



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA  
ESTABLECER COOPERATIVAS ELÉCTRICAS COMO MODELO ALTERNATIVO PARA LAS  
ÁREAS SIN COBERTURA Y CON DEFICIT DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**

**Angel Isidro Silvestre Quiñónez**

Asesorado por el MA. Ing. Douglas Eduardo Zeceña Aguirre

Guatemala, marzo de 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA  
ESTABLECER COOPERATIVAS ELÉCTRICAS COMO MODELO ALTERNATIVO PARA LAS  
ÁREAS SIN COBERTURA Y CON DEFICIT DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ANGEL ISIDRO SILVESTRE QUIÑÓNEZ**

ASESORADO POR EL MA. ING. DOUGLAS EDUARDO ZECEÑA AGUIRRE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, MARZO DE 2022



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 Martínez
VOCAL III	Inga. 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**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Chaj Ramírez
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 PARA EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA ESTABLECER COOPERATIVAS ELÉCTRICAS COMO MODELO ALTERNATIVO PARA LAS ÁREAS SIN COBERTURA Y CON DEFICIT DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de enero de 2022.

**Angel Isidro Silvestre Quiñónez**





**EEPI-PP-0078-2022**

Guatemala, 12 de enero 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: **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONOMICA PARA ESTABLECER COOPERATIVAS ELÉCTRICAS COMO MODELO ALTERNATIVO PARA LAS ÁREAS SIN COBERTURA Y CON DEFICIT DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Modelos de gestión de redes eléctricas**, presentado por el estudiante **Angel Isidro Silvestre Quiñónez** carné número **201031570**, 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"*

Douglas Eduardo Zeceña Aguirre  
ING. MECANICO ELECTRICISTA  
COLEGIADO No. 11972

Mtro. Douglas Eduardo Zeceña Aguirre  
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-0078-2022

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: **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONOMICA PARA ESTABLECER COOPERATIVAS ELÉCTRICAS COMO MODELO ALTERNATIVO PARA LAS ÁREAS SIN COBERTURA Y CON DEFICIT DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**, presentado por el estudiante universitario **Angel Isidro Silvestre Quiñónez**, 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, enero de 2022

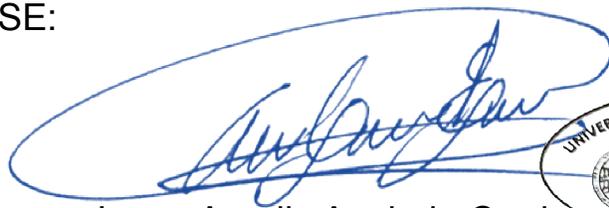


Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.171.2022

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 PARA EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA ESTABLECER COOPERATIVAS ELÉCTRICAS COMO MODELO ALTERNATIVO PARA LAS ÁREAS SIN COBERTURA Y CON DEFICIT DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**, presentado por: **Angel Isidro Silvestre Quiñónez**, después de haber culminado 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 2022

AACE/gaoc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por haberme permitido llegar a este momento.
- Mis padres** Ramona Quiñónez y Jesús Silvestre, por su amor, apoyo incondicional y los sacrificios realizados.
- Mis hijos** Angel Eduardo y Andrea Isabella, por impulsarme a culminar este objetivo.
- Mi esposa** Agustina Cárdenas, por el apoyo en todo momento.
- Mis hermanos** Maritza, Nelida y Gerardy, por su comprensión en los momentos que dejé de compartir con ustedes por perseguir este objetivo.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Mi <i>alma mater</i> que me permitió tener acceso a educación universitaria.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos adecuados para la realización de esta investigación.
<b>Mis abuelos</b>	Nicolás Quiñónez (q. e. p. d.), Juana Montejo (q. e. p. d.), Isidro Silvestre y Dolores Jacinto por sus consejos y por esperarme siempre con una sonrisa.
<b>Mi familia</b>	Sobrinos, primos, suegros, cuñados y especialmente a mis tíos, quienes me han dado su apoyo y consejos cuando más lo he necesitado.
<b>Mis amigos</b>	Por su acompañamiento y apoyo.
<b>Mi asesor</b>	MA. Ing. Douglas Zeceña, por haberme guiado en esta investigación.



## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1 Descripción del problema .....	9
3.2 Formulación del problema .....	10
3.3 Delimitación del problema .....	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.....	19
7.1 Electrificación Rural en Guatemala .....	19
7.1.1 Electrificación rural como problema global .....	19
7.1.2 Cobertura eléctrica en Guatemala .....	23

	7.1.2.1	Cobertura por departamento .....	26
	7.1.2.2	Cobertura por municipio .....	26
7.1.3		Actores institucionales en los procesos de electrificación.....	32
7.1.4		Repaso a los proyectos electrificación rural en Guatemala.....	34
7.2		Modelos de electrificación rural a nivel mundial .....	40
7.2.1		Cooperativas eléctricas .....	42
	7.2.1.1	El sistema cooperativo .....	42
7.2.2		Las cooperativas como distribuidoras de electricidad .....	43
	7.2.2.1	Cooperativas eléctricas en Estados Unidos .....	44
	7.2.2.2	Cooperativas eléctricas en Costa Rica	49
	7.2.2.3	Cooperativas Eléctricas en Bangladesh .....	54
	7.2.2.4	Cooperativas eléctricas en Chile .....	56
7.3		Caracterización de la carga en zonas rurales de Guatemala...	58
7.3.1		Entorno socioeconómico en el área rural .....	59
	7.3.1.1	Densidad poblacional .....	59
	7.3.1.2	Ingresos económicos .....	60
7.3.2		Caracterización de la carga en la Franja Transversal del Norte.....	61
	7.3.2.1	La Franja Transversal del Norte .....	61
	7.3.2.2	Caracterización por Fundación Solar ..	62
7.4		Empresas eléctricas municipales en Guatemala.....	64
7.4.1		Usuarios y tarifas de EEM's .....	65
7.4.2		EEM's en el mercado mayorista .....	67
7.4.3		Indicadores de calidad de EEM's .....	68

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	71
9.	METODOLOGÍA.....	75
9.4.1	Fase 1: exploración bibliográfica y datos disponibles.....	78
9.4.2	Fase 2: revisión regulatoria .....	78
9.4.3	Fase 3: Estudio de factibilidad social.....	80
9.4.4	Fase 4: Estudio de factibilidad técnica.....	82
9.4.5	Fase 5: Estudio de factibilidad económica.....	83
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	85
11.	CRONOGRAMA.....	89
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	91
13.	REFERENCIAS.....	93
14.	APÉNDICES.....	101

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	18
2.	Acceso a la electricidad a nivel mundial (% de población).....	20
3.	Acceso a la electricidad a nivel mundial (% de la población rural) .....	21
4.	Acceso a la electricidad a nivel mundial (% de la población urbana) .....	21
5.	Evolución del índice de electrificación de Guatemala .....	24
6.	Mapa del índice de cobertura eléctrica de Guatemala .....	25
7.	Índice de electrificación y usuarios sin suministro por departamento.....	26
8.	Distribución de porcentaje de electrificación por intervalos.....	27
9.	Distribución de usuarios sin cobertura eléctrica por intervalos.....	32
10.	Estructura institucional en los procesos de electrificación .....	34
11.	Inversión y usuarios beneficiados por proyectos de electrificación después de 1996.....	39
12.	Áreas de servicios cooperativos de distribución de electricidad en EE. UU. ....	45
13.	Distribución de cooperativas eléctricas en EE. UU. al 2006 .....	46
14.	Comparación entre distribuidores de electricidad en EE. UU. al 2016 .....	49
15.	Áreas de concesión de distribuidoras de Costa Rica .....	51
16.	Participación de distribuidoras por energía vendida 2012.....	52
17.	Índice de obertura eléctrica de Costa Rica .....	53

18.	Comparación costos de Energía Coopesca vs ICE .....	54
19.	Consumo de electricidad en Bangladesh (kWh per capita) .....	55
20.	Zonas de concesión de cooperativas eléctricas de Chile .....	58
21.	Densidad poblacional de Guatemala 2020 .....	59
22.	Ingresos laborales de Guatemala por quintil 2020 .....	60
23.	Ingresos laborales de Guatemala por área 2020 .....	61
24.	Zonas rurales estudiadas .....	62
25.	Demanda proyecta en zonas rurales.....	63
26.	Áreas de concesión de distribuidoras de energía eléctrica en Guatemala .....	65
27.	Cantidad de usuarios de EEM's .....	66
28.	Tarifas de distribuidoras y EEM's .....	66
29.	Consumo total de EEM's 2019-2020 por mes .....	67
30.	Facturación Media vs Demanda Firme 2020 EEM's.....	68
31.	Resumen de resultados de encuestas 2002-2003 .....	69
32.	Resumen de resultados de encuesta 2014 .....	69
33.	Clasificación de las variables .....	76
34.	Estadística descriptiva de Microsoft Excel.....	85
35.	Ejemplo de presentación de resultados.....	86
36.	Cronograma .....	89

## **TABLAS**

I.	Municipios entre 70 % - 80 % de cobertura eléctrica.....	28
II.	Municipios entre 60 % - 70 % de cobertura eléctrica.....	28
III.	Municipios entre 50 % - 60 % de cobertura eléctrica.....	29
IV.	Municipios entre 40 % - 50 % de cobertura eléctrica.....	30
V.	Municipios entre 30 % - 40 % de cobertura eléctrica.....	30
VI.	Municipios entre 20 % - 30 % de cobertura eléctrica.....	31

VII.	Municipios entre 10 % - 20 % de cobertura eléctrica .....	31
VIII.	Matriz de modelos de electrificación rural .....	41
IX.	Usuarios de cooperativas de Costa Rica .....	53
X.	Datos de cooperativas eléctricas de Chile .....	57
XI.	Definición teórica y operativa de variables .....	77
XII.	Consolidación de costos .....	87
XIII.	Recursos necesarios para la investigación .....	91

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>US\$</b>	Dólar, moneda de Estados Unidos
<b>km</b>	Kilómetros
<b>kW</b>	Kilovatio
<b>kWh</b>	Kilovatio hora
<b>kV</b>	Kilovoltio
<b>MW</b>	Mega Vatio
<b>MWh</b>	Mega vatio hora
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzal, moneda de Guatemala



## **GLOSARIO**

<b>AID</b>	Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos.
<b>AMM</b>	Administrador del Mercado Mayorista.
<b>BTS</b>	Tarifa dirigida a usuarios conectados en baja tensión, que no sobrepase una potencia máxima demandada de 11 kW.
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Es el órgano técnico encargado de cumplir y hacer cumplir la Ley General de Electricidad.
<b>CNFL</b>	Compañía Nacional de Fuerza y Luz.
<b>DEOCSA</b>	Distribuidora de Electricidad de Occidente S. A.
<b>DEORSA</b>	Distribuidora de Electricidad de Oriente S. A.
<b>ECOE</b>	Empresa de Comercialización de Energía del INDE.
<b>EGEE</b>	Empresa de Generación de Energía Eléctrica del INDE.
<b>ENDESA</b>	Empresa Nacional de Electricidad de Chile.

<b>EEGSA</b>	Empresa Eléctrica de Guatemala S. A.
<b>EEM's</b>	Empresas Eléctricas Municipales. Prestan el servicio de distribución en algunas cabeceras departamentales y municipales de Guatemala.
<b>FENACOPEL</b>	Federación Nacional de Cooperativas Eléctricas de Chile.
<b>G&amp;T</b>	Generación y transmisión.
<b>LGE</b>	Ley General de Electricidad.
<b>ICE</b>	Instituto Costarricense de Electricidad.
<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Electrificación.
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas. Es el órgano del Estado responsable de coordinar y formular las políticas, planes, programas relativos al subsector eléctrico y aplicar la Ley General de Electricidad.
<b>NRECA</b>	Asociación Nacional de Cooperativas Eléctricas de Estados Unidos.
<b>NTDOID</b>	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución. Establece las disposiciones, criterios y requerimientos de diseño

para asegurar el adecuado funcionamiento de las instalaciones de distribución.

<b>NTSD</b>	Normas Técnicas del Servicio de Distribución. Establece los derechos y obligaciones de las empresas distribuidoras y usuarios del servicio de distribución, así como los índices e indicadores de referencia para calificar la calidad del servicio de distribución.
<b>OIT</b>	Organismo Internacional de Trabajo.
<b>PER</b>	Proyectos de Electrificación Rural.
<b>RLGE</b>	Reglamento de la Ley General de Electricidad.
<b>TS</b>	Tarifa de carácter social subsidiada por el INDE de acuerdo a rangos establecidos, dirigida a usuarios conectados en baja tensión.
<b>USDA</b>	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.



## RESUMEN

El presente diseño de investigación busca realizar una evaluación técnica y económica para establecer cooperativas eléctricas como un modelo alternativo para la electrificación de las áreas sin cobertura eléctrica.

El mismo constituye un primer acercamiento para cuestionar si una cooperativa puede tener un impacto en la cobertura eléctrica a nivel rural (que ha experimentado un estancamiento y necesita un nuevo enfoque) y resolver problemas de conflictividad social, atención al cliente y calidad del servicio que experimentan las empresas distribuidoras de electricidad de inversión privada en el área rural, bajo el enfoque de la maximización del bienestar del asociado antes que priorizar los resultados económicos.

No obstante, no se debe relacionar el objetivo de una cooperativa y su fuente de financiamiento con una asociación informal, por lo que se deben abordar los lineamientos para su creación y participación en el sector eléctrico nacional, a través de revisión de normativas y entrevistas con expertos de la regulación y mercado nacional. Se deben revisar los aspectos técnicos y económicos para considerarse viable a través de la revisión de modelos similares a nivel mundial, haciendo hincapié en países como Estados Unidos, Costa Rica, Bangladesh y Chile que lo han adoptado como un agente apropiado para las áreas rurales.

Se espera que una cooperativa se inserte en el sector eléctrico nacional como el modelo más adecuado para las áreas rurales con reglamentos de creación y operación específicos para lograr su objetivo.

Palabras clave: distribuidoras de electricidad, cooperativas eléctricas rurales, mercados eléctricos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Llevar energía eléctrica al área rural de Guatemala es un desafío en aspectos técnicos y económicos, una obligación en términos morales y de equidad social y una puerta al desarrollo por la transformación que pueden experimentar las comunidades con acceso a este servicio.

Actualmente el índice de cobertura eléctrica nacional es de 88.9 %, con un grupo de departamentos como Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango con un índice superior al 95 % y otro grupo de departamentos como Baja Verapaz, Petén y Alta Verapaz que tienen un índice menor al 80 %. Este último departamento tiene 9 municipios con un índice menor al 40 %, teniendo al municipio de Tukurú como el último lugar a nivel nacional con un 19.22 %.

Se han realizado esfuerzos por parte del gobierno para conectar a las comunidades a través de los distintos Proyectos de Electrificación Rural que han existido y también ha emergido la figura de organizaciones no gubernamentales para el financiamiento, apoyo técnico y organizacional para sistemas aislados con generación renovable, aprovechando los recursos que se han encontrado en las comunidades, generalmente de tipo hidráulico y solar.

Actualmente es el gobierno el que sigue liderando la electrificación rural a través del Instituto Nacional de Electrificación (INDE), dotando o buscando financiamiento para la construcción de las redes eléctricas para la conexión de las comunidades a la red del distribuidor más cercano, quedando ésta empresa a cargo de la operación de la red y clientes conectados. La participación de las comunidades para lograr su electrificación está en asumir el costo total de la

extensión de las líneas eléctricas, ya que a partir de los 200 metros de la infraestructura del distribuidor no es obligatoria la conexión de nuevos suministros según normativa vigente. Este esquema ha sido utilizado generalmente por clientes industriales, ya que para las comunidades representa el problema de no ser los dueños de esta infraestructura, por lo que se sigue dejando estos proyectos en manos de la empresa estatal de energía eléctrica.

Con el objetivo de que las comunidades pasen de ser observadores y grupos de alto interés con bajo poder a grupos de alto interés con alto poder de decisión para lograr su electrificación, se aborda la investigación de la creación de cooperativas eléctricas para la autogestión del servicio de distribución de energía eléctrica.

Por la complejidad que tiene el negocio de la energía eléctrica, la investigación abordará los aspectos sociales, técnicos y económicos para su viabilidad y la revisión normativa para su implantación al no tener similares en la regulación nacional y que pretende dinamizar el sector como un nuevo participante para la distribución de energía eléctrica.

La investigación contempla el desarrollo de los siguientes capítulos:

El primer capítulo explica la electrificación rural en Guatemala, dando un panorama de cómo la misma es un problema a nivel mundial, los índices de cobertura eléctrica por departamento y municipio para tener claridad de la situación e ir delimitando el área de interés, se listan los actores institucionales y se da un repaso a los proyectos de electrificación ejecutados. Se presentan los modelos utilizados a nivel mundial, enfocando el modelo cooperativista de distribución en países como Estados Unidos, Costa Rica, Bangladesh y Chile. Para tener datos acerca de la situación socioeconómica del país se presenta la

densidad poblacional e ingresos económicos y para tener la referencia de la demanda proyectada de las comunidades no electrificadas se resumen los estudios de La Franja Transversal del Norte. Este capítulo finaliza con una revisión a las Empresas Eléctricas Municipales que prestan el servicio de distribución a sus municipios por ser el modelo alternativo actual, desde la cantidad de usuarios, tarifas, calidad, hasta los datos disponibles sobre su participación en el mercado.

El segundo capítulo presentará el desarrollo de la investigación, así como la metodología utilizada para cada fase como entrevistas con expertos de la regulación y mercado nacional, encuestas a comunidades seleccionadas para conocer su situación demográfica, socioeconómica, la disposición a pagar la energía eléctrica, su interés en ser parte de una cooperativa y el estudio técnico y económico por cada comunidad seleccionada.

En el tercer capítulo se analizarán y se hará la comparación de los resultados si la electrificación se realiza con el método convencional o a través de una cooperativa.

En el cuarto capítulo, se definirán y propondrán los aspectos a considerar para que una cooperativa pueda ser implantada y viable como la creación de normativa específica, apoyo fiscal, entre otros.



## 2. ANTECEDENTES

Arriaza (2005), en su informe sobre la situación energética del área rural, realiza un amplio diagnóstico sobre los problemas y desafíos que impiden la electrificación de las comunidades como la dispersión, esquemas de organización rural y el ingreso de las familias. Realiza un repaso a la regulación vigente, sus instituciones, la cronología de los proyectos que han existido, programas actuales para lograr la electrificación rural a través del INDE y el rol de las distribuidoras privadas en este proceso. Aborda las barreras considerando los aspectos financieros, institucionales, técnicos, además de experiencias desarrolladas en distintos puntos del país para la electrificación en zonas rurales a través de sistemas aislados, con proyectos mini eólicos como en Yuxquén, pequeñas hidroeléctricas como la de Chusebel y proyectos de energía solar fotovoltaica en San Buenaventura y en aldeas de Punta de Manabique y el Quetzalito.

Morales (2015), concentra su trabajo de investigación se en los municipios que conforman de la franja transversal del norte, con importantes recursos hídricos y con las tasas de electrificación más bajas del país. Contiene datos importantes como población, consumo eléctrico proyectado por usuarios y otros datos importantes al tema central que es la creación de pequeñas centrales hidroeléctricas en sistemas aislados para dar cobertura eléctrica a las familias de estos municipios.

Paredes y Loveridge (2018) en su artículo comienza correlacionando datos del consumo de energía eléctrica con los datos del área de servicio de cooperativas eléctricas a nivel de código postal. Encuentran que hay que

considerar muchos parámetros, ya que la inclusión o no de éstos puede cambiar de extremo el resultado que esperan obtener. Después van controlando algunos datos como la ruralidad y estiman el impacto de esta participación en el crecimiento a nivel de condado en 2010-2014. Finalmente concluyen la participación de las cooperativas eléctricas está relacionada positivamente con el crecimiento salarial a nivel de condado en las áreas rurales. El resultado es pequeño pero positivo y estadísticamente significativo. Los resultados implican que las cooperativas eléctricas rurales brindan beneficios más allá de la prestación de servicios.

Heriot y Campbell (2005), en su artículo abordan el emprendimiento en la zona rural de Estados Unidos y los distintos modelos de asistencia para esta zona. Posteriormente repasan brevemente la historia de las cooperativas eléctricas, dando datos de fechas, estados donde fueron implementando las cooperativas, relacionando también el crecimiento del movimiento. Realizan una propuesta de desarrollo económico aplicable a las zonas rurales, mediante estudio de casos de las siguientes cooperativas: Witheville, North Carolina, Black River Falls, Wisconsin, Maddock, North Dakota. Con estos casos de estudio, van formulando que el modelo del cooperativismo desarrolla el espíritu empresarial en las zonas rurales de los Estados Unidos.

Schmukler (2018), en su tesis de maestría revisa la electrificación rural como un problema mundial y las razones causa, da un repaso a las distintas formas de electrificación en el mundo, especialmente las experiencias en Latinoamérica y se concentra en el proceso de conexión de las áreas rurales en Argentina, que ha tenido una trayectoria muy cambiante, por la extensión territorial, la dispersión de las comunidades y las importantes desigualdades socio-económicas entre pobladores rurales y urbanos. Aborda el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) en 1999 con un análisis

socio-técnico específico del Programa PERMER que atravesó el programa al ser implementado en la provincia de Jujuy y el proceso de electrificación que se dio a nivel local y al final hace comparaciones de modelos eléctricos distribuidos y concentrados aplicados en esta área.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### Contexto general

El gobierno de Guatemala dentro del plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032 incluye en sus metas la cobertura eléctrica en el 100 % de las áreas rurales para uso domiciliario, a través del fortalecimiento del programa de electrificación rural (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2014). Sin embargo, no hay certeza de que este objetivo se cumpla en el período establecido.

#### **3.1 Descripción del problema**

En el país, aún existen áreas sin cobertura eléctrica, especialmente el área rural de Guatemala. Esta situación, se debe principalmente a los altos costos para construir las líneas de transmisión hacia las comunidades rurales aisladas por su distancia a la infraestructura eléctrica existente y la dispersión que tienen. Además si estas áreas se logran electrificar, la baja densidad de consumo de los usuarios y las pérdidas técnicas por las grandes distancias de las líneas hace que el retorno de la inversión sea muy alta. Para que las distribuidoras sigan teniendo utilidades, se definen tarifas altas, con las cuales el usuario no está de acuerdo muchas veces ya que no logra percibir que las mismas sean coherentes con la calidad del servicio prestado.

Por otro lado, si no se logran electrificar estas zonas aisladas, seguirán con acceso restringido al desarrollo socio económico que se considera precede de la electrificación, por la transformación productiva en las comunidades.

### **3.2 Formulación del problema**

Lo anteriormente expuesto, da lugar a los siguientes cuestionamientos:

- Pregunta central
  - ¿Cómo aumentar el índice de cobertura eléctrica y mejorar la calidad del servicio de distribución a través de la creación de cooperativas eléctricas?
  
- Preguntas auxiliares
  - ¿Cuáles son los requisitos que debe de cumplir una cooperativa eléctrica para ser autorizada?
  
  - ¿Qué parámetros técnicos deben analizarse para considerar viable que una cooperativa eléctrica preste el servicio de distribución eléctrica en un área determinada?
  
  - ¿Qué aspectos económicos se deben analizar para dictaminar que una cooperativa eléctrica podrá operar una red de distribución de manera eficiente?

### **3.3 Delimitación del problema**

Este problema está definido para áreas sin cobertura eléctrica. Esta investigación tomará datos y casos de lo que se denomina la Franja Transversal del Norte, que tiene los municipios con menor índice de cobertura eléctrica.



## 4. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de Graduación de la Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados se inserta bajo la línea de investigación de Modelos de gestión de redes eléctricas. El mismo se sitúa en la familia de Impactos en el negocio de distribución eléctrica, que pretende desarrollar un tema muy poco abordado y desconocido para ciertos ámbitos.

Desde la desmonopolización de las actividades de generación, distribución y transporte de energía eléctrica con la creación de la Ley General de Electricidad en 1996, se han logrado objetivos importantes como la atracción de inversión privada para cada uno de los segmentos de participación en el mercado mayorista. Sin embargo, el modelo de electrificación rural, desde la creación de la ley anteriormente mencionada, pasa de un 60.3 % de cobertura a un índice de 80.7 % en 2001 con un crecimiento constante. A partir de este año se ha reportado un crecimiento menos acelerado, con descensos en el indicador en algunos períodos. El índice actual que reporta el Ministerio de Energía y Minas es de 88.14 % de cobertura, con 5 departamentos que tienen una cobertura eléctrica menor al 80 %, con un retroceso para el año 2020 por las restricciones operativas y financieras debido a la pandemia del COVID-19.

Por otro lado, las empresas distribuidoras están sometidas a las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD) emitido por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), que rige lo referente a la calidad del producto, calidad del servicio técnico y la calidad del servicio comercial. Generalmente las operaciones comerciales y operaciones asociadas a la red, se agrupan en regiones que a su vez tienen centros técnicos principales y a partir de estos

puntos se definen franjas o rutas que suponen distintos costos por el desplazamiento que el contratista realiza para resolver una orden de trabajo. Evidentemente las franjas más cercanas a los centros técnico que suministran materiales, vehículos, entre otros, son más rentables que las franjas más lejanas.

Se maneja como alternativa, la creación de cooperativas eléctricas para poder electrificar las comunidades más alejadas bajo la premisa que las utilidades estarán directamente destinadas al mantenimiento, mejoras a la infraestructura y a los procesos asociados al servicio de distribución, es decir, una institución sin fines de lucro con la finalidad de llevar el máximo beneficio a las comunidades donde actúa y a sus asociados.

Se adopta la figura de una cooperativa ya que tiene una estructura legal conocida, puede estar sujeta a auditorías y es ajena a procesos políticos en comparación con los modelos de empresas eléctricas municipales y una visión distinta a instituciones privadas como se ha expuesto anteriormente.

Algunos beneficios que las comunidades obtienen partir del acceso a la electricidad son la mejora procesos productivos mediante la posibilidad de utilización de herramientas tecnificadas, alarga las horas de trabajo en la noche para educación o entretenimiento y la instalación de electrodomésticos para implementar un negocio, que finalmente hace que tengan las mismas condiciones de vida que sus vecinos de otras comunidades ya electrificadas.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Evaluar técnicamente y económicamente la implementación de cooperativas eléctricas para aumentar el índice de cobertura eléctrica y mejorar la calidad del servicio de distribución.

### **5.2 Específicos**

- Determinar los lineamientos para establecer cooperativas eléctricas dentro del marco regulatorio vigente.
- Establecer los parámetros técnicos que deben analizarse para considerar viable que una cooperativa eléctrica preste el servicio de distribución en un área determinada.
- Determinar los aspectos económicos que se deben analizar para dictaminar que una cooperativa eléctrica podrá operar una red de distribución de manera eficiente.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La electrificación rural debe seguir siendo un objetivo de país, sin embargo se debe dar apertura a otros modelos distintos a los establecidos explícitamente en la regulación, que si bien han sido exitosos, no son suficientes por la dificultad que representa lograr la conexión de las comunidades por su dispersión y lejanía de las líneas de distribución y que han quedado fuera de los proyectos PER por las razones anteriores y el crecimiento constante de la población.

Con la intención de impulsar y dinamizar la electrificación se aborda el estudio de implantación del modelo de cooperativas eléctricas para la autogestión del servicio eléctrico por parte de las comunidades dentro del sector eléctrico nacional. Con este estudio se pretende clarificar los requerimientos que debe cumplir una cooperativa respecto a su organización para que pueda ser autorizada para prestar el servicio de distribución de energía eléctrica en un área determinada y los esquemas de compra de energía en el mercado eléctrico.

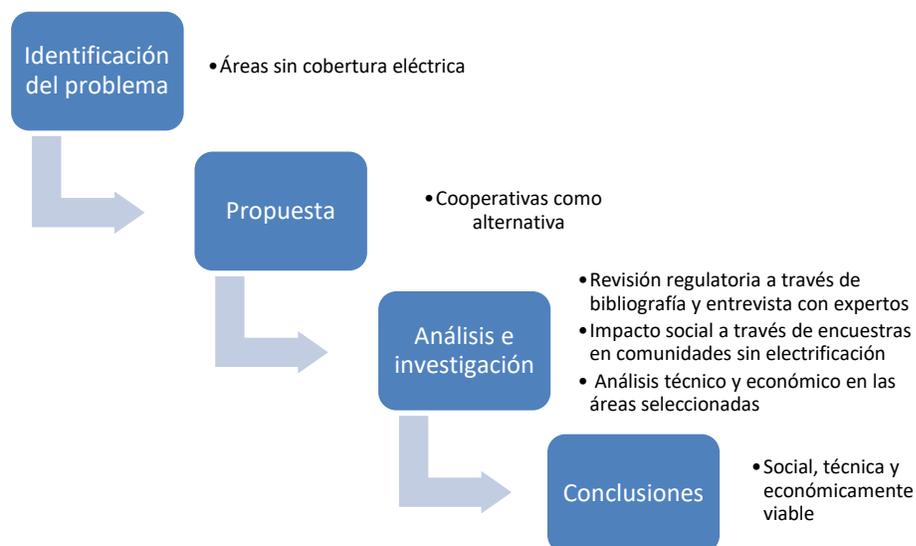
Para tener referencias que den sustento a esta iniciativa se deben revisar los modelos de países que han adoptado este modelo como el más apropiado para las áreas rurales en comparación con distribuidoras privadas, que haciendo el correcto ejercicio de realizar inversiones en las áreas más cercanas a su infraestructura, están marginando las áreas más lejanas donde el retorno de inversión es incierto por la elevada inversión inicial y los bajos consumos de los futuros usuarios. En estas condiciones adversas, es donde las cooperativas en sus distintos tipos, han demostrado ser una solución al maximizar los beneficios en sus asociados antes que los beneficios económicos.

Por otro lado, en el caso de las distribuidoras privadas para áreas rurales no existe una identidad o sentido de pertenencia como lo demuestran los altos niveles de conflictividad social, por las elevadas tarifas, que aunque son coherentes, no se percibe que sean acordes a la calidad del servicio, donde se priorizan las áreas más cercanas a las sedes principales por los costos operativos.

Para revisar la viabilidad se debe tener un enfoque multidisciplinario por lo que se abordarán los aspectos sociales, técnicos y económicos, ya que no se debe confundir el objetivo de una cooperativa con su competencia técnica, su transparencia financiera, su estructura operativa, legal y regulatoria.

El esquema de solución adoptado se muestra a continuación:

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1 Electrificación Rural en Guatemala**

El acceso a la energía eléctrica es considerado como un elemento fundamental para analizar el desarrollo, acceso a la infraestructura y entender la calidad de vida de los pueblos, ya sea de manera agrupada o dispersa en su territorio como lo indica Schmukler (2018).

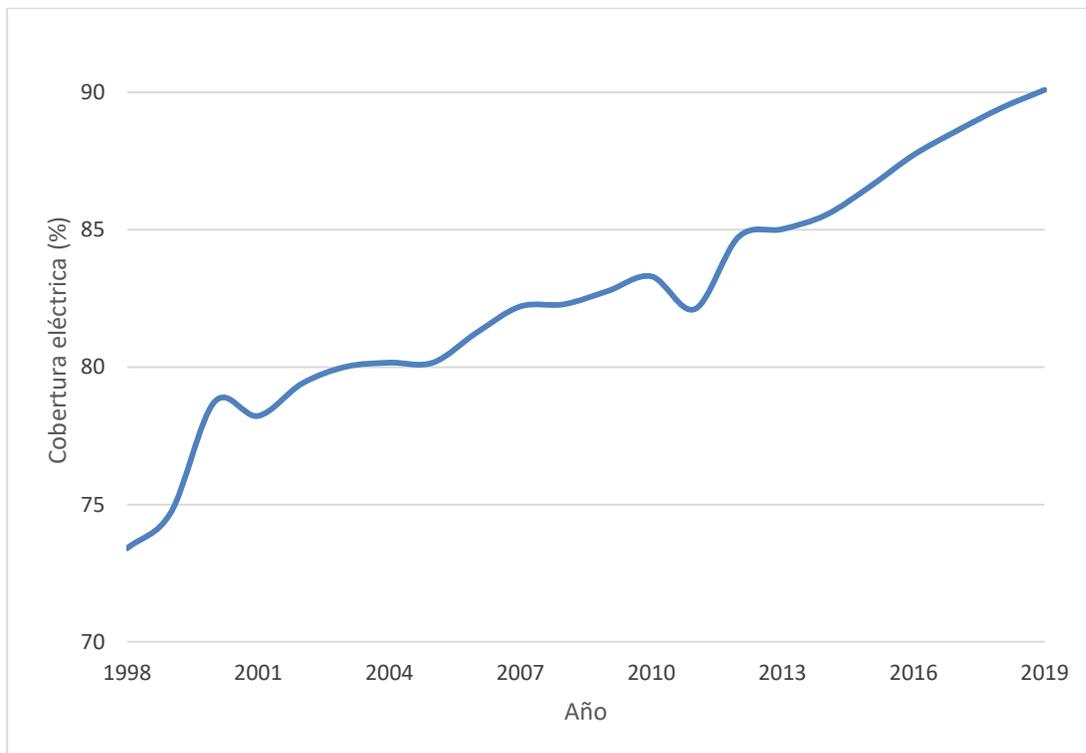
Para obtener un panorama sobre la electrificación rural en Guatemala, se abordaran distintos aspectos como la electrificación rural a nivel mundial, un repaso a la cobertura eléctrica en Guatemala utilizando los datos publicados en los informes del Ministerio de Energía y Minas (MEM), las instituciones protagonistas en los procesos de electrificación y su grado de incidencia, una mirada a los proyectos PER y los retos para la electrificación rural.

#### **7.1.1 Electrificación rural como problema global**

Para entender el bajo acceso de la energía eléctrica existente en la zona rural alrededor del mundo, se puede abordar desde distintas perspectivas, sin embargo, hay un aspecto clave a tomar en cuenta al momento de definir proyectos y es el elevado costo para construir la infraestructura necesaria que conecta a las comunidades a un sistema eléctrico nacional. Esto incluye la instalación del tendido en alta, media y baja tensión, subestaciones de transformación y las instalaciones que se deben realizar internamente en cada vivienda según Schmukler (2018).

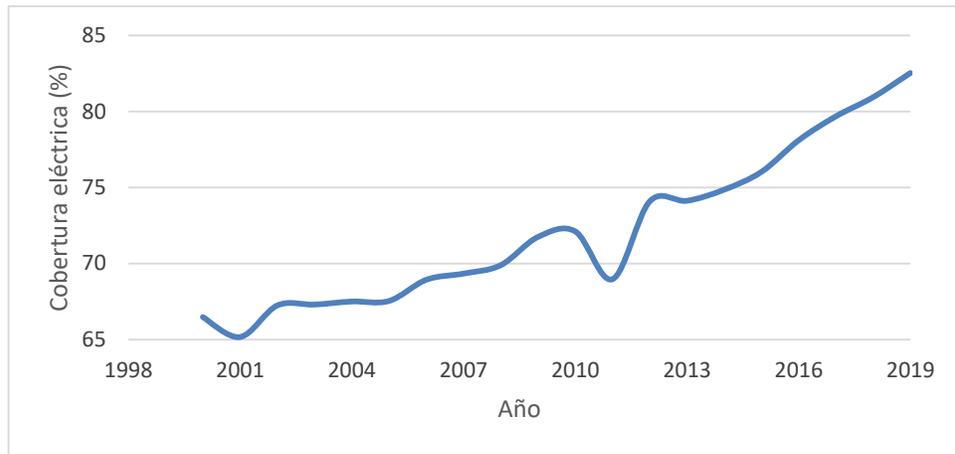
Según datos del Banco Mundial, se ha logrado un índice de cobertura eléctrica a nivel mundial del 90.084 % al 2019.

Figura 2. **Acceso a la electricidad a nivel mundial (% de población)**



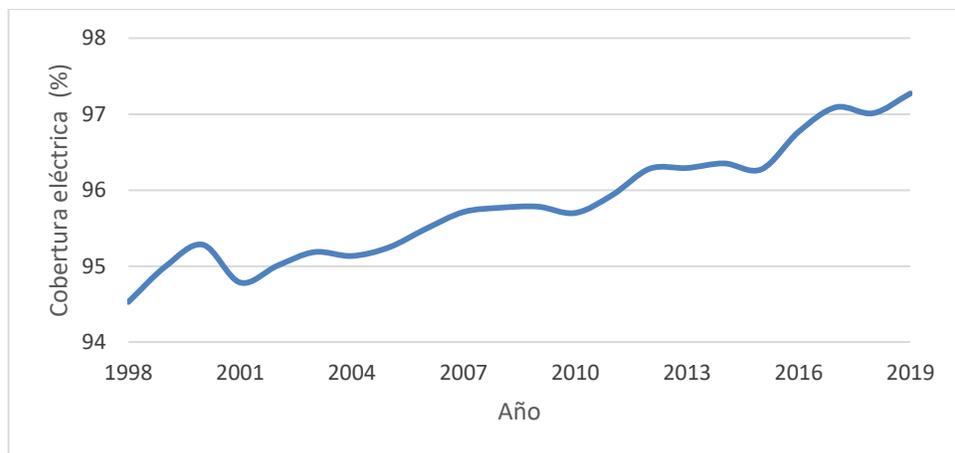
Fuente: elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial (2021).

Figura 3. **Acceso a la electricidad a nivel mundial (% de la población rural)**



Fuente: elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial (2021).

Figura 4. **Acceso a la electricidad a nivel mundial (% de la población urbana)**



Fuente: elaboración propia utilizando datos del Banco Mundial (2021).

Si se revisan las gráficas por sector rural y sector urbano, se logra ver una diferencia de 14.743 %. Para el sector rural se tiene un índice de cobertura de 82.53 % y un 97.273 % para el sector urbano, ambos actualizados al 2019. El sector urbano está cerca de que todos sus habitantes tengan acceso a la energía eléctrica.

Si revisamos la región de América Latina y El Caribe, existe una brecha de 10.4 % entre el sector urbano y el sector rural; mientras que África tiene una diferencia de 48.7 % como lo indican Coviello y Ruchansky (2017).

Según Vallvé y Juan, citados por Gil, Moratay, Bordatto, Hernández, y Gil (2008), las características eléctricas típicas que distinguen al sector rural del sector urbano son las siguientes:

- Densidad de carga baja: es decir, el número de usuarios por kilómetro de línea de distribución es más baja debido a la dispersión que existe entre las casas del sector rural. Esto aumenta las pérdidas técnicas e incide en la calidad del nivel de voltaje que llega a los hogares.
- El consumo de energía por usuario: es pequeño ya que el mismo está asociado a los ingresos económicos de las familias, que usualmente son menores a los de una familia en un área urbana. Esto incide directamente en la eficiencia, ya que los equipos eléctricos como transformadores estarán operando la mayor parte del tiempo debajo de las condiciones nominales, donde tienen un peor desempeño.
- Costos de conexión, operación y mantenimiento: a medida que se tienen más dispersión y baja carga, los costos por conectar un usuario se elevan. La operación y el mantenimiento se hacen más complicados. Con lo que

el retorno de la inversión es muy alto y dejar de ser atractivo para el inversionista.

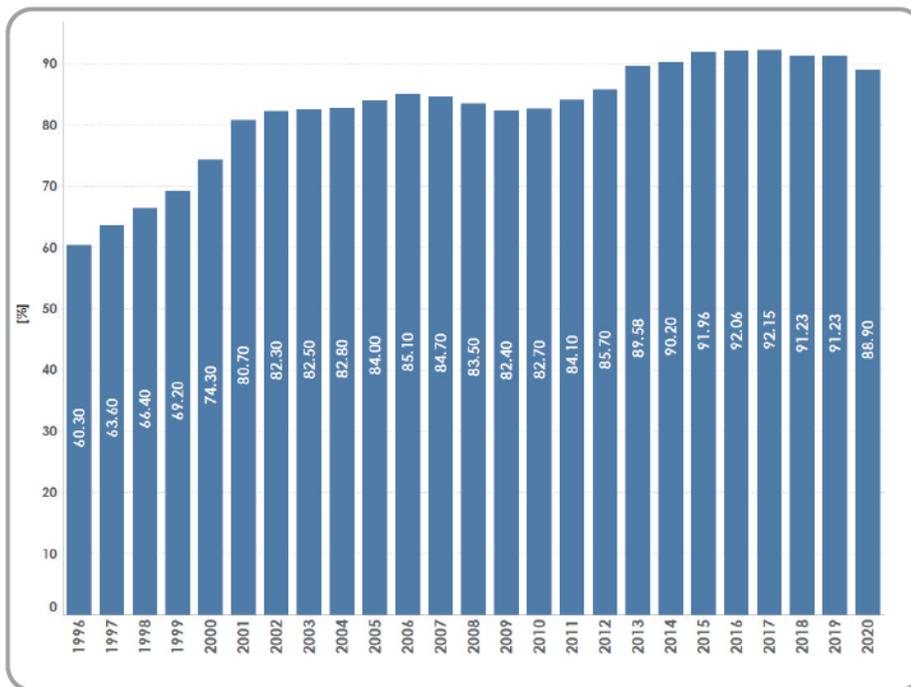
Para entender un poco más sobre las brechas entre el sector urbano y rural en cada región y país, Schmukler (2018) considera otros aspectos a tomar en cuenta a parte de lo anterior: la capacidad que tienen los países para obtener créditos de los bancos mundiales, su gestión para implementar programas para la electrificación rural y su rol para el diseño de políticas y normativas para solucionar la problemática.

### **7.1.2 Cobertura eléctrica en Guatemala**

El Ministerio de Energía y Minas (2019) indica que: “El índice de cobertura eléctrica, se refiere al número de viviendas (usuarios que poseen el servicio de energía eléctrica), con respecto al número total de viviendas, el cuál es expresado en porcentaje (%)” (p. 2).

El índice de cobertura nacional para el 2020, fue de 88.90 como se muestra en la figura de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021).

Figura 5. Evolución del índice de electrificación de Guatemala

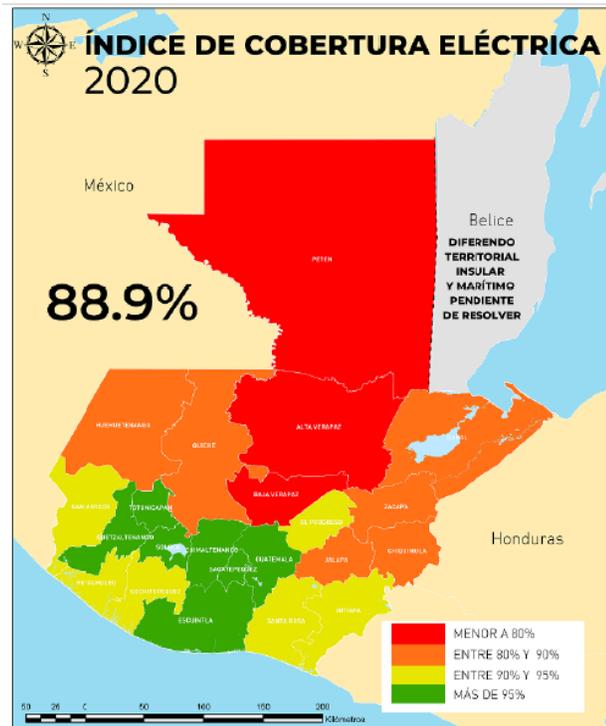


Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021). *Informe Estadístico 2021*.

Se observa un aumento de 28.6 % del índice de cobertura desde 1996 cuando ocurre la liberalización del sector eléctrico guatemalteco hasta 2020. También se observa una baja del índice de cobertura en 2020 con respecto a 2019 de 2.33 %, afectado por las restricciones de movilidad y operativas por la pandemia del COVID-19 para la realización de trabajos de construcción de líneas, que no pudo cubrir el crecimiento poblacional que afecta directamente al índice de cobertura.

Para tener una visión más clara del porcentaje de electrificación por región en Guatemala se presenta el mapa por departamento, clasificados en cuatro rangos (Ministerio de Energía y Minas, 2021).

Figura 6. Mapa del índice de cobertura eléctrica de Guatemala



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2021). *Informe general 2020*.

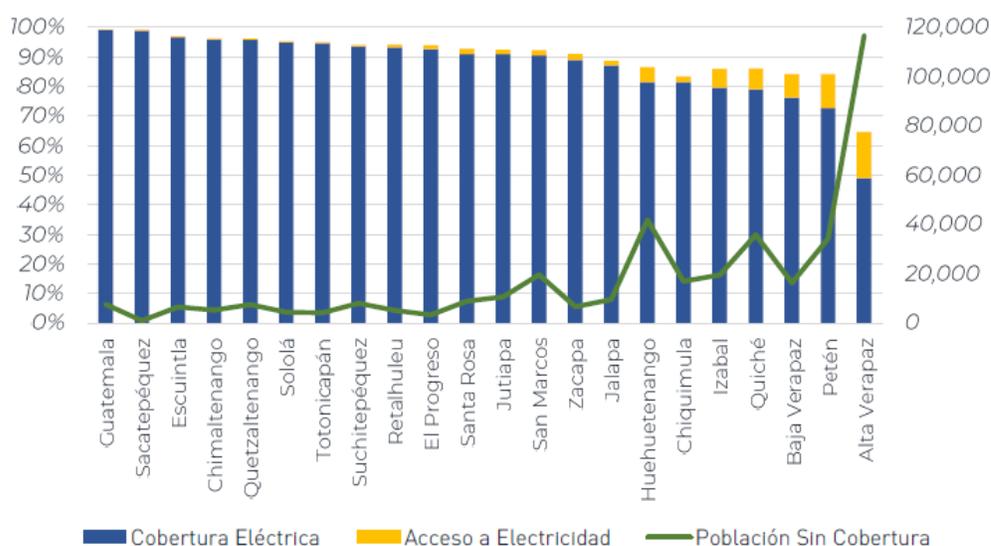
Las cuatro categorías son:

- Mayor a 95 %: Incluye los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Escuintla, Sololá, Totonicapán y Quetzaltenango.
- Entre 90 % y 95 %: Incluye los departamentos de El Progreso, Santa Rosa, Jutiapa, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos.
- Entre 80 % y 90 %: Incluye los departamentos de Jalapa, Chiquimula, Zacapa, Izabal, Quiché y Huehuetenango.
- Menor a 80 %: Incluye los departamentos de Baja Verapaz, Alta Verapaz y Petén.

### 7.1.2.1 Cobertura por departamento

A nivel de porcentajes y cantidades de usuarios por departamento con cobertura eléctrica no hay información publicada por el Ministerio de Energía y Minas al 2020, por lo que se utilizará la información disponible al 2018, manteniéndose el orden con respecto a 2020.

Figura 7. Índice de electrificación y usuarios sin suministro por departamento



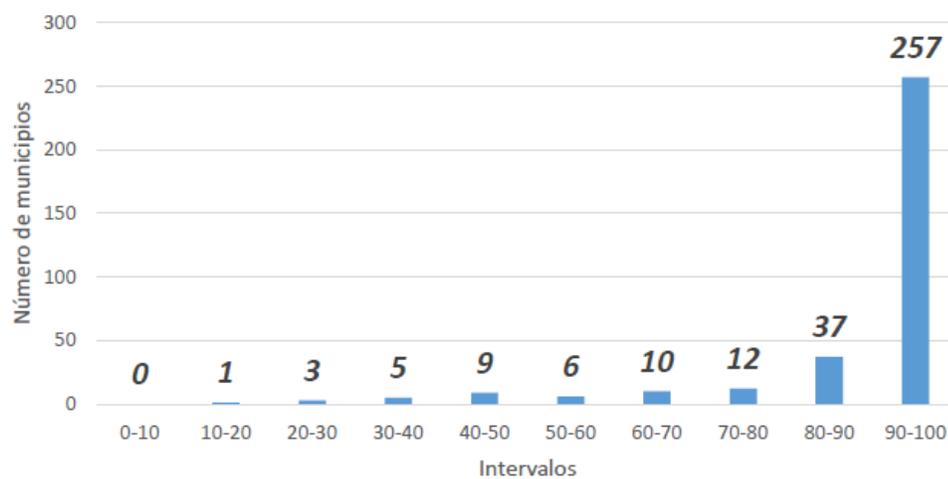
Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020-2050*.

### 7.1.2.2 Cobertura por municipio

A nivel de porcentajes y cantidades de usuarios por municipio con cobertura eléctrica no hay información publicada por el Ministerio de Energía y

Minas al 2020, por lo que se utilizará la información disponible al 2018. Como se observó en la gráfica de cobertura por departamento, no hay un salto drástico en el aumento de cobertura de algún departamento. De los 340 municipios se tiene una distribución de la siguiente manera:

Figura 8. **Distribución de porcentaje de electrificación por intervalos**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 - 2032*.

Con la información que posee (Ministerio de Energía y Minas, 2018), se hace un análisis de los municipios con índice de cobertura menor a 80 %.

De 70 % a 80 %. En este rango hay 12 municipios: San Andrés Sajcabajá, San Bartolomé Jocotenango de Quiché, San Carlos Alzatate de Jalapa, Los Amates de Izabal, Santa Ana, San Francisco y San Luis de Petén, San Juan Bautista y Chicacao de Suchitepéquez, Comapa y Zapotitlán de Jutiapa, Olopa de Chiquimula.

Tabla I. **Municipios entre 70 % - 80 % de cobertura eléctrica**

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Quiché	San Andrés Sajcabajá	79.4537
Jalapa	San Carlos Alzatate	77.5571
Izabal	Los Amates	75.5868
Petén	Santa Ana	74.4329
Suchitepéquez	San Juan Bautista	74.4108
Jutiapa	Comapa	73.4840
Suchitepéquez	Chicacao	72.9920
Jutiapa	Zapotitlán	71.6991
Quiché	San Bartolomé Jocotenango	71.4069
Chiquimula	Olopa	71.3968
Petén	San Francisco	70.8732
Petén	San Luis	70.7378

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032.*

De 60 % a 70 %. En este rango hay 10 municipios: San José la Máquina de Suchitepéquez, El Chal de Petén, San Cristobal Verapaz y Cobán de Alta Verapaz, Santa Cruz Barillas de Huehuetenango, El Estor de Izabal, Conguaco de Jutiapa, Camotán de Chiquimula, La Unión de Zacapa y Cubulco de Baja Verapaz.

Tabla II. **Municipios entre 60 % - 70 % de cobertura eléctrica**

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Suchitepéquez	San José la Máquina	69.7606
Petén	El Chal	69.3949
Alta Verapaz	San Cristobal Verapaz	68.4664
Huehuetenango	Santa Cruz Barillas	67.9834
Izabal	El Estor	65.9452
Jutiapa	Conguaco	64.8249
Chiquimula	Camotán	64.5857

Continuación de la tabla II.

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Zacapa	La Unión	63.0041
Alta Verapaz	Cobán	62.8815
Baja Verapaz	Cubulco	62.7352

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM, (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032*.

De 50 % a 60 %. En este rango hay 6 municipios: San Andrés y Dolores de Petén, Lanquin de Alta Verapaz, San Pedro Pinula de Jalapa, Uspantán y San Juan Cotzal de Quiché.

Tabla III. **Municipios entre 50 % - 60 % de cobertura eléctrica**

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Petén	San Andrés	57.8337
Alta Verapaz	Lanquín	54.6770
Jalapa	San Pedro Pinula	54.4329
Quiché	Uspantán	52.7880
Petén	Dolores	52.7534
Quiché	San Juan Cotzal	52.5872

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM, (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032*.

De 40 % a 50 %. En este rango hay 9 municipios: Jocotán de Chiquimula, Sayaxché y La Libertad de Petén, San Juan Chamelco, Tamahú y Chisec de Alta Verapaz, Chicamán y Chajul de Quiché y Purulhá de Baja Verapaz.

Tabla IV. **Municipios entre 40 % - 50 % de cobertura eléctrica**

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Chiquimula	Jocotán	49.8247
Petén	Sayaxché	47.6903
Petén	La Libertad	46.9593
Alta Verapaz	San Juan Chamelco	45.7884
Quiché	Chicamán	44.6312
Alta Verapaz	Tamahú	44.4341
Alta Verapaz	Chisec	42.4884
Baja Verapaz	Purulhá	40.8152
Quiché	Chajul	40.5683

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032.*

De 30 % a 40 %. En este rango hay 5 municipios: La Tinta, Raxruhá, San Pedro Carchá, Fray Bartolomé de las Casas y Cahabón, todos de Alta Verapaz

Tabla V. **Municipios entre 30 % - 40 % de cobertura eléctrica**

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Alta Verapaz	La Tinta	37.3705
Alta Verapaz	Raxruhá	36.9827
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	33.9746
Alta Verapaz	Fray Bartolomé de las Casas	33.5619
Alta Verapaz	Cahabón	33.5223

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032.*

De 20 % a 30 %. En este rango hay 3 municipios: Panzós, Chahal, Senahú de Alta Verapaz.

Tabla VI. **Municipios entre 20 % - 30 % de cobertura eléctrica**

Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Alta Verapaz	Panzós	26.6344
Alta Verapaz	Chahal	25.6918
Alta Verapaz	Senahú	23.3339

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032.*

De 10 % a 20 %. En este rango solo está el municipio de Tukurú del Departamento de Alta Verapaz con el índice más bajo de cobertura a nivel nacional: 19.2215 %.

Tabla VII. **Municipios entre 10 % - 20 % de cobertura eléctrica**

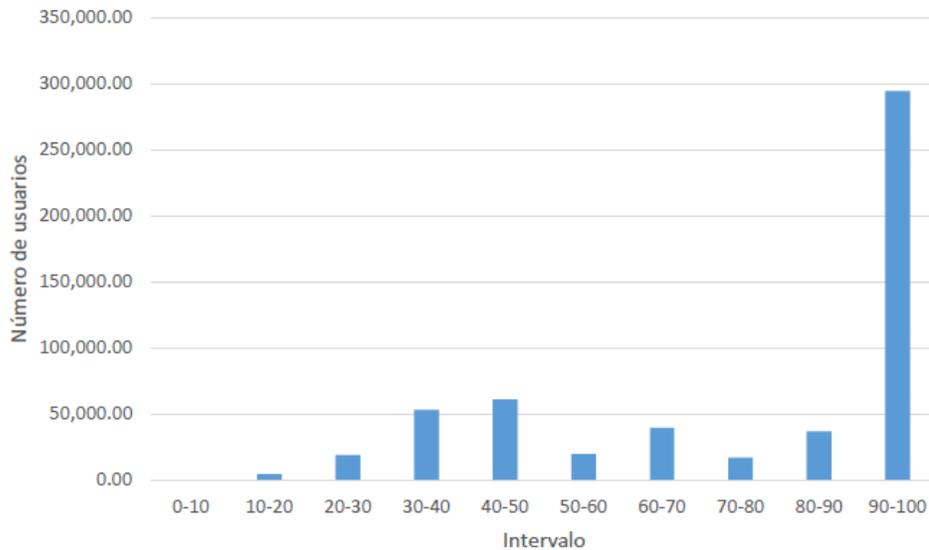
Departamento	Municipio	Cobertura (%)
Alta Verapaz	Tukurú	19.2215

Fuente: elaboración propia con información tomada del MEM (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 – 2032.*

Analizando esta información se concluye que 15 municipios de los 17 que conforman el departamento de Alta Verapaz están debajo del 80 % de cobertura eléctrica, concentrándose en el rango de 30 % – 40 % con 5 municipios. Después sigue el departamento de Petén con un 57 % debajo del 80 % de cobertura eléctrica.

Otro aspecto interesante a revisar es la cantidad de usuarios sin acceso a la energía eléctrica, ubicándolos en los rangos anteriormente vistos, donde la concentración está en el rango de 90-100, rango de 40-50 y el rango de 30-40 como lo indica el MEM (2018).

Figura 9. **Distribución de usuarios sin cobertura eléctrica por intervalos**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 - 2032*.

### **7.1.3 Actores institucionales en los procesos de electrificación**

A continuación se presentan los actores institucionales con incidencia en los procesos de electrificación:

- Ministerio de Energía y Minas, como ente rector, es el órgano designado por el organismo ejecutivo para definir las políticas, planes y programas indicativos relacionados al subsector eléctrico como lo indica el artículo 3 de la Ley General de Electricidad, Congreso de la República de Guatemala, (1996). En cuanto a las funciones específicas relacionadas

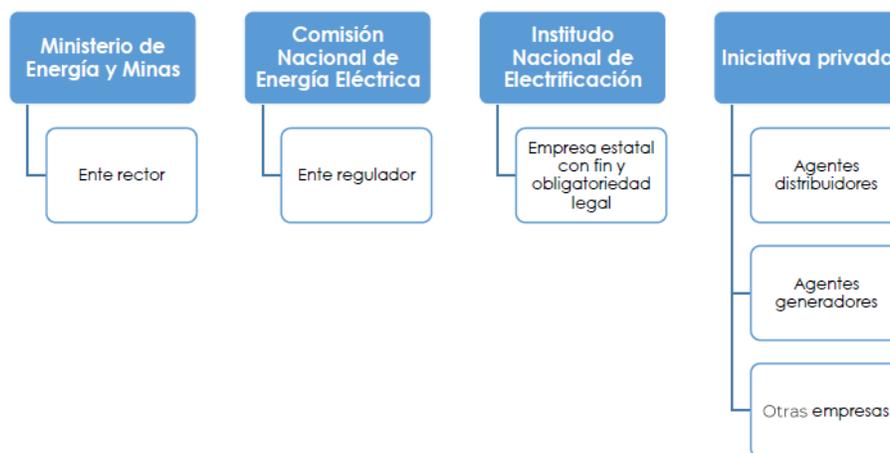
con la electrificación, el departamento encargado y responsable es la Dirección General de Electricidad.

- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Como ente regulador cuenta con independencia técnica y su incidencia en la electrificación es la emisión de normas de calidad del servicio de distribución y la fiscalización de las distribuidoras en el cumplimiento estas normas, como lo indica el artículo 4 de la Ley General de Electricidad, Congreso de la República de Guatemala, (1996).
- Instituto Nacional de Electrificación, como empresa estatal, “cumple por medio de la gerencia de electrificación rural y obras el encargo de ejecutar proyectos que integran a la red de distribución a las comunidades o aldeas que poseen el estudio socioeconómico correspondiente por parte del MEM” (MEM, 2020, p.18).
- Agentes distribuidores y empresas eléctricas municipales: Son los encargados de distribuir energía eléctrica en sus áreas de concesión. Tienen obligación a conectar a un usuario que este a 200 metros del último poste de tendido eléctrico. Después de esta distancia el usuario o interesado deberá cubrir los costos de instalación.

Una alternativa para la conexión de usuarios después de la franja obligatoria es incluir los mismos en el estudio quinquenal que realiza la CNEE para definir las tarifas base, como lo indica el MEM (2020). Bajo un escenario donde se incluyen todas las comunidades sin cobertura eléctrica en este estudio, tendrían un incremento considerable, sin embargo esto se estudiará con mayor detalle en los siguientes capítulos.

Los distribuidores pueden realizar la inversión por su cuenta, bajo un modelo de expansión de clientes con lo que pueden tener más ingresos por el aumento de venta de energía eléctrica, sin embargo, como se indicó en la sección 7.1.1 el retorno de inversión es muy alto.

Figura 10. **Estructura institucional en los procesos de electrificación**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020 – 2050*.

#### 7.1.4 Repaso a los proyectos electrificación rural en Guatemala

Según Iorio y Sanin (2019) la electrificación en Guatemala es un caso destacado en Latinoamérica por tener un aumento del índice de cobertura de electrificación de 22.2 % en la zona rural a partir de 1996 a 2004.

Antes de este período, el Instituto Nacional de Electrificación era el responsable de llevar energía eléctrica a 19 departamentos del país. A continuación se repasan cronológicamente los proyectos ejecutados para tal fin:

- Proyecto de Electrificación PER I: se desarrolló de 1971 a 1978 con el apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo que aportó US\$ 7 millones y US\$ 4.6 millones por parte del Gobierno de Guatemala. Con esta inversión se construyeron 565 kilómetros de líneas en 69 kV y 213 kilómetros de líneas de 34.5 kV, teniendo como resultado, la electrificación de aproximadamente 25,000 usuarios en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Huehuetenango, Quiché y San Marcos como lo indica Arriaza (2005).
- Proyecto de Electrificación PER II: se desarrolló durante los años de 1979 a 1989, contando una vez más con el apoyo de la AID que aportó US\$ 8.55 millones y US\$ 6.45 millones por parte del Gobierno de Guatemala, con los cuales se beneficiaron 81,301 usuarios en 536 comunidades de 18 departamentos del país. Un aspecto importante para el éxito de este proyecto es que se consideraron aspectos técnicos como: la cercanía de las comunidades a las redes eléctricas y un número mayor de 50 personas por comunidad. Además estas comunidades debían tener un acceso al agua, contar con un centro de salud y una mejor infraestructura como caminos internos para facilitar la construcción del tendido eléctrico, como lo indica Arriaza (2005).
- Proyecto de Electrificación PER III: este proyecto, se llevó a cabo durante los años de 1989 a 1996 con más participación de distintos actores que los dos proyectos anteriores. A parte de la Agencia Internacional de Desarrollo que aportó US\$ 8 millones, el gobierno de Guatemala con US\$ 1 millón, esta vez el INDE aportó US\$ 6 millones y un aporte de las comunidades electrificadas de US\$ 5 millones. Con este proyecto se construyeron 300 kilómetros de red primaria en media tensión y 1,200 kilómetros de red de baja tensión, con los cuales se beneficiaron 75,150

usuarios en 375 comunidades de los departamentos del nor occidente del país. Este proyecto tuvo como objetivo la transformación de los procesos productivos de las comunidades electrificadas al máximo. A partir de esto se lograron observar consumos promedios de 48 kWh por usuario, comparado con 27 kWh de otros proyectos, según el resumen que hace Arriaza (2005) para este proyecto.

Ley General de Electricidad se aprueba en 1996, con lo que “liberaliza la generación, trasmisión y distribución de electricidad. Declara que son libres los precios por la prestación del servicio, con la excepción de los servicios de transmisión y distribución que quedan sujetos a autorización” (lorio y Sanin, 2019, p. 43).

La Ley, a su vez, designa al MEM “como el responsable de formular y coordinar las políticas, planes y programas relativos al subsector eléctrico” (lorio y Sanin, 2019, p. 43).

Crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, como órgano técnico del Ministerio, a cargo de hacer cumplir la ley y sus reglamentos, definir las tarifas de transmisión y distribución, prevenir prácticas anticompetitivas, dirimir controversias entre los agentes del sector, emitir normas técnicas y fiscalizar su cumplimiento, entre otras. (lorio & Sanin, 2019, p. 43).

El Instituto de Electrificación Rural se divide en distintas empresas por cada actividad del subsector eléctrico y el área de distribución queda dividido en dos empresas: Distribuidora de Electricidad de Occidente S. A. y Distribuidora de Electricidad de Oriente S. A. La Empresa Eléctrica de Guatemala S. A. también divide las actividades de generación y distribución por esta misma razón como lo indica Say (2012).

A partir de estos cambios, la LGE define como zona obligatoria 200 metros de la infraestructura del distribuidor para la prestar el servicio eléctrico a un usuario. La LGE también indica que, para aumentar el índice de cobertura, el Estado puede realizar inversiones totales o parciales para asumir los costos de las ampliaciones de las redes después de esta franja, quedando el distribuidor a cargo del manejo y mantenimiento de la red construida como resume Iorio y Sanin (2019).

“Durante el periodo de 1998 hasta el año 2018, el Instituto Nacional de Electrificación ha invertido Q. 1,423.87 Millones, en proyectos de electrificación, estos proyectos fueron divididos en 3 formas de financiamiento” (MEM, 2020, p. 57). Estos tres proyectos son los siguientes:

- Plan de Electrificación Rural Fideicomiso de Administración INDE: este proyecto se implementó a partir de 1998 y sigue activo a la fecha. Con capital obtenido (US\$ 333 millones) por la venta del 80 % de las acciones de las distribuidoras DEOCSA y DEORSA, se creó un fideicomiso destinado a electrificar el país. La planificación quedó a cargo la Gerencia de Electrificación Rural del INDE, mientras que la ejecución del programa le corresponde realizar Union Fenosa, que fue la compañía que adquirió inicialmente las distribuidoras como menciona Say (2012) en su tesis. “Los recursos del fideicomiso son administrados por el comité técnico del fideicomiso, formado por tres miembros: un representante del MEM, uno de INDE y uno de las Distribuidoras DEORSA-DEOCSA” (Say, 2012, p. 15). El Plan de Electrificación Rural fue diseñado bajo la hipótesis de que se contaría con una inversión de US\$ 333 millones (Q. 2,679 millones), de los cuales el 54.7 % se destinará a la infraestructura del área de distribución y el resto se invertirá en el fortalecimiento de las redes de

transporte. Sin embargo, a la fecha únicamente se han acreditado al fideicomiso aproximadamente US\$ 172 millones, que han permitido la conexión de 182,000 usuarios quedando pendientes de conectar alrededor de 100,000 usuarios según el plan original. (Arriaza, 2005, p. 42)

- Inversión sistemas aislados: se logran a través de préstamos al Banco de Desarrollo Interamericano como lo indica el MEM (2020). Se han desarrollado dos proyectos según Iorio y Sanin (2019): una red de distribución en Batzchocolá, municipio de Nebaj, departamento de Quiché y un sistema de fotovoltaico de paneles individuales en Uaxactún, municipio de Flores, departamento de Petén.
- Inversión Plan Institucional: "Comprende la ejecución de proyectos de electrificación rural con recursos propios de la Institución, los cuales también pueden incluir financiamiento de otras entidades" (Iorio y Sanin, 2019, p. 45).

A continuación se presentan los datos de estos proyectos con información del MEM (2020):

Figura 11. **Inversión y usuarios beneficiados por proyectos de electrificación después de 1996**

Año	PER		Sistemas Aislados		Plan Institucional	
	Usuarios	Inversión [Q]	Usuarios	Inversión [Q]	Usuarios	Inversión [Q]
1998					717	Q 2,566,547.00
1999	703	Q 3,317,539.10			5,400	Q 19,329,646.00
2000	87,038	Q 382,897,810.22			1,776	Q 6,357,306.00
2001	16,487	Q 78,042,169.26			289	Q 1,034,494.00
2002	42,176	Q 199,774,135.11			1,892	Q 6,772,535.00
2003	25,010	Q 126,719,312.28			4,690	Q 16,788,155.00
2004	12,742	Q 63,737,793.75			4,677	Q 16,741,621.00
2005	1,703	Q 8,689,279.48			2,010	Q 7,194,924.00
2006	734	Q 3,363,357.33			605	Q 2,165,636.00
2007	5,145	Q 26,204,294.53			880	Q 3,150,016.00
2008	10,357	Q 58,762,031.05			360	Q 1,288,643.00
2009	4,483	Q 26,603,631.40			233	Q 834,038.00
2010	5,848	Q 35,926,224.81			280	Q 1,002,278.00
2011	7,745	Q 47,471,251.51			493	Q 1,764,725.00
2012	9,335	Q 60,646,846.55			95	Q 340,059.00
2013	8,909	Q 59,093,230.60			657	Q 2,351,774.00
2014	3,993	Q 26,591,368.04	335	Q 3,203,536.57	866	Q 3,099,902.00
2015	10,465	Q 75,867,232.95	3,045	Q 25,786,898.04	282	Q 1,009,437.00
2016					175	Q 1,516,250.00
2017					198	Q 2,816,930.00
2018					1,385	Q 13,047,444.00
<b>Total</b>	<b>252,873</b>	<b>Q1,283,707,507.97</b>	<b>3,380</b>	<b>Q 28,990,434.61</b>	<b>27,960</b>	<b>Q 111,172,360.00</b>

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020 - 2050*.

## **7.2 Modelos de electrificación rural a nivel mundial**

Zhang, Parker y Kirkpatrick, (2004) apuntan que hace aproximadamente tres décadas que se tuvo una revolución en el sector eléctrico a nivel mundial impulsado por temas políticos, tecnológicos e institucionales, donde inicialmente la operación estaba a cargo de entes estatales para dar paso a la privatización total o parcial de las empresas, precisamente por el mal desempeño de las entidades estatales, quedando éstas a cargo de la regulación del sector.

Las fechas varían dependiendo de cada país, sin embargo, a partir de esta transición aparecen una serie de modelos de electrificación alternativos y Mercados Energy Markets International, (2008) realiza una segmentación que se resume a continuación con los modelos más relevantes: extensión de la infraestructura por una distribuidora que adoptaron países como Brasil, Colombia, Ghana, Guatemala y Nicaragua; construcción del tendido eléctrico por una comunidad local, municipio o una empresa privada como ha pasado en Colombia y Nicaragua, venta a través de cooperativas o empresas privadas comercializadoras que antes estaban suministrados por una generadora aislada como es el caso de Bangladesh, Cambodia y Costa Rica. Después aparecen diversas formas como miniredes aislados, sistemas solares residenciales, centros de cargas de batería que se van diferenciando por la fuente de inversión y de su conexión o no a la red, es decir conectados o aislados.

A continuación se presenta una tabla con la segmentación por formas de propiedad, sistemas aislados o no aislados y las tecnologías que han adoptado los países para la electrificación.

Tabla VIII. **Matriz de modelos de electrificación rural**

		Expansión de la red	Pueblos conectados en mini red	Pueblos asilados en mini red	Sistema de único usuario		
		No asilado ←			→ Asilados		
Formas de propiedad	Privado	Pequeños y descentralizados	Comercializadores con una red pequeña (India)	Mini red hidro eléctrica: venden a consumidores locales y a la red principal (China, Nicaragua)	Mini red diesel e hidro (Cambodia, Etiopía)	Sistemas solares residenciales o SSR (Honduras, Indonesia, Kenya, Sri Lanka)	
				Miniredes aisladas que ahora ya están conectadas a la red (Cambodia)		Renovables (fotovoltaico y eólico) y bombeo de agua por motor diesel (Brasil, Chile, México)	
		Grandes y centralizados	Concesiones a empresa privada para extensión de la red (Argentina, Chile, Guatemala, Uganda)				SSR (Bangladesh, Bolivia, Marruecos, Sud África)
				Concesión de tecnología neutral	Concesiones redes aisladas (Argentina)		
	No gubernamentales	Cooperativas	Cooperativa financia la extensión de red (Bangladesh, Costa Rica, Estados Unidos)		Cooperativa multiservicio mediante diesel e hidro con microred (Bangladesh, Bolivia, Filipinas)	Cooperativas agrícolas que utilizan diesel (Bolivia).	
		Otras organizaciones comunitarias	Pequeños portales comunitarios (Bolivia)		Mini redes comunitarias (Brasil, Cambodia, Honduras, Indonesia, Nicaragua, Sri Lanka)	Grupos diesel o renovables para energizar escuelas, clínicas, centros comunitarios (Argentina)  Estaciones de baterías fotovoltaicas (Nicaragua)	
	Públicas	Pequeñas y descentralizadas	Pequeñas compañías públicas expanden la red (Brasil, Colombia)		Mini redes municipales de diesel e hidro (Bolivia)		
		Grandes y centralizados	Compañías públicas expanden la red y venden en el mercado minorista (Botswana, Mozambique, Tailandia, Tunes)		Mini redes públicas aisladas diesel con subsidio de combustible (Cambodia, Nicaragua)	SSR (México)	

Fuente: Mercados Energy Markets Internatinoal (2008). *Modelos institucionales para la electrificación de zonas rurales aisladas.*

## **7.2.1 Cooperativas eléctricas**

Se entiende por cooperativas aquellas asociaciones voluntarias de personas y no de capitales, con plena personalidad jurídica, de duración indefinida y de responsabilidad limitada, en las que los individuos se organizan democráticamente a fin de satisfacer sus necesidades y promover su mejoramiento económico y social, como un medio de superar su condición humana y su formación individual, y en las cuales el motivo del trabajo y de la producción, de la distribución y del consumo, es el servicio y no el lucro. (Herrera, Villalobos y Chaves, 2003, p. 25).

Las cooperativas juegan un papel muy importante en las zonas rurales al crear oportunidades laborales, la generación de ingresos, la disponibilidad de bienes y servicios que son componentes que contribuyen al crecimiento económico de las zonas donde la iniciativa privada duda en invertir como lo indica la Organización Internacional del Trabajo (2012).

La OIT (2012) indica también que existen cooperativas de energía con generación renovable están creciendo, muestra de ellos existen cooperativas en Canadá, Dinamarca, India y el Reunio Unido para generación eólica y en países como México y Brasil están presentes en la generación fotovoltaica.

### **7.2.1.1 El sistema cooperativo**

El modelo cooperativo eléctrico tiene sus raíces una coopearativa pequeña de tejedores en la ciudad de Rochdale, Inglaterra a mediados del siglo XIX como hace mención NRECA International (2016).

Según NRECA International (2016), a lo largo de los años, las ideas evolucionaron en siete principios que son defendidos por las cooperativas en todo el mundo y que fueron formalmente adoptados en septiembre de 1995, por la Alianza Cooperativa Internacional de Manchester, Inglaterra. Estos principios son:

- Membresía abierta y voluntaria.
- Control democrático de los miembros.
- Participación económica de los miembros.
- Autonomía e independencia.
- Educación, formación e información.
- Cooperación entre cooperativas.
- Preocupación por la comunidad.

### **7.2.2 Las cooperativas como distribuidoras de electricidad**

Existe variedad de formas comerciales en el sector de servicios eléctricos, incluidas las empresas públicas (empresas o autoridades que pertenecen a jurisdicciones nacionales, como las empresas de servicios públicos municipales), las empresas privadas de propiedad de inversionistas que buscan ganancias y las empresas de servicios públicos organizadas como cooperativas sin fines de lucro como hace referencia NRECA (2016).

La propiedad determina en su mayor parte cómo se definen, autorizan y regulan las empresas de servicios eléctricos, incluida la forma en que se determinan las tarifas. Las cooperativas eléctricas son negocios privados, generalmente autorizados bajo leyes y regulaciones cooperativas. En algunos países, se han formado asociaciones de servicios comunitarios, de muy pequeña escala que pueden denominarse cooperativas eléctricas, sin embargo, estas organizaciones, incluidas las asociaciones de usuarios de sistemas domésticos

solares domésticos y las pequeñas asociaciones de servicios que distribuyen electricidad a partir de pequeñas plantas generadoras aisladas, no lo son, ya que no cumplen con los estándares organizativos ni legales de una cooperativa ya que ni siquiera están registrados bajo leyes cooperativas como hace mención NRECA (2016).

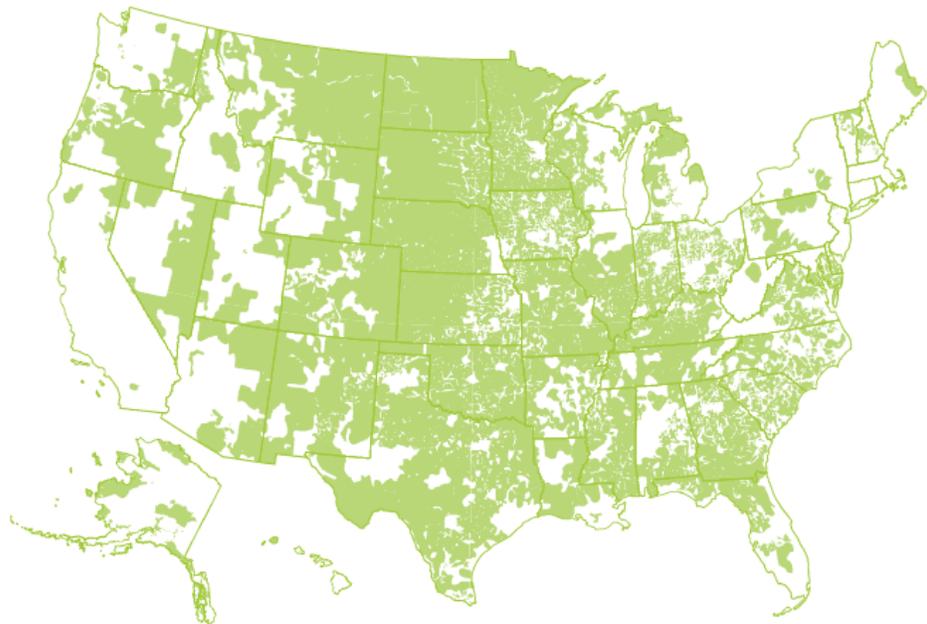
Se han seleccionado algunos casos de cooperativas a nivel mundial que están en el mercado de distribución de energía eléctrica, dando un repaso a su historia, su comportamiento dentro del mercado y en la medida de lo posible, su impacto en costos de energía e impacto social.

#### **7.2.2.1 Cooperativas eléctricas en Estados Unidos**

Heriot y Campbell (2006), hacen un resumen sobre la historia de las cooperativas eléctricas en los Estados Unidos: la mayoría de los estadounidenses dan por sentado los servicios de electricidad, teléfonos, agua y eliminación de desechos que tienen a su disposición. Sin embargo, este no era como hace 60 años. En 1932, solo el 10 por ciento de las granjas del país tenían electricidad en comparación con el 70 por ciento de los habitantes urbanos. Los servicios públicos modernos llegaron a las zonas rurales de Estados Unidos a través del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) que trabaja con cooperativas rurales (sin fines de lucro), asociaciones, organismos públicos y empresas de servicios públicos (con fines de lucro). En 1936, la Ley de Electrificación Rural autorizó al USDA a apoyar a las empresas de servicios eléctricos rurales. La Ley de Electrificación Rural de 1936 marcó el primer gran impulso para llevar electricidad a las áreas rurales de Estados Unidos. La ley puso a disposición capital disponible para préstamos a empresas privadas, empresas de servicios públicos y cooperativas a través de la creación de la Administración de Electrificación Rural (REA). Las cooperativas rurales, es decir,

las asociaciones privadas propiedad de las personas a las que sirven y controladas por ellas, surgieron como los principales prestatarios de los fondos de la REA. A fines de 1936, casi 100 cooperativas en 26 estados habían firmado acuerdos de préstamo con REA. Con los préstamos que se otorgaron a las cooperativas rurales, se lograron financiar proyectos para la construcción de líneas de distribución, instalaciones de generación y transmisión de energía eléctrica. A principios de la década de 1970, alrededor del 98 por ciento de todas las granjas en los Estados Unidos tenía servicio eléctrico, una demostración del éxito de REA.

Figura 12. **Áreas de servicios cooperativos de distribución de electricidad en EE. UU.**



Fuente: NRECA. (2021). *Electric Co-op Facts and Figures*. Consultado el 29 de septiembre de 2021. Recuperado de: <https://www.electric.coop/electric-cooperative-fact-sheet>

Figura 13. **Distribución de cooperativas eléctricas en EE. UU. al 2006**

State	Number of Cooperatives	State	Number of Cooperatives
Alabama	23	Nebraska	4
Alaska	19	Nevada	4
Arizona	7	New Hampshire	1
Arkansas	17	New Jersey	1
California	3	New Mexico	16
Colorado	22	New York	5
Delaware	1	North Carolina	28
Florida	16	North Dakota	21
Georgia	45	Ohio	25
Hawaii	1	Oklahoma	28
Idaho	12	Oregon	18
Illinois	26	Pennsylvania	16
Indiana	41	South Carolina	23
Iowa	41	South Dakota	30
Kansas	29	Tennessee	21
Kentucky	25	Texas	72
Louisiana	11	Utah	5
Maine	3	Vermont	2
Maryland	2	Virginia	13
Michigan	11	Washington	15
Minnesota	44	West Virginia	1
Mississippi	26	Wisconsin	24
Missouri	46	Wyoming	13
Montana	26	CT, RI, MA	0

Fuente: Heriot y Campbell (2006). *A new approach to rural entrepreneurship: a case study of two rural electric cooperatives.*

Greer (2006) indica que en los Estados Unidos, las cooperativas eléctricas rurales se organizan como Generación y Transmisión (G & Ts) o Distribución únicamente (cooperativas miembro).

Alrededor de 1955, las cooperativas que estaban constituidas para el servicio de distribución compraban energía a proveedores de propiedad tanto privada como federal. Pero a medida que aumentaron sus necesidades de suministro, decidieron que necesitaban fuentes de energía confiables y económicas, de ahí el nacimiento de las Cooperativas de Generación y Transmisión. Si bien no están verdaderamente integradas verticalmente, las cooperativas de distribución miembro suelen estar vinculadas contractualmente

a un G&T a través de acuerdos de compra de energía a largo plazo como hace referencia Greer (2006).

La regulación de las cooperativas difiere de cada estado y en algunos casos, las cooperativas no tienen regulación por esta a diferencia de las empresas de servicios públicos de propiedad de inversores. 30 de los 47 estados donde existen cooperativas eléctricas, están legalmente constituidas bajo leyes especiales de cooperativas eléctricas. En los otros 17 estados, las cooperativas eléctricas están incorporadas bajo una ley cooperativa general (11 estados), una ley de corporaciones sin fines de lucro (3 estados) o una ley de corporaciones comerciales (3 estados) como menciona NRECA (2016).

Greer (2006) detalla algunas diferencias entre estos dos tipos de distribución:

- Diferencias entre el sector urbano y rural: Las cooperativas tienden a atender a áreas menos pobladas: 7 clientes por milla, comparado con los 35 clientes por milla de línea de distribución de las empresas propiedad de inversionistas, con un terreno de naturaleza accidentada y difícil de atender, por lo que su servicio es más costoso.
- Diferencias institucionales: las cooperativas están reguladas por una ley que indica que deben de recibir el 85 % de los ingresos de sus miembros o pierden su exención de impuestos.
- Diferencia de clientes: las cargas de los clientes de las cooperativas son mayormente residenciales (83 %), es decir más pequeñas y volátiles y que demandan más energía en las horas pico por su naturaleza.

- Diferencias filosóficas: bienestar versus maximización de ganancias. Los dos modelos prestan atención en la minimización de costos, sin embargo, el enfoque de las cooperativas debe estar basado en la confiabilidad del servicio, más que en la rentabilidad; lo que implica un mayor costo del servicio.

NRECA (2016), presenta cifras sobre las diferencias anteriormente descritas. Al 2016, hay aproximadamente 930 cooperativas, que representan 17 millones de clientes que equivalen al 10 % del total de clientes, con una media de clientes de 12,500 por cooperativa. Otros datos respecto a la infraestructura eléctrica, arroja que el 43 % de las millas de distribución pertenecen a las cooperativas. Si asociamos la densidad de clientes por milla y los ingresos por milla de línea de distribución se tiene lo siguiente: las cooperativas con una densidad de 7 clientes/milla obtienen un ingreso de \$10,565 por milla de línea, mientras que una empresa propiedad de inversionistas obtiene un ingreso de \$ 62,665 por línea, esto está relacionado directamente a los 35 clientes/por milla de red de distribución.

Figura 14. **Comparación entre distribuidores de electricidad en EE. UU. al 2016**

	Investor-Owned	Publicly Owned	Cooperatives	Total
Number of Organizations	220	2,000	930	3,150
Number of Total Customers	102 m	20 m	17 m	140 m
Size (median number of customers)	400,000	2,000	12,500	
Customers, % of total	73%	15%	12%	
Revenues, % of total	76%	14%	10%	
kWh sales, % of total	74%	16%	10%	

Sales (billions kilowatt hours)	Investor-Owned	Publicly Owned	Cooperatives	Total
Residential	937	202	213	1,360
Commercial	1,017	207	75	1,285
Industrial	725	153	83	954
Other	4	3	0	7
Total	2,683	564	372	3,619

	Investor-Owned	Publicly Owned	Cooperatives	Total
Miles of Distribution Line	50%	7%	43%	
Customers per mile of line (density)	35	47	7	34
Revenue per mile of line	\$62,665	\$86,302	\$10,565	\$60,827
Distribution plant per Customer	\$2,229	\$2,309	\$2,845	\$2,362
Assets (billions)	\$700	\$200	\$100	\$1,000
Equity (billions)	\$220	\$55	\$31	\$306

Fuente: NRECA International (2016). *Guides for electric cooperativa development and rural electrification.*

### 7.2.2.2 Cooperativas eléctricas en Costa Rica

El 5 de mayo de 1982 se declara la conveniencia y utilidad pública y de interés social, la constitución y funcionamiento de asociaciones cooperativas, por ser uno de los medios más eficaces para el desarrollo económico, social, cultural y democrático de los habitantes del país mediante la promulgación de La Ley No. 6756 “LA LEY DE ASOCIACIONES COOPERATIVAS Y CREACIÓN DEL INSTITUTO

NACIONAL DE FOMENTO COOPERATIVO”. (Herrera, Villalobos y Chaves, 2003, p. 25).

Con esta ley se van formando las distintas cooperativas en Costa Rica que al 2003 eran el 27 % de la población activa económicamente, siendo un motor de bienestar y desarrollo para los habitantes por su incidencia en la calidad de vida, ya que la población se constituyó como pequeños y medianos propietarios, con lo que lograron tener una estabilidad económica, social y cultural que se diferencia de los países de Centroamérica con lo afirma Herrera et al. (2003) en su tesis.

Como se repasó el inicio de la sección 7.2 el sector eléctrico mundial experimentó una etapa de transición hacia la privatización y alrededor de 1990, el sector energético (electricidad, gas) en América Latina y el Caribe, estaban integrados verticalmente y de propiedad estatal, pero con diferencia de fecha y porcentaje de participación fueron alcanzados por la privatización en toda la región a excepción de Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Uruguay como indica Iorio y Sanin (2019) en su informe.

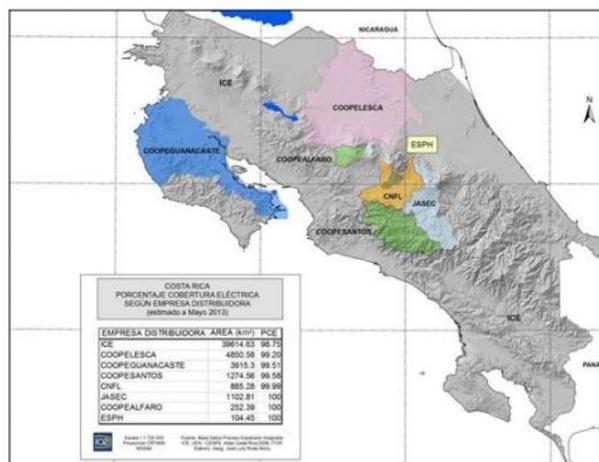
La Dirección Sectorial de Energía (2009), en su informe informe da un contexto histórico y organizacional de la situación del sector eléctrico en Costa Rica: en 1949 se crea el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), una empresa estatal que tiene a su cargo las tres actividades del sector (generación, transmisión y distribución) y que para 1964, para darle un impulso a la electrificación rural se crean las cooperativas de electrificación rural: COOPEGUANACASTE, COOPELESCA, COOPESANTOS y COOPEALFARO RUIZ con el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (AID) y el entonces Departamento de Fomento de Cooperativas del Banco Nacional de Costa Rica. Se contó con el apoyo de NRECA para la

asistencia de personal capacitado para la organización, financiamiento y operación de las cooperativas.

EL 26 de junio de 1989, estas cuatro cooperativas conforman lo que se conoce como CONELETRICAS con el objetivo de realizar proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica como lo indica la DSE (2009) en su informe.

Actualmente, Costa Rica conforma la distribución de energía con las dos empresas públicas: el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S. A. (CNFL, S. A.), dos empresas municipales: la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC) y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y las cuatro cooperativas eléctricas: Coopeguanacaste, Coopesantos, Coopealfaro Ruiz y Coopelesca según el informe de la DSE (2009).

Figura 15. **Áreas de concesión de distribuidoras de Costa Rica**



Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad (2014). *Plan de Expansión de la Generación Eléctrica Período 2014-2035.*

Los datos disponibles al 2012, nos demuestran la participación en cuanto al consumo de energía de las empresas participantes:

Figura 16. **Participación de distribuidoras por energía vendida 2012**



Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad (2014). *Plan de Expansión de la Generación Eléctrica Período 2014-2035*.

Las cooperativas deberían valorarse uno a uno, ya que la situación y operación difiere entre cada cooperativa, sin embargo, la DSE (2009) en su informe presenta la cantidad de usuarios al 2008, considerando que la cantidad de usuarios en 1961 (antes de la constitución formal de las cooperativas) era de 9,896 se puede afirmar que ha sido un modelo de éxito.

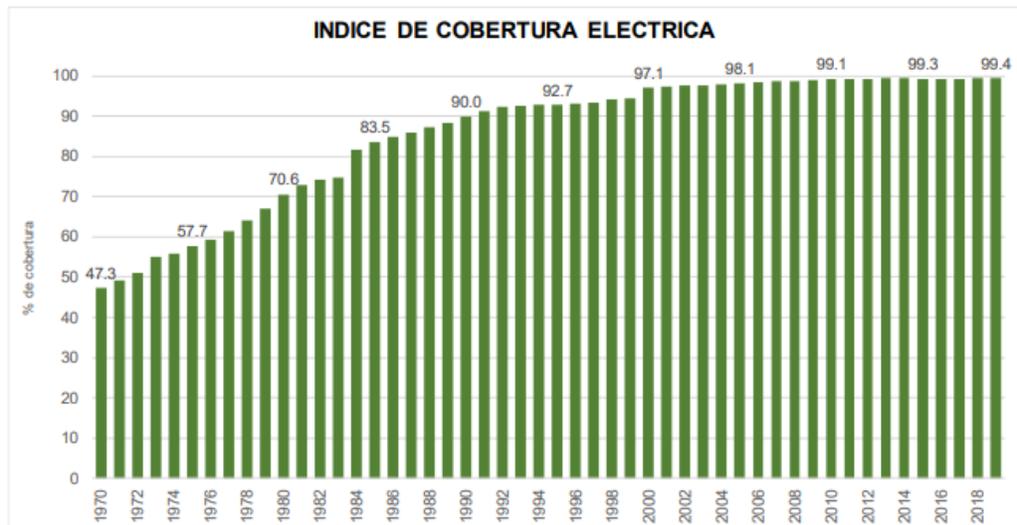
Tabla IX. **Usuarios de cooperativas de Costa Rica**

COOPERATIVA	USUARIOS ACTUALES
<b>COOPENAGUASTE</b>	51,594
<b>COOPELESCA</b>	59,801
<b>COOPESANTOS</b>	32,197
<b>COOPE ALFARO RUIZ</b>	5,694
<b>TOTAL</b>	149,286

Fuente: elaboración propia con datos de Dirección Sectorial de Energía (2009).  
*Cooperativas de electrificación rural en Costa Rica: un modelo exitoso de desarrollo en la electrificación de las zonas rurales de Costa Rica.*

Por otro lado, Herrera et al. (2003) relacionan la creación de las cooperativas como parte fundamental para lograr el índice de electrificación que tiene Costa Rica al 2019 con 99.4 % de la población electrificada.

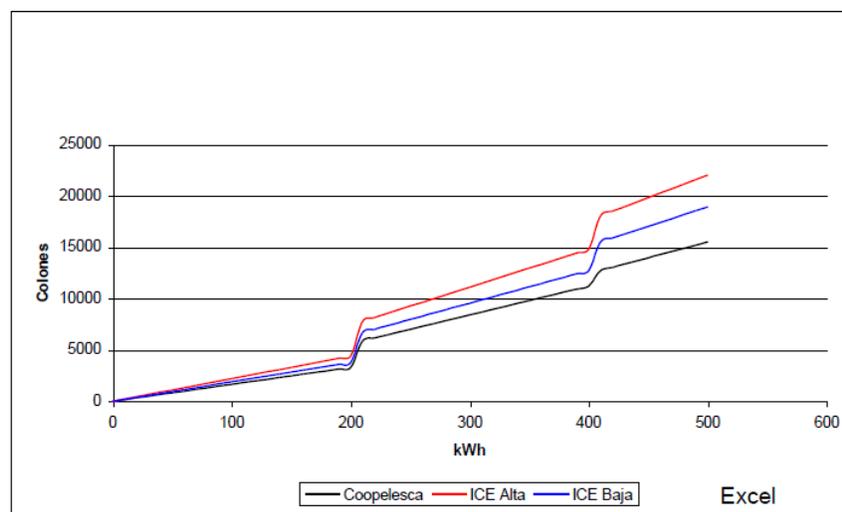
Figura 17. **Índice de obertura eléctrica de Costa Rica**



Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad (2014). *Plan de Expansión de la Generación Eléctrica Período 2014-2035.*

Herrera et al. (2003), realizan también una comparación entre la tarifa de la cooperativa Coopelesca en los distintos rangos de consumos respecto a ICE, que tiene 2 tipos de tarifas dependiendo la temporada. En cualquier caso y cualquier tarifa, la cooperativa maneja un mejor costo para el usuario.

Figura 18. **Comparación costos de Energía Coopelesca vs ICE**



Fuente: Herrera, Villalobos y Chaves (2003). *Valoración de una cooperativa eléctrica*.

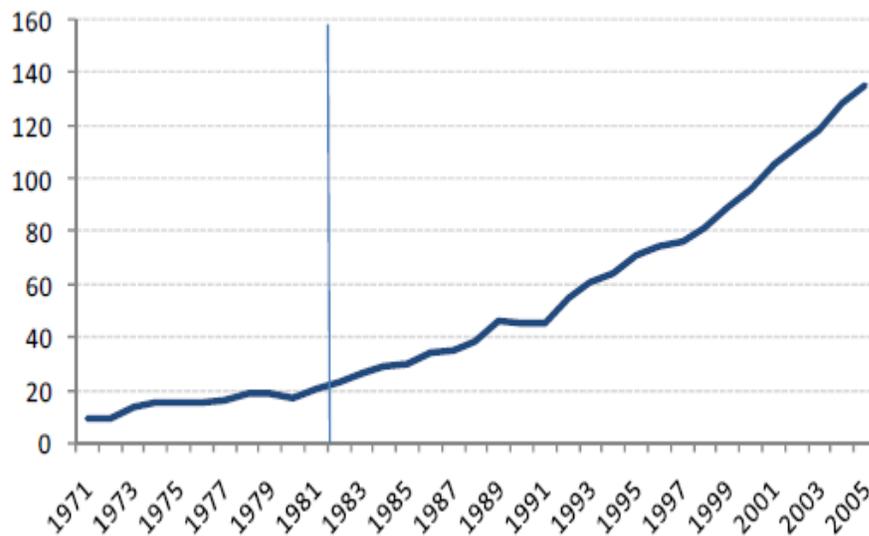
### 7.2.2.3 Cooperativas eléctricas en Bangladesh

Posterior a la guerra, se debía incrementar la cobertura eléctrica en las zona más alejadas del país. Para esto, en 1971 fue creado el programa ACRE (Area Coverage Rural Electrification) con la extensión de redes, pero bajo el modelo de cooperativas a nivel local como lo indica Iorio y Sanin (2019) en su informe.

La cooperativa desarrollada fue Comila I Palli Bidyut Samity en 1979, con el objetivo de construir subestaciones, comenzando a instalar 20 a 30 clientes por día, por lo que en su primer año de operación se conectaron 5,474 usuarios al sistema como indica Iorio y Sanin (2019) en su informe.

Cerca del 60 % de las comunidades seleccionadas están electrificadas, lo que equivale a 150,713 nuevos usuarios y 3,648 kilómetros de líneas de transmisión. En el siguiente gráfico se muestra el consumo de electricidad (kWh per cápita) con una marcación en 1,981 que cuando inició el proyecto Iorio y Sanin (2019).

Figura 19. **Consumo de electricidad en Bangladesh (kWh per capita)**



Fuente: Iorio y Sanin (2019). *Acceso y asequibilidad a la energía eléctrica en América Latina y el Caribe.*

#### 7.2.2.4

#### Cooperativas eléctricas en Chile

Ibaceta (2009) en su tesis indica que en 1,943 se elaboró un plan para electrificar el país basado en “cooperativas integradas y organizadas sin fines de lucro para suministrar electricidad a los predios agrícolas, aldeas y pequeñas comunidades rurales” (p. 19).

“Estas cooperativas financiarían y explotarían las redes de distribución secundaria, que parten de las subestaciones primarias, permitiendo la distribución del suministro eléctrico sin intermediarios” (Ibaceta, 2009, p. 19).

Esta iniciativa fue impulsada por la Empresa Nacional de Electricidad S. A. (ENDESA), que veía las siguientes ventajas en las Cooperativas de Electrificación Rural:

Permitía que la población dispersa fuera agrupada en un solo sistema eléctrico, con lo que se lograba compensar el alto costo de las líneas que llevaban la energía a los consumidores más alejados, con los costos más bajos de los consumidores más cercanos a las líneas troncales; la cooperativa se encargaba de controlar sus problemas administrativos, y tenía la responsabilidad de la reparación y el mantenimiento del servicio, responsabilidades que desalentaban a las empresas privadas de prestar el servicio eléctrico por la baja rentabilidad de la distribución. Además la cooperativa era una instancia adecuada para recibir y otorgar créditos, y responder a las operaciones comerciales que conllevaba la realización de programas de construcción, mantenimiento y fomento de la electrificación rural. Por último, eran los propios cooperados los que, en conformidad con sus costos de explotación y mantenimiento, determinaban sus tarifas. ENDESA (1958), citado por (Ibaceta, 2009, p. 20).

En 1944, inicia el funcionamiento de la primera cooperativa y para 1970 llegaron a ser 16 cooperativas con 11,653 socios y un consumo de 75,600,000 kWh; impactando la electrificación rural por las altas tasas de crecimiento, según indica Ibaceta (2009).

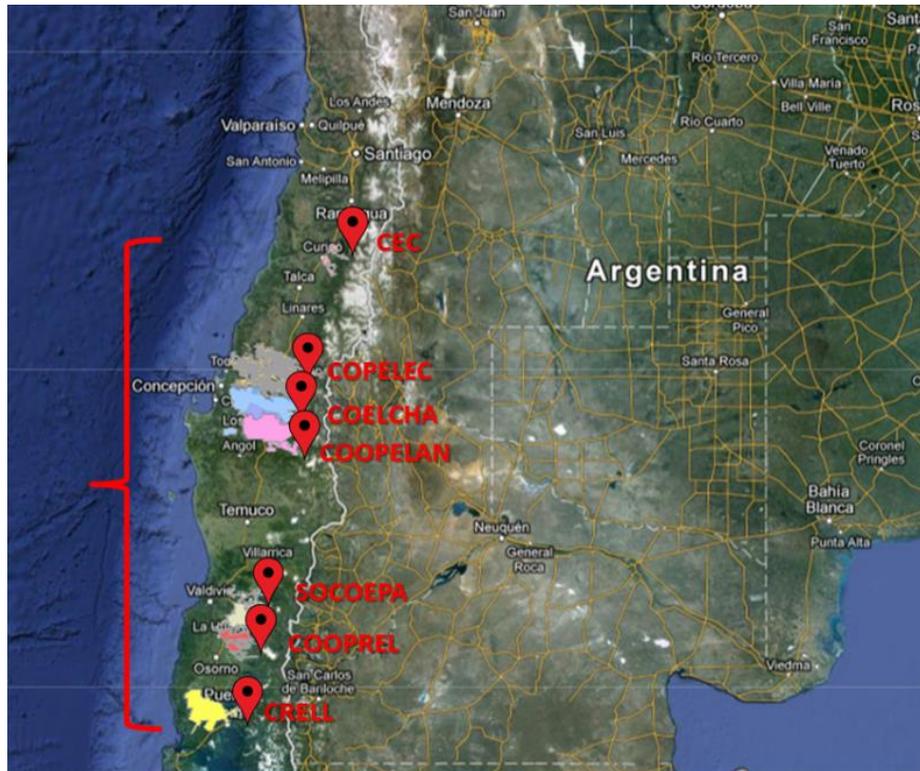
Actualmente hay 7 cooperativas que prestan el servicio de distribución de energía eléctrica. A continuación se presentan datos de sus instalaciones y una figura de sus zonas de concesión.

Tabla X. **Datos de cooperativas eléctricas de Chile**

Nombre	Año de fundación	Socios 2019	Clientes 2019	Ventas 2019 (GWh)	Clientes/km de red MT+BT	Consumo cliente-mes (kWh)
CEC (Curicó)	1951	3,670	11,759	122.4	14.4	867
COPELEC (Chillán)	1951	44,272	66,085	185	7.1	233
COELCHA (Cabrero)	1957	3,135	16,711	38	4.9	189
COPELAN (Los Angeles)	1954	7,677	24,971	103.7	7.3	346
SOCOPEPA (Paillaco)	1956	1,608	7,613	34.7	4.7	380
COOPREL (Río Bueno)	1948	3,282	8,250	38	4.4	384
CRELL (Puerto Varas)	1948	756	29,365	83.8	9.6	238
<b>Total</b>		<b>64,400</b>	<b>164,754</b>	<b>605.6</b>	<b>7</b>	<b>306</b>

Fuente: elaboración propia con datos de FENACOPEL (2021). Consultado el 20 de octubre de 2021 de: <https://fenacopel.cl/instalaciones/>

Figura 20. Zonas de concesión de cooperativas eléctricas de Chile



Fuente: FENACOPEL, (2021). *Zonas de concesión*. Consultado el 20 de octubre de 2021 de: <https://fenacopel.cl/concesion/>

### 7.3 Caracterización de la carga en zonas rurales de Guatemala

En esta sección se presenta el entorno socioeconómico en el área rural del país, para entender aspectos de dispersión e ingresos económicos promedio en esta zona de interés. Posteriormente se revisa la demanda de energía proyectada en caso de electrificación de las zonas rurales sin cobertura, bajo dos enfoques: con programas de acompañamiento para el aprovechamiento de la electricidad y otro escenario sin estos programas.

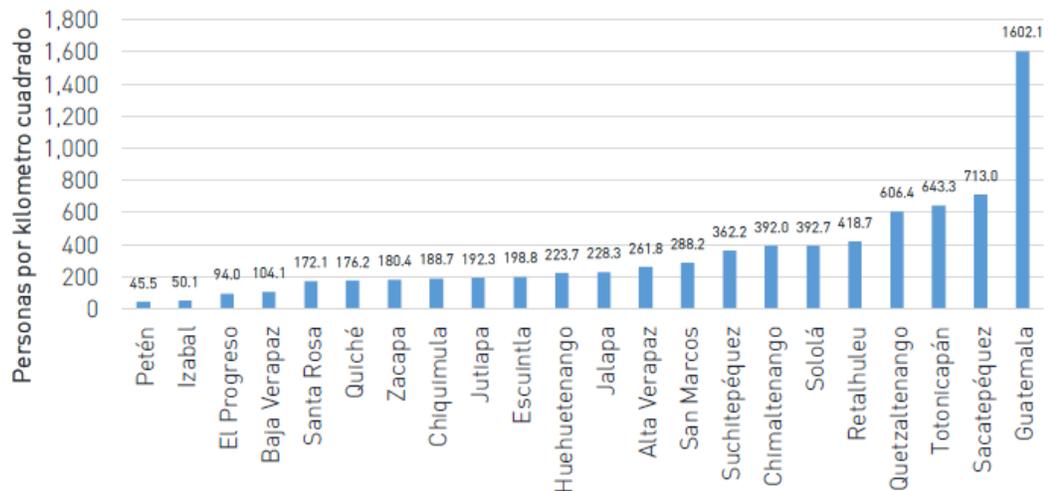
### 7.3.1 Entorno socioeconómico en el área rural

Utilizando los datos del informe del Ministerio de Energía y Minas (2020), se revisan algunas características del sector rural para orientación para la delimitar la investigación.

#### 7.3.1.1 Densidad poblacional

La densidad poblacional no es más que a cantidad de personas que habitan en un kilómetro cuadrado. “Esto es importante en proyectos electrificación, dado que puede usarse como un indicador inicial de la dispersión existente en los departamentos, característica importante ya que influye en la factibilidad técnica y económica de proyectos de electrificación” (MEM, 2020, p. 42).

Figura 21. Densidad poblacional de Guatemala 2020

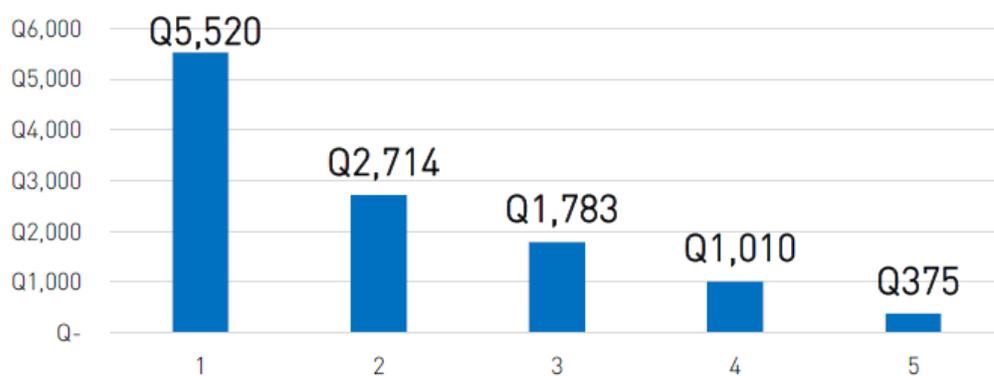


Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan indicativo de electrificación rural 2020-2050*.

### 7.3.1.2 Ingresos económicos

“El Instituto Nacional de Estadísticas define los ingresos laborales como aquellos provenientes del empleo asalariado más los ingresos relacionados con el empleo independiente por concepto de beneficio o ganancia en la ocupación principal agrícola y no agrícola” (MEM, 2020, p. 43). La siguiente gráfica muestra los ingresos distribuidos por quintiles.

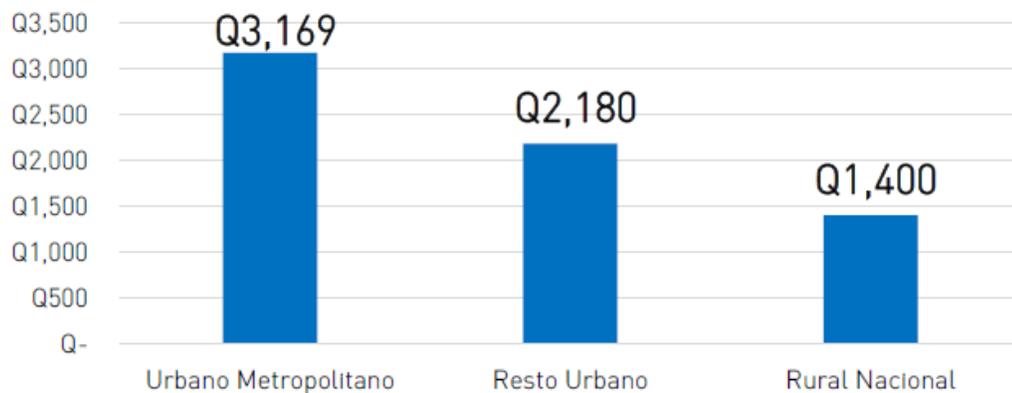
Figura 22. **Ingresos laborales de Guatemala por quintil 2020**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan indicativo de electrificación rural 2020-2050*.

En la siguiente gráfica se muestran los ingresos distribuidos en tres áreas: urbano metropolitano, resto urbano y rural nacional.

Figura 23. **Ingresos laborales de Guatemala por área 2020**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan indicativo de electrificación rural 2020-2050*.

### 7.3.2 **Caracterización de la carga en la Franja Transversal del Norte**

Conforme a lo revisado en la sección 1.1.2 los departamentos con menos cobertura eléctrica están en la región norte del país. Los municipios y departamentos han sido estudiados por las mismas razones, pero con diferentes enfoques, como: soporte para el diseño de generación con paneles fotovoltaicos o para análisis de rentabilidad para instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas. A continuación se revisan algunos datos de estos informes.

#### 7.3.2.1 **La Franja Transversal del Norte**

En el Decreto 60-70, aprobado por el Congreso Nacional se declara de interés nacional, el establecimiento de zonas de desarrollo

agrario en el área comprendida, dentro de los municipios: Santa Ana Huista, San Antonio Huista, Nenton, Jacaltenango, San Mateo Ixtatan y Santa Cruz Burillas en Huehuetenango, Chajul y San Miguel Uspantan en el Quiche, Cobán, Chisec, San Pedro Carcha, Lanquin, Senahu, Cahabón y Chahal, en alta Verapaz y la totalidad del departamento de Izabal. (Morales, 2015, p. 1)

### 7.3.2.2 Caracterización por Fundación Solar

La Fundación Solar realizó una caracterización de la carga o demanda en para proyectar sistemas aislados en localidades de la Franja Transversal del Norte que no tienen cobertura eléctrica. Para efectos de la investigación repasaremos dos aspectos únicamente: la muestra seleccionada y los resultados de consumo proyectados.

Figura 24. Zonas rurales estudiadas

Municipio	Población		Viviendas
	Total De familias	Total De habitantes	Total De viviendas
Municipio de Barillas, Micro región 11	950	5749	955
Municipio de Chahal, Micro regiones IV y V y comunidad Setzol	309	1698	331
Municipio de Cahabón, Micro región Chiis	395	2000	398
Municipio de Fray Bartolome de las Casa, Micro regiones V y VI	575	3225	565
Municipio de Cahabón, Micro región Chiis	614	2962	589
San Luis, Micro región III	614	2962	589
Municipio de Ixcán, 4 comunidades dispersas y 3 unificadas de la micro-región I	1087	5411	1013
<b>TOTAL 50 comunidades</b>	<b>4544</b>	<b>24007</b>	<b>4440</b>

Fuente: Say (2012). *Regulación en zonas rurales aisladas de Guatemala*.

De acuerdo a los casos documentados por Fundación Solar, después de la conexión de usuarios en zonas rurales se promedia un consumo de 20 kWh-mes, alcanzando consumos de 27 kWh-mes si no hay un plan de acompañamiento para la utilización y aprovechamiento de la energía eléctrica. Por otro lado, si se implementan programas para el aprovechamiento de la energía eléctrica, se proyecta un consumo mensual de 48 kWh al término de dos años después de la conexión como lo indica Say (2012) en su tesis.

Con estos datos finalmente se proyecta una demanda para las zonas rurales.

Figura 25. **Demanda proyecta en zonas rurales**

DEMANDA PROYECTADA,	
Total ZRA	3,422
	137,470 Usuarios
Supuesto: el 60% de las ZRA tienen la posibilidad de acceder al SIN	
82,482 Usuarios interconectados	
<i>Escenario Uno</i>	
Consumo promedio luego de 2 años	
Sin programa de usos productivos	27 kWh
Total demanda mensual estimada	2,227,014 kWh
<i>Escenario Dos</i>	
Consumo promedio luego de 2 años	
con programa de usos productivos	48 kWh
Total demanda mensual estimada	3,959,136 kWh

Fuente: Say (2012). *Regulación en zonas rurales aisladas de Guatemala.*

## **7.4 Empresas eléctricas municipales en Guatemala**

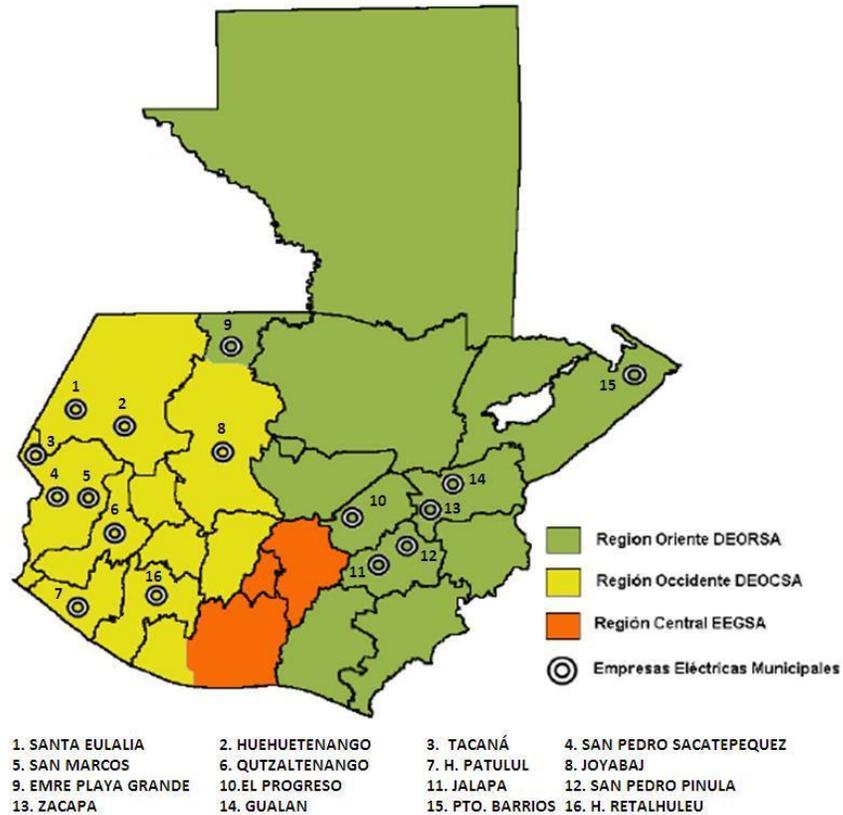
Las importancia de estudiar las empresas eléctricas municipales, está en que se pueden considerar como la última expresión de los usuarios en la autogestión del servicio eléctrico como lo indica Arriaza (2005),

Las actividades de distribución de energía en Guatemala, a excepción de la generación, son sujetos a una autorización según la Ley General de Electricidad, por los bienes de dominio público que puede utilizar como lo indica la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2015) en su informe.

En Guatemala existen tres grandes empresas distribuidoras de Electricidad: Empresa Eléctrica de Guatemala S. A. (EEGSA), Distribuidora de Electricidad de Occidente S. A. (DEOCSA) y la Distribuidora de Electricidad de Oriente S. A. (DEORSA).

Existen otras 16 empresas eléctricas municipales que generalmente prestan el servicio de distribución de energía eléctrica en cabeceras departamentales o municipales. A continuación se presentan un mapa de las áreas de operación:

Figura 26. **Áreas de concesión de distribuidoras de energía eléctrica en Guatemala**

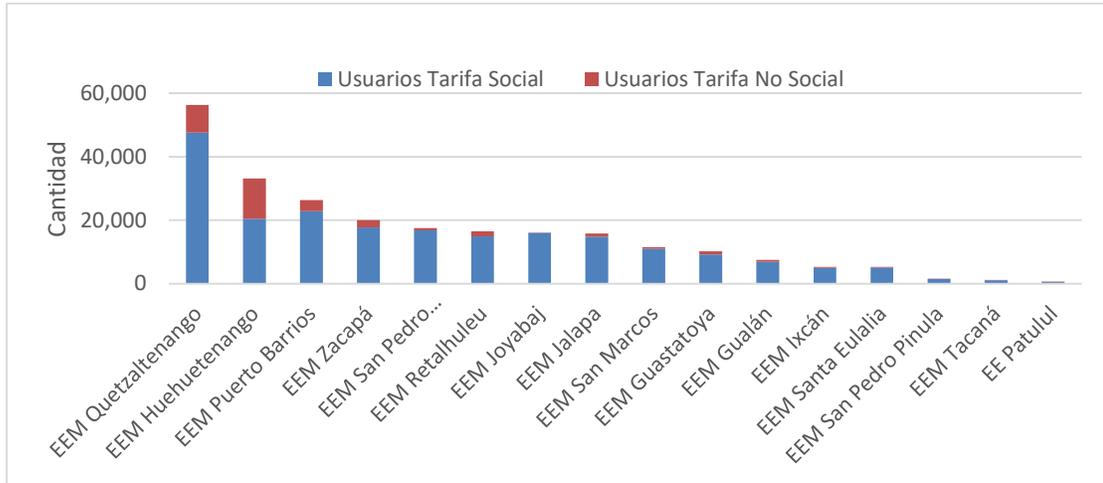


Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2015). *Guía del Inversionista*.

#### 7.4.1 Usuarios y tarifas de EEM's

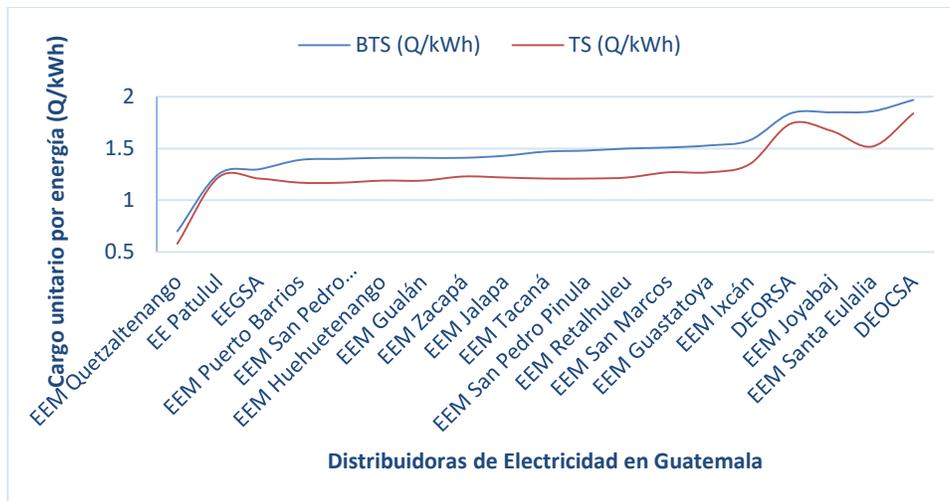
Se presentan datos sobre cantidad de usuarios por tarifa de las 16 EEM's actualizados al 2020 y el cargo unitario por energía de las tarifas de baja tensión sin demanda, agregando las 3 distribuidoras privadas que operan en el país en el mes de enero de 2021.

Figura 27. Cantidad de usuarios de EEM's



Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021). *Informe Estadístico Gerencia de Tarifas.*

Figura 28. Tarifas de distribuidoras y EEM's

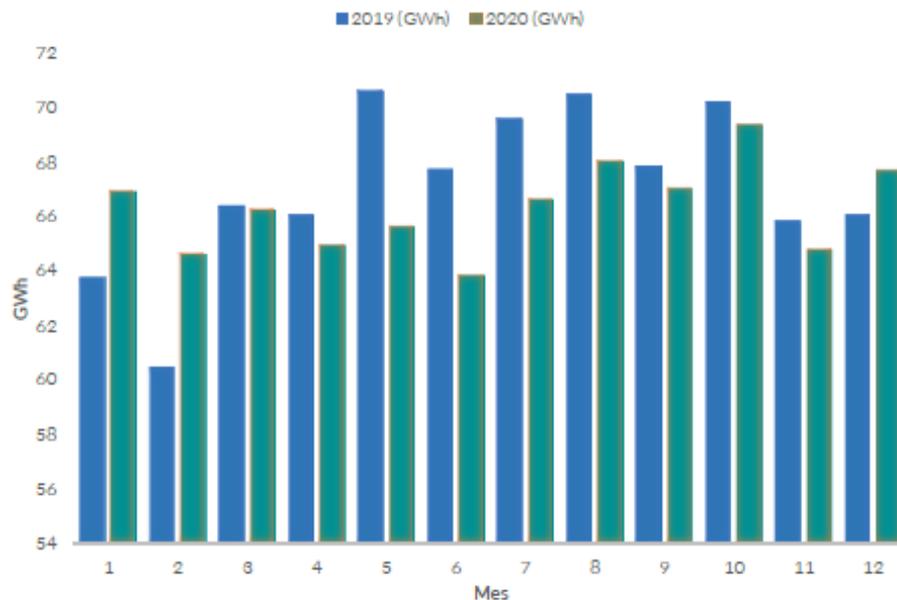


Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021). *Informe Estadístico Gerencia de Tarifas.*

#### 7.4.2 EEM's en el mercado mayorista

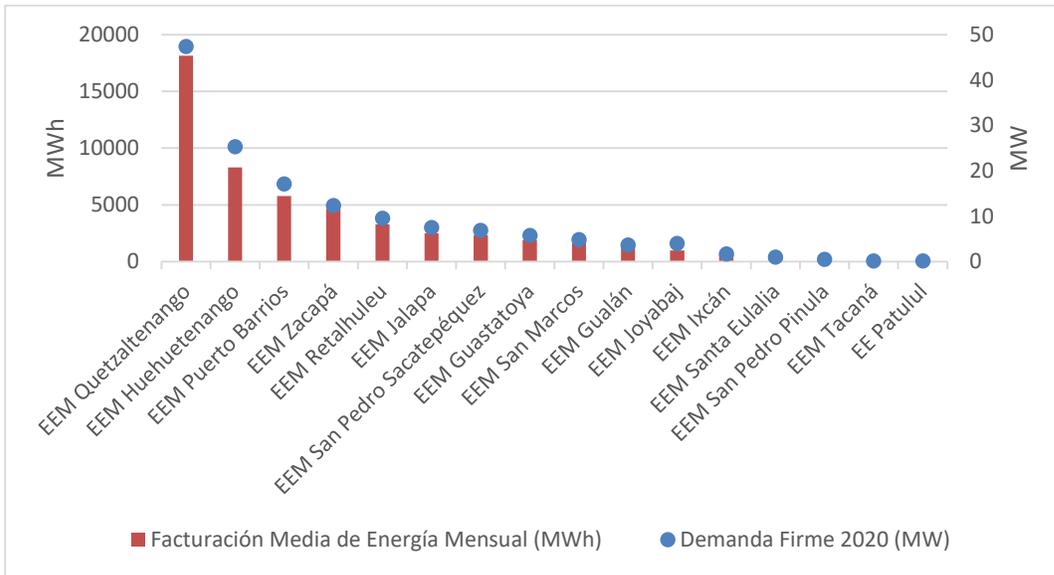
Las Empresas Eléctricas Municipales no tienen participación directa en el mercado mayorista. La compra de energía la realizan a través del Instituto de Electrificación (INDE), ya sea con la Empresa de Generación de Energía Eléctrica (EGEE) o través de la Empresa Comercialización de Energía Eléctrica (ECOE) como lo indica el Informe de Transacciones Económicas (ITE) del Administrador del Mercado Mayorista (AMM) publicado en agosto de 2021. A pesar de esto, se pueden obtener algunos datos sobre sus consumos: 805.19 GWh para 2019 vs 795.83 GWh en 2020, la demanda firme y la facturación media de energía en 2020.

Figura 29. Consumo total de EEM's 2019-2020 por mes



Fuente: Administrador del Mercado Mayorista (2021). *Información Estadística 2020*.

Figura 30. **Facturación Media vs Demanda Firme 2020 EEM's**



Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021). *Informe Estadístico Gerencia de Tarifas.*

### 7.4.3 Indicadores de calidad de EEM's

Las Empresas Eléctricas Municipales, al igual que con las otras empresas de distribución del país, están sometidos al régimen de precio y calidad indicado en la LGE, los reglamentos y las normas técnicas emitidas por la CNEE en cuanto a la calidad del producto, la calidad del servicio y la calidad comercial. Sin embargo, no todas las empresas cumplen con el envío de la información que solicita el regulador como lo indica el informe de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2016).

Otra forma de obtener información sobre el desempeño de las distribuidoras de electricidad, consiste en revisar las encuestas que la CNEE

realiza aleatoriamente a los usuarios de cada distribuidora dos veces por año, una en época de invierno y otra en época de verano.

Figura 31. Resumen de resultados de encuestas 2002-2003

	Distribuidor	Promedio		Calidad del Producto		Calidad del Servicio		Calidad Comercial	
		2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
1	EEGSA	61.7	75.7	63	78	63	77	59	72
2	DEOCSA	32.7	37	13	28	12	16	73	67
3	EEM Quetzaltenango	27.3	43.7	12	46	4	39	66	46
4	EEM Huehuetenango	35.3	43.3	15	51	22	43	69	36
5	EEM San Marcos	22.7	28	17	5	1	6	50	73
6	EEM San Pedro Sacatepéquez	29.7	25.3	12	1	11	0	66	75
7	EEM Retalhuleu	0	52.7	0	42	0	50	0	66
8	EEM Tacaná	28.7	28.3	9	10	5	6	72	69
9	EEM Joyabaj	18.3	28.7	4	8	1	8	50	70
10	EEM Sta. Eulalia	22	31	10	14	11	10	45	69
11	EEM Patulul	52	46.7	31	31	77	40	48	69
12	DEORSA	50.3	43.7	36	39	42	27	73	65
13	EEM Guastatoya	45.3	54.7	45	41	21	44	70	79
14	EEM Puerto Barrios	32	32	25	31	3	4	68	61
15	EEM Zacapa	19.4	44.3	5	53	0.3	14	53	66
16	EEM Gualán	25.3	38.7	2	15	2	32	72	69
17	EEM Jalapa	23.7	26.3	2	7	2	0	67	72
18	EEM San Pedro Pinula	22.7	34.7	5	24	5	17	58	63
19	EEM Sayaxché	31.7	34.3	11	34	17	4	67	65

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2015). *Compendio de resultados de las encuestas de calidad: Compendio de 1994 a 2014.*

Figura 32. Resumen de resultados de encuesta 2014

	Distribuidor	Promedio General	Promedio Verano	Promedio Invierno	Calidad del Servicio		Calidad del Producto		Calidad Comercial	
					Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
1	EEGSA	87.69	84.17	91.21	86.09	87.13	82.95	90.96	83.52	95.53
2	DEOCSA	77.32	75.79	78.85	75.03	81.60	74.97	78.87	77.37	76.07
3	DEORSA	71.92	65.21	78.63	66.17	78.62	59.12	82.63	70.26	74.66
4	EEM Gualán	83.87	75.62	92.12	92.80	98.03	58.13	98.55	76.41	79.79
5	EEM Guastatoya	78.67	76.34	81.00	74.54	87.06	77.70	81.34	76.78	74.60
6	EEM Huehuetenango	42.04	45.23	38.85	37.76	33.42	25.66	21.97	72.26	61.16
7	EMRE	86.70	82.44	90.97	83.33	96.26	92.31	96.70	71.68	79.94
8	EEM Jalapa	45.94	No Realizó	91.87	No Realizó	97.37	No Realizó	99.25	No Realizó	79.00
9	EEM Joyabaj	65.05	68.94	61.16	77.31	59.16	59.87	52.88	69.64	71.45
10	EEM Patulul	63.88	66.45	61.31	58.00	50.40	61.20	51.60	80.16	81.92
11	EEM Puerto Barrios	56.78	56.76	56.80	51.50	49.17	47.17	58.83	71.60	62.40
12	EEM Quetzaltenango	24.63	No Realizó	49.26	No Realizó	43.82	No Realizó	41.45	No Realizó	62.53
13	EEM Retalhuleu	49.37	48.74	49.99	49.03	39.89	43.35	36.76	53.85	73.31
14	EEM San Marcos	65.52	71.70	59.34	68.70	54.14	67.14	49.71	79.26	74.17
15	EEM San Pedro Pinula	44.38	36.25	52.52	32.72	55.56	26.47	46.30	49.56	55.70
16	EEM San Pedro Sacatepéquez	86.18	80.15	92.21	94.72	97.88	69.85	99.00	75.88	79.75
17	EEM Santa Eulalia	86.80	90.45	83.16	95.87	97.05	96.40	72.75	79.09	79.66
18	EEM Tacaná	41.04	No Realizó	82.08	No Realizó	96.47	No Realizó	74.71	No Realizó	75.06
19	EEM Zacapa	80.29	78.08	82.51	79.90	93.25	79.15	74.63	75.20	79.65

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2015). *Compendio de resultados de las encuestas de calidad: Compendio de 1994 a 2014.*

La encuesta realizada en 2014, refleja mejores resultados para EEM's como Gualán, Zacapa, Ixcán, San Pedro Sacatepéquez y Santa Eulalia que están arriba del 80 % general.

Arriaza (2005), en su informe hace críticas sobre las EEM's sobre la situación financiera que impiden las mejoras comerciales y técnicas del sistema eléctrico:

- El gerente general es el alcalde que puede disponer de los recursos de la empresa para otros fines.
- No cuenta con tecnología para las operaciones administrativas.
- Muchas veces no cuentan con personal técnico capacitado (el personal para las operaciones de lectura se dedica a otras actividades en la municipalidad por lo que no podría detectar una conexión ilegal que afecta la facturación de la energía).
- Los consumos propios de la municipalidad como: bombas de agua, mercado, palacio municipal y alumbrado público no pagan por el servicio.
- Poseen deuda por compra de energía con el INDE.
- Algunas EEM's no aplican las tarifas autorizadas por la CNEE por las reacciones de los usuarios que finalmente son votantes.
- A los usuarios del segmento comercial e industrial, no se les cobra demanda, ya que no tienen este tipo de contrato, por desconocimiento o porque no pueden garantizar el mismo a este tipo de usuarios.

Estas críticas no pueden ser aplicables hacia todas las Empresas Eléctricas Municipales, especialmente las que han demostrado un buena gestión según la información revisada en la sección 7.4.3.

## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LÍSTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO REFERENCIAL**

1.1 Antecedentes

### **2. MARCO TEÓRICO**

2.1 Electrificación Rural en Guatemala

2.1.1 Electrificación rural como problema global

2.1.2 Cobertura eléctrica en Guatemala

2.1.3 Actores institucionales en la electrificación

2.1.4 Repaso a los proyectos PER

2.2 Modelos de electrificación a nivel mundial

2.2.1 Cooperativas eléctricas

2.2.2 Las cooperativas como distribuidores de electricidad

2.3 Caracterización de la carga en zonas rurales de Guatemala

2.3.1 Entorno socioeconómico

2.3.2 Caracterización de la carga en la Franja Transversal del Norte

## 2.4 Empresas Eléctricas Municipales en Guatemala

### 2.4.1 Usuarios y tarifas de EEM's

### 2.4.2 EEM's en el mercado mayorista

### 2.4.3 Indicadores de EEM's

## 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Caracterización del estudio

#### 3.1.1 Diseño

#### 3.1.2 Enfoque

#### 3.1.3 Alcance

#### 3.1.4 Unidades de medida

### 3.2 Variables

### 3.3 Fases de estudio

#### 3.3.1 Exploración bibliográfica

#### 3.3.2 Revisión regulatoria

#### 3.3.3 Estudio de factibilidad social

#### 3.3.4 Estudio de factibilidad técnica

#### 3.3.5 Estudio de factibilidad económica

### 3.4 Técnicas de análisis de información

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Resultados de exploración bibliográfica

### 4.2 Resultados de revisión regulatoria

### 4.3 Revisión de factibilidad social

### 4.4 Revisión de factibilidad técnica

### 4.5 Revisión de factibilidad económica

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES  
RECOMENDACIONES  
REFERENCIAS  
APENDICES  
ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1 Características del estudio**

El enfoque del estudio propuesto es mixto, ya que estarán analizando aspectos sociales, parámetros técnicos y económicos para la factibilidad de que una cooperativa eléctrica preste el servicio de distribución. El aspecto social se basa principalmente en el impacto sobre las comunidades y los beneficios que representan que no siempre son cuantificables. Para los aspectos técnicos y económicos se utilizarán datos existentes de cantidad de comunidades, cantidad de familias de las mismas sin acceso al servicio eléctrico y con datos de distancias de las líneas de transmisión y distribución para realizar cálculos de costos para construir la infraestructura, costos de operación y costos de compra de energía.

El alcance es tipo exploratorio, dado que no existen modelos similares en el mercado guatemalteco, la poca información concisa sobre los procedimientos para solicitar la autorización de los entes rectores y reguladores, los datos de costos detallados de materiales, mano de obra para construcción de infraestructura y costos de operación, no son de uso común, aunque se pueden obtener o proyectar.

El diseño adoptado será no experimental, dado que no se pretende delimitar específicamente algún número de usuarios, la distancia a la red, la tarifa idónea para determinar la factibilidad de algún proyecto. En todo caso, los costos para realizar un diseño experimental de este proyecto son muy altos.

## 9.2 Unidades de análisis

Las unidades de análisis para este estudio son las comunidades de Guatemala.

## 9.3 Variables

A continuación se presentan las variables con sus diferentes criterios.

Figura 33. **Clasificación de las variables**

Variable \ Criterio	Categoría		Numérica		Manipulable	Observable	Nivel de medición
	Dicotómica	Policotómica	Discreta	Continua			
Tipo de inversión		X			X		Nominal
Tipo de tarifa		X				X	Nominal
Distancias de punto de conexión				X		X	Intervalo
Nivel de subsidio		X				X	Ordinal
Cantidad de usuarios			X			X	Cardinal
Red de distribución		X			X		Nominal
Demanda de conexión				X		X	Ordinal

Fuente: elaboración propia con Microsoft Word.

Las variables en estudio se describen a continuación:

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

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>
Tipo de inversión	Es un término económico que consiste en dedicar recursos con el objetivo de obtener algún beneficio.	Se realizará un análisis sobre qué tipo de inversión se adecua a la electrificación de comunidades sin acceso a la energía eléctrica. Las categorías son: privada, gubernamental y mixta.
Tipo de tarifa	Es el costo que se debe pagar por la electricidad que se utiliza en un hogar, comercio o industria.	Se hará un análisis sobre el tipo de tarifa en las que estarán las zonas sin cobertura eléctrica. Las categorías son: BTS, BT, BTSA, BTDA, BTDA.
Distancias de punto de conexión	Longitud a la que estará la localidad del punto más cercano de conexión	Se medirá la distancia del punto de conexión para determinar los costos de la infraestructura. Su unidad de medida es km.
Nivel de subsidio	Rango definido por el gobierno en los que se diferencian por el porcentaje de subsidio de energía eléctrica.	Se analizarán los rangos de consumos: 1 – 60 kWh, 61-88 kWh, 89 y 300 kWh, para determinar el apoyo del gobierno como base para el pago por compra de energía.
Cantidad de usuarios	Se refiere al número de personas que tengan un contrato de suministro de energía eléctrica	Se obtendrán los datos en las localidades seleccionadas para análisis. Su unidad de medida es cardinal.
Red de distribución	Nivel de voltaje de distribución, para determinar valores de aislamiento de equipos y materiales para el tendido eléctrico	De acuerdo a las localidades a analizar, se realizará la medición sobre el tipo de voltaje adecuado: 7.620 kV (monofásico) 13.8 kV (trifásico) 20.125 kV (monofásico), 34.5 kV (trifásico).
Demanda de conexión	Parámetro que determina la potencia promedio (kW) que tendrá la comunidad a electrificar.	Se medirá la demanda del punto de conexión para determinar la compra de energía o la generación. También sirve para determinar el nivel de tensión para la red de distribución. Su unidad de medida es ordinal.

Fuente: elaboración propia con Microsoft Word.

## **9.4 Fases del estudio**

A continuación se presenta de forma detallada las fases de la investigación:

### **9.4.1 Fase 1: exploración bibliográfica y datos disponibles**

Se realizará una revisión exhaustiva de las leyes y normas para la autorización de proyectos de distribución. Se incluirá también lo relacionado a la creación de cooperativas en Guatemala y su estructura organizativa. Se revisarán los datos disponibles de comunidades sin cobertura eléctrica y verificar si cuentan con algún estudio socioeconómico.

### **9.4.2 Fase 2: revisión regulatoria**

A partir de la revisión bibliográfica se harán entrevistas con expertos de la regulación y el mercado mayorista para la implantación de cooperativas eléctricas como un nuevo modelo de electrificación y un cliente potencial para el aprovechamiento de la generación excesiva existente en el mercado. Se traerán impresiones, consideraciones para la habilitación, opciones de compra de energía convencionales a través de comercializadoras, a través de la empresa estatal o nuevas formas como generación propia o un modelo de cliente con demanda a través del distribuidor. Se determinará si es necesario hacer ajustes en la regulación o nuevos reglamentos como la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable que básicamente promueven la instalación de pequeños generadores renovables con incentivos fiscales, económicos y administrativos o como la Ley de Movilidad Eléctrica que está desarrollando el MEM. También se revisarán los retos y perspectiva de una

empresa eléctrica municipal que es el modelo más cercano al modelo bajo investigación.

La entrevista está conformada de las siguientes preguntas:

- ¿Podría compartir cuál es su perspectiva sobre los modelos de electrificación rural existentes?
- ¿Cuáles son sus impresiones para la creación de cooperativas eléctricas como modelo alternativo para aumentar el índice de cobertura eléctrica?
- ¿Cuáles considera son los aspectos a considerar para la autorización de una cooperativa eléctrica de distribución?
- ¿Considera necesario la formulación de normativa específica para la creación y operación de cooperativas eléctricas?
- ¿Cuál considera puede ser la mejor opción para compra de energía para una cooperativa eléctrica?
- ¿Cuáles son los aspectos que debe garantizar y demostrar una cooperativa eléctrica para que el generador o vendedor de energía tenga la certeza del cumplimiento en las obligaciones de pago por compra de energía?
- ¿Qué puede comentar sobre las empresas eléctricas municipales en cuánto al cumplimiento de los índices de calidad?

- ¿Cuáles es su perspectiva sobre las empresas eléctrica municipales en cuánto a su nula participación en el mercado mayorista de electricidad?

### **9.4.3 Fase 3: Estudio de factibilidad social**

Para determinar la factibilidad de la implementación de un proyecto de esta magnitud, se debe establecer una metodología en la que se pueda determinar la disposición del consumidor a pagar por el servicio de electricidad, si desea ser parte de una cooperativa para la autogestión de su servicio, si conoce y considera el alcance de los beneficios de la electrificación para su desarrollo. Esto es fundamental y crítico para analizar y priorizar comunidades. Esta información se realizará a través de encuestas en hogares y comunidades sin acceso al servicio eléctrico para determinar de la forma más confiable posible su consumo de energía y gastos incurridos por no estar conectados a la red eléctrica nacional. Para realizar la encuesta se harán preparativos previos para definir la factibilidad del mismo en las comunidades dentro del plan inicial de estudio.

La encuesta estará conformada por dos fases y tendrá la siguiente estructura:

Aspecto demográfico e impacto familiar

- ¿Cuál es su ingreso económico diario?

Menos de Q 25: _____	Entre Q 25 y Q 50: _____
Entre Q 50 y Q 100: _____	Mayor a Q 100: _____

- ¿Cuántas personas viven en esta casa?
- ¿Cuál es su actividad económica (a que se dedica actualmente)?
- ¿Cuál es su gasto mensual para los siguientes artículos?  
 Candelas: \_\_\_\_\_ Baterías: \_\_\_\_\_  
 Otros: \_\_\_\_\_ Especificar: \_\_\_\_\_
- ¿Qué aparatos eléctricos o electrónicos tiene actualmente?
- ¿Tiene algún tipo de generación propio de electricidad?  
 Paneles solares: \_\_\_\_\_  
 Generador diésel/gasolina: \_\_\_\_\_  
 Otro: \_\_\_\_\_ Especificar: \_\_\_\_\_
- ¿De cuánto fue su inversión para esta tecnología (en caso responda que tenga algún tipo de generación propio)?
- ¿En caso de tener cobertura eléctrica, cuáles serían sus planes de utilización?  
 Producción (peces, riego, molino de nixtamal, molino de café): \_\_\_\_\_  
 Entretenimiento (televisión, eventos, fiestas): \_\_\_\_\_  
 Educación: \_\_\_\_\_  
 Salud: \_\_\_\_\_  
 Comercio (tienda de consumo diario, heladería, etc): \_\_\_\_\_
- ¿Cuánto está dispuesto a pagar por la energía eléctrica?
- ¿En qué horario necesita más la energía eléctrica?

### Impacto comunal

- ¿Si sus vecinos implementan una cooperativa eléctrica para auto gestionar el servicio, aceptaría ser miembro?
- ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir para ser asociado?
- ¿Estaría dispuesto a realizar algún aporte adicional al año de ser necesario en caso las necesidades financieras de la cooperativa lo requieran?
- ¿A qué proyecto considera que puede acceder la comunidad si tiene energía eléctrica?  
Puesto de salud/hospital: \_\_\_\_\_  
Escuela/colegio: \_\_\_\_\_  
Otro: \_\_\_\_\_

#### **9.4.4 Fase 4: Estudio de factibilidad técnica**

A partir del análisis de la factibilidad social se definirán idealmente 3 comunidades para los cálculos y el diseño de la infraestructura eléctrica: distancia al punto de conexión, nivel de voltaje en el punto de conexión, tomando de referencia la NTDOID. Los cálculos se realizarán utilizando guías internacionales y si en dado caso estas comunidades cuentan con algún estudio externo se utilizará de referencia.

#### **9.4.5 Fase 5: Estudio de factibilidad económica**

A partir de la fase 4 y el conocimiento de la demanda proyectada en la fase 3, se realizará un estudio para definir las tarifas donde se incluyan los costos de capital, construcción y mantenimiento de la cooperativa. Para costos de construcción se realizarán a través de guías internacionales y con cotizaciones a empresas proveedores de materiales y de construcción de líneas ya que una cooperativa estará fuera de la economía de escala que se maneja en las grandes distribuidoras. Si la comunidad seleccionada cuenta con algún presupuesto elaborado por la distribuidora más cercana se tomará de referencia.

#### **9.5 Resultados esperados**

Con la realización de esta investigación, se pretende clarificar los lineamientos que debe cumplir una cooperativa eléctrica para su implementación, la necesidad de una ley específica como sucede Estados Unidos y Costa Rica para impulsar el desarrollo de las comunidades en las que operan. Se determinará el modelo de construcción de red adecuada y se espera que el estudio proyecte mayores costos en la etapa inicial. Con el estudio social se espera encontrar cuales son los proyectos y servicios a los que están siendo marginadas las comunidades para proyectar un costo de no estar conectados que compense los gastos en el largo plazo.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para la revisión regulatoria se utilizará el análisis del contenido en el cual se conocerán los puntos de vista de los entrevistados, recomendaciones y preocupaciones acerca del modelo propuesto. Con esto se logrará un mejor entendimiento de los aspectos a evaluar, considerar, profundizar para la viabilidad del proyecto y conocer otros antecedentes de la investigación.

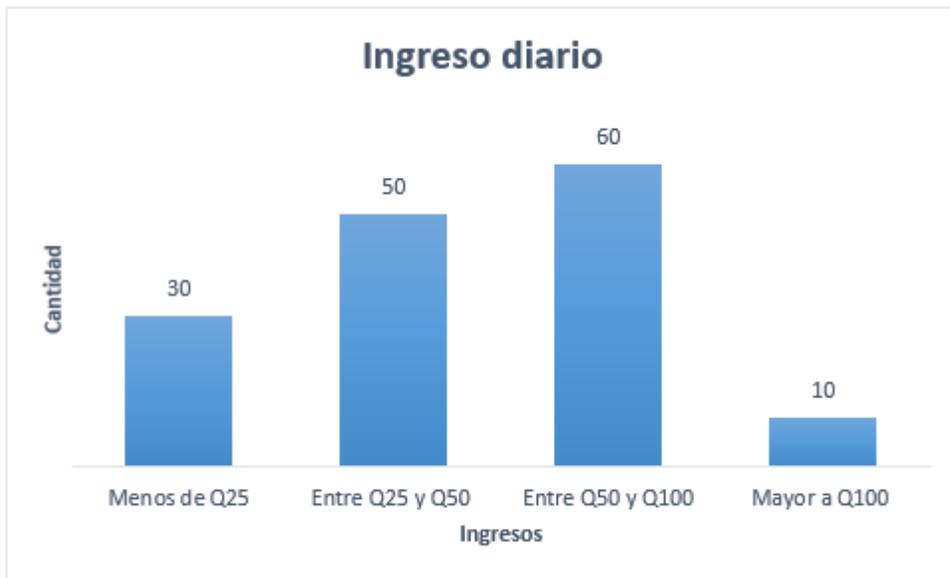
Respecto al estudio de factibilidad social se hará uso de estadística descriptiva en el análisis de los datos que se obtengan de la entrevista y utilizando gráficas de pastel, histogramas con el fin de obtener un panorama de los resultados. Para el manejo de la información se utilizarán los programas Word y Excel del paquete de Microsoft Office. Un ejemplo del resultado puede ser el siguiente:

Figura 34. **Estadística descriptiva de Microsoft Excel**

	<i>Cantidad</i>
Media	37.5
Error típico	11.09
Mediana	40.00
Desviación estándar	22.17
Varianza de la muestra	491.67
Curtosis	-1.70
Coefficiente de asimetría	-0.48
Rango	50
Mínimo	10
Máximo	60
Suma	150
Cuenta	4

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Excel.

Figura 35. **Ejemplo de presentación de resultados**



Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word.

Respecto a las preguntas abiertas respecto a las cooperativas eléctricas se utilizará nuevamente el análisis de contenido para la disposición al proyecto o las inquietudes que puedan surgir con las preguntas planteadas.

La finalidad de esta fase es determinar el porcentaje de personas que consideran necesaria la electrificación, el porcentaje que considera unirse a una cooperativa y las medidas de tendencia central para conocer el precio que están dispuestos a pagar, su ingreso económico, el costo de iluminación nocturna, la inversión por métodos alternos de adquisición de energía eléctrica.

Como el estudio de la parte técnica solamente proyectará los costos, las pérdidas y se tabularán estos datos en el estudio económico como la siguiente tabla:

Tabla XII. **Consolidación de costos**

<b>Concepto</b>	<b>Valor (Q)</b>
Costo de instalaciones	Calculado
Costo de operación y mantenimiento de la red	Calculado
Costo de compras de energía	Calculado
Costos de pérdidas proyectadas	Calculado
Costo de capital	Calculado

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word.

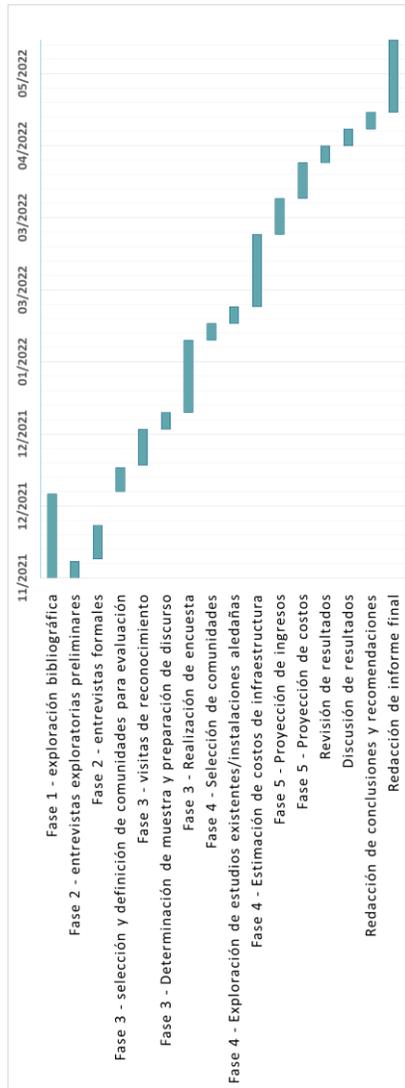
Se monetizarán los costos de no tener acceso a energía eléctrica y se realizará un balance con respecto al resultado del análisis económico.



# 11. CRONOGRAMA

Se presenta y detalla el cronograma por fases.

Figura 36. Cronograma



Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Excel.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Se describen los gastos para la realización de la investigación, los cuales son asumidos por el investigador.

Tabla XIII. Recursos necesarios para la investigación

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Monto (Q)</b>
Revisión regulatoria	Viáticos o gastos que necesite el entrevistado	1,000.00
Estudio de factibilidad social	Viáticos de visitas para entrevista, hojas de papel bond, lapiceros, impresiones	5,000.00
Estudio de factibilidad técnica	Diseño del proyecto	3,200.00
Estudio de factibilidad económica	Proyecciones de costos	3,200.00
Recurso humano	Asesoría (ad honorem)	2,500.00
Recurso humano	Del investigador	7,000.00
<b>Total</b>		<b>21,900.00</b>

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word.

Los recursos aportados son suficientes por lo que se considera factible la realización de la investigación.



### 13. REFERENCIAS

1. Administrador del Mercado Mayorista. (2021). Información Estadística 2020. Recuperado de: [https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2020/INFEST20200101\\_01.pdf](https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2020/INFEST20200101_01.pdf)
2. Arriaza, H. (2005). *Diagnóstico del sector energético en el área rural de Guatemala*. Secretaría Permanente de la Organización Latinoamericana de Energía (Olade). Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0007.pdf>
3. Banco Mundial. (Septiembre de 2021). Recuperado de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?end=2019&start=1997&view=chart>
4. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2015). *Compendio de resultados de las encuestas de calidad: Compendio de 1994 a 2014*. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/estadisti/Encuesta/Compendio%20Encuestas%201999-2014.pdf>
5. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2015). *Guía del inversionista*. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/informacion/GuiaDelInversionista2015.pdf>

6. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2016). *Plan de apoyo a Empresas Eléctricas Municipales*. Recuperado de [https://www.cnee.gob.gt/xhtml/Calidad/Docs/CNormativoEEMs\\_May2016.pdf](https://www.cnee.gob.gt/xhtml/Calidad/Docs/CNormativoEEMs_May2016.pdf)
7. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2021). *Informe estadístico 2021*. Gerencia de planificación y vigilancia de mercados eléctricos. Guatemala: Recuperado de [https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%C3%ADstico%20GVP%20final%20\(1\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%C3%ADstico%20GVP%20final%20(1).pdf)
8. Decreto 93-96. Ley General de Electricidad. Guatemala. Diario de Centro América. Guatemala. 15 de noviembre de 1996.
9. Coviello, M. F., & Ruchansky, B. (2017). *Avances en materia de energías sostenibles en América Latina y El Caribe*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42552-avances-materia-energias-sostenibles-america-latina-caribe-resultados-marco>
10. Dirección Sectorial de Energía. (2009). Cooperativas de electrificación rural en Costa Rica: un modelo exitoso de desarrollo en la electrificación de las zonas rurales de Costa Rica. Recuperado de <https://docplayer.es/40259762-Ministerio-de-ambiente-energia-y-telecomunicaciones-direccion-sectorial-de-energia-cooperativas-de-electrificacion-rural-en-costa-rica.html>

11. FENACOPEL. (20 de 10 de 2021). *FENACOPEL*. Recuperado de FENACOPEL: <https://fenacopel.cl/instalaciones/>
12. Gil, J., Moratay, M., Bordatto, A., Hernández, M., & Gil, B. (2008). *Caracterización de la demanda de energía en zonas rurales de Guatemala*. Universidad Rafael Landívar. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Regezra/Caracterizacion%20de%20demanda%20en%20ZRA.pdf>
13. Greer, M. (2006). A test of vertical economies for non-vertically integrated firms: The case of rural electric cooperatives. [Prueba de economías verticales para empresas no integradas verticalmente: el caso de las cooperativas eléctricas rurales] doi:10.1016/j.eneco.2006.08.001
14. Heriot, K. C., & Campbell, N. D. (Enero de 2006). A new approach to rural entrepreneurship: a case study of two rural electric cooperatives. [Un nuevo enfoque del emprendimiento rural: un estudio de caso de dos cooperativas eléctricas rurales] Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/23551960\\_Searching\\_for\\_Wortman's\\_Rural\\_Economic\\_Development\\_Zones\\_A\\_Case\\_Study\\_of\\_Three\\_Rural\\_Electric\\_Cooperatives](https://www.researchgate.net/publication/23551960_Searching_for_Wortman's_Rural_Economic_Development_Zones_A_Case_Study_of_Three_Rural_Electric_Cooperatives)
15. Herrera, E., Villalobos, A., & Chaves, J. (2003). *Valoración de una cooperativa eléctrica*, (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5872/Valo>

raci%c3%b3n%20de%20una%20cooperativa%20electrica.pdf?  
sequence=1&isAllowed=y

16. Ibaceta, J. (2009). *Las cooperativas de electrificación rural (1945-1982): la sobrevivencia de un proyecto traicionado por el Estado* (Tesis de licenciatura). Universidad de Chile, Chile. Recuperado de [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/109831/ibaceta\\_j.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/109831/ibaceta_j.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
17. Instituto Costarricense de Electricidad. (2014). *Plan de Expansión de la Generación Eléctrica Período 2014-2035*. Recuperado de [https://www.ticotimes.net/wp-content/uploads/2014/07/Plan\\_expansion\\_generacion.pdf](https://www.ticotimes.net/wp-content/uploads/2014/07/Plan_expansion_generacion.pdf)
18. Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). *Índice de cobertura eléctrica 2019*. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/10261169-f251-465d-9b95-0b17c7baa49e/l%CC%81ndice+de+Cobertura+Ele%CC%81ctrica+2019.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n1u6RVf>
19. Iorio, P., & Sanin, M. E. (2019). *Acceso y asequibilidad a la energía eléctrica en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/ Acceso\\_y\\_asequibilidad\\_a\\_la\\_energ%C3%ADa\\_el%C3%A9ctrica\\_en\\_Am%C3%A9rica\\_Latina\\_y\\_El\\_Caribe\\_es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/ Acceso_y_asequibilidad_a_la_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_El_Caribe_es.pdf)

20. Mercados Energy Markets International. (2008). *Modelos institucionales para la electrificación de zonas rurales aisladas*. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Regezra/Modelos%20Institucionales%20para%20la%20%20Electrificaci%C3%B3n%20off-grid.pdf>
  
21. Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Política de Electrificación Rural 2019 - 2032*. Recuperado de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/11/Pol%C3%ADtica-Electrificaci%C3%B3n-Rural-2019-2032.pdf>
  
22. Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Índice de cobertura eléctrica 2017*. Guatemala. Recuperado de <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2020/10/Indice-de-Cobertura-Elctrica-2017.pdf>
  
23. Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Plan indicativo de electrificación rural 2020-2050*. Guatemala: MEM. Recuperado de <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2020/09/Plan-Indicativo-de-Electrificacion-Rural-2020-2050.pdf>
  
24. Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Informe general 2020*. Recuperado de <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2021/02/Informe-MEM-2020.pdf>
  
25. Morales, R. (2015). *Generación eléctrica con recursos hidráulicos en sistemas aislados, en el área rural*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5346/1/Rene%20Alejandro%20Morales%20Choc.pdf>

26. NRECA International. (2016). *Guides for electric cooperativa development and rural electrification*. Recuperado de <https://www.nrecainternational.coop/wp-content/uploads/2016/11/GuidesforDevelopment.pdf>
27. NRECA International. (s.f.). *Modelos de negocios para la electrificación en zonas remotas aisladas de Centroamérica: Las cooperativas eléctricas*. Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/regezra/MODELOS%20DE%20NEGOCIOS%20-%20LAS%20COOPERATIVAS%20EL%C3%89CTRICAS.pdf>
28. Oficina Internacional del Trabajo. (2012). *Cooperativa para el desarrollo rural centrado en personas*. Recuperado de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/documents/publication/wcms\\_235426.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_235426.pdf)
29. Paredes, D., & Loveridge, S. (Junio de 2018). Rural electric cooperatives and economic development. [Cooperativas eléctricas rurales y desarrollo económico]. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/323616580\\_Rural\\_Electric\\_Cooperatives\\_and\\_Economic\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/323616580_Rural_Electric_Cooperatives_and_Economic_Development)
30. Say, E. (2012). *Regulación en zonas rurales aisladas de Guatemala* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de

Guatemala, Guatemala. Recuperado de  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0317\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0317_EO.pdf)

31. Schmukler, M. (2018). Electrificación rural en Argentina : alcances y limitación del programa de energías renovables (PERMER) en la provincia de Jujuy (Tesis de maestría).Universidad Nacional de Quilmes. Argentina. Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto. Recuperado de [https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/893/TM\\_2018\\_schmukler\\_006.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/893/TM_2018_schmukler_006.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
32. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2014). *Plan nacional de desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*. Guatemala: Conadur/Segeplan. Recuperado de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/GuatemalaPlanNacionaldeDesarrollo2032.pdf>
  
33. Zhang, Y., Parker, D. & Kirkpatrick, C. (2004). Competition, regulation and privatisation of electricity generation in developing countries: Does the sequencing of the reforms matter? [Competencia, regulación y privatización de la generación de electricidad en los países en desarrollo: ¿Importa la secuencia de las reformas?] doi: 10.1016/j.qref.2004.12.009.



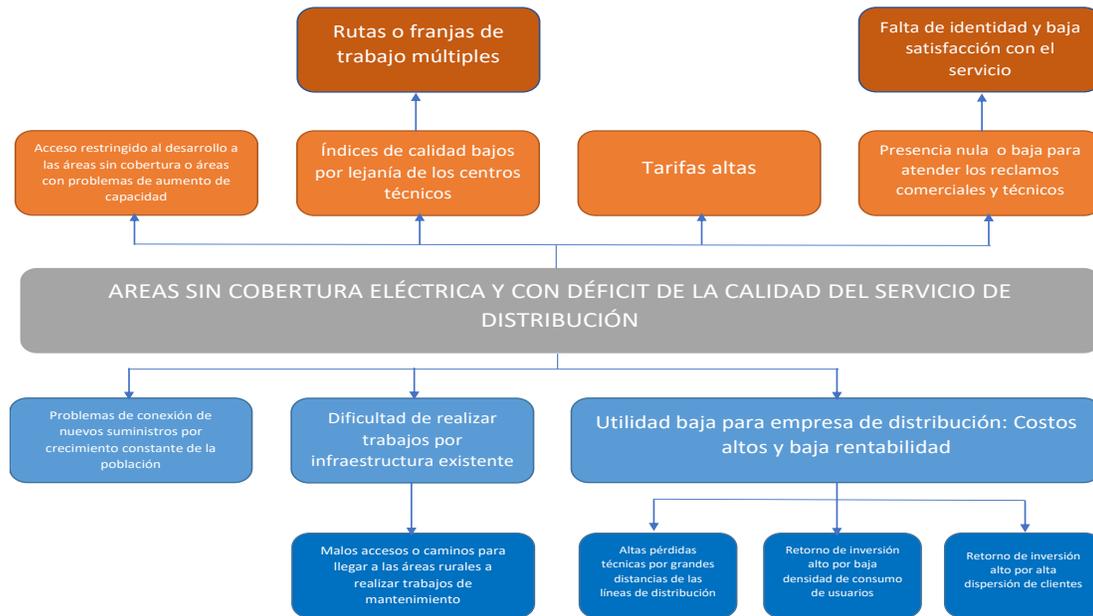
## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. Matriz de coherencia

Planteamiento del problema	Preguntas de investigación	Objetivos	Metodología
<p><b>En el país, aún existen áreas sin cobertura eléctrica, especialmente el área rural de Guatemala y en las áreas rurales electrificadas persisten problemas de calidad del servicio técnico, del producto técnico y del servicio comercial.</b></p>	<p><b>Principal</b></p> <p>¿Cómo aumentar el índice de cobertura eléctrica y mejorar la calidad del servicio de distribución a través de la creación de cooperativas eléctricas?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Evaluar técnicamente y económicamente la implementación de cooperativas eléctricas para aumentar el índice de cobertura eléctrica y mejorar la calidad del servicio de distribución.</p>	<p><b>Fases</b></p> <p>Exploración bibliográfica y estudio social. Revisión exhaustiva de las leyes y normas para la autorización de proyectos de distribución. Datos disponibles de comunidades sin cobertura eléctrica y estudio socioeconómico. Encuesta en comunidades para determinar la disposición a pagar por el servicio de electricidad, si desea ser parte de una cooperativa para la autogestión de su servicio, si conoce y considera el alcance de los beneficios de la electrificación para su desarrollo.</p>
	<p><b>Auxiliares</b></p> <p>¿Cuáles son los requisitos que debe de cumplir una cooperativa eléctrica para ser autorizada?</p>	<p><b>Específicos</b></p> <p>Determinar los lineamientos para establecer cooperativas eléctricas dentro del marco regulatorio vigente</p>	<p>Revisión regulatoria: Entrevistas con expertos de la regulación y el mercado mayorista para la implantación de cooperativas eléctricas como un nuevo modelo de electrificación.</p>
	<p>¿Qué parámetros técnicos deben analizarse para considerar viable que una cooperativa eléctrica preste el servicio de distribución eléctrica en un área determinada?</p>	<p>Establecer los parámetros técnicos que deben analizarse para considerar viable que una cooperativa eléctrica preste el servicio de distribución en un área determinada.</p>	<p>Estudio técnico: Selección de 3 comunidades para los cálculos y el diseño de la infraestructura eléctrica: distancia al punto de conexión, nivel de voltaje en el punto de conexión.</p>
	<p>¿Qué aspectos económicos se deben analizar para dictaminar que una cooperativa eléctrica podrá operar una red de distribución de manera eficiente?</p>	<p>Determinar los aspectos económicos que se deben analizar para dictaminar que una cooperativa eléctrica podrá operar una red de distribución de manera eficiente.</p>	<p>Estudio económico: Con el conocimiento de la demanda proyectada en la fase 3, se realizará un estudio para definir las tarifas donde se incluyan los costos de capital, construcción y mantenimiento de la cooperativa.</p>

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word.

## Apéndice 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word.