



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA DETERMINAR LA
VIABILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 69 KV EN
LOCALIDADES RURALES DE GUATEMALA**

Jaime Enmanuel Maldonado Quiñonez

Asesorado por la M. Sc. Ing. Rolando Antonio Padilla Miranda

Guatemala, enero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA DETERMINAR LA
VIABILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 69 KV EN
LOCALIDADES RURALES DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAIME ENMANUEL MALDONADO QUIÑONEZ

ASESORADO POR LA M. SC. ING. ROLANDO ANTONIO PADILLA MIRANDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO A. I.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympe Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

<https://postgrado.ingenieria.usac.edu.gt>

EEPFI-PP-1588-2023

Guatemala, 12 de octubre de 2023

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 69 KV EN LOCALIDADES RURALES DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Proyectos de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en un mercado eléctrico regulado**, presentado por el estudiante **Jaime Enmanuel Maldonado Quiñonez** carné número **200212671**, 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 Gestión De Mercados Eléctricos Regulados.

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

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Rolando Antonio Padilla Miranda
Asesor(a)
Rolando Antonio Padilla Miranda
Ing. Mecánico Electricista
No. Colegiado 13418


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



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería






EEP.EIC.1449.2023

El Director de la Escuela De Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 69 KV EN LOCALIDADES RURALES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Jaime Emmanuel Maldonado Quirónez, procedo con el Avel del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAR A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingeniería Civil

Guatemala, octubre de 2023





Decanato
Facultad de Ingeniería

24139101-24139102

LNG.DECANATO.OIE.5.2024

El Decano 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 Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 68 KV EN LOCALIDADES RURALES DE GUATEMALA**, presentado por: **Jalme Enmanuel Maldonado Guñón** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRIMASE:

Firmado electrónicamente por José Francisco Gómez Rivera
Firma digital de impresión
Firma digital de impresión
Firma digital de impresión
Firma digital de impresión

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, enero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar_documento

Tipo de documento: **Completivo para orden de impresión** Año: 2024 Completivo: 5 Cui: 2343381372121

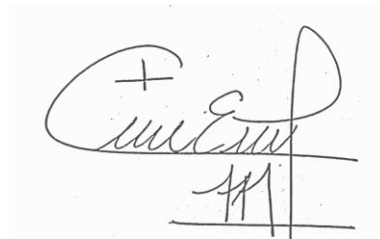
Revisado Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ciencias, Registro de Ingeniería Civilista y Recursos Humanos (RRHH), Postgrado Maestría en Sistemas Dinámicos Ingeniería Vial, Ciencias Ingeniería Mecánica, Ingeniería Radiológica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Graduados en Ingeniería, Licenciados en Física, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESSEM), Guatemala, Ciudad

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 DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA DETERMINAR LA
VIABILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 69 KV EN
LOCALIDADES RURALES DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 24 de septiembre de 2023.

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized 'C' with a crossbar, followed by 'mi Enm' and a vertical line with a horizontal crossbar at the bottom.

Jaime Enmanuel Maldonado Quiñonez

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme permitido la vida, salud, sabiduría, inteligencia y discernimiento para poder alcanzar mi meta.

Mis padres

Por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.

Mi esposa

Por entenderme en todo, gracias porque en todo instante fue un acompañamiento incondicional en mi vida, en el trabajo y estudios.

Mis hermanos

Francisco, Angela, Bélgica, Pedro, José Miguel, Anahil, Pablo y Marcos Maldonado Quiñonez, por su apoyo y compañía durante mi vida.

Mis hijas

Camila y Fátima Maldonado Cotom cuyo amor y cariño han sido la mayor bendición en mi vida, les dedico esta tesis con la esperanza de que siempre sigan adelante y luchen por sus sueños.

Mis suegros

Por el apoyo incondicional que siempre me han manifestado.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma <i>mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	Msc. Ing. Rolando Antonio Padilla Miranda, por haberme guiado durante el trabajo de graduación y la ayuda brindada.
Familia y amigos en general	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. OBJETIVOS	21
5.1 General.....	21
5.2 Específicos	21
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	23
7. MARCO TEÓRICO.....	25
7.1 Demanda energética eléctrica	25
7.1.1 Definición	25
7.1.2 Demanda de energía en Guatemala	27
7.1.3 Demanda de energía del Sistema Nacional Interconectado (SNI)	27

7.1.4	Análisis del comportamiento histórico de la demanda	32
7.1.5	Modelo de proyección de demanda de potencia y energía.	36
7.2	Análisis Costo - Beneficio.....	41
7.2.1	Definición.....	42
7.2.2	Beneficio Netos	45
7.2.3	Costos de Inversión.....	46
7.3	Subsidio	47
7.3 .1	Definición.....	48
7.3 .2	Tipos de subsidios.....	48
7.3 .3	Los subsidios de la energía en la economía	49
8.	MARCO CONCEPTUAL	55
8.1	Sistema Nacional Interconectado (SNI)	55
8.2	Precios del mercado eléctrico	58
8.3	Subestaciones.....	60
8.4	Valor actual neto (VAN).....	63
8.5	Tasa interna de retorno (TIR)	65
8.6	Valor agregado de distribución (VAD)	68
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	73
10.	METODOLOGÍA.....	79
10.1	Características del estudio	79
10.2	Unidades de análisis	80
10.3	Variables	80
10.4	Fases del estudio	83
10.5	Resultados esperados	86

11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	87
12.	CRONOGRAMA.....	91
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	93
14.	REFERENCIAS.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Demanda de energía por departamento 2022	28
Figura 2.	Demanda de energía por departamento 2022	29
Figura 3.	Evolución de la DF Total por participante consumidor.	30
Figura 4.	Proyección de demanda 2052	31
Figura 5.	Demanda de Energía y Potencia de 1990 a 2021.....	33
Figura 6.	Energía versus PIB.....	34
Figura 7.	Potencia versus PIB	35
Figura 8.	Factores que influyen en el pronóstico de la demanda.	37
Figura 9.	Clasificación de los métodos de pronóstico.	38
Figura 10.	Atlas del SNI de la Republica Guatemala.	56
Figura 11.	Capacidad Efectiva Total en el SNI.	57
Figura 12.	Costos de la energía en el Mercado Mayorista 2021.	59
Figura 13.	Esquema de etapas del estudio del VAD 2019.	70
Figura 14.	Cronograma de actividades.....	89

TABLAS

Tabla 1.	Definición teórica y operativa de variables.	81
Tabla 2.	Demanda de Energía.....	82
Tabla 3.	Costos del proyecto	83
Tabla 4.	Análisis Económico del proyecto.....	83
Tabla 5.	Recursos necesarios para la investigación.	93

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólar estadounidense
Hz	Hercio
h	Horas
=	Igual que
kW	Kilovatio
km	Kilómetro
kV	Kilovoltio
>	Mayor que
MW	Mega Vatio
MWh	Mega vatio hora
<	Menor que
m	Metro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
%	Porcentaje
P	Potencia
“	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
W	Vatio

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista, supervisa y coordina las operaciones del mercado eléctrico de Guatemala, para la transferencia de energía entre generadores, comercializadores, distribuidoras, importadoras y exportadores.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, regula el subsector eléctrico que vela por el cumplimiento de las leyes, protege los derechos de los usuarios y libre competencia.
Costo	Es el desembolso económico que se realiza para la producción de algún bien o la oferta de algún servicio.
Demanda Energía	La cantidad de electricidad que una serie de consumidores necesitan para abastecer sus necesidades.
Energía	Es una propiedad (capacidad) de los cuerpos o sistemas materiales que permite a estos poder transformarse (a sí mismos), modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros cuerpos, originando transformaciones en ellos.

Energía Eléctrica	Es la energía asociada al flujo de electrones que circulan en un conductor.
MEM	Ministerio de Energía y Minas, institución del Estado que formula, adopta, dirige y coordina la política nacional en materia de minerales, hidrocarburos y biocombustibles.
Mercado Mayorista	Es un lugar físico encargado de organizar la venta y la distribución al por mayor de energía eléctrica en las principales ciudades y poblaciones.
Periodo Estacional	Es la repetición de determinadas variaciones en alguna variable cada cierto período, normalmente igual o menor a un año.
RR	Reserva Rápida, potencia para cubrir las desviaciones respecto a la operación programada.
RRO	Reserva Rodante Operativa, fracción de la capacidad de una unidad generadora que esta sincronizada al sistema de potencia pero que no esta asignada a la producción de energía.
Rural	Espacio geográfico relativo al campo opuesto a lo urbano.
SNI	Sistema Nacional Interconectado.

Spot	Costo del MWh en Guatemala.
Subestación Eléctrica	Es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica.
Subsidio	Estimulo de la economía para estimular artificialmente el consumo o producción de un bien o servicio.
Tensión	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en Voltios.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
TIR	Tasa Interna de Retorno, Tasa de Interés o Tasa de Rentabilidad, rentabilidad que ofrece una inversión.
VAD	Valor Agregado de Distribución, costo medio de capital y operación de una red de distribución de una empresa eficiente de referencia, operando en un área determinada de densidad de carga.
VAN	Valor Actual Neto, métrica financiera que se utiliza para evaluar oportunidades de inversión.
Vatio	Unidad de medida de potencia.

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de este trabajo de investigación sobre el análisis de la viabilidad de la ampliación de subestaciones de 69 Kv se debe a la falta de acceso a la energía eléctrica en zonas rurales, obstaculizando la mejora de la calidad de vida y el desarrollo económico. Lo anteriormente descrito conlleva a que sea parte de la agenda de desarrollo nacional del país, el cual proporciona la información donde estima la realización de proyectos de ampliación de las redes eléctricas en zonas rurales, indicando la ubicación de nuevas subestaciones de 69 Kv de los cuales se deben de evaluar la factibilidad técnica y económica. La investigación proporciona un medio para medir, discutir y hacer recomendaciones sobre el sector eléctrico como parte de la investigación propuesta, esta puede ser como un trabajo de graduación de la Maestría en Gestión de Mercado Eléctrico Regulados, debido a la creciente demanda de energía solicitada y el desarrollo de la sociedad.

La problemática consiste en determinar las inversiones adecuadas, en donde se pueda construir un sistema seguro, confiable y de alta calidad para satisfacer las necesidades de electrificación rural y respaldar el crecimiento de la demanda a largo plazo. Para determinar la viabilidad económica de proyectos de ampliación de subestaciones en las zonas rurales más afectadas por la baja inversión en desarrollo, se analizarán los elementos y conceptos necesarios para ello.

El planteamiento de la solución es determinar una población rural, la cual se elegirá en base a los indicadores proporcionados por las entidades responsables de la organización del mercado eléctrico de Guatemala, los planes

publicados donde se estime la necesidad del mejoramiento del sistema eléctrico en zonas rurales. Con los datos obtenidos de la documentación antes planteada se realizarán los estudios técnicos correspondientes apoyados con las normas técnicas vigentes y documentos relacionados, luego se realizarán los estudios económicos para determinar la viabilidad, apoyado en la metodología costo-beneficio con el fin de tener los parámetros que permitan dar con los indicadores correspondientes para la toma de decisiones para el desarrollo del proyecto. En cuanto a la factibilidad en general del estudio propuesto, se considera que no se tendrá ningún inconveniente debido a que el investigador desarrolla sus actividades profesionales para una institución que desarrolla este tipo de proyectos y se contará con la disponibilidad total de herramientas e insumos para la realización de los cálculos y mediciones correspondientes.

El marco de referencia de la investigación se presentará en el primer capítulo, incluirá información que pueda ayudar al investigador a comprender mejor el planteamiento del problema a solucionar. Esta información incluirá información relevante para la pregunta de investigación, hallazgos de estudios anteriores que respaldan la investigación propuesta y cualquier otro dato relevante.

El marco teórico, capítulo dos, que se construirá sobre la base de los tres factores clave del estudio (demanda de electricidad, costo-beneficio y subsidios). Permite complementar mejor la conceptualización del tema a estudiar, los subtemas que se discutirán resaltan la definición de cada variable, los métodos de cálculo y los conceptos asociados a cada variable.

El marco conceptual se presentará en el tercer capítulo del estudio y se desarrollará teniendo en cuenta los conceptos que son más cruciales para la investigación y necesitan explicaciones más exhaustivas para comprender

plenamente las soluciones a los problemas planteados. Será necesario definir conceptos como sistema de interconexión nacional, precios del mercado eléctrico, subestaciones, valor actual neto, tasa interna de retorno y valor agregado para la distribución, según el estudio sugerido.

En el capítulo cuatro se desarrollará la investigación a partir de las características de la misma. También se continuará con las variables, etapas de desarrollo de la investigación y organización de la información, y se decidirá el proyecto a analizar. Así mismo el acceso a insumos y, eventualmente, a los cálculos necesarios para el análisis de la información y solución técnica. Es importante señalar que cada una de las fases del estudio cubrirán los objetivos planteados (objetivos generales y específicos).

En el quinto capítulo se presentarán los resultados obtenidos, en donde esencialmente los datos que se podrán observar serán los correspondientes a cada objetivo específico: influencia del consumo de la energía eléctrica en una localidad rural para así determinar la viabilidad económica, el análisis de la implementación de un subsidio para mejorar la viabilidad económica y como afecta la variación de los precios del mercado eléctrico en los ingresos del proyecto.

Los resultados de cada pregunta de investigación planteada en el planteamiento del problema se discutirán en el capítulo final, que es el capítulo seis. Para responder a la pregunta del objetivo general, que puede responderse con base en la discusión y las tres primeras respuestas, se comenzará con la respuesta de la primera pregunta de investigación que corresponde al primer objetivo específico y de ahí con las siguientes. Si el problema se ha resuelto mediante la investigación sugerida, se discutirá en este capítulo.

2. ANTECEDENTES

La creciente demanda de energía en los países provoca que los sistemas de interconexión eléctrica desarrollen estudios de proyectos necesarios para reforzar el sistema, y así cumplir con la cobertura de demanda. Así mismo, aportar al incremento económico de los habitantes de cada región. En Guatemala es la misma situación, conforme lo explica el Ministerio de Energía y Minas (MEM), en su informe presentado en el 2022, Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022-2052, donde plantea lo siguiente: “El Plan se elabora atendiendo la importancia de contar con una infraestructura de Transmisión estratégica, que garantice el suministro de energía eléctrica a todos los usuarios permitiendo la conexión de Generación en diferentes puntos del país” (MEM, 2022, p. 9).

Atendiendo lo anterior, el plan se enfoca en áreas rurales donde se tiene previsto la ampliación de redes de distribución y subestaciones eléctricas de 69 Kv, pero el plan determina que esta misma se debe de evaluar su factibilidad, de acorde a las conclusiones del documento: “Los trazos de línea y la ubicación de subestaciones no serán definitivos, son referenciales, podrán variarse en función de la factibilidad de construcción. Aquellas obras producto de licitación debieran considerar un límite máximo de desviación desde el punto de referencia” (MEM, 2022, p. 144). Con respecto a lo anterior, determinar la factibilidad para el desarrollo de este tipo de proyectos se debe de realizar una evaluación técnica y financiera.

Para este problema, se decidió desarrollar esta investigación como un aporte para evaluar económicamente la factibilidad del desarrollo de

ampliaciones de subestaciones eléctricas de 69 Kv, conforme a las normativas del mercado eléctrico guatemalteco y documentación referida al análisis de viabilidad económica del desarrollo de estos proyectos.

Un primer trabajo corresponde a Velázquez (2014), quien realizó el *Análisis costo beneficio y propuesta de mejora integral en la red de media tensión y baja tensión de la ciudad de Cintalapa Chiapas en CFE*. El objetivo del análisis es aplicar al proyecto las técnicas de toma de decisiones para actuar, evaluando los costos y centrándose en los impactos sociales que se detallarán, para mejorar el sistema de distribución (tanto a nivel medio tensión como baja tensión), cumpliendo así con las expectativas de un servicio de alta calidad.

Para cubrir la demanda de una población, es de gran importancia contar con “Una infraestructura energética plenamente desarrollada, al igual que un servicio confiable, de calidad y a precios competitivos, propicia un ambiente estable en el cual se desarrollan con certidumbre las actividades económicas” (Velázquez, 2014, p. 7).

Considerando todo esto, es muy importante que las autoridades competentes consideren mejorar la calidad del servicio, esto se lograría con un análisis de costo – beneficio adecuado. “Con el análisis costo beneficio apoyaré a cumplir con la misión de la empresa con un mínimo de recursos y de forma que coincida con los valores y principios fundamentales de la vida humana” (Velázquez, 2014, p. 12)

La investigación se centró en un proyecto factible que abarca la evaluación del análisis de coste-beneficio y una propuesta integral de mejora en el sistema eléctrico de mediana tensión y baja tensión en la ciudad de Cintalapa, Chiapas, correspondiente a la zona Tuxtla. La evaluación desempeñará un papel crucial

en la decisión de la viabilidad del desarrollo del proyecto. Dado que dicho análisis puede brindar una guía clara para tomar decisiones acertadas, es fundamental considerar aspectos importantes como es la seguridad, las responsabilidades legales y el cubrimiento de las necesidades del consumidor final.

Este estudio se vincula estrechamente con la investigación propuesta, ya que proporciona un recurso de orientación para los elementos a considerar al llevar a cabo un análisis y evaluar el costo-beneficio de la mejora de un sistema de energía eléctrica. Se ofrece una descripción detallada de los temas relacionados con el área de investigación, junto con cálculos y análisis exhaustivos de los datos recopilados.

Con el fin de alcanzar la meta de proporcionar una prestación de energía eléctrica a la mayor parte de habitantes de un sector, es importante establecer sistemas eléctricos, considerando la ampliación del sector y la importancia de brindar un servicio oportuno y de calidad a los beneficiados. En este contexto, Osorio (2018) llevó a cabo el siguiente estudio: *Estudio de factibilidad para una subestación de conexión de 33 Kv*, el objetivo del proyecto es realizar un análisis de viabilidad para una subestación de conexión en la localidad de Marquetalia Caldas, con el propósito de cubrir las necesidades energéticas de los habitantes tanto urbana como rural y apoyar a la producción de energía por medio de recursos que pueden ser restaurados a través de procesos naturales, reduciendo así, el impacto ambiental ocasionado por otras fuentes de energía contaminantes. La metodología empleada en esta investigación es de naturaleza experimental con un enfoque empírico-analítico, de carácter descriptivo.

De acorde a Osorio, como para muchos, se define la finalidad del sistema eléctrico:

El sistema eléctrico de potencia (S.E.P.) tiene como finalidad garantizar el suministro continuo de la energía dentro de su área de aplicación y lo debe hacer garantizando el abastecimiento al mínimo costo y con el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, al mismo tiempo, debe cumplir con los niveles de calidad establecidos. (2018, p. 12)

Así mismo, el procedimiento del desarrollo de un planteamiento de un proyecto de subestación eléctrica:

Diseño preliminar: Se define un marco conceptual del proyecto con el fin de hacer recomendaciones al cliente y presupuestar opciones. El diseño o ingeniería preliminar abarca solamente aspectos fundamentales que inciden sobre la viabilidad del proyecto, ofreciendo como resultado aspectos técnicos y económicos para el desarrollo del diseño básico, se maneja un margen de error del 30%. (Osorio, 2018, p. 16)

Diseño básico: define una filosofía y generalidades de los requerimientos de equipos incluyendo especificaciones técnicas y memorias de cálculo. Incluye conceptos, criterios y metodología para llevar a cabo el proyecto. Como resultado se obtienen los pliegos y planos para licitar la obra, se maneja un margen de error del 10%. (Osorio, 2018, p. 16).

Por último, Osorio plantea lo siguiente: “Diseño de detalle: el cual, es el diseño que sirve de base para la construcción y montaje de la obra” (2018, p. 17).

Este estudio se enlaza con la investigación propuesta, ya que ilustra la forma en que debe organizarse el enfoque de planificación de un proyecto de expansión de un sistema de energía, estableciendo una nueva subestación eléctrica para mejorar el suministro en una región rural.

Un tercer trabajo de Chuco (2018), lleva por título: *Estudio de preoperatividad para la conexión al SEIN del proyecto subestación eléctrica Huaca del Sol 60/33/10 Kv de HIDRANDINA S.A.* Se trata de un proyecto llevado a cabo utilizando el software *DlgSILET PowerFactory*, especializado en sistemas de potencia, para realizar el cálculo y análisis del flujo de energía. Esta herramienta resultó fundamental en la planificación, diseño y operación del sistema eléctrico, bajo diversas condiciones de funcionamiento y configuraciones de equipos. Así mismo, el cálculo y evaluación de cortocircuito determinaron la magnitud de dichas corrientes y compararla con las capacidades de interrupción de los elementos de seguridad contra sobre corriente.

La institución Hidrandina S.A., encargada del servicio de energía eléctrica, tuvo que implementar la nueva Subestación Huaca del Sol. Para ello, se necesitó desconexión en la línea de transmisión de 60 kV Trujillo Sur-Virú, para satisfacer la demanda actual y futura del eje Moche-Salaverry, y conectarla a la red de 10 kV y 33 kV. Según los resultados obtenidos, la conexión entre la línea de transmisión de 60 kV y la subestación Huaca del Sol de 30/20/15 MVA es hipotéticamente viable, debido a que presenta un rendimiento adecuado en términos de tensiones, confiabilidad y capacidad de carga.

Hasta este momento y considerando el tema tratado, sería razonable esperar que las compañías encargadas en la entrega de energía cumplan con estos requisitos:

tiene por finalidad la ejecución de proyectos dentro de su zona de concesión o espacio de acción con el objetivo de ampliar su frontera eléctrica y proveer del servicio de energía eléctrica a sus actuales y futuros clientes, proporcionándoles de esta forma una prestación de servicio dentro de los márgenes de calidad que la normativa... vigente. (Chuco, 2021, p. 19)

El estudio se llevó a cabo siguiendo los siguientes parámetros: evaluación del funcionamiento estable en condiciones normales, análisis del funcionamiento estable en situaciones de contingencia y la determinación de los niveles de cortocircuito para comprender el impacto potencial del nuevo proyecto, en los equipos existentes de las subestaciones cercanas. Dado que el análisis manual de sistemas de energía es altamente complejo, laborioso y requiere mucho tiempo, se utilizó el software DlgSILENT para realizar cálculos y simulaciones del flujo de carga, así como para estudiar los cortocircuitos del sistema eléctrico, modelando diversas condiciones contando o no con la implementación del proyecto.

Esta labor se vincula con la investigación planteada, dado que demuestra la utilización de un programa informático para el examen de diseño y criterio, en la toma de decisiones con respecto a la expansión de subestaciones eléctricas en una zona rural y sus efectos a la red de conexión.

Se han llevado a cabo otros estudios que no están directamente vinculados al tema de investigación, pero proporcionan criterios de evaluación económica relacionados con sistemas eléctricos. Un ejemplo de ello es el trabajo

realizado por Velázquez (2011), titulado: *Evaluación técnica y económica de implementación de generación distribuida en una zona rural del sistema de distribución de Condesa para la ampliación de cobertura*. En este estudio se analizan distintos escenarios de conexión en una región rural de Codensa, específicamente en los municipios de Yacopí y Nimaima.

Se examinan los requisitos técnicos necesarios y los impactos en el sistema al implementar Generación Distribuida (GD) para cubrir el despacho de energía. Asimismo, se realiza una evaluación económica de la solución basada en GD y se comparan los resultados con la opción tradicional de suministro de energía. Ambos municipios objeto de estudio presentan una baja densidad de población y se ubican a distancias que oscilan entre 30 y 5 km (aproximadamente) de la zona rural desatendida. Se proponen tres casos de estudio: los primeros dos corresponden a la expansión de cobertura mediante GD aislada y extensión de redes, mientras que el tercero analiza el impacto de interconectar los recursos de GD al sistema. Los resultados demuestran que, para ambos municipios, la GD es una alternativa viable para ampliar la cobertura en las áreas rurales, ya que cumple con los requisitos técnicos establecidos y ofrece costos por kWh más reducidos que la extensión de redes. Por otro lado, se confirman los beneficios técnicos y económicos que surgen al conectar una planta de GD al sistema.

En la evaluación que se llevará a cabo, es necesario considerar la formulación de proyectos de expansión, incluyendo el aspecto financiero, como lo ha propuesto previamente Velázquez, concerniente a la generación distribuida:

En todos los proyectos de planeación es muy importante la parte económica pues si los planes no son viables financieramente las necesidades de los usuarios y de los operadores de red en cuanto a

expansión de cobertura no podrían satisfacerse. Uno de los principales problemas de GD es el aspecto económico, donde en una comparación directa con otras alternativas como la expansión de redes, el costo por kWh sería más elevado debido al precio de instalación de las tecnologías de GD. (2011, p. 25)

Actualmente, proveer de energía en la población rural donde se plantea desafíos, ya que estas áreas están alejadas de los puntos de abastecimiento y presentan una geografía que dificulta la aplicación de centros de generación, transporte y distribución, costosas para inversiones. Además, en muchos casos resulta técnicamente inviable su instalación. No obstante, es imprescindible llevar a cabo un proceso de gestión especializado que permita adaptar las tecnologías disponibles a las condiciones del entorno, optimizando y racionalizando las inversiones y los recursos técnicos. Es en este contexto donde surge el concepto de Generación Distribuida (GD) como una respuesta a los desafíos mencionados anteriormente.

En relación con este estudio en particular, resulta relevante indagar acerca de las tácticas utilizadas para la evaluación de la sustentabilidad financiera y las potenciales fuentes de financiamiento, para un proyecto de optimización del sistema energético de una zona específica.

Al examinar los documentos previos, se puede apreciar que se utilizan metodologías asociadas a una investigación experimental con enfoques analíticos y empíricos, así como de carácter descriptivo. En contraste, el trabajo de investigación elaborado por Vásquez (2018) presenta una explicación distinta:

Con la propuesta de mejoramiento y ampliación de las redes eléctricas en el distrito de Cascapara, la población logrará satisfacer sus necesidades básicas de un servicio de calidad. La gran dificultad que padece en la actualidad el distrito de Cascapara es la falta de un suministro eléctrico de calidad, debido a que dichas redes en la actualidad se encuentran en mal estado a raíz que estas fueron diseñadas con una antigüedad aproximadamente de 20 años atrás, parte de los equipos ya se encuentran cumpliendo su vida útil. Además, que la población ha ido creciendo y aumentando los usuarios a las redes y por falta de asesoramiento técnico de las instalaciones, estas han ido aumentando la carga eléctrica y saturando la capacidad del transformador. (2018, p. 113)

Este extracto sale del trabajo de investigación, realizado por autor antes mencionado: *Mejoramiento y ampliación del sistema de distribución en baja tensión 0.38/0.23 Kv, e implementación de subestación de transformación en media tensión 13.8Kv/0.380/0.230 Kv del sistema eléctrico en el Distrito de Cascapara*, para mejorar la calidad de suministro de energía eléctrica. Lo expuesto por el autor abarca las condiciones físicas y técnicas, actuales del área a evaluar para expandir. Estas evaluaciones proporcionan datos adicionales que implican la mejora o modificación de la infraestructura existente, lo cual tiene un impacto económico al considerar la propuesta de ampliar un sistema eléctrico mediante la instalación de subestaciones.

El trabajo de investigación se enfoca en la optimización y ampliación del sistema eléctrico de distribución en el distrito de Cascapara, con la propuesta de fortalecer el suministro de energía experimentado por los consumidores. Estas

infraestructuras pertenecen al municipio, el cual se encarga del mantenimiento y la facturación de los beneficiarios, ya que se encuentran fuera del área de concesión de Hidrandina S.A. La mejora y ampliación del sistema de transmisión secundarias de baja tensión 380/220 V, se enfoca en la evaluación exhaustiva de circuito por circuito, identificando los desafíos presentes en dichas redes, y realizando mejoras basadas en el código nacional de electricidad y las normativas vigentes aprobadas por la institución encargada del país donde se realizó la investigación. Se considera la necesidad de rediseñar estas redes debido a su deterioro causado por su antigüedad. Esto incluye el reemplazo de postes, sujeciones, conductores, sistemas de conexión a tierra, luminarias y conexiones residenciales. Además, se consideraron los cálculos de la demanda máxima para los nuevos usuarios que han solicitado suministro.

Como se ha mencionado, la propuesta de investigación contempla el análisis técnico y físico del sistema eléctrico actual, que tiene un impacto en la toma de decisiones para la expansión de dicho sistema.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022-2052 en cumplimiento a lo establecido en la Ley General de Electricidad, determina que la electricidad es parte importante de la recuperación económica del país por la pandemia COVID 19 y apoyo al cumplimiento a los objetivos establecidos en varios acuerdos, por lo cual se debe de contar con una infraestructura estratégica que garantice el suministro de energía eléctrica a la población en general, esto debido al aumento poblacional y la motivación de la expansión comercial e industrial en el territorio.

Contexto general

Al referirse a un concepto de inversión se asocia un costo-beneficio, para determinar la viabilidad del desarrollo de proyectos en un área determinada, se debe tener en cuenta que el componente más caro, e importante de un sistema de energía eléctrica es una subestación, por lo que se debe de obtener una comprensión más completa de un análisis económico costo-beneficio, en consecuencia se requiere una investigación con datos cuantitativos, costos asociados a la construcción, a la operación y beneficios económicos.

Descripción del problema

Las inversiones en transmisión y distribución permitirán tener un sistema seguro, confiable y de calidad, para atender las necesidades de electrificación rural y en garantizar el crecimiento de la demanda al largo plazo. Por lo anterior se investiga los elementos y conceptos necesarios para determinar la viabilidad

económica de un proyecto de ampliación de subestaciones eléctricas en zonas rurales, las más afectadas por la poca inversión para su desarrollo.

Al desconocer los factores que interviene para el desarrollo de proyectos de ampliaciones de subestaciones eléctricas, no se tiene las herramientas necesarias para promocionar este tipo de proyectos, así como las estrategias de inversión y financiamiento.

Formulación del problema

Con respecto al análisis anterior se determinó el siguiente cuestionamiento principal:

Pregunta central

¿Qué factores influyen en el costo-beneficio para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas en una localidad rural?

A este cuestionamiento principal requiere de cuestionamientos auxiliares para aclarar y conocer mejor el tema de investigación:

Preguntas auxiliares

- ¿Cómo influye el consumo de energía eléctrica en una localidad rural para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas?
- ¿Qué impacto produciría un subsidio en los proyectos de ampliación de subestaciones eléctricos?

- ¿En qué medida la variación de los precios del mercado eléctrico interviene en el costo-beneficio en los proyectos de la ampliación de subestaciones eléctricas?

Delimitación del problema

La delimitación contextual, geográfica e histórica de la problemática se describe a continuación:

Delimitación contextual

La investigación se basa en un análisis que se enfoca en, contextualizar los factores que influyen en la viabilidad económica, de la ampliación de subestaciones eléctricas de 69 Kv. Su principal finalidad es identificar estos factores que influyen en el costo-beneficio para el desarrollo de estos proyectos; así mismo, la influencia del consumo de energía eléctrica, el impacto que produciría la implementación de un subsidio, para el desarrollo de estos proyectos de ampliación de subestaciones y como la variación de los precios del mercado intervienen en la evaluación de la viabilidad económica.

Delimitación geográfica

La investigación analizará una propuesta de ampliación de subestaciones eléctricas de 69 Kv del *Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022-2052* del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, ubicados geográficamente en zonas rurales.

Delimitación histórica

La delimitación histórica se considerará a partir del 2022, ya que se basará en los estudios de planificación establecidos por el Ministerio de Energía y Minas, y en las entidades que regulan el mercado eléctrico de Guatemala, según la Ley General de Electricidad. Con una vida útil del proyecto de 20 años.

4. JUSTIFICACIÓN

La presente tesis de pregrado de la Escuela de Ingeniería Civil y protocolo de la Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, se basa en las siguientes líneas de investigación: “Formulación y análisis de los incentivos en proyectos energéticos”, “Impacto en el negocio de la distribución”, “Tratos, convenios y normativa aplicada al sector eléctrico” e “Impactos Económicos y Financieros en Proyectos Energéticos”, enfocado específicamente en el análisis económico costo-beneficio, para determinar la viabilidad de la expansión de subestaciones eléctricas en una localidad rural.

Del análisis se obtendrá una base para evaluaciones de proyecto de ampliaciones de subestaciones en regiones rurales, recopilación de información para análisis de costo-beneficio para el sector eléctrico, bibliografía como base para futuras investigaciones derivadas de esta investigación y documento de apoyo para cumplir con los compromisos establecidos en los diferentes planes de expansión, elaborados por el CNNE en conjunto con el AMM. Para ello se pretende brindar al subsector eléctrico, población en general de Guatemala y entidades estatales, bases para analizar proyectos de ampliación eléctrica enfocada en subestaciones y mejorar el servicio de energía eléctrica en el área a evaluar.

Derivado de lo anterior se podrá contribuir a cumplir con el *Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022-2050*, en los tres ejes en que se basa su estrategia:

- Recuperar y generar nuevos empleos.

- Acciones para atraer más inversiones estratégicas del país.
- Acciones para fomentar el uso de bienes y servicios guatemaltecos.

. Igualmente permita el cumplimiento de la *Política Energética 2013-2027*, basada en su eje 1 “Seguridad de abastecimiento de electricidad a precios competitivos” (Ministerio de Energía y Minas, 2012) y el eje 4 “Ahorro y uso eficiente de la energía” (Ministerio de Energía y Minas, 2012), que se encuentra vigente actualmente. De igual modo permitirá evaluaciones de inversión-beneficio para los proyectos establecidos en los refuerzos de la red de transmisión eléctrica 69 Kv-138 Kv, del Plan de Expansión 2022-2052, de los diferentes departamentos. Es pertinente, ya que será una contribución que podrían considerar los entes del subsector eléctrico de Guatemala, encargados de desarrollar y aprobar las ampliaciones de servicio eléctrico, que rige la seguridad energética del país y mejorar el Índice de Cobertura Eléctrica del país.

La Maestría en Gestión de Mercado Eléctricos Regulados al enfocarse en componentes del subsector eléctrico, incentiva a los profesionales que contribuyan con investigaciones que sean aplicables a este subsector, como es la mejora de los servicios de energía eléctrica y cumplir con el plan de expansión del gobierno. Esto con la finalidad de contribuir a la mejora de la calidad de vida de las zonas rurales, mejorar la inversión económica privada y pública en áreas rurales y explotación económica de los recursos de la región. Por lo que requiere un estudio que arroje bases para analizar la inversión necesaria para desarrollar subestaciones eléctricas en áreas rurales.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Determinar los factores que influyen en el costo-beneficio, para establecer la viabilidad económica, de la ampliación de subestaciones eléctricas de 69 Kv en una localidad rural.

5.2 Específicos

1. Explicar la influencia del consumo de energía eléctrica en una localidad rural para determinar la viabilidad económica.
2. Definir el impacto de un subsidio en los proyectos de ampliación de subestaciones.
3. Interpretar la variación de los precios del mercado eléctrico y su intervención en el costo-beneficio en los proyectos de la ampliación.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Se desea determinar los factores que influyen en el costo-beneficio, para establecer la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas de 69 Kv en una localidad rural, por lo tanto, la relación con el consumo energético eléctrico de la zona rural, el impacto de un subsidio en los proyectos de ampliaciones e interpretar las variaciones del mercado eléctrico y su intervención en los proyectos de ampliación. El trabajo de investigación se limita a áreas rurales del territorio del estado de Guatemala, en referencia al sector eléctrico en subestaciones eléctricas de tensiones de 69 Kv. La información y los resultados que se obtengan podrían dar un aporte significativo en Guatemala para la evaluación de este tipo de proyectos.

Se considerará la evaluación de una localidad rural considerada en el Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022 - 2052 de diferentes regiones, de obras de subestaciones eléctricas que se pretende incorporar al Sistema Nacional Interconectado (SNI), en tensiones de 69 Kv, donde se debe considerar la evaluación de factibilidad. Se realizará una evaluación técnica de una las localidades, propuesta de diseño y evaluación de la inversión-beneficio de esta obra.

En términos de originalidad, el estudio a realizar dará información relevante del desarrollo de proyectos de ampliación de subestaciones eléctricas en zonas rurales, relacionado a las condiciones actuales del sistema eléctrico y económico del estado de Guatemala.

Es conveniente este trabajo para la maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, ya que, al contar con un área de impacto económico y financiero en proyectos energéticos, permite identificar los factores relevantes que influyen en lo económico para la toma de decisiones para el desarrollo de proyectos de ampliación de subestaciones eléctricas de 69 kV.

Se obtendrán los resultados mediante el análisis de datos proporcionados por entidades nacionales, aplicación de normativas regentes en el sector eléctrico para el desarrollo técnico, e igualmente documentos relacionados a la evaluación económica de proyectos, analizando las variables VPN (Valor presente neto), TIR (Tasa interna de retorno) y C/B (Costo Beneficio).

7. MARCO TEÓRICO

La elaboración del marco teórico del protocolo se basa en las tres variables principales que serán analizadas en la investigación propuesta: Demanda energética eléctrica, Análisis Costo -Beneficio y Subsidio presentando Conceptos relacionados a la definición de cada variable, metodología de cálculo y subtemas.

7.1 Demanda energética eléctrica

La investigación por realizar es necesario determinar conceptos esenciales, con el fin de comprender como la demanda energética influye en el desarrollo de proyectos energéticos.

7.1.1 Definición

A través de la evolución de la humanidad se observa que las sociedades se van desarrollando económicamente, la tecnología y crecimiento poblacional, por lo hay un aumento de la demanda energética para la realización de actividades de las personas para cubrir sus prioridades, con lo anterior se define lo siguiente:

Se entiende por demanda eléctrica la cantidad de electricidad que una serie de consumidores necesitan para abastecer sus necesidades. Por tanto, la demanda eléctrica nacional es el resultado de la suma de toda la electricidad necesaria para dar suministro a todos los consumidores del

territorio nacional: industrias, empresas, oficinas, comercios, hogares, centros públicos, alumbrado. (Twenergy, 2019)

Al analizar la definición anterior, establece que en cualquier nación es necesario el suministro de energía, para satisfacer las necesidades de los individuos que conforma la población. Esto ha obligado a las naciones a crear instituciones que se dediquen a crear estrategias que permitan el abastecimiento de esa energía, a través de métodos que permitan gestionar el uso, como lo expone Mauriño:

El consumo de la energía eléctrica aumenta día a día debido a los nuevos requisitos de los consumidores y al surgimiento de nueva tecnología. En este contexto surge la propuesta de Gestión de la Demanda por sus siglas en ingles DSM (*“Demand Side Management”*) que es una alternativa para el control y el uso eficiente de la energía eléctrica. En la actualidad los métodos vigentes de producción de energía eléctrica no son sostenibles, esto se debe a la escasez de recursos, y por problemas de contaminación ambiental. (2019, p 16)

En conclusión, al referirse al consumo de energía de una nación, hay que comprender que, involucra a cada individuo quien desarrolla actividades, que permitan la satisfacción de las carencias de estas mismas. Así mismo, cubrir esa demanda de energía implica gestionarla de forma eficiente y sostenible, con la finalidad de que la población en si misma siga desarrollándose económica y

tecnológicamente, con la premisa de preservar el medio ambiente y sus recursos naturales.

7.1.2 Demanda de energía en Guatemala

El consumo de energía en Guatemala históricamente ha aumentado, teniendo la necesidad de realizar un análisis de la misma, como lo confirma el Ministerio de Energía y Minas (MEM): “La demanda energética en Guatemala aumenta en medida directa a la tasa de crecimiento poblacional y la capacidad de producción económica del país; por tal razón, es necesario desarrollar estudios y monitoreos constantes sobre la demanda.” (2015, p 9).

Atendiendo a lo anterior, es necesario el análisis del incremento del consumo de energía, a través de la base de datos recopilado por el Sistema de Nacional Interconectado (SNI), el comportamiento histórico y el método por el cual determina el consumo a largo plazo.

