mano de obra
Pruebas	Equipos de medición (multímetro, luxómetro), protocolos de chequeo, personal calificado
Mantenimiento	Manuales técnicos, kit de repuestos, personal capacitado para seguimiento local

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En la fase de ejecución, se movilizan luminarias, postes y herramientas, y se despliegan cuadrillas técnicas para el montaje. Las pruebas requieren equipos de medición y personal calificado para validar el funcionamiento del sistema. Finalmente, en la fase de mantenimiento, los recursos se enfocan en capacitación, entrega de manuales y herramientas básicas. Esta distribución progresiva permite una ejecución ordenada y eficiente del proyecto.

6.4.9 PLAN DE COMUNICACIONES

El plan de comunicaciones del proyecto busca garantizar un flujo constante, claro y oportuno de información entre todos los actores involucrados en la implementación del sistema de alumbrado público solar. Una gestión efectiva de la comunicación contribuye a prevenir malentendidos, coordinar esfuerzos de manera eficiente y tomar decisiones informadas durante cada fase del proyecto.

Este proyecto involucra distintos niveles de comunicación: técnica, operativa y comunitaria. Por tanto, se establecen canales, formatos y responsables específicos para cada tipo de información. A nivel interno, se mantendrá una comunicación directa entre el equipo técnico de instalación, el supervisor de obra y el coordinador del proyecto mediante reuniones semanales y reportes de avance. Esta dinámica permitirá tomar acciones correctivas a tiempo y verificar el cumplimiento del cronograma.

Tabla 12: Plan de comunicaciones

Actor / Interesado	Tipo de Información	Frecuencia	Responsable de la Comunicación
Equipo técnico de instalación	Avances diarios, incidentes, ajustes de obra	Diario	Supervisor de ejecución
Coordinador del proyecto	Reportes de progreso, hitos cumplidos	Semanal	Supervisor técnico
Autoridades municipales	Resumen de avances, planificación, decisiones clave	Quincenal	Coordinador general del proyecto
Comunidad local	Información sobre obras, horarios, beneficios	Antes de inicio de obra	Enlace comunitario / Técnico municipal
Proveedor de luminarias y postes	Confirmación de entrega, estado de pedidos	Según cronograma	Encargado de compras / Logística
Veeduría ciudadana (si aplica)	Informes públicos, transparencia de fondos	Mensual o por tramo	Coordinación del proyecto
Personal capacitado para mantenimiento	Manuales, recomendaciones, resolución de fallas	Una vez (etapa final)	Técnico formador / Ingeniero del proyecto

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En el ámbito institucional, se programarán sesiones de información periódicas con las autoridades municipales, en las que se presentarán informes resumidos del progreso, indicadores clave de ejecución y reportes financieros básicos. Estos encuentros también permitirán al Gobierno local tomar decisiones administrativas o brindar apoyo logístico cuando sea necesario.

Respecto a la comunidad beneficiaria, se contempla la socialización del proyecto mediante visitas a los barrios, carteles informativos y breves encuentros vecinales antes del inicio de los trabajos en campo. Esta comunicación directa busca generar confianza en la población, reducir molestias durante la ejecución e informar sobre los beneficios del nuevo sistema.

Todos los registros de comunicación formal se archivarán en un repositorio del proyecto, incluyendo minutas, hojas de asistencia, correos clave y evidencias fotográficas. Así se asegura la trazabilidad de la información y la transparencia del proceso.

6.4.10 ADQUISICIONES

Aquí establece los procedimientos necesarios para la compra, recepción y control de los bienes y servicios que demanda la ejecución del proyecto de alumbrado público con tecnología solar en el casco urbano de Cantarranas. Su objetivo es asegurar que todos los elementos necesarios estén disponibles en tiempo, forma y calidad adecuada, cumpliendo con criterios técnicos y presupuestarios definidos desde la etapa de planificación.

Tabla 13: Adquisiciones del proyecto

Ítem	Cantidad Estimada	Proveedor Sugerido	Observaciones
Luminarias solares LED 100 W (todo en uno)	141 unidades	Proveedor nacional / regional	Deben incluir panel, batería y sensor automático
Postes metálicos galvanizados (8 m)	141 unidades	Taller metalúrgico certificado	Entrega escalonada según instalación
Material para base de concreto (cemento, arena, grava, acero)	Según diseño	Ferretería local	Fundición en sitio, requiere transporte
Accesorios de instalación (tornillería, abrazaderas, herrajes)	Lote completo	Proveedor eléctrico	Verificar compatibilidad con los postes
Cableado y conectores resistentes al clima	Lote completo	Distribuidor eléctrico	Deben ser de uso exterior
Equipo de protección personal (EPP)	6 kits completos	Proveedor de seguridad industrial	Uso obligatorio para personal técnico
Herramientas eléctricas y manuales	1 set por cuadrilla	Alquiler o compra directa	Considerar taladros, llaves, cortadoras
Servicio de transporte de materiales	2 – 3 viajes programados	Contratista logístico local	Coordinar según avance del proyecto
Servicio de instalación y conexión	Contrato por proyecto	Técnico solar / electricista	Mano de obra calificada
Taller de capacitación final	1 evento	Proveedor del sistema / técnico	Entregar manuales y guías de mantenimiento

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.11 ETAPAS DEL PROCESO DE ADQUISICIONES

El proceso de adquisiciones del proyecto comprende seis etapas claves: identificar

necesidades, seleccionar proveedores, evaluar ofertas, formalizar contratos, recibir materiales y controlar su distribución. Este enfoque ordenado garantiza transparencia, cumplimiento técnico y eficiencia en la entrega oportuna de insumos esenciales para la instalación del sistema solar.

- **Identificación de necesidades**
 - ◆ Determinar materiales, equipos y servicios requeridos.
 - ◆ Definir cantidades y especificaciones técnicas.
- **Búsqueda y selección de proveedores**
 - ◆ Solicitar cotizaciones a proveedores calificados.
 - ◆ Aplicar criterios técnicos, económicos y logísticos.
- **Evaluación de ofertas**
 - ◆ Comparar precios, calidad, plazos de entrega y garantías.
 - ◆ Seleccionar al proveedor con mejor relación costo–beneficio.
- **Contratación y formalización**
 - ◆ Emitir órdenes de compra o firmar contratos.
 - ◆ Establecer condiciones de pago, entrega y penalizaciones.
- **Recepción y verificación de materiales**
 - ◆ Revisar físicamente cada ítem recibido.
 - ◆ Elaborar actas de entrega con registro fotográfico.
- **Almacenamiento, distribución y control**

- ◆ Organizar materiales en sitio seguro.
- ◆ Llevar control de inventario y entrega por cuadrilla o tramo.

6.4.12 MONITOREO Y CONTROL DE ADQUISICIONES

El monitoreo y control de adquisiciones en este proyecto garantiza que los materiales y servicios adquiridos cumplan con las condiciones establecidas en tiempo, calidad y cantidad. Para ello, se aplican mecanismos de seguimiento como la verificación periódica de entregas, inspección técnica del material recibido, control riguroso de inventario y validación de pagos conforme al avance del proyecto. Cada actividad de control se documenta mediante actas, registros físicos y reportes internos, lo que permite corregir desviaciones de forma oportuna y asegurar la transparencia en la gestión de recursos. Este proceso contribuye a mantener el orden logístico y la trazabilidad en toda la ejecución.

Tabla 14: Monitoreo y control de las adquisiciones

Actividad de Control	Indicador de Seguimiento	Frecuencia de Revisión	Responsable	Medio de Verificación
Revisión de cumplimiento de entregas	% de entregas realizadas a tiempo	Semanal	Supervisor técnico	Acta de recepción, bitácora de entregas
Verificación de calidad del material recibido	Nº de unidades conformes según especificaciones	Por lote entregado	Técnico de adquisiciones	Informe de inspección, registro fotográfico
Control de inventario en sitio	Diferencia entre recibido y utilizado	Semanal	Encargado de bodega / obra	Kardex, registro de salida de materiales
Seguimiento de pagos a proveedores	% de pagos efectuados según contrato	Quincenal	Responsable financiero / alcaldía	Comprobante de pago, cronograma financiero
Reporte de desviaciones en adquisiciones	Nº de no conformidades registradas	Mensual	Coordinador del proyecto	Informe de seguimiento

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.13 IDENTIFICACIÓN DE LOS INTERESADOS

En todo proyecto de carácter público, la identificación de los interesados (stakeholders) es fundamental para comprender los actores que influyen directa o indirectamente en su desarrollo. En este proyecto, enfocado en el diseño e implementación de un sistema de generación fotovoltaica interconectado para el alumbrado público del casco urbano de Cantarranas, se han identificado diversos grupos con diferentes niveles de interés, influencia y responsabilidad. La siguiente tabla presenta los principales interesados del proyecto, detallando su rol, nivel de influencia, motivaciones y la estrategia de gestión correspondiente para asegurar su adecuada participación e integración durante el ciclo de vida del proyecto.

Tabla 15: Identificación de los interesados del proyecto

N°	Interesado	Rol en el proyecto	Interés o motivación	Nivel de influencia	Nivel de interés	Estrategia de gestión
1	Alcaldía Municipal de Cantarranas	Promotor / Usuario Final	Reducción de costos energéticos, mejora de servicios	ALTA	ALTA	Participación activa
2	Población del casco urbano	Beneficiarios directos	Mejor iluminación, mayor seguridad, sostenibilidad	MEDIA	ALTA	Comunicación informativa
3	Unidad Técnica Municipal	Coordinación técnica y supervisión local	Ejecución eficiente, control de calidad	ALTA	ALTA	Colaboración y capacitación
4	Contratista o empresa instaladora	Ejecutor técnico del sistema	Cumplimiento de cronograma y calidad de instalación	ALTA	MEDIA	Supervisión y control de avance
5	Comisión Reguladora de Energía (CREE)	Ente regulador	Cumplimiento normativo y técnico	ALTA	MEDIA	Monitoreo normativo
6	ENEE (si aplica interconexión)	Proveedor / operador de red	Asegurar compatibilidad con red existente	MEDIA	MEDIA	Coordinación técnica
7	Organizaciones comunitarias	Representación social	Transparencia, participación y beneficios sociales	MEDIA	ALTA	Consulta y participación
8	Proveedores de equipos fotovoltaicos	Suministro de tecnología	Venta, garantía y soporte técnico	MEDIA	BAJA	Contratación clara y seguimiento
9	Equipo investigador	Diseñadores del proyecto	Resultados de impacto	MEDIA	ALTA	Evaluación y documentación
10	Organismos cooperantes	Potenciales financiadores	Apoyar proyectos sostenibles y replicables	ALTA	ALTA	Gestión estratégica y alianzas

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.14 PLAN DE INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS

Una vez identificados los interesados clave del proyecto, es necesario establecer un plan de involucramiento que defina las estrategias, medios y frecuencia de comunicación con cada uno de ellos. Este plan busca garantizar una participación efectiva y alineada con los objetivos del proyecto, promoviendo la transparencia, la colaboración interinstitucional y la apropiación comunitaria. A continuación, se presenta la tabla del plan de involucramiento de los interesados, que especifica los mecanismos mediante los cuales se facilitará su participación en cada fase del

proyecto, así como los responsables de su ejecución.

Tabla 16: Plan de involucramiento de los interesados

N°	Interesado	Estrategia de involucramiento	Mecanismo de comunicación	Frecuencia	Responsable
1	Alcaldía Municipal de Cantarranas	Participación activa en decisiones clave	Reuniones formales, informes ejecutivos	Semanal	Jefe de Proyecto
2	Población del casco urbano	Informar y sensibilizar sobre beneficios	Volantes, redes sociales, asambleas	Mensual	Alcaldía / Comunicaciones
3	Unidad Técnica Municipal	Coordinar ejecución y seguimiento técnico	Reuniones de coordinación técnica	Semanal	Coordinador Técnico
4	Empresa contratista instaladora	Asegurar ejecución eficiente y conforme a diseño	Reuniones de obra, bitácoras de seguimiento	Diaria	Supervisor de obra
5	CREE	Garantizar cumplimiento regulatorio	Comunicados oficiales, revisiones técnicas	Según requerimiento	Responsable Legal/Técnico
6	ENEE (si aplica interconexión)	Validación de interconexión y respaldo técnico	Notas técnicas, reuniones operativas	Según avance	Coordinador Técnico
7	Organizaciones comunitarias	Generar confianza y apropiación del proyecto	Foros comunitarios, visitas guiadas	Trimestral	Coordinador Social
8	Proveedores de equipos	Garantizar entregas y soporte técnico oportuno	Órdenes de compra, llamadas, correos	Según cronograma	Encargado de adquisiciones
9	Equipo investigador	Documentar, evaluar y generar aportes técnicos	Reuniones académicas, informes de avance	Mensual	Investigador principal
10	Organismos cooperantes (si aplica)	Alinear expectativas y demostrar resultados	Reportes financieros/técnicos	Trimestral	Coordinador Financiero

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.4.15 LÍMITES DEL PROYECTO

En este apartado se precisan los alcances que no serán cubiertos durante la ejecución del proyecto, con el fin de delimitar claramente las expectativas. Se establece que la intervención será parcial, restringida a zonas específicas del casco urbano, sin integración a la red nacional ni implementación de sistemas híbridos. También se aclara que el mantenimiento a largo plazo queda fuera del alcance operativo, salvo como recomendación técnica.

- No incluye el reemplazo de toda la red de alumbrado público del municipio, solo áreas seleccionadas del casco urbano.
- No contempla la venta o inyección de energía a la red nacional.
- No considera sistemas híbridos (con apoyo de red eléctrica convencional).
- No abarca mantenimiento posterior a la fase piloto o prototipo, salvo como recomendación.

6.4.16 RESTRICCIONES DEL PROYECTO

Este apartado identifica los factores externos e internos que podrían limitar la ejecución óptima del proyecto. Se destacan restricciones presupuestarias, regulatorias y logísticas, así como condiciones ambientales y socioculturales que pueden influir en la adopción y el desempeño del sistema fotovoltaico. Estas restricciones deben ser consideradas en la planificación y gestión de riesgos del proyecto.

- Presupuesto limitado asignado por la alcaldía o cooperación externa.
- Dependencia de permisos municipales y del SEN (Secretaría de Energía).
- Condiciones climáticas que pueden afectar el rendimiento fotovoltaico.
- Tiempos de adquisición e instalación de equipos importados.
- Resistencia social o institucional al cambio tecnológico.

6.5 MEDIDAS DE CONTROL

El adecuado desarrollo del proyecto requiere de mecanismos de seguimiento y control que permitan asegurar su ejecución conforme a los objetivos establecidos en cuanto a alcance, calidad, tiempo y costos. Las medidas de control constituyen un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas orientadas a supervisar y evaluar el desempeño del proyecto en sus distintas dimensiones, permitiendo identificar desviaciones, implementar acciones correctivas y mantener una comunicación efectiva con los interesados clave.

Este apartado presenta las principales medidas de control diseñadas para gestionar los riesgos potenciales, garantizar la calidad de los procesos e instalaciones, asegurar el cumplimiento de los plazos establecidos, mantener la ejecución dentro del presupuesto asignado y promover la participación activa de los actores involucrados. La implementación oportuna de estas medidas contribuye directamente al éxito del proyecto, fortaleciendo su sostenibilidad técnica, económica y social.

6.5.1 RIESGOS Y PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS

La identificación y gestión de riesgos es una etapa fundamental en todo proyecto de ingeniería, especialmente en iniciativas de energías renovables como la implementación de

sistemas fotovoltaicos. Este tipo de proyectos implica la intervención de diversos actores, condiciones ambientales, aspectos técnicos, financieros y sociales que pueden afectar directamente su ejecución, operación y sostenibilidad.

Tomar en cuenta los posibles riesgos permite anticiparse a problemas, diseñar estrategias de mitigación efectivas y asegurar la viabilidad del proyecto a corto, mediano y largo plazo. Para el caso del sistema de alumbrado público con paneles solares en Cantarranas, la evaluación de riesgos es clave para garantizar la eficiencia energética, reducir costos de mantenimiento y fomentar la aceptación comunitaria del sistema.

Tabla 17: Plan de gestión de riesgo

Ítem	Riesgo identificado	Categoría	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo	Medidas de Mitigación	Tipo de Riesgo
R1	Falta de financiamiento	Financiero	ALTO	ALTO	ALTO	Gestionar convenios anticipados, buscar fondos alternativos, planificación financiera	Cuantitativo
R2	Robo o vandalismo de los paneles o luminarias	Seguridad física	MEDIO	ALTO	ALTO	Implementar medidas de vigilancia comunitaria, cercado y sensores antirobo	Cuantitativo
R3	Deficiencia en la instalación del sistema	Técnico	MEDIO	ALTO	ALTO	Supervisión técnica calificada, contratación de personal capacitado, inspecciones	Cualitativo
R4	Baja aceptación por parte de la comunidad	Social	MEDIO	MEDIO	MEDIO	Campañas de sensibilización y educación sobre beneficios del sistema solar	Cualitativo
R5	Condiciones climáticas extremas	Ambiental	MEDIO	ALTO	ALTO	Selección de equipos resistentes, diseño con normas técnicas adecuadas	Cualitativo
R6	Mantenimiento inadecuado del sistema	Operativo	ALTO	ALTO	ALTO	Plan de mantenimiento periódico, capacitación del personal local, manuales operativos	Cualitativo
R7	Variación en los costos de materiales	Económico	ALTO	ALTO	ALTO	Contratación con proveedores estables, adquisición anticipada, contingencias presupuestarias	Cuantitativo
R8	Falta de normativa municipal para proyectos solares	Legal / Institucional	BAJO	MEDIO	MEDIO	Coordinación con autoridades locales, inclusión del proyecto en planes de desarrollo	Cualitativo

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.6 PRESUPUESTO E IMPACTO DEL PRESUPUESTO

La estimación de los costos se realizó tomando en cuenta los precios promedio del mercado nacional e internacional para equipos solares, materiales de instalación y mano de obra. Se consideraron también los gastos indirectos asociados a logística, transporte, supervisión y capacitación técnica. La inversión proyectada incluye 141 luminarias solares LED de 100 W, postes metálicos galvanizados de 8 metros, accesorios eléctricos, cimentaciones y herramientas de montaje. A cada uno de estos componentes se le asignó un valor referencial con base en cotizaciones recientes de proveedores locales y regionales.

El modelo de control se basará en un presupuesto detallado por partidas, que se actualizará de forma progresiva conforme se avancen las etapas del proyecto. Para cada fase se definirá un margen de reserva o contingencia, destinado a cubrir ajustes por inflación, disponibilidad de materiales o condiciones climáticas adversas. Los informes de avance financiero serán elaborados de forma paralela al seguimiento técnico, lo que permitirá detectar diferencias entre lo planificado y lo ejecutado, y tomar decisiones a tiempo.

Además, se llevará un registro documentado de todas las erogaciones mediante recibos, facturas y actas de entrega, con el fin de garantizar la trazabilidad del gasto. Este sistema no solo facilita el control interno, sino que también ofrece una herramienta útil para futuras auditorías o réplicas del proyecto en otras comunidades.

Tabla 18: Presupuesto general del proyecto

Partida	Cantidad	Costo Unitario (L)	Subtotal (L)	Observaciones
Diseños, consultorías	1	L 210,500.00	L 210,500.00	Planos, supervisión general, consultorías
Luminarias solares LED 100 W (todo en uno) SH2103	141	L 6,200.00	L 874,200.00	Incluye panel solar, batería y sensor
Postes metálicos galvanizados de 8 m	141	L 2,478.54	L 349,474.14	Incluye brazo y base
Base de concreto armado (excavación e instalación)	141	L 2,789.85	L 393,368.85	Mano de obra y materiales incluidos
Accesorios de instalación (tornillería, abrazaderas, herrajes)	141	L 300.00	L 42,300.00	Mano de obra y materiales incluidos
Mano de obra técnica (cuadrillas + supervisión)	59	L 4,987.21	L 294,245.39	1 equipo de 4 personas + supervisor
Transporte y logística	1	L 65,000.00	L 65,000.00	Incluye movilización de personal y materiales
Capacitación y entrega técnica	2	L 8,000.00	L 16,000.00	Taller práctico para personal municipal
Documentación y señalización	1	L 14,800.00	L 14,800.00	Manuales, letreros, actas de recepción
Subtotal general			L 2,259,888.38	
Fondo de contingencia (10 %)			L 225,988.84	Para imprevistos y ajustes
Total estimado del proyecto			L 2,485,877.22	

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.7 PLAN DE CONTROL DE COSTOS Y PROYECCIÓN

El objetivo del plan de control de costos es establecer los mecanismos para monitorear, controlar y garantizar que los gastos del proyecto de diseño e implementación del sistema fotovoltaico para el alumbrado público de Cantarranas se mantengan dentro del presupuesto aprobado. Este plan busca identificar desviaciones a tiempo, implementar acciones correctivas y asegurar un uso eficiente de los recursos financieros.

Tabla 19: Gasto energético del casco urbano en Cantarranas

Concepto	Estimado anual
Consumo de energía (kWh)	~220,000 kWh
Costo energía	~1,007,600 Lempiras
Cargo fijo por lámparas	~477,144 Lempiras
Total estimado anual	~1,484,744 Lempiras/año

Fuente: (Consumo energético Cantarranas, 2025)

Tabla 20: Flujo de caja proyecto, parte 01

Año	Inversión (L)	Ahorro anual (L)	Flujo neto (L)
0	-L 2,485,877.22	L -	-L2,485,877.22
1	L -	1,039,320.8 (70% de 1,484,744)	L1,039,320.80
2	L -	L 1,039,320.80	L1,039,320.80
...	L -	L 1,039,320.80	L1,039,320.80
20	L -	L 1,039,320.80	L1,039,320.80

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 21: Flujo de caja proyecto, parte 02

Año	Flujo neto (L)	Factor descuento (10%)	Valor presente (L)
0	-L 2,485,877.22	1	-L2,485,877.22
1	L 1,039,320.80	0.909	L 944,836.17
2	L 1,039,320.80	0.826	L 858,032.88
3	L 1,039,320.80	0.751	L 780,493.53
4	L 1,039,320.80	0.683	L 710,448.67
5	L 1,039,320.80	0.621	L 645,862.42
6	L 1,039,320.80	0.564	L 586,238.57
7	L 1,039,320.80	0.513	L 531,256.88
8	L 1,039,320.80	0.467	L 480,729.89
9	L 1,039,320.80	0.424	L 434,516.26
10	L 1,039,320.80	0.386	L 392,512.96
11	L 1,039,320.80	0.35	L 353,983.60
12	L 1,039,320.80	0.319	L 331,874.54
13	L 1,039,320.80	0.29	L 301,811.10
14	L 1,039,320.80	0.263	L 273,154.06
15	L 1,039,320.80	0.239	L 248,281.84
16	L 1,039,320.80	0.218	L 226,230.76
17	L 1,039,320.80	0.198	L 205,960.69
18	L 1,039,320.80	0.18	L 187,463.36
19	L 1,039,320.80	0.164	L 170,744.87
20	L 1,039,320.80	0.149	L 155,819.88

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 22: Resultados TIR y VAN

Concepto	Valor
Inversión inicial	L. 2,485,877.22
Ahorro anual estimado	L. 1,039,320.80
Vida útil del proyecto	20 años
Tasa de descuento	0.1
VAN	L. 6,418,921.68
TIR estimada	~ 40%

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Actualmente, el costo total por consumo de energía y cargos fijos asciende

aproximadamente a L. 1,484,744 al año. Con la instalación del sistema solar, se estima una reducción cercana al 70 % en estos costos, lo que representa un ahorro anual de alrededor de L. 1,039,321. Aunque la inversión inicial del proyecto es de L. 2,485,877, el retorno de esta inversión se logra en poco más de dos años, después de lo cual se generan ahorros netos significativos durante la vida útil del sistema, estimada en 20 años. Este resultado se confirma con un Valor Actual Neto positivo y una Tasa Interna de Retorno elevada, lo que indica la viabilidad financiera y energética del proyecto. En síntesis, la propuesta no solo disminuye de manera sustancial el gasto anual en energía, sino que también representa una inversión rentable y sostenible a mediano y largo plazo.

6.8 ALCANCE DE CONTROL DE COSTOS

Este plan aplica a todas las fases del proyecto, desde el diseño técnico hasta la instalación y puesta en marcha del sistema. Cubre los siguientes componentes:

- Costos directos (materiales, equipos, mano de obra)
- Costos indirectos (permisos, transporte, supervisión)
- Costos contingentes (imprevistos, variaciones de mercado)

6.8.1 GESTIÓN DE CAMBIOS EN COSTOS

Durante la ejecución del proyecto, pueden surgir variaciones que afecten los costos inicialmente estimados, ya sea por ajustes técnicos, cambios en el alcance, condiciones externas o factores imprevistos. Para asegurar un manejo transparente y ordenado de estas modificaciones, es necesario establecer un procedimiento formal que permita evaluar y autorizar cualquier cambio que implique impacto económico. Este apartado describe el protocolo a seguir para gestionar dichas variaciones, asegurando el control financiero del proyecto y la alineación con los objetivos establecidos en la planificación inicial.

Toda modificación significativa en los costos deberá:

1. Presentarse mediante una solicitud de cambio justificada.
2. Ser evaluada por la dirección del proyecto.

3. Contar con la aprobación de la Alcaldía Municipal si implica aumento presupuestario.
4. Actualizar la línea base del presupuesto si es aprobada.

6.9 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

A continuación, se presenta el procedimiento establecido para gestionar cualquier modificación en el presupuesto del proyecto, con el fin de asegurar un control financiero riguroso y transparente durante su ejecución.

Tabla 23: Procedimientos de control

Etapa	Actividad	Responsable	Frecuencia	Herramienta
Establecimiento del presupuesto base	Validar la línea base de costos y desglosarla por partida (WBS/EDT)	Dirección del proyecto	Una vez	Presupuesto oficial / Excel
Seguimiento financiero	Registrar gastos reales por actividad y compararlos con lo planificado	Supervisor de ejecución	Semanal	Registro de costos / Excel
Reportes de avance	Elaborar informe de costos acumulados y porcentaje de ejecución	Coordinador de costos	Quincenal	Informe financiero / Curva S
Evaluación de variaciones	Analizar desviaciones entre costo planificado y real	Dirección del proyecto	Mensual	Análisis de Valor Ganado
Aprobación de cambios	Autorizar cambios que afecten el presupuesto o reservas	Alcaldía / Unidad técnica	Según solicitud	Solicitud de cambio formal

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6.9.1 HERRAMIENTAS DE CONTROL UTILIZADAS

- Presupuesto desglosado por EDT
- Bitácora de gastos
- Curva S de ejecución financiera
- Formato de solicitudes de cambio
- Informe de avance físico-financiero mensual

6.10 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA

El desarrollo de la presente tesis guarda una coherencia estructural y metodológica con la propuesta formulada en el capítulo final. Desde la identificación del problema hasta la formulación del plan de acción, cada etapa del trabajo investigativo se encuentra alineada con los objetivos planteados, generando una relación directa entre el diagnóstico realizado y las acciones propuestas.

En el capítulo I se delimita con claridad el problema de investigación, se contextualiza la situación energética del municipio de Cantarranas y se plantea la necesidad de buscar alternativas sostenibles para el sistema de alumbrado público. Esta problemática constituye la base sobre la cual se edifica la propuesta de cogeneración mediante paneles fotovoltaicos.

El marco teórico (capítulo II) ofrece un sustento conceptual y técnico que permite comprender la viabilidad del proyecto. Las teorías relacionadas con la cogeneración, el uso de energía solar y la gestión de proyectos respaldan la pertinencia de la solución planteada en la propuesta. Además, el análisis del entorno macro y micro refuerza la necesidad y factibilidad del cambio tecnológico sugerido.

En cuanto a la metodología (capítulo III), el enfoque mixto adoptado permitió recolectar datos relevantes desde diferentes perspectivas. Las técnicas de investigación utilizadas permitieron obtener información precisa tanto de la comunidad como de expertos, insumos esenciales para la formulación de una propuesta contextualizada, realista y con sustento técnico.

El capítulo IV, centrado en la presentación y análisis de resultados, evidencia claramente los desafíos actuales del sistema de alumbrado en Cantarranas y valida las oportunidades de mejora identificadas. Estos hallazgos son retomados en la propuesta para asegurar que las soluciones se correspondan con las necesidades detectadas.

Finalmente, el capítulo VI estructura la propuesta de intervención tomando como eje los resultados del proceso investigativo. Cada componente –desde el alcance y la justificación, hasta el presupuesto y los mecanismos de control de costos– fue diseñado en correspondencia con los hallazgos y análisis previos. Esto asegura que la propuesta no solo sea teóricamente viable, sino también pragmáticamente implementable.

En resumen, existe una vinculación lógica y sustantiva entre los segmentos que componen esta tesis y la propuesta presentada, lo que garantiza que la solución planteada responda con rigor académico y pertinencia técnica a la problemática inicialmente identificada.

Tabla 24: Concordancia de los segmentos con la tesis, parte 01

Capítulo I		Capítulo II
Título Investigación	Objetivo General	Teorías / Metodologías de sustento
Evaluación de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para red de iluminación pública en casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán	Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para la red de iluminación pública en el casco urbano de Cantarranas, con el fin de optimizar el consumo energético, reducir costos operativos y promover el uso de energías renovables en la infraestructura municipal.	Analizar viabilidad técnica y económica. 2. Evaluar impacto ambiental y social. 3. Desarrollar plan de implementación del sistema
		PMBOK, Metodología del Marco Lógico, Teoría del Cambio, Teoría de la cogeneración energética, Gestión de proyectos con enfoque en energías renovables.

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 25: Concordancia de los segmentos con la tesis, parte 02

Variables	Capítulo III		Capítulo IV	Capítulo VI	
	Poblaciones	Técnicas	Conclusiones	Nombre de la propuesta	Objetivo de la propuesta
Independiente: Implementación de paneles solares (cogeneración) Dependientes: Eficiencia energética, reducción de costos operativos, sostenibilidad ambiental, percepción ciudadana	Población del casco urbano de Cantarranas, incluyendo residentes, autoridades municipales y visitantes/turistas	Encuestas, entrevistas semiestructuradas, revisión documental, análisis inferencial y análisis de contenido	La cogeneración fotovoltaica es viable técnica, económica y ambientalmente; reduce costos municipales, mejora la percepción de seguridad, promueve el turismo nocturno y la sostenibilidad energética local	Implementación de un sistema de cogeneración de energía mediante paneles solares para el alumbrado público del casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán	Diseñar e implementar un sistema de cogeneración de energía basado en paneles fotovoltaicos que permita optimizar el consumo energético en el alumbrado público, reducir los costos operativos municipales y promover el uso de energías renovables, asegurando la sostenibilidad ambiental y la mejora en la calidad de vida de los habitantes.

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 26: Acta de constitución del proyecto

Elemento	Contenido
Nombre del Proyecto	Evaluación de cogeneración de energía mediante paneles fotovoltaicos para red de iluminación pública en casco urbano de Cantarranas, Francisco Morazán.
Patrocinador del Proyecto	Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) / Alcaldía Municipal de Cantarranas
Gerente del Proyecto	Catherine Stephanie Maldonado Quevedo
	Mauricio Josué González Canales
Fecha de Inicio del Proyecto	45839
Objetivo del Proyecto	Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la implementación de un sistema de cogeneración eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos para el alumbrado público del casco urbano de Cantarranas, con el fin de optimizar el consumo energético y promover el uso de fuentes renovables en la infraestructura municipal.
Justificación del Proyecto	La infraestructura actual de iluminación pública en Cantarranas presenta fallos frecuentes, altos costos operativos y dependencia de la red eléctrica convencional. La transición hacia un sistema de cogeneración solar representa una alternativa viable para mejorar la eficiencia energética, reducir el impacto ambiental y elevar la calidad del servicio público.
Alcance del Proyecto	El proyecto se enfocará en el diagnóstico de la situación actual del sistema de alumbrado, análisis técnico y económico de la cogeneración solar, diseño de un modelo de implementación con sistema fotovoltaico y propuestas para asegurar sostenibilidad, mantenimiento y participación comunitaria en Cantarranas.
Criterios de Éxito	- Implementar un sistema fotovoltaico funcional en las zonas críticas - Reducir los costos de energía municipal en al menos un 30% - Lograr un 80% de aceptación social del nuevo sistema - Mejorar la percepción de seguridad en sectores intervenidos
Indicadores de Éxito	- Ahorros energéticos mensuales registrados - Evaluación técnica positiva de generación solar - Encuestas comunitarias de percepción antes y después - Informe de retorno de inversión positivo (VPN/TIR favorable)
Entregables del Proyecto	- Diagnóstico técnico del sistema actual - Propuesta técnica y económica del sistema de cogeneración - Plan de implementación por fases - Modelo de sostenibilidad y mantenimiento - Recomendaciones para gestión del cambio institucional
Riesgos Preliminares	- Resistencia al cambio por parte de la comunidad - Falta de financiamiento inicial - Riesgo técnico en instalación - Mantenimiento inadecuado del sistema
Estrategias de Mitigación	- Campañas de sensibilización y educación comunitaria - Buscar alianzas con cooperantes y ONG - Capacitación técnica al personal local - Implementar cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo
Interesados Clave	- Autoridades municipales de Cantarranas - Población residente del casco urbano - Unidad Técnica de la Alcaldía - Docentes y asesores de UNITEC - Proveedores de tecnología fotovoltaica
Cronograma de Hitos	- Recolección de datos: enero-febrero 2025 - Análisis técnico y financiero: febrero-marzo 2025 - Propuesta de implementación: abril 2025 - Presentación final del proyecto: mayo-junio 2025
Presupuesto Estimado	Valor aproximado de L. 2,485,877.22 Costos proyectados para luminarias, paneles solares, instalación y mantenimiento
Aprobación	Patrocinador: UNITEC y Alcaldía de Cantarranas Autores del Proyecto: Catherine S. Maldonado Quevedo / Mauricio J. González Canales Asesor: Marvin R. Mendoza Valencia

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (SEN), S. d. (2025). Plan nacional de electrificación sostenible 2030. Obtenido de <https://sen.hn>
- BCIE. (2021). Obtenido de <https://www.bcie.org>
- Boyle, G. (2012). Renewable Energy: Power for a Sustainable Future.
- cadener. (20 de 02 de 2025). Obtenido de https://cadener.com/euskadi/2025/02/20/bizkaia-impulsa-la-energia-renovable-los-parques-forales-de-bomberos-generan-el-55-de-su-consumo-radio-bilbao/?utm_source.com
- CEPAL. (2016). CEPAL. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40326-estudio-economico-america-latina-caribe-2016-la-agenda-2030-desarrollo.com>
- Chalfin, A. (Agosto de 2021). Obtenido de Signify: <https://www.signify.com/es-cl/our-company/news/press-releases/2021/20211001-success-stories-that-show-the-benefits-of-solar-lighting?utm>.
- CONASA. (Junio de 2017). Obtenido de <file:///C:/Users/Mauricio%20Gonzalez/Downloads/Plan%20Estrategico%20Municipal%20APS%20Cantarranas.pdf>
- Consumo energético Cantarranas, A. M. (31 de Marzo de 2025). Consumo energético. (M. J. González, Entrevistador)
- Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.). SAGE Publications.
- Daily, O. (6 de Enero de 2023). Ciudades Verdes. Obtenido de https://ciudadesverdes.com/francia-exige-que-los-estacionamientos-estén-equipados-con-paneles-solares/?utm_source
- Dominguez, P. (23 de Mayo de 2019). Cómo un mejor alumbrado público puede reducir la

delincuencia.

Elaboración propia. (2025).

ENEE. (2019). Consumo de energía en Honduras. En ENEE.

ENEE. (2021). Informe de cobertura y electricidad en Honduras. Guaymuras.

FONAC. (2015). FONAC. Obtenido de <https://fonac.hn/ano-2015-2>

Gobierno de la República de Honduras. (2025). Perfil Municipal, Índice de Desarrollo Municipal de Cantarranas.

Google Earth. (2025).

Heraldo, E. (2022). Energía en Honduras . Tegucigalpa.

Hernández-Moro, M.-D. (2013). Analytical Model for Solar PV and CSP Electricity Costs:

Present LCOE Values and Their Future Evolution. Renewable and Sustainable Energy

Reviews. En M.-D. Hernández-Moro, Analytical Model for Solar PV and CSP Electricity

Costs (págs. 20, 119-132).

Institute, P. M. (2017). Guía del Pmbok. Body of Knowledge.

Rosling, H. (2018). Factfulness. Deusto.

Rubio, D. (21 de Mayo de 2019). Público. Obtenido de <https://www.publico.es/viajes/un-paseo-por-el-sorprendente-arte-urbano-de-cantarranas-en-honduras>

Sampieri, R. H. (2014). Metodología De La Investigación. Mc Graw Hills.

Secretaría de Gobernalización, J. y. (2024). Obtenido de <https://sgjd.gob.hn>

SOLAR, E. (2022). EFC SOLAR. Obtenido de <https://www.efcsolar.com/blog/charles-fritts-inventor-de-los-paneles-solares>.

SOLAR, E. (2022). ESC SOLAR. Obtenido de <https://www.efcsolar.com/blog/charles-fritts-inventor-de-los-paneles-solares>

Tejada, E. (2021). INFORME ESTADÍSTICO ANUAL DEL SUBSECTOR .

Windy. (2025). Windy. Obtenido de Windy: <https://www.windy.com/es/-Lluvia-truenos-rain?rain,2025062806,18.312,-85.368,5>

Zamorano, U. (Julio de 2018). Escuela Agrícola El Zamorano. Obtenido de <https://zamorano.edu>

Zelaya, M. A. (03 de 02 de 2025). Iluminación pública en Cantarranas. (M. J. González, Entrevistador)

GLOSARIO

Alumbrado público

Sistema de iluminación artificial instalado en espacios públicos para mejorar la visibilidad y la seguridad durante la noche.

Autonomía energética

Capacidad de una comunidad o sistema para generar y gestionar su propia energía sin depender completamente de fuentes externas.

Cogeneración de energía

Proceso mediante el cual se produce simultáneamente electricidad y calor a partir de una única fuente de energía, en este caso mediante energía solar.

Eficiencia energética

Relación entre la cantidad de energía utilizada y la energía realmente aprovechada para una función específica. Mayor eficiencia implica menor desperdicio.

Energía fotovoltaica

Tipo de energía renovable obtenida a partir de la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante el uso de celdas fotovoltaicas.

Gestión del cambio

Conjunto de estrategias y procesos utilizados para facilitar la transición organizacional, tecnológica o cultural de una situación actual a un estado deseado.

Gestión de proyectos

Disciplina que involucra la planificación, ejecución y control de actividades para alcanzar objetivos específicos dentro de un plazo y presupuesto definidos.

Iluminación eficiente

Tecnología y diseño de sistemas de alumbrado que maximizan el rendimiento lumínico con el menor consumo energético posible.

Panel solar fotovoltaico

Dispositivo compuesto por celdas solares que capturan la luz solar y la transforman en electricidad utilizable.

Percepción social

Opinión colectiva de una comunidad frente a un fenómeno, propuesta o tecnología determinada, influida por factores culturales, educativos y económicos.

Red de iluminación pública

Infraestructura conformada por postes, luminarias, cableado y sistemas de control utilizados para iluminar espacios urbanos o rurales.

Sistema de almacenamiento energético

Conjunto de tecnologías, como baterías, que permiten guardar la energía generada para su uso posterior, especialmente útil en sistemas solares.

Sostenibilidad

Capacidad de un sistema para mantenerse en el tiempo sin agotar los recursos naturales ni comprometer las generaciones futuras.

Viabilidad técnica

Evaluación de si un proyecto puede ser implementado con éxito desde el punto de vista de la ingeniería, los recursos disponibles y las condiciones del entorno.


Viabilidad económica


Análisis de la relación entre los costos de inversión y operación de un proyecto y los beneficios económicos que este puede generar a corto, mediano o largo plazo.

ANEXOS

Anexo 1 – Encuesta aplicada a comunidad del casco urbano de Cantarranas

Iluminación del casco urbano en Cantarranas, Francisco Morazán

mg763636@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 

 No compartido

** Indica que la pregunta es obligatoria*

1. Edad *

Menos de 20 años

Entre 21 - 30 años

Entre 31 - 40 años

Entre 41 - 60 años

Más de 61 años

2. Género *

Masculino

Femenino

Otro (a)

3. Nivel educativo *

Primaria

Secundaria

Técnico

Superior

Otro

4. ¿Cómo califica el estado actual del alumbrado público en su zona? *

- Malo
- Regular
- Bueno
- Muy bueno

5. ¿Qué problemas ha notado con el alumbrado público en su comunidad? (puede marcar más de uno) *

- Poca iluminación
- Lámparas dañadas o sin funcionar
- Zonas completamente oscura
- Poca cobertura en calles alejadas
- No hay mantenimiento
- Otro

6. ¿Con qué frecuencia observa fallos en el alumbrado público? *

- Muy poco
- Frecuente
- Muy seguido
- Siempre

7. ¿Cómo afecta la falta de alumbrado público en su zona? (puede marcar más de uno) *

- Inseguridad / delincuencia
- Riesgos de accidentes
- Dificultad para transitar en la noche
- Incomodidad visual
- Otro

8. ¿Cree usted que el actual sistema de alumbrado público en el casco urbano necesita ser mejorado? *

- Sí
- No
- No estoy seguro (a)

9. ¿Ha escuchado hablar sobre el uso de paneles solares para alumbrado público? *

- Sí
- No

10. ¿Estaría de acuerdo con que se implementen lámparas solares en Cantarranas? *

- Sí
- No

11. ¿Qué tan importante considera que es modernizar el sistema de alumbrado público? *

- Alto
- Medio
- Bajo

12. ¿Estaría dispuesto a pagar una pequeña tasa adicional para mantener un sistema de alumbrado público moderno? (Los apagones no serían problema) *

- Sí
- No
- Tal vez

Anexo 2 – Especificación de luminaria

ISO9001:2015
ISO14001:2015



SH21 Series Street Light
Product Catalog

SH21 Series Street Light

Product Catalog



SH2101



SH2102



SH2103



SH2104

Overview

Super High Performance Price Ratio

Higher efficacy LED by Bridgelux or San'an chip.
China famous driver brand SOSEN and ZHIHE.
More convenient for installation and maintenance.

Multiple Configurations Optional

10KV SPD is optional.
Glass cover is optional.
Photocell, timer dimming, DALI, 0-10V dimming is optional.
Intelligent control system with NEMA interface is optional.

Wider Application

SHINE SH21 series LED street light will provide the better lumen output, the better stability and very long lifetime.
Provide 5 years warranty for whole fixture.
It can be applied to streets, roads, highways, squares, parks and parking lots.

Colour

■ Silver (other colors can be customized)

LED Source



bridgelux

Provide excellent lumen output, the best stability and excellent visual perception.
(Lumileds, Cree, Nichia, Osram&etc. is optional)

Photocell



UL/TUV certified
Switch on when illuminance <6 LUX
Switch off when illuminance >50 LUX
3 Pin/5 Pin/7Pin

LED Driver



SOSEN

High quality SOSEN driver provide excellent stability, long lifetime and best working performance.
(ZHIHE is optional)

Surge Protector Device



10K 5KA high quality Surge Protector Device can avoid the loss by thunderstrike or surge effectively.
(20KV 10KA is optional.)

Glass is Optional




Glass cover is optional

Streamline Design

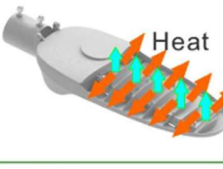


Tool Free Open and Maintenance



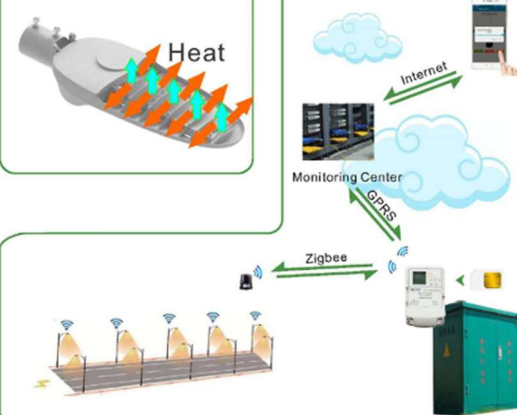
You can open the power supply cavity by rotating the butterfly screw with your fingers.

Excellent Heat Dissipation



Heat

Intelligent Control System



Internet

Monitoring Center

Zigbee

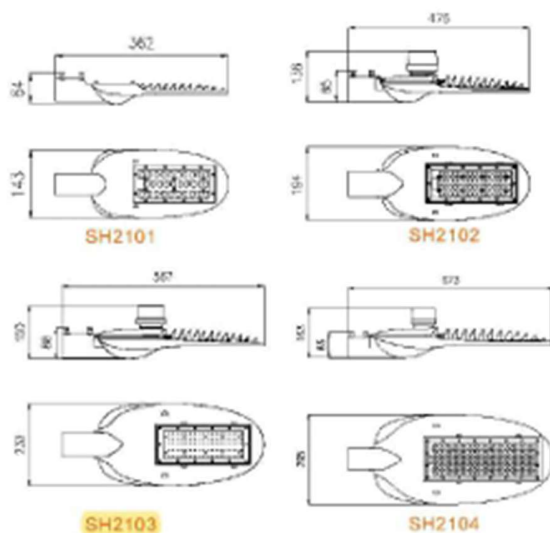
GPRS

Product Parameters



ITEM	SH2101	SH2102	SH2103	SH2104
Nominal Power	20W-30W	40W-60W	80W-100W	120W-150W
Input Voltage	100-277VAC,50/60Hz	100-277VAC,50/60Hz	100-277VAC,50/60Hz	100-277VAC,50/60Hz
Power Factor	>0.95	>0.95	>0.95	>0.95
THD	<15%	<15%	<15%	<15%
Light Distribution	I-S,II-M,III-M,V	I-S,II-M,III-M,V	I-S,II-M,III-M,V	I-S,II-M,III-M,V
CCT	2700K-6500K	2700K-6500K	2700K-6500K	2700K-6500K
CRI	Ra>70	Ra>70	Ra>70	Ra>70
SDCM Value	<5SDCM	<5SDCM	<5SDCM	<5SDCM
Protection Grade	IP67,IK09	IP67,IK09	IP67,IK09	IP67,IK09
LED	Bridgelux 3030	Bridgelux 3030	Bridgelux 3030	Bridgelux 3030
Electrical Protection	CLASS I or CLASS II	CLASS I or CLASS II	CLASS I or CLASS II	CLASS I or CLASS II
Luminous Flux	110~130Lm/W	110~130Lm/W	110~130Lm/W	110~130Lm/W
Housing	Die-casting Aluminum	Die-casting Aluminum	Die-casting Aluminum	Die-casting Aluminum
Warranty	5 Years	5 Years	5 Years	5 Years

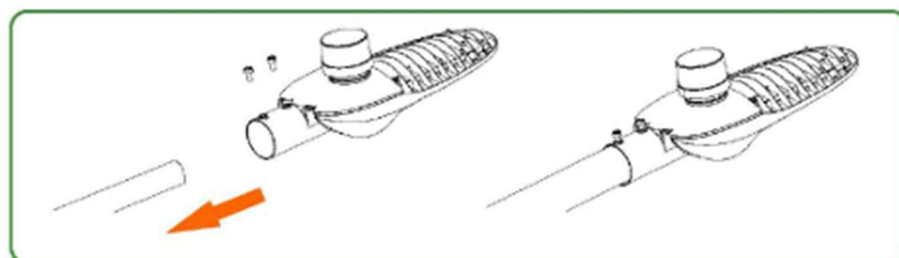
Size Data



Output DC Voltage Range

Item	Output VDC
SH2101	36V(34-39V)
SH2102	36V(34-39V)
SH2103	36V(34-39V)
SH2104	36V(34-39V)

Installation



Practical Application

