



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO
DE ELECTRIFICACIÓN RURAL COMUNIDAD EL ARADITO, SAN MIGUEL LAS FLORES,
MASAGUA, ESCUINTLA**

Roberto René Zacarias Velásquez

Asesorado por el M.A. Ing. Luis Eduardo Hernández González

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO
DE ELECTRIFICACIÓN RURAL COMUNIDAD EL ARADITO, SAN MIGUEL LAS FLORES,
MASAGUA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBERTO RENÉ ZACARIAS VELÁSQUEZ
ASESORADO POR EL M.A. ING. LUIS EDUARDO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martinez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Jorge Gilberto González Padilla |
| EXAMINADOR | Ing. Byron Armando Cuyán Culajay |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Rolando Barrios Archila |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO
DE ELECTRIFICACIÓN RURAL COMUNIDAD EL ARADITO, SAN MIGUEL LAS FLORES,
MASAGUA, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 6 de agosto de 2022.

Roberto René Zacarias Velásquez



EEPFI-PP-1622-2022

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO DEL PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL COMUNIDAD EL ARADITO, SAN MIGUEL LAS FLORES, MASAGUA, ESCUINTLA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energías renovables e incidencia en la matriz energética de Guatemala. - Estructura y dinámica del mercado eléctrico y sus impactos en la economía nacional y global**, presentado por el estudiante **Roberto René Zacarias Velásquez** carné número **200313225**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion De Mercados Electricos Regulados.


Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"




Mtro. Luis Eduardo Hernández González
Asesor(a)


Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-1388-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS TÉCNICO - ECONOMICO DEL PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL COMUNIDAD EL ARADITO, SAN MIGUEL LAS FLORES, MASAGUA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Roberto René Zacarias Velásquez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.303.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL COMUNIDAD EL ARADITO, SAN MIGUEL LAS FLORES, MASAGUA, ESCUINTLA**, presentado por **Roberto René Zacarias Velásquez**, después de haber terminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.



IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|-------------------|--|
| Dios | Por ser el alfa y el omega y haberme dado la sabiduría, fortaleza y paciencia para alcanzar una más de mis metas. |
| Mis padres | Francisco Zacarias y Victoria Velásquez (q. d. e. p.), por sus sabios consejos y haberme apoyado incondicionalmente en la formación de mi educación. |
| Mi esposa | Alba Pérez, por ser mi ayuda idónea y acompañarme en esta aventura de la vida. |
| Mis hijos | Ariana y Roberto Zacarias, por ser el motor de mi vida y que alegran mis días con su ternura, amor y cariño. |
| Mi hermano | Keneht Zacarias, por su motivación, amor y cariño. |
| Mi familia | Por su cariño y amistad. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser la institución que me proporciono los conocimientos académicos en la rama del saber. |
| Facultad de Ingeniería | Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación. |
| Empresa Eléctrica de Guatemala | Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación. |
| Mis amigos | Por haberme brindado su amistad y acompañado durante la carrera. |
| Mi asesor | M.A. Ing. Luis Eduardo Hernández González, por su amistad y haberme guiado durante el trabajo de graduación. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | VII |
| GLOSARIO..... | IX |
| RESUMEN..... | XI |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| 2. ANTECEDENTES | 3 |
| | |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 7 |
| 3.1. Contexto general..... | 7 |
| 3.2. Descripción del problema..... | 8 |
| 3.3. Formulación del problema..... | 10 |
| 3.4. Delimitación del problema..... | 10 |
| 3.5. Delimitación contextual | 11 |
| 3.6. Delimitación geográfica..... | 11 |
| 3.7. Delimitación histórica | 11 |
| | |
| 4. JUSTIFICACIÓN | 13 |
| | |
| 5. OBJETIVOS..... | 15 |
| 5.1. General | 15 |
| 5.2. Específicos | 15 |
| | |
| 6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN | 17 |

| | | |
|---------|---|----|
| 7. | MARCO TEÓRICO PRELIMINAR..... | 19 |
| 7.1. | Comunidad rural | 19 |
| 7.2. | Características de la comunidad rural..... | 19 |
| 7.2.1. | Población | 19 |
| 7.2.2. | Estratos sociales | 19 |
| 7.2.3. | Relaciones sociales rurales | 20 |
| 7.2.4. | Actividad económica rural..... | 20 |
| 7.3. | Energía eléctrica..... | 20 |
| 7.4. | Electrificación rural | 21 |
| 7.4.1. | Usos de la electricidad rural | 22 |
| 7.5. | Redes de distribución eléctrica | 22 |
| 7.5.1. | Redes de distribución rural | 22 |
| 7.5.2. | Redes de distribución aéreas | 23 |
| 7.6. | Componentes de las redes de distribución | 23 |
| 7.7. | Elementos de protección de la línea aérea | 23 |
| 7.7.1. | Seccionador fusible de expulsión | 24 |
| 7.7.2. | Fusibles..... | 24 |
| 7.7.3. | Pararrayos..... | 24 |
| 7.8. | Demanda y consumo de energía..... | 24 |
| 7.8.1. | Características de la demanda | 25 |
| 7.8.2. | Características de los consumidores | 25 |
| 7.8.3. | Tipos de carga o sectores de consumo | 25 |
| 7.9. | Voltajes normados por el distribuidor..... | 26 |
| 7.9.1. | Voltajes monofásicos..... | 26 |
| 7.9.2. | Voltajes trifásicos..... | 26 |
| 7.10. | Análisis financiero..... | 26 |
| 7.10.1. | Valor actual neto (VAN)..... | 26 |
| 7.10.2. | Tasa interna de retorno (TIR) | 27 |
| 7.10.3. | Relación beneficio costo (B/C)..... | 27 |

| | | |
|---------|---|----|
| 7.11. | Análisis técnico | 27 |
| 8. | MARCO CONCEPTUAL..... | 29 |
| 8.1. | Resolución CNEE 153-2018 | 29 |
| 9. | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO | 31 |
| 10. | METODOLOGÍA | 35 |
| 10.1. | Características del estudio | 35 |
| 10.1.1. | Diseño | 35 |
| 10.1.2. | Enfoque | 35 |
| 10.1.3. | Alcance | 35 |
| 10.2. | Unidad de análisis..... | 36 |
| 10.3. | Variables..... | 36 |
| 10.4. | Fases del desarrollo de la investigación..... | 37 |
| 10.4.1. | Fase uno: consulta bibliográfica | 37 |
| 10.4.2. | Fase dos: costo de la red de distribución | 37 |
| 10.4.3. | Fase tres: estimación del consumo promedio | 38 |
| 10.4.4. | Fase cuatro: análisis de la rentabilidad del proyecto..... | 38 |
| 10.5. | Resultados esperados | 38 |
| 10.5.1. | Resultado general | 38 |
| 10.5.2. | Resultados específicos | 39 |
| 11. | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN..... | 41 |
| 12. | CRONOGRAMA..... | 43 |
| 13. | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO | 45 |

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| 13.1. | Recurso humano | 45 |
| 13.2. | Acceso a la información..... | 45 |
| 13.3. | Recurso tecnológico | 45 |
| 13.4. | Equipo | 45 |
| 13.5. | Recursos de financiamiento | 46 |
| 14. | REFERENCIAS | 47 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. Árbol de problemas | 9 |
| 2. Cronograma de actividades..... | 43 |

TABLAS

| | |
|--|----|
| I. Definición teórica y operativa de variables | 36 |
| II. Clasificación de las variables | 37 |
| III. Recursos financieros..... | 46 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------------|----------------------|
| h | Horas |
| km | Kilómetro |
| km² | Kilómetros cuadrados |
| kW | Kilovatio |
| kWh | kilovatio hora |
| m | Metro |
| % | Porcentaje |
| Q | Quetzales |
| V | Voltio |
| W | Vatio |

GLOSARIO

| | |
|------------------------------|---|
| BT | Baja tensión. |
| CNEE | Comisión Nacional de Energía Eléctrica. |
| Comunidad rural | Pueblo alejado del casco urbano. |
| Electrificación rural | Distribución y consumo de energía eléctrica en áreas rurales. |
| Energía eléctrica | Diferencia de potencial entre dos puntos, expresado en voltios. |
| INDE | Instituto Nacional de Electrificación. |
| MT | Media tensión. |
| ODS | Objetivos de desarrollo sostenible. |
| OLADE | Organización Latinoamericana de Energía. |
| ONU | Organización de las Naciones Unidas. |
| Relación B/C | Relación beneficio costo. |

| | |
|---------------------|---|
| Rentabilidad | Beneficio económico que se va a obtener del proyecto. |
| TIR | Tasa interna de retorno. |
| UBMO | Unidad básica de mano de obra. |
| VAN | Valor actual neto. |
| ZRA | Zona rural aislada. |

RESUMEN

En Guatemala, la electrificación rural es un tema de interés porque está considerado en el séptimo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el cual establece que se debe garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. En ese sentido, el Gobierno los ha considerado en sus políticas energéticas, así también la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), por medio de sus resoluciones para poder promover este tipo de proyectos.

Los principales factores que limitan los proyectos de electrificación rural son la pobreza extrema, los costos del proyecto, la distancia al centro de carga, pocos usuarios y usuarios dispersos.

El costo de la red de energía eléctrica para áreas rurales es sumamente alto, debido a que la distancia excede lo establecido por la Ley General de Electricidad, a lo que se suma la geografía accidentada, por lo que es poco atractiva la inversión para las empresas privadas. También la demanda de energía eléctrica, ya que por lo general la mayoría de las personas que habitan en el lugar son de escasos recursos, por lo que el consumo de energía eléctrica puede ser bajo por las condiciones de vida que presentan los habitantes en esos lugares.

El presente diseño de investigación estudia la rentabilidad del proyecto de electrificación rural de la comunidad El Aradito, San Miguel las Flores, Masagua, Escuintla, por medio de un análisis técnico-económico, el cual

cuantificará el costo de los materiales a utilizar, el costo de la mano de obra del proyecto y estimación de la demanda de energía de los usuarios.

Con los resultados obtenidos al procesar la información, se tendrán los indicadores para las empresas públicas y privadas para la toma de decisiones en la inversión de proyectos de electrificación rural, desde una perspectiva del distribuidor, donde la CNEE (Comisión Nacional de Energía Eléctrica) incentiva y reconoce este tipo de proyectos en beneficio de las comunidades rurales.

1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación, el problema que motivó su desarrollo es la necesidad que tienen hoy en día las comunidades rurales más alejadas de construir un proyecto de electrificación rural, ya que se encuentran fuera de la franja establecida, lo cual indica que están a una distancia mayor, con un número de usuarios mínimo y dispersos. La importancia en la inversión de estos proyectos se relaciona con mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Es un tema de interés, ya que en el séptimo ODS establece que se debe garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos, por lo que el Gobierno los ha considerado en sus políticas energéticas, así como la CNEE por medio de sus resoluciones para poder promover este tipo de proyectos.

Por lo anterior descrito, esta investigación pretende estudiar las variables del costo de la red de distribución, el consumo de energía eléctrica para un usuario final y el análisis económico, para lo cual se utilizará estadística descriptiva para poder explicar el comportamiento de las variables.

Para analizar la parte técnico-económica del estudio y su relación se utilizará la rentabilidad económica del proyecto, tomando en cuenta los valores que arrojen el VAN, TIR y la relación B/C, para orientarnos en la toma de decisiones para inversiones en proyectos de electrificación rural.

La investigación está formada por tres secciones. En la primera parte se encuentra la introducción, el problema planteado con sus respectivos objetivos

y la metodología a emplear. La segunda sección abarca el contenido, el cual está constituido por cuatro capítulos: el primero se refiere a los antecedentes; el segundo, el marco teórico y el marco conceptual; el tercero, las características del estudio y las variables que serán analizadas, las fases del desarrollo de la investigación y los resultados que se esperan obtener del análisis; el cuarto es donde se presentarán los resultados que se obtengan del desarrollo de la investigación y su discusión. La tercera sección se compone de las conclusiones y recomendaciones del estudio.

2. ANTECEDENTES

Existen trabajos de investigación, revistas y políticas referentes a la electrificación rural en el país, de las cuales se revisaron y se toman los aportes que ayudan a enriquecer la presente investigación, entre las cuales se mencionan:

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015), en el séptimo ODS se propone el acceso a la energía y que se pueda alcanzar de forma fiable, sostenible y moderna para los habitantes que están en desarrollo. Las fuentes de energía son pocas y el suministro no es de una calidad constante; en la población mundial aproximadamente el 13 % no cuenta con el acceso a esta.

En Guatemala, en el artículo 129 de la Constitución de la Republica “se declara de urgencia nacional la electrificación del país, con base en planes formulados por el Estado y las municipalidades, en la cual podrá participar la iniciativa privada” (p. 36).

En la Ley General de Electricidad, en el artículo 47 indica:

El Estado otorgará recursos para costear la inversión de proyectos de electrificación rural, de beneficio social o pública, que se desarrollen fuera de una zona territorial delimitada. Los recursos que otorgue el Estado serán considerados como un subsidio, no podrán ser trasladados como costo al usuario. Las obras construidas con estos aportes serán administradas y operadas por el adjudicatario, el que se obliga a

mantenerlas en perfecto estado. Los proyectos a que se refiere el párrafo anterior deberán contar con un informe favorable de evaluación socioeconómica del ministerio. (Decreto No. 93-96, p. 16)

Como señala Henry (2004), en las áreas que presentan pobreza extrema se puede ampliar la cobertura de energía eléctrica, por medio de la constitución de fideicomisos de electrificación rural y la venta de los activos de distribución y generación en Guatemala.

Según Say (2012), el área rural de Guatemala, donde no tienen acceso a energía eléctrica, los costos de gastos familiares están orientados en el tema de iluminación, ya que para suplir dicha necesidad deben de utilizar candelas de cera, combustibles y baterías, sumando mensualmente un gasto promedio de Q.60. Dicho costo es mayor a la mensualidad de una factura del servicio de luz para un usuario en el interior del país, entonces la electrificación en el interior es necesaria para su desarrollo.

Para los consumos futuros en una zona alejada, se estiman en los planes de electrificación rural implementados en el país, “agregando por cada región una pequeña desviación en el cálculo, la demanda máxima por usuario por mes es de 20 kWh en los primeros dos años, y alcanzando una demanda máxima de 27 kWh después de los dos años” (Say, 2012, p 5). Los datos se obtuvieron por empresas dedicadas a prestar el servicio de energía en áreas rurales.

Según la política de electrificación rural 2020-2050, “Guatemala ha alcanzado avances por medio de proyectos y programas de electrificación rural” (Say, 2012, p. 6), financiados por medio del INDE, “para lo cual se ha alcanzado

un índice de cobertura de la red eléctrica nacional del 88.14 % y un acceso a la energía del 91.23 %” (Say, 2012, p. 6).

En el artículo Olade: enfoque para proyectos de electrificación rural (OLADE, 2017), los valores que se obtuvieron del estudio caso en Guatemala, entre los aspectos sociales que podemos mencionar se destaca la salud, que, con la inclusión del servicio eléctrico en la comunidad, ahora puede atender el centro de atención permanente las 24 horas del día a los pacientes del área, también pueden preservar por más tiempo los medicamentos que necesiten refrigeración para su conservación.

Manzano (2021) concluye en su trabajo de investigación que los proyectos de electrificación rural y la dispersión de los habitantes afecta el costo de la infraestructura eléctrica, siendo esta una variable importante para el costo acumulado del proyecto, afectando a las comunidades más alejadas de la infraestructura de energía. Por lo tanto, afirma que lo recomendado es instalar sistemas individuales, considerando el factor geográfico accidentado de las comunidades lejanas.

López (2018) indica que los proyectos o programas de electrificación rural tienen dificultades de tipo social al ser evaluados ante las instituciones internacionales, gobiernos, empresas estatales y no estatales.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La electrificación rural del país se declara de urgencia nacional, según la Constitución Política de la República de Guatemala, en su artículo 129, ya que hoy en día las comunidades más alejadas carecen de un proyecto de electrificación rural; entiéndase una red construida de forma adecuada y eficiente, sobre una estructura básica y de calidad, que pueda proveer de un servicio esencial, como lo es la energía eléctrica.

Los costos del proyecto, la distancia al centro de carga, pocos usuarios, usuarios dispersos y pobreza, entre otros, son los principales factores que limitan los proyectos de electrificación rural. Para elevar la cobertura del servicio de energía eléctrica es necesaria la inversión en proyectos en las áreas rurales.

Una consideración muy importante para este caso es que las ZRA se mantendrán así hasta que se implemente un programa nacional que subsidie el acceso a la energía a estos centros poblados, de lo contrario, nunca serán atractivos para los prestadores. (Say, 2012, p. 28)

De la premisa anterior se entiende que deben ser atractivos para los distribuidores, por medio de programas o incentivos que promuevan y estimulen las inversiones para los proyectos de electrificación rural en el área de su concesión.

3.2. Descripción del problema

Según la política de electrificación rural 2020-2050, Guatemala ha alcanzado un índice de cobertura de la red eléctrica nacional del 88.14 % y un acceso a la energía del 91.23 %. Esto se ha logrado por medio de proyectos y programas de electrificación rural, financiados por medio del Instituto Nacional de Electrificación (INDE).

El censo nacional 2018, que incluye esta política, indica que el municipio de Masagua, departamento de Escuintla, tiene un índice de cobertura eléctrica del 94.30 %, pero fuera de este índice de cobertura se encuentra la comunidad El Aradito, San Miguel Flores, la cual lleva 43 años sin el acceso a la energía eléctrica. Se trata de una comunidad de bajos recursos económicos, afectando los servicios básicos en temas de educación, salud, seguridad social, delincuencia, telefonía rural y pobreza.

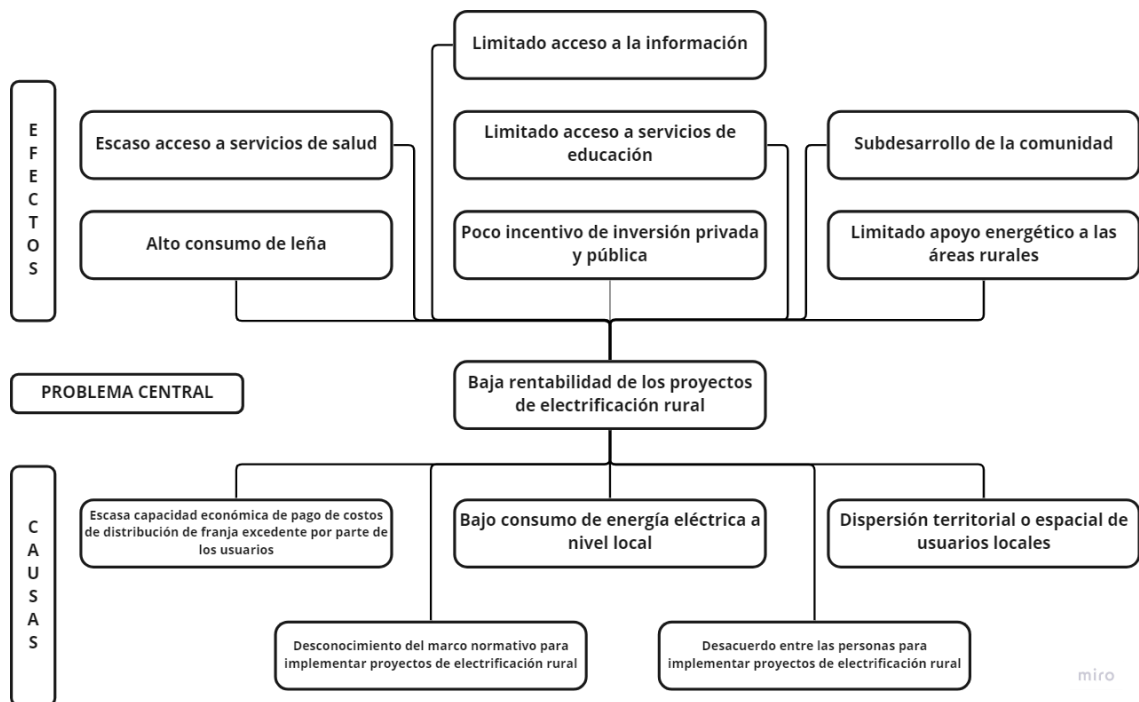
El costo de la red de energía eléctrica para áreas rurales es sumamente alto, ya que los factores que intervienen más relevantes son la distancia de la comunidad al punto de conexión con el distribuidor, que en su mayoría esta distancia excede lo establecido por la Ley General de Electricidad y es poco atractiva la inversión para las empresas privadas.

Otro factor por considerar es la demanda de energía eléctrica que tienen este tipo de áreas rurales, ya que por lo general la mayoría de las personas que habitan en el lugar son de escasos recursos, por lo que el consumo de energía eléctrica puede ser bajo por las condiciones de vida que presentan las áreas rurales.

Por todo lo anterior descrito, los proyectos de electrificación rural son necesarios para el desarrollo de las áreas rurales, ya que repercute en los aspectos económicos, sociales y ambientales de las comunidades que se encuentran alejadas, con una geografía accidentada y de difícil acceso.

Por medio del siguiente esquema se lograron identificar las posibles causas y consecuencias del problema que se estudió:

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio.

3.3. Formulación del problema

- **Pregunta central**

Lo anteriormente descrito revela como resultado una interrogante principal:

- ¿Cuál es el impacto técnico-económico del proyecto de electrificación rural en la comunidad El Aradito, San Miguel Flores, municipio de Masagua, Escuintla?

- **Preguntas auxiliares**

Para responder a la interrogante anterior se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es el costo de la red de distribución del proyecto de electrificación rural?
- ¿Cuál es el consumo promedio de los usuarios al implementar el proyecto?
- ¿Cuáles son los incentivos de inversión en proyectos de electrificación rural?

3.4. Delimitación del problema

A continuación, se presenta la delimitación contextual, geográfica e histórica del problema de investigación que se estudió.

3.5. Delimitación contextual

El análisis técnico económico del proyecto de electrificación se contextualiza en los proyectos de electrificación rural en Guatemala, y cómo ha evolucionado el tema, ya que es de interés nacional la electrificación en el país. Conocer la rentabilidad del proyecto es de suma importancia para la viabilidad de este en el contexto del estudio; se analizarán las variables, rentabilidad del proyecto, costo de la red de distribución y el consumo promedio de los usuarios.

3.6. Delimitación geográfica

Para el estudio se utilizarán los costos del proyecto de electrificación rural en la comunidad El Aradito, San Miguel Flores, en el municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

3.7. Delimitación histórica

Se realizó la delimitación histórica en el año 2021, con el fin de conocer el costo de la red de distribución para el proyecto de electrificación rural en la comunidad El Aradito, San Miguel Flores, en el municipio de Masagua, departamento de Escuintla, y poder analizar la información para evaluar la rentabilidad del proyecto.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se inscribe en la línea de investigación de economía y finanzas, en el apartado de la estructura y dinámica del mercado eléctrico y su impacto en la economía nacional y global; también se relaciona con las líneas de investigación de regulación a nivel nacional y regulación orientada al consumidor final. El fin de dicha investigación, por medio de un análisis técnico-económico de un proyecto de electrificación rural, es el de incentivar y promover esta clase de proyectos sociales en las iniciativas privadas y públicas, para que sean atractivamente rentables a las empresas para su inversión.

La investigación se centrará en el cálculo de materiales y mano de obra de la red de distribución de energía eléctrica del proyecto de electrificación rural, para obtener el costo total de la red de distribución. También se realizará la estimación de la demanda de consumo de los usuarios y, con base en estos costos totales, se podrá determinar la rentabilidad de proyecto.

El producto obtenido al procesar la información serán los indicativos para las empresas públicas y privadas, para la toma de decisiones en la inversión de proyectos de electrificación rural, desde una perspectiva del distribuidor, donde la Comisión Nacional de Energía Eléctrica incentiva por medio de la resolución CNEE 153-2018, la cual reconoce este tipo de proyectos.

Los beneficiarios principales del tema de investigación son las comunidades rurales, por medio de proyectos de electrificación rural; en el área de salud de los habitantes se reducen las enfermedades de origen respiratorias, ya que se reduce el uso de leña como fuente de combustión para calentar los

hogares. En el área de educación, se logra un impacto positivo en el rendimiento académico de los alumnos, ya que pueden tener una iluminación prolongada para los tiempos de estudio. En lo económico, genera desarrollo y mejores oportunidades para los ingresos familiares y, en lo ambiental, reduce la deforestación y la contaminación del área.

Con los aportes de la investigación se pretende promover el incentivo que necesitan las empresas públicas y privadas para el desarrollo de proyectos de electrificación rural, en beneficio de las comunidades que se encuentran alejadas y olvidadas en nuestro país.

En la actualidad no se han efectuado investigaciones que se enfoquen en las empresas distribuidoras, ya sea públicas o privadas; únicamente se enfocan en la parte social, que es la comunidad en el área rural. Lo relevante de esta investigación es que se utilizarán los costos reales de un proyecto de electrificación rural, donde se podrá analizar la evaluación económica para promover el incentivo en este tipo de proyectos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar la rentabilidad del proyecto de electrificación rural en la comunidad El Aradito, San Miguel Flores, municipio de Masagua, departamento de Escuintla, según el costo de distribución y el consumo de energía eléctrica local.

5.2. Específicos

- Calcular el costo de distribución para prestación de servicio, según el valor total de materiales, suministros, transporte y mano de obra del metro lineal de la franja específica del servidor de la comunidad local.
- Determinar el consumo de energía eléctrica local, según el valor total de KWh consumidos.
- Proponer alternativas de incentivos para la ejecución de proyectos de electrificación rural a las empresas públicas y privadas, con base en índices de rentabilidad coherentes con la realidad rural del país.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Con el desarrollo de la presente investigación se analizará la rentabilidad del proyecto de electrificación rural, debido a los resultados del análisis técnico-económico de la rentabilidad del proyecto de electrificación rural en la comunidad El Aradito, San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla, y las repercusiones positivas o negativas que tiene el costo de la red de media tensión para la toma de decisiones en la asignación de presupuesto para inversión de proyectos rurales.

Para darle solución a la problemática del tema de investigación, como primer paso se efectuará la recolección de datos de la comunidad, entre los cuales se pueden mencionar tamaño de la población, ingresos promedio, actividad a la que se dedican, entre otros. Como segundo paso se cuantificarán los materiales a utilizar en el proyecto, tales como postes, anclas, soportes, cables y transformadores. Como tercer paso se calculará la mano de obra que incluirá instalación y traslado de postes, instalación de herrajes de media y baja tensión, instalación de cable de media y baja tensión e instalación de transformadores. Como cuarto paso se realizará la estimación de la demanda de energía eléctrica para los consumidores de la comunidad; y, como último paso, se realizará el análisis económico para determinar la rentabilidad del proyecto.

Dado que actualmente no existe un análisis técnico-económico que se analice desde la perspectiva del distribuidor, toma originalidad el estudio, ya que promueve los proyectos de electrificación rural que se incentivan desde el ente regulador, que es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, en la

resolución CNEE 153-2018, en el apartado IV Planes de expansión y sus respectivos programas de inversión, donde se reconocen las construcciones de este tipo de proyectos para beneficio de los usuarios rurales.

Dentro de las áreas de la Maestría de Mercados Eléctricos Regulados se encuentra la de Economía y Finanzas, donde se considera pertinente realizar el trabajo de investigación para hacer reportes que beneficien principalmente a las comunidades rurales, a los programas de electrificación de rural en Guatemala y al subsector eléctrico en materia de construcción de proyectos rurales.

En cuanto a las herramientas e información que se utilizarán para resolver el problema planteado en la investigación, el investigador labora en la Empresa Eléctrica de Guatemala. Esta proporcionará la información para desarrollar y determinar el costo total de la red eléctrica y demanda de energía para los usuarios del área rural. La información obtenida se procesará por medio de hojas de cálculo y la metodología utilizada para el cálculo económico, que permitirá determinar la rentabilidad del proyecto.

7. MARCO TEÓRICO PRELIMINAR

7.1. Comunidad rural

Para López (2006), las comunidades rurales son aquellas que están dentro de un territorio geográfico específico, donde sus habitantes interactúan entre sí, practicando la cordialidad y las normas de conducta que rigen en su sociedad y que la mayoría de sus habitantes se dedican a actividad agrícolas.

7.2. Características de la comunidad rural

Las características de la comunidad El Aradito, San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla, se describen a continuación.

7.2.1. Población

La población rural se define como el grupo de personas que habitan fuera del área urbana, en donde su ocupación es mayormente en el cultivo de granos, vegetales y la crianza de animales bovinos, de corral y de carga, los cuales son utilizados para consumo propio y para venta con el fin de generar sus propios ingresos. Las herramientas y las técnicas utilizadas para efectuar los trabajos son de tipo rudimentario. (López, 2006)

7.2.2. Estratos sociales

Como indica López (2006), los niveles sociales en la sociedad rural son influenciados por las familias de renombre o grupos de hacendados que son

dueños de grandes extensiones de tierra, los cuales brindan a los pobladores trabajo para que puedan cubrir sus necesidades básicas, siendo solidarios con las personas que carecen de bienes propios.

7.2.3. Relaciones sociales rurales

Como explica López (2006), la aceptación de los grupos sociales muchas veces se enfoca en los rasgos físicos de las personas, como principal característica para ser aceptadas dentro los círculos sociales, no importando el número de habitantes de la comunidad.

7.2.4. Actividad económica rural

Según López (2006), la actividad rural se caracteriza por aquella población que tiene un número no más de 2000 habitantes, que su ubicación, en cuanto a su vivienda en la comunidad, queda distante una de otra, y que su actividad principal de trabajo está relacionada con el cultivo de granos básicos, ganadería y avicultura.

7.3. Energía eléctrica

Es una fuente de desarrollo para los habitantes de una ciudad, puesto que les permite solucionar necesidades y procesos que tienen en la vida cotidiana.

Según Hernández (2016), la electricidad es la energía más utilizada en el entorno doméstico y la única que permite solucionar la mayoría de las necesidades energéticas de una vivienda. Asimismo, son múltiples los usos

como fuente de energía de innumerables tipos de herramientas y máquinas que impulsan la diversidad de actividades productivas.

En ese sentido, entendemos que la energía eléctrica es una necesidad vital para el desarrollo de la sociedad, ya que también contribuye al desarrollo industrial.

La energía eléctrica es suministrada mediante una red que involucra varios procesos y participantes, entre los cuales se consideran: generadoras, transportistas, distribuidoras, grandes y pequeños usuarios. Estos se encuentran situados en la mayor parte del territorio nacional y en los distintos sectores en Guatemala, es un recurso indispensable para el desarrollo del país, su importancia está directamente relacionada con la continuidad y eficiencia de los avances y desarrollos en la tecnología, educación, ingeniería, comunicación, economía, seguridad, informática. Se necesita de un respaldo energético como el servicio de distribución eléctrica con alternativas que garanticen la calidad, estabilidad y confiabilidad. (Tzoy, 2017, p. 12)

7.4. Electrificación rural

Es el proceso de energizar lugares distantes, con una geografía accidentada y de difícil acceso, por medio de estructuras eléctricas que conducen energía.

Como se indica en el Diagnóstico energético en el área rural de Guatemala (2005): el área rural de Guatemala se caracteriza esencialmente por una gran diversidad en recursos naturales, por ser pluricultural y multilingüe. Su

población se caracteriza por su alta dispersión, poca densidad y tendencia al aumento. En 1994, la densidad de la población era de 77 habitantes por km².

7.4.1. Usos de la electricidad rural

Según Urrunaga, Bonifaz, Aguirre, Aragón y Jara (2013), clasifican los usos que se le puede dar a la electrificación rural en uso doméstico, el cual se utiliza para iluminación; uso de las comunidades, el cual lo utilizan en alumbrado público; y uso productivo, que es un beneficio indirecto, en el cual pueden vender bombillos y realizar cubos de hielo.

7.5. Redes de distribución eléctrica

Son infraestructuras eléctricas conformadas por conductores, postes y herrajes, cuyo fin es distribuir energía a la población. Las redes de distribución se clasifican por su nivel de voltaje en redes de Baja tensión (BT) y Media tensión (MT), teniendo voltajes de 1,000 y 69,000 voltios, respectivamente. (Perén, 2009)

7.5.1. Redes de distribución rural

Son las encargadas de conducir el servicio eléctrico a lugares dispersos y alejados. Las áreas rurales no cuentan con calles y no están organizadas por manzanas. Por lo general, se encuentran en zonas dedicadas a la agricultura y la ganadería. Las principales características de las redes de distribución rural son las siguientes: a) usuarios dispersos; b) principalmente cuenta con usuarios residenciales; c) poca demanda de energía; d) promedio de distancias entre apoyos es mayor a 50 m.; e) dificultad para acceder a algunos tramos de las redes; y f)

presencia de fallas en los circuitos debido al contacto de las redes con las ramas de los árboles. (Narvaez y Prado, 2012, p. 35)

7.5.2. Redes de distribución aéreas

Como señala Ramírez (2004), las líneas eléctricas aéreas van soportadas en aisladores, los cuales van instalados en cruceros y estos a su vez están instalados en postes de concreto o madera. Las partes que conforman un sistema aéreo son: conductores, aisladores, cruceros, herrajes, equipos de seccionamiento, postes, transformadores y protecciones.

7.6. Componentes de las redes de distribución

Los componentes de las estructuras básicas de la red de distribución son postes de concreto y madera, crucetas, conductores, herrajes, retenidas, aisladores, dispositivos de protección y transformadores. Con todos estos componentes integrados se crean las redes eléctricas capaces de seguir expandiendo y distribuyendo energía a lugares alejados. (Brenes y Robles, 2016)

7.7. Elementos de protección de la línea aérea

Los elementos de protección de la línea aérea se describen en los siguientes incisos.

7.7.1. Seccionador fusible de expulsión

Es medio de desconexión mecánico que al ser sobrepaso de la corriente nominal del listón fusible, puede abrir y desconectar eléctricamente la carga, aislando la falla en determinada sección de la red de distribución. (Fuentes, 2012)

7.7.2. Fusibles

Como señala Fuentes (2012), es parte del seccionador fusible de expulsión, el cual va alojado en el tubo del portafusible. Tiene la función de fundirse cuando las corrientes de falla y sobrecarga sobrepasan el valor al cual está diseñado para operar. Los tipos de fusibles que hay en el mercado son K, T y E, los cuales se comportan de manera diferente en su operación, cumpliendo la misma función.

7.7.3. Pararrayos

Como afirma Fuentes (2012), son dispositivos que en condiciones normales de operación son un circuito abierto, pero que en condiciones de falla trabajan como un circuito cerrado, drenando las corrientes provocadas por las sobretensiones de las descargas electro atmosféricas o fallas por reducción por la frecuencia.

7.8. Demanda y consumo de energía

La estimación de una demanda en una ZRA, que en el futuro se adicionará al sistema, se puede obtener por los históricos de los consumos de energía que contemplan las interconexiones de los Planes

de Electrificación Rural en Guatemala, contemplando un factor que depende de las características del lugar. (Gil, 2009, p. 14)

7.8.1. Características de la demanda

Una de las principales características de la demanda de energía eléctrica es la variabilidad, por ser un energético no almacenable, la energía eléctrica debe ser producida en el mismo instante en que ocurre una solicitud de consumo. La forma del consumo es determinada básicamente por la voluntad del consumidor, que se refleja en forma casi instantánea en las centrales generadoras. (Morales, 2005, p. 11)

7.8.2. Características de los consumidores

El consumo de energía eléctrica se puede clasificar de varias formas. La primera depende de la cantidad de kilowatts utilizados y se clasifica en pequeños y grandes consumidores y por su uso en residenciales, comerciales e industriales, sin perder de vista la participación del estado como ente regulador y de consumo. (Morales, 2005)

7.8.3. Tipos de carga o sectores de consumo

Santillán y Pallo (2019) plantean que los consumidores o usuarios que tiene las distribuidoras se diferencian por el tipo de consumo que tienen en la carga reportada; los clasifica en residencial, comercial, industrial y otros.

7.9. Voltajes normados por el distribuidor

Las actividades de distribución de energía eléctrica se desarrollan como se explica en los siguientes ítems.

7.9.1. Voltajes monofásicos

Para los servicios de hasta 25 KVA monofásicos conectados al circuito de distribución, según la norma de acometidas del distribuidor responsable del área concesión; los voltajes disponibles para baja tensión son: 120/240 V monofásico y 120/208 monofásico. (CNEE, 2004)

7.9.2. Voltajes trifásicos

Para los servicios hasta 75 KVA trifásicos conectados al circuito de distribución, según la norma de acometidas del distribuidor responsable del área concesión; los voltajes disponibles para baja tensión son: 120/240 V trifásico, 120/208 trifásico y 240/480 V trifásico. (CNEE, 2004)

7.10. Análisis financiero

A continuación, se mencionan los indicadores para determinar la rentabilidad de un proyecto en el análisis financiero.

7.10.1. Valor actual neto (VAN)

Según indica Rodas (2014), el valor actual neto es un parámetro utilizado en la evaluación económica y financiera de proyectos, ya que toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, en donde si el resultado es positivo se

acepta la inversión para el proyecto, o cero, quedando a discreción del inversionista invertir o no. Si es negativo, es descartado para su inversión.

7.10.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Como afirma Rodas (2014), la TIR toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, dando un resultado porcentual, en donde se puede apreciar el rendimiento del proyecto con los recursos económicos utilizados para su inversión, generando ganancias cuando el costo del capital del proyecto es menor a la tasa interna de retorno.

7.10.3. Relación beneficio costo (B/C)

Como señala Rodas (2014), la relación beneficio costo es un parámetro en los proyectos de inversión, ya que por medio de los ingresos y los costos nos permite evaluar un proyecto. Cuando dicho resultado da superior a la unidad, es un indicativo que los ingresos que percibirá el proyecto serán mayores a los costos que se generarán ya en su implementación.

7.11. Análisis técnico

Como indica Sapag (2008), el análisis técnico “tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área” (p. 24). En relación con lo expuesto, con el plano del proyecto, se detallan los materiales como postes, cables, herrajes, conductores, transformadores y protecciones, así como el listado de mano de obra del costo de las unidades básicas de construcción, para obtener el costo total del proyecto.

8. MARCO CONCEPTUAL

8.1. Resolución CNEE 153-2018

Según la resolución CNEE (2018), indica el artículo 35 numeral iv Programas de Electrificación Rural. En este sentido, los costos que se reconocerán para la ejecución de estos programas de inversión corresponden a costos eficientes, resultantes de ejecución y operación de dichos programas de inversión, bajo la debida auditoria y supervisión. Los programas de inversión, cuya ejecución se aprueba dentro del periodo de vigencia del presente pliego tarifario.

Los que determina la CNEE (2018):

iv. Programas de Electrificación Rural: su finalidad es proveer de electricidad a comunidades en áreas rurales, dentro del área de concesión de la Distribuidora, incluyendo sistemas de Micro Red eléctrica que permitan el uso de fuentes de generación de origen renovable, promoviendo de esta manera la sostenibilidad mediante el uso eficiente de la energía, reduciendo costos e incrementando la calidad y la confiabilidad del sistema. (p. 21)

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Comunidad rural

2.2. Características de la comunidad rural

2.2.1. Población

2.2.2. Estratos sociales

2.2.3. Relaciones sociales rurales

2.2.4. Actividad económica rural

2.3. Energía eléctrica

2.4. Electrificación rural

2.4.1. Usos de la electricidad rural

2.5. Redes de distribución

2.5.1. Redes de distribución rural

2.5.2. Redes de distribución aéreas

- 2.6. Componentes de las redes de distribución
 - 2.7. Elementos de protección de la línea aérea
 - 2.7.1. Seccionador fusible de expulsión
 - 2.7.2. Fusibles
 - 2.7.3. Pararrayos
 - 2.8. Demanda y consumo de energía eléctrica
 - 2.8.1. Características de la demanda
 - 2.8.2. Características de los consumidores
 - 2.8.3. Tipos de carga o sectores de consumo
 - 2.9. Voltajes normados por el distribuidor
 - 2.9.1. Voltajes monofásicos
 - 2.9.2. Voltajes trifásicos
 - 2.10. Análisis financiero
 - 2.10.1. Valor actual neto (VAN)
 - 2.10.2. Tasa interna de retorno (TIR)
 - 2.10.3. Relación beneficio costo (B/C)
 - 2.11. Análisis técnico
3. MARCO CONCEPTUAL
- 3.1. Resolución CNEE 153-2018
4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 4.1. Características del estudio
 - 4.1.1. Diseño
 - 4.1.2. Enfoque
 - 4.1.3. Alcance
 - 4.2. Unidad de análisis
 - 4.3. Variables
 - 4.4. Fases del desarrollo de la investigación

- 4.4.1. Fase uno
- 4.4.2. Fase dos
- 4.4.3. Fase tres
- 4.4.4. Fase cuatro
- 4.5. Resultados esperados

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

10. METODOLOGÍA

10.1. Características del estudio

A continuación, se presentan las características del estudio.

10.1.1. Diseño

El tipo de diseño que se realizará para la investigación es no experimental de corte transversal, debido a que las variables a estudiar no se manipularán, ya que se medirán los datos de la muestra como el costo de la red de distribución y consumo de energía eléctrica; esto, con la finalidad de determinar el impacto económico de la rentabilidad del proyecto.

10.1.2. Enfoque

El enfoque de la investigación será mixto, ya que combina la información cuantitativa y cualitativa de las variables a estudiar; la parte cuantitativa del estudio se enfocará en el conteo de los nuevos usuarios que se conectarán a la red distribución de energía eléctrica; en la parte cualitativa, los usuarios serán agrupados según su nivel de consumo.

10.1.3. Alcance

El alcance de la investigación será descriptivo y de pronóstico, ya que se centrará en el estudio técnico-económico del proyecto de electrificación rural,

con el objetivo de conocer los beneficios y el impacto social de este en la comunidad El Aradito, San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla.

10.2. Unidad de análisis

La población en estudio será la red de distribución de energía eléctrica en la comunidad El Aradito, San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla, la cual se ampliará por medio de la red aislada del proyecto de electrificación rural.

10.3. Variables

A continuación se describen las variables que serán utilizadas para el desarrollo de la investigación.

Tabla I. **Definición teórica y operativa de variables**

| Variable | Definición teórica | Fuente |
|---------------------------------|---|--|
| Rentabilidad del proyecto | Es un factor económico, el cual nos indica el beneficio en una inversión. | Se obtendrá del resultado del análisis financiero del proyecto de electrificación rural. |
| Consumo de energía eléctrica | Es la cantidad de energía eléctrica consumida por el usuario final en periodos mensuales. | Se estimará consumo promedio histórico de energía eléctrica de usuarios en la misma condición. |
| Costo de la red de distribución | Son los costos que se requieren para la construcción de un proyecto. | Se obtendrá del resultado del presupuesto del proyecto de electrificación rural. |

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla II. **Clasificación de las variables**

| Variable | Propiedad | Nivel de medición |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Rentabilidad del proyecto (%) | Numérica continua | Razón |
| Consumo de energía eléctrica (kWh) | Numérica continua | Razón |
| Costo de la red de distribución (Q) | Numérica continua | Razón |

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

10.4. Fases del desarrollo de la investigación

Las fases del desarrollo de la investigación se dividen en cuatro y se describen a continuación.

10.4.1. Fase uno: consulta bibliográfica

En esta fase se consultarán las fuentes bibliográficas para recabar toda la información, así como papel, tesis, planes indicativos de electrificación rural, programas de inversión para electrificación rural establecidos en los pliegos tarifarios por la CNEE y sus resoluciones, entre otros.

10.4.2. Fase dos: costo de la red de distribución

En esta fase se calculará el costo de la red de distribución, que está integrado por el detalle de materiales a utilizar en la construcción de la red eléctrica, así como el cálculo de la mano de obra que requiere el proyecto de electrificación rural.

10.4.3. Fase tres: estimación del consumo promedio

En esta fase se estimará el consumo promedio de energía para los usuarios que se conectarán a la red aislada de distribución del proyecto de electrificación rural, mediante la metodología de aplicación para el cálculo demanda de usuarios.

10.4.4. Fase cuatro: análisis de la rentabilidad del proyecto

En esta fase se realizará el análisis de la rentabilidad del proyecto, con base en los resultados obtenidos en el análisis financiero respecto a los valores encontrados en el valor actual neto, la tasa interna de retorno y la relación beneficio costo, mediante el cual se determinará si es factible o no la inversión para la implementación del proyecto.

10.5. Resultados esperados

Con base en las preguntas de investigación, los objetivos generales y específicos, y las fases del estudio propuesto, se espera obtener los siguientes resultados.

10.5.1. Resultado general

- Con el cálculo del costo total de la red de distribución, la estimación promedio del consumo de energía eléctrica de los usuarios y el análisis económico de la investigación se obtendrá la rentabilidad del proyecto de electrificación rural de la comunidad El Aradito, San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla.

10.5.2. Resultados específicos

- Con la cuantificación de materiales, que incluye postes, cable, transformadores, herrajes y el desglose de la mano de obra para la construcción del proyecto de electrificación rural, se obtendrá el costo de la red de distribución.
- Por medio de consumos históricos y la metodología aplicada al cálculo de demanda de usuarios, se obtendrá el consumo promedio de los usuarios del proyecto de electrificación rural.
- Por medio de los parámetros obtenidos del análisis financiero, se obtendrá el listado de los incentivos que promueven la construcción y ejecución de proyectos de electrificación rural.

11. TÉCNICAS DE ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Para la ejecución de la investigación se procederá a solicitar la información del proyecto de electrificación rural de la comunidad El Aradito, San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla, para luego ordenarla y evaluarla para conocer la rentabilidad del proyecto de electrificación rural. Por medio de la estadística descriptiva se elaborarán tablas para la cuantificación de materiales y mano de obra, así como la estimación de la demanda promedio y el análisis económico.

En la fase dos, el costo total de la red de distribución se verificará el plano de la red de distribución eléctrica de la comunidad. Por medio de tablas en hojas de cálculo de Microsoft Office Excel se enlistarán los materiales a utilizar, siendo estos postes, cables, anclas, transformadores y herrajes; también se enlistará el desglose de la mano de obra que representa la UBMO para la construcción del proyecto.

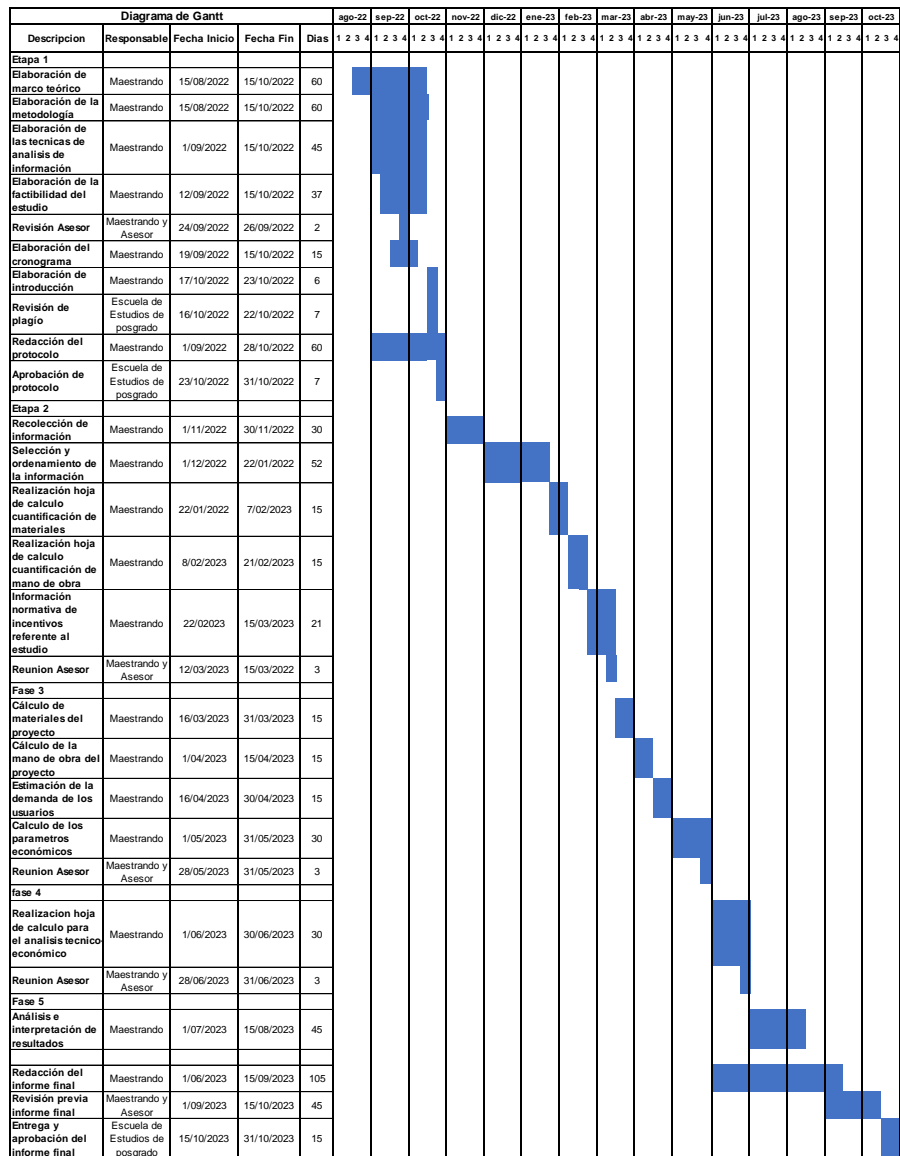
En la fase tres, el consumo promedio de energía para los usuarios, se analizarán los datos históricos de los consumos en comunidades similares. Por medio de tablas y hojas de cálculo de Microsoft Office Excel se obtendrá el promedio del consumo para la demanda individual, para después calcular el total que el proyecto tendrá en función de sus usuarios.

En la fase cuatro, la rentabilidad del proyecto, se calcularán el VAN, TIR y relación B/C; por medio de hojas de cálculo de Microsoft Office Excel se obtendrán los parámetros, los cuales nos servirán para poder enlistar los

incentivos que promuevan la construcción y ejecución de proyectos de electrificación rural.

12. CRONOGRAMA

Figura 2. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para la realización del presente trabajo de investigación se detallan los recursos que serán necesarios para el mismo.

13.1. Recurso humano

Se requiere del investigador, que es estudiante de maestría, y el apoyo del asesor de tesis.

13.2. Acceso a la información

La información que se utilizará para la investigación la proporcionará la empresa donde labora el investigador.

13.3. Recurso tecnológico

Se utilizará una computadora portátil, donde se tiene instalado el paquete de Microsoft Office Excel para el procesamiento de los datos de la investigación.

13.4. Equipo

Se cuenta con un escritorio y una silla ejecutiva para tener un lugar físico donde trabajar la información.

13.5. Recursos de financiamiento

Para la elaboración de la presente investigación, el financiamiento será cubierto por el estudiante de maestría.

Tabla III. Recursos financieros

| Recurso | Costo | Financiamiento |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|
| Energía Eléctrica | Q 200.00 | Estudiante |
| Internet | Q 339.00 | Estudiante |
| Papelería | Q 50.00 | Estudiante |
| Útiles | Q 30.00 | Estudiante |
| Imprevistos | Q 600.00 | Estudiante |
| Honorarios del asesor | -Q 3,000.00 | Asesor |
| Honorarios del estudiante | -Q 2,000.00 | Estudiante |
| Subtotal | -Q 3,781.00 | |
| Aporte del asesor | Q 3,000.00 | Asesor |
| Aporte del estudiante | Q 2,000.00 | Estudiante |
| Total | Q 1,219.00 | Estudiante |

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

El presupuesto para la elaboración de la investigación asciende a la cantidad de Q 1,219.00, el cual será aportado por el investigador, por lo que hace factible su desarrollo.

14. REFERENCIAS

1. Arriaza, H. (2005). *Diagnóstico del sector energético en el área rural de Guatemala*. Canadá: Universidad de Calgary. Recuperado de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0007.pdf>
2. Brenes, G. y Robles, D. (2016). *Diseño, calculos eléctricos y mecánicos de un proyecto de electrificación rural en la comunidad Tisey municipio de Wiwili* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/1356/1/80734.pdf>
3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2018). *Resolución CNEE 153-2018*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2018/CNEE%20153%202018.pdf>
4. Decreto Número 93-96. Ley General de Electricidad. Congreso de la República de Guatemala. Guatemala. 13 de noviembre de 1996.
5. Fuentes, C. (2012). *Análisis de arquitectura de red de salidas de media tensión tipo a del sector sur occidente 2 de la empresa Distribuidora de Electricidad Occidente S.A.* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
6. Gil, J. (Octubre, 2009). Caracterización de la demanda energética en zonas rurales aisladas de Guatemala. *Revista Electrónica* No. 14, 1-10. Recuperado de <https://docplayer.es/15484523-Characteriza>

cion-de-la-demanda-energetica-en-zonas-rurales-aisladas-de-guatemala.html

7. Henry, T. (2014). *La reestructuración del subsector eléctrico en Guatemala en el marco de la política sectorial para ampliar la cobertura de electrificación de las poblaciones rurales* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Hernández, M. (2016). *Incidencia de la innovación tecnológica energética, en el desarrollo humano y el cambio social en la población rural de Guatemala. Estudio de caso: implementación de la microcentral hidroeléctrica comunitaria de la aldea Chel, San Gaspar Chajul, Quiché* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
9. López, R. (2006). *La formación ocupacional como alternativa para disminuir los flujos migratorios y favorecer la incorporación de los jóvenes al trabajo. Estudio de caso: Región Boca Costa del municipio de Nahualá, Departamento de Sololá* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. López, A. (2018). *Metodología de evaluación de la sostenibilidad de proyectos de electrificación rural* (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Cataluña, España. Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/666244#page=1>
11. Manzano, L. (2021). *Elaboración y evaluación de modelos energéticos sostenibles en entornos rurales aislados de la Amazonía del*

Ecuador (tesis de doctorado). Universidad de Zaragoza, España. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/106274/files/TESIS-2021-193.pdf>

12. Ministerio de Energía y Minas (2022). *Plan Indicativo de electrificación rural*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2019/12/Plan-Idicativo-de-Electrificacio%CC%81n-Rural-2020-2032.pdf>
13. Morales, H. (2005). *El sistema de interconexion electrica centroamericano y su impacto en el mercado de electricidad en Guatemala* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
14. Narvaez, Y. y Prado, K. (2012). *Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensioón para la normalización del barrio El Piñoncito de Campo de La Cruz* (tesis de licenciatura). Universidad de la Costa Cuc, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/632/1140826625%20-%2072298776.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Organización Latinoamericana de Energía (Octubre, 2017). Enfoque para proyectos de electrificacion rural. *EnerLAC*, 1(1), 6-23. Recuperado de <https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/10/9>
16. Organizacion de Naciones Unidas (11 de octubre, 2015). Desarrollo Sostenible [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

17. Perén, L. (2009). *Técnicas para mantenimiento, conversiones y mejoras, en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8KV y 34.5KV en vivo* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
18. Ramírez, S. (2004). *Redes de distribución de energía*. Colombia: Imprenta de la Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://blog.espol.edu.ec/econde/files/2012/08/libro-redes-de-distribucion.pdf>
19. Rodas, J. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la inversión de una empresa dedicada a la comercialización de lubricantes [motul] para uso en motores de transporte de carga pesada, en el departamento de Guatemala* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
20. Santillán, D. y Pallo, F. (2019). *Estudio de la proyección de la demanda eléctrica y su impacto en el sistema de CNEL EP Unidad de Negocios los Ríos en el periodo comprendido del 2019 al 2024* (tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17654/1/UPS-GT002724.pdf>
21. Sapag, N. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
22. Say, E. (2012). *Regulación eléctrica de zonas rurales aisladas de Guatemala* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

23. Tzoy, A. (2017). *Diseño de investigación: análisis de la red de distribución del sector industrial de la zona 12 de 2016 a 2025, para su reforzamiento mediante una subestación subterránea (GIS) de 69/13.8KV* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
24. Urrunaga, R., Bonifaz, J., Aguirre, J., Aragón, G. y Jara, O. (2013). *Beneficios sociales de la electrificación rural*. Perú: Apesu.