7.1.3 Demanda de energía del Sistema Nacional Interconectado (SNI)

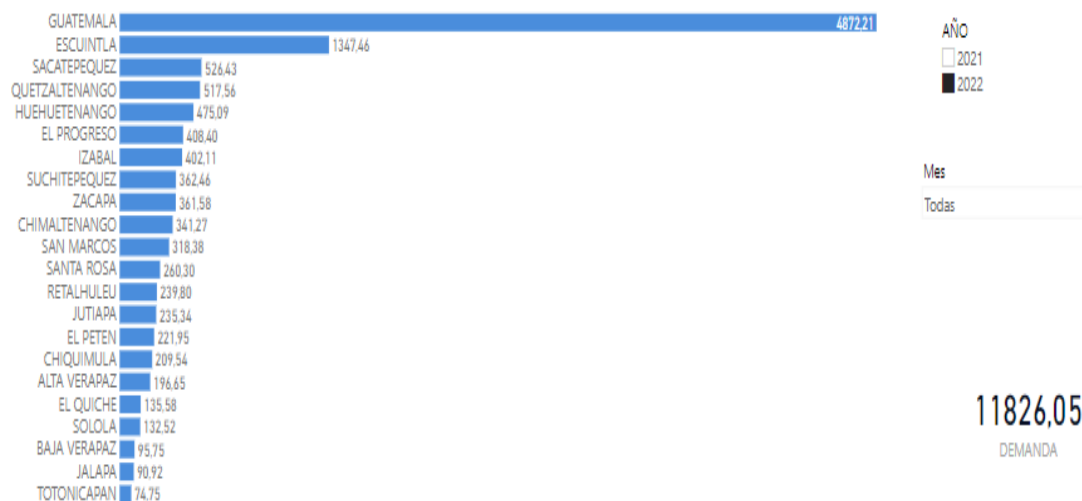
La demanda según el SNI para el año 2022, establece lo siguiente:

La demanda total de energía eléctrica del Sistema Nacional Interconectado (SNI) en 2022, fue de 11,826.1 GWh, lo que representa un crecimiento del 3.2 % respecto al 2021 (11,454.28 GWh). El mes de noviembre fue el que presentó la mayor tasa de crecimiento departamental durante el año. El departamento que más energía demandó durante 2022 fue Guatemala, con un 41.2 % del consumo total de ese año, esta

tendencia es la usual dado que el departamento de Guatemala aglutina a la mayor actividad económica a nivel nacional (el municipio de Guatemala es el que mayor desarrollo presenta a nivel nacional, con un punteo de 80.17 de 100 del Índice de Competitividad Local -ICL-, 2021). De forma contraria, Totonicapán fue el departamento que menos energía consumió, con un 0.6 % del total. (AMM, 2023).

Figura 1.

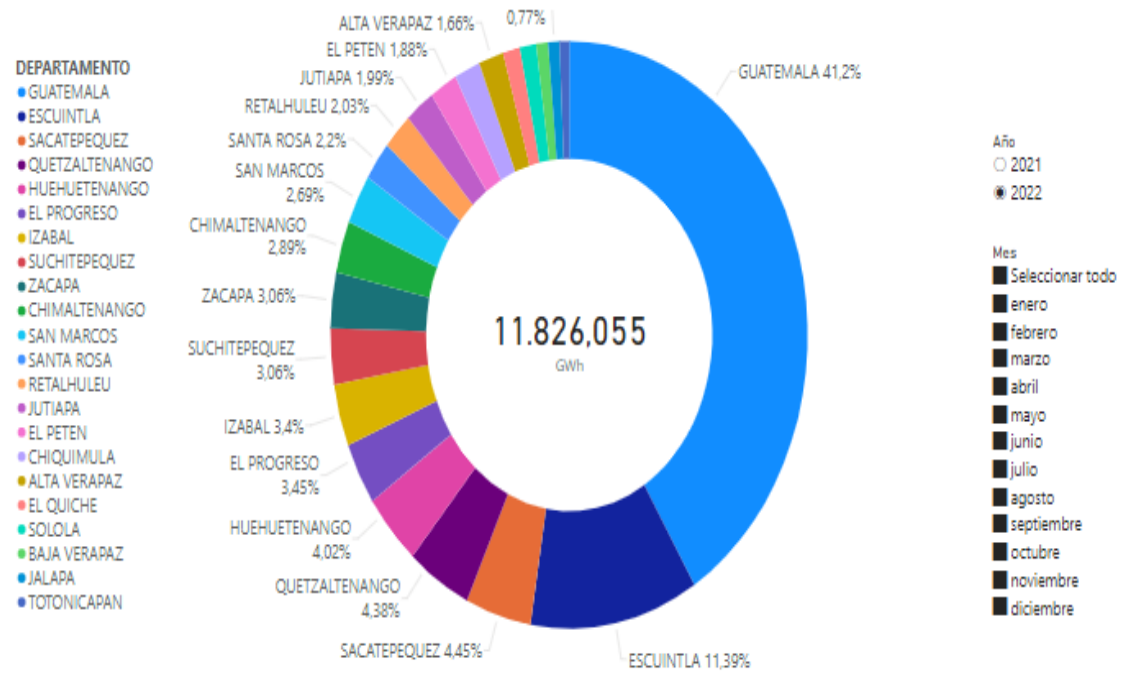
Demanda de energía por departamento 2022



Nota. Gráfico del consumo de energía a nivel departamental en GWh. Obtenido del Administrador del Mercado Mayorista (2023). *Guatemala 2022: Demanda de energía a nivel departamental.* ([https://rd.amm.org.gt/2023/03/29/guatemala-2022-demanda-de-energia-a-nivel-departamental/#:~:text=GUATEMALA%202022%3A%20DEMANDA%20DE%20ENERG%C3%8DA%20A%20NIVEL%20DEPARTAMENTAL,-29%20marzo%2C%202023&text=La%20demanda%20total%20de%20energ%C3%ADa,al%202021%20\(11%2C454.25%20GWh\)\)](https://rd.amm.org.gt/2023/03/29/guatemala-2022-demanda-de-energia-a-nivel-departamental/#:~:text=GUATEMALA%202022%3A%20DEMANDA%20DE%20ENERG%C3%8DA%20A%20NIVEL%20DEPARTAMENTAL,-29%20marzo%2C%202023&text=La%20demanda%20total%20de%20energ%C3%ADa,al%202021%20(11%2C454.25%20GWh)))), consultado el 27 de octubre de 2023. De dominio público.

Figura 2.

Demanda de energía por departamento 2022



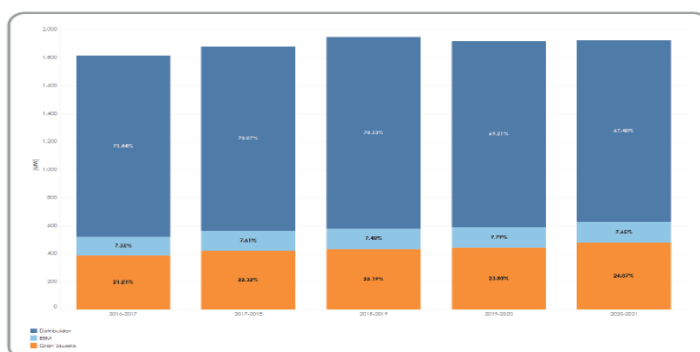
Nota. Gráfico del consumo de energía a nivel departamental en GWh. Obtenido del Administrador del Mercado Mayorista (2023). *Guatemala 2022: Demanda de energía a nivel departamental.* ([https://rd.amm.org.gt/2023/03/29/guatemala-2022-demanda-de-energia-a-nivel-departamental/#:~:text=GUATEMALA%202022%3A%20DEMANDA%20DE%20ENERG%C3%8DA%20A%20NIVEL%20DEPARTAMENTAL,-29%20marzo%2C%202023&text=La%20demanda%20total%20de%20energ%C3%ADa.al%202021%20\(11%2C454.25%20GWh\)](https://rd.amm.org.gt/2023/03/29/guatemala-2022-demanda-de-energia-a-nivel-departamental/#:~:text=GUATEMALA%202022%3A%20DEMANDA%20DE%20ENERG%C3%8DA%20A%20NIVEL%20DEPARTAMENTAL,-29%20marzo%2C%202023&text=La%20demanda%20total%20de%20energ%C3%ADa.al%202021%20(11%2C454.25%20GWh))), consultado el 27 de octubre de 2023. De dominio público.

Además, el SNI analiza el consumo energético de los diferentes agentes de distribución que conforman el Mercado Mayorista, como lo expone el órgano técnico regulador eléctrico de Guatemala, en su informe:

Aproximadamente e históricamente alrededor del 70 % de la demanda firme total corresponde a las empresas Distribuidoras; sin embargo, para el año estacional 2020-2021 quedó en 68.9 % que se compone 34.9 % Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., 19.6 % Distribuidora de Electricidad de Occidente, S. A., y 14.4 % Distribuidora de Electricidad de Oriente, S. A.; esta baja se explica como una menor participación de la demanda máxima de parte de los usuarios del servicio de distribución final de las distribuidoras. El 31.1 % restante de la demanda firme corresponde a las Empresas eléctricas municipales y los Grandes Usuarios (Representados y Participantes), siendo 7.8 %, y 23.3 %, respectivamente. (CNEE, 2021, p. 40)

Figura 3.

Evolución de la DF Total por participante consumidor.

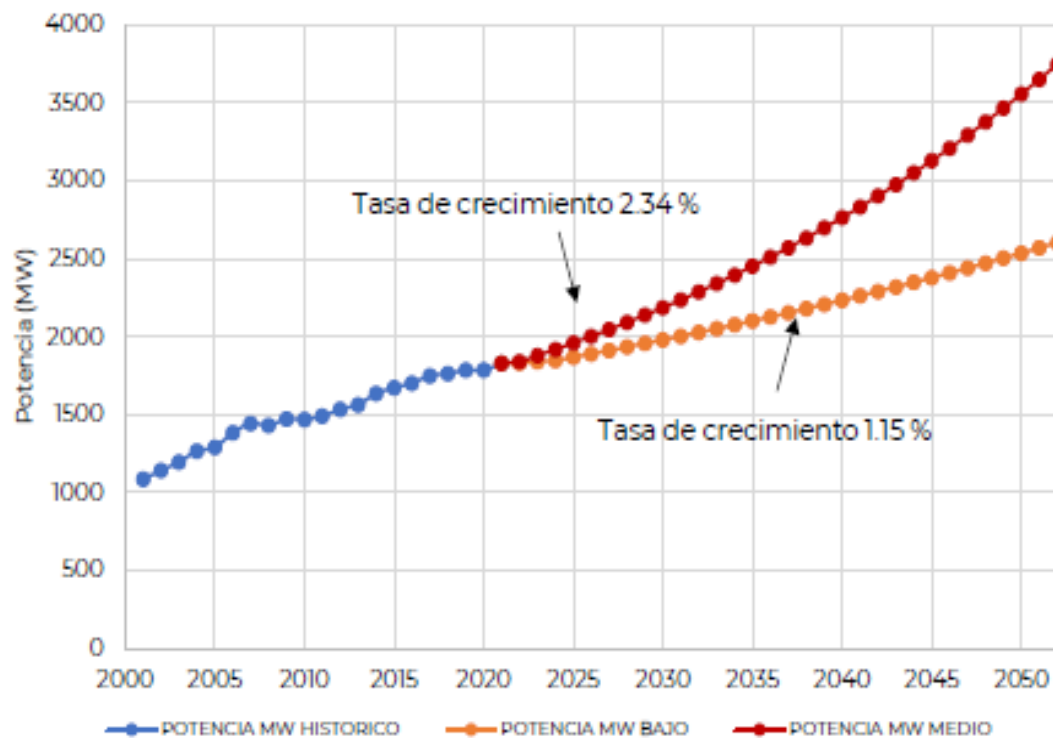


Nota. Gráfico de la evolución del consumo de energía por consumidor. Obtenido de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2022). *Informe estadístico: Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos.* (<https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/INFORME%20ESTADI%CC%81STICO%20GPVME%202021-2022.pdf>), consultado el 22 de agosto de 2023. De dominio público.

Así mismo la demanda de energía a futuro del SIN, se necesita un cálculo estimado del crecimiento poblacional, económico y otras variables, para proyectar la demanda de energía. A continuación, se presenta una gráfica donde se estima la demanda a futuro hasta el año el 2052, de acorde a lo establecido en el Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022 – 2052.

Figura 4.

Proyección de demanda 2052



Nota. Gráfico de la proyección de demanda de consumo de energía eléctrica en Guatemala para el 2052. Obtenido del Ministerio de Energía y Minas (2022). *Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022 - 2052.* (https://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/2022-2052/Plan_de_Expansion_del_Sistema_de_Transporte_2022%20%E2%80%93%202052.pdf), consultado el 02 de septiembre de 2023. De dominio público.

En la gráfica 4 integra dos escenarios contemplando una demanda a futuro medio y otro bajo. Según el Ministerio de Energía y Minas establece lo siguiente: “la proyección realizada se espera que para el año 2052 bajo un escenario de demanda media la potencia del Sistema Nacional Interconectado será de 3749.2 MW; y para un escenario de demanda mínima 2603.60 MW” (2022, p. 62).

El año estacional del 2020 – 2021 se percibió una baja del consumo de energía debido a las secuelas de la pandemia del COVID-19, pero para el periodo del 2021 – 2022 el aumento que hubo evidencia la recuperación económica de Guatemala post COVID 19. Lo anteriormente descrito se basa en que el aumento de la demanda de energía está relacionado al desarrollo económico y social, provocando el mejoramiento de la economía del país.

7.1.4 Análisis del comportamiento histórico de la demanda

El comportamiento histórico de la demanda de Guatemala permite analizar cómo ha evolucionado el crecimiento, tal como lo establece el Administrador del Mercado Mayorista:

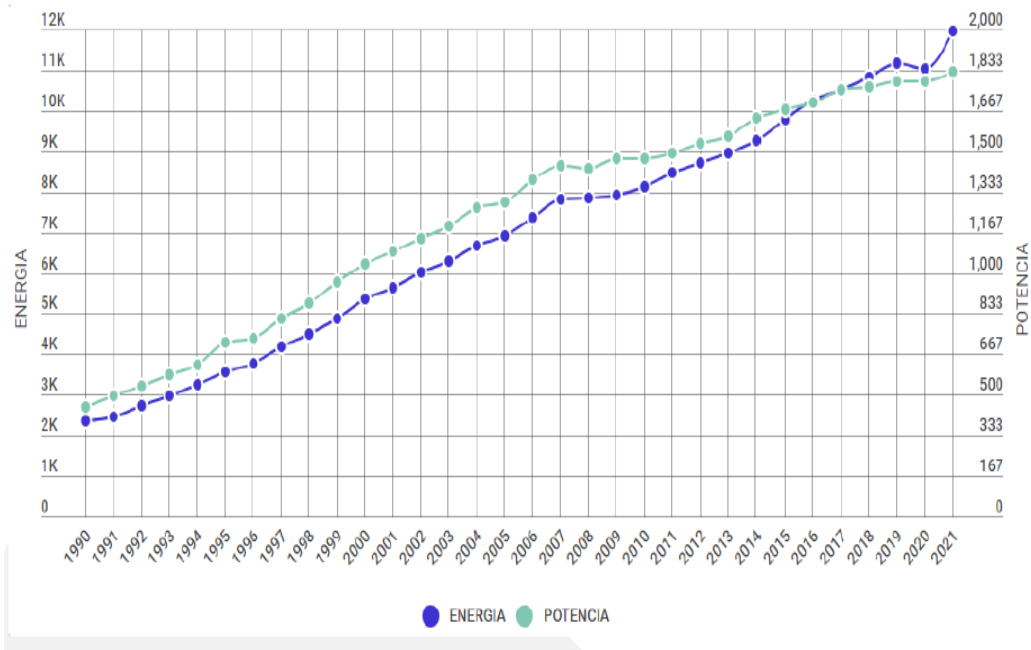
Durante el periodo de 1990 a 2021 la demanda de energía eléctrica ha experimentado un crecimiento relativamente constante, presentando en los últimos años una leve estabilización siendo el año 2020 un año crítico por la pandemia del COVID-19. En promedio, la demanda de energía ha experimentado un crecimiento de 5.46%, mientras que la potencia de 4.68%. Debido a la crisis económica mundial de 2008, tanto la demanda de energía como la de potencia presentaron comportamientos atípicos, lo cual provocó a partir de ese momento cierto estancamiento en el

crecimiento, alcanzando valores de 1.83% para la potencia y de 3.52% para la energía durante el periodo de 2010 a 2021. En este último año, la potencia tuvo un crecimiento de 2.37%, y la energía de 8.63%, crecimiento que no se observada desde la década de los años 90. (2022, p. 8)

En el siguiente gráfico representa la demanda de energía y potencia histórica en Guatemala:

Figura 5.

Demanda de Energía y Potencia de 1990 a 2021

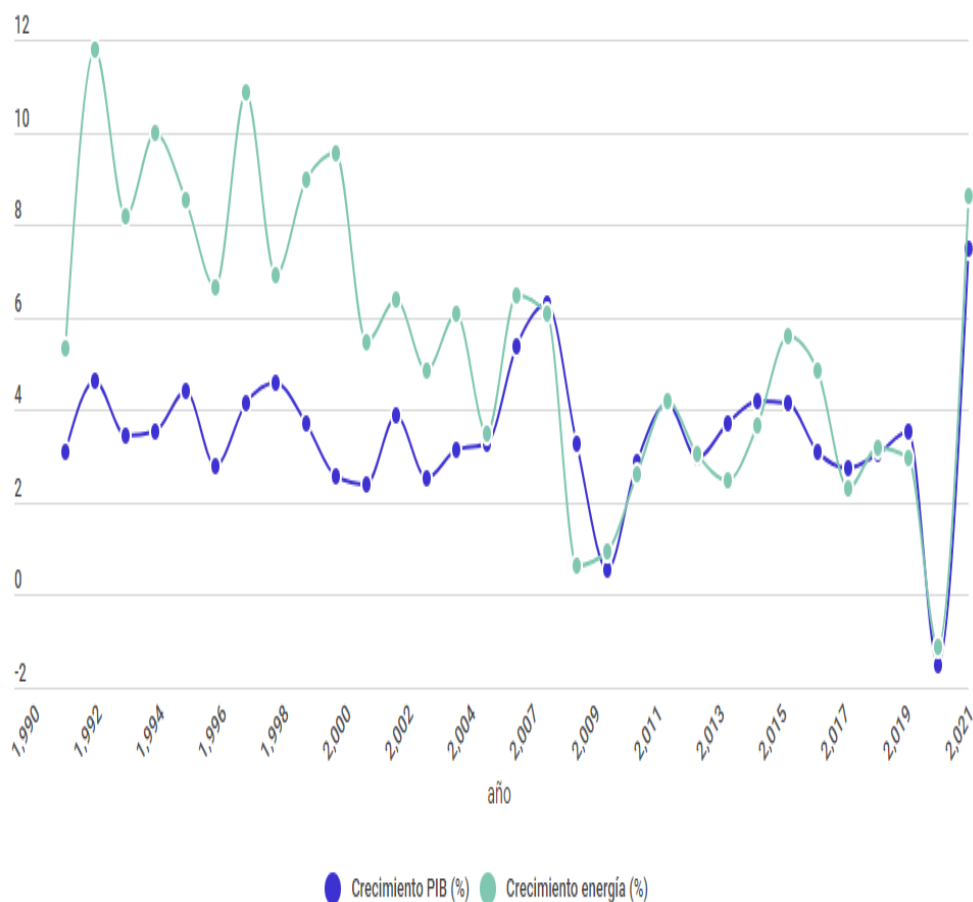


Nota. Gráfico de la demanda de energía eléctrica y potencia en Guatemala entre el 1990 al 2021. Obtenido del Administrador del Mercado Mayorista (2022). *Programación a largo plazo mayo 2022* – *abril 2023*. (https://www.amm.org.gt/pdfs2/programas_despacho/03_PROGRAMAS_DE_LARGO_PLAZO/2022-2023/02_PLP20220101_VD.pdf), consultado el 15 de agosto de 2023. De dominio público.

En los gráficos que a continuación se presentan, muestran el comparativo que existe entre el Producto Interno Bruto (PIB), la energía y la potencia.

Figura 6.

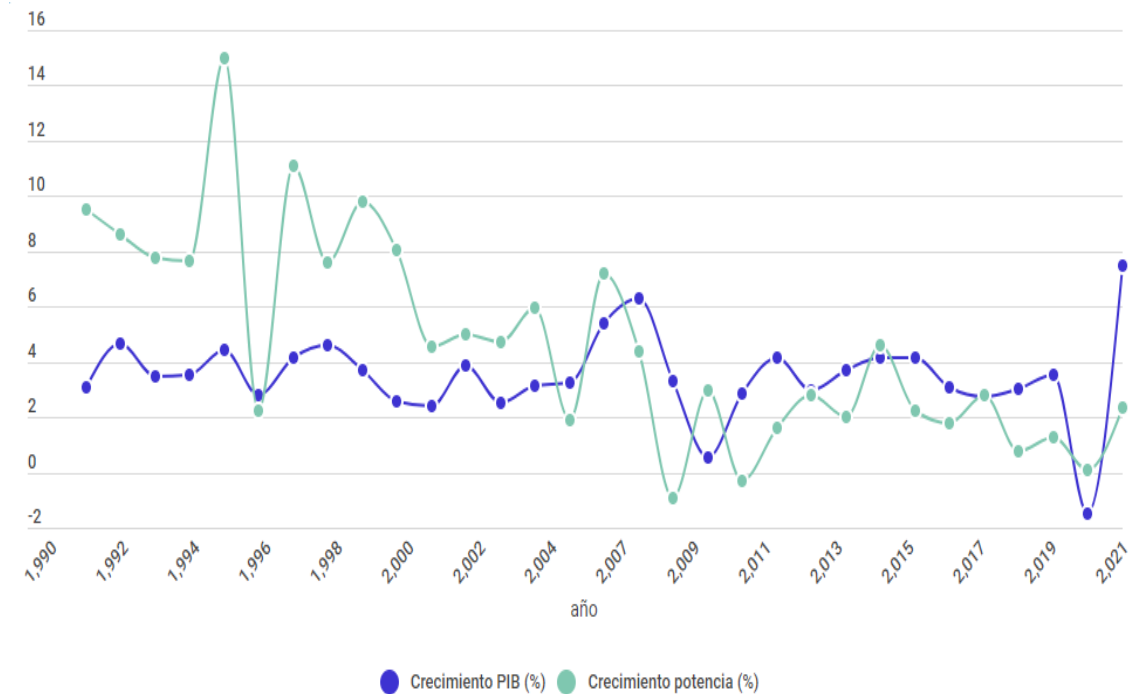
Energía versus PIB



Nota. Gráfico del comportamiento del producto interno bruto y de la demanda de energía en Guatemala. Obtenido del Administrador del Mercado Mayorista (2022). *Programación a largo plazo* mayo 2022 – abril 2023. (https://www.amm.org.gt/pdfs2/programas_despacho/03_PROGRAMAS_DE_LARGO_PLAZO/2022-2023/02_PLP20220101_VD.pdf), consultado el 15 de agosto de 2023. De dominio público.

Figura 7.

Potencia versus PIB



Nota. Gráfico del comportamiento del producto interno bruto y de la demanda de energía en Guatemala. Obtenido del Administrador del Mercado Mayorista (2022). *Programación a largo plazo* mayo 2022 – abril 2023. (https://www.amm.org.gt/pdfs2/programas_despacho/03_PROGRAMAS_DE_LARGO_PLAZO/2022-2023/02_PLP20220101_VD.pdf), consultado el 15 de agosto de 2023. De dominio público.

Al analizar la información se observa que el crecimiento de la demanda de energía y potencia en Guatemala al transcurrir el tiempo, mantuvieron un crecimiento paralelo y constante, donde la potencia estaba arriba del consumo de energía, en los últimos años el consumo de energía ha ido aumentando considerablemente, pero la potencia no ha crecido de la misma manera. Esto da un indicador que es necesario la implementación de nuevas plantas de generación, para poder tener la capacidad suficiente de potencia, para cubrir la demanda, así mismo aumentar la capacidad de transmisión. En las anteriores

gráficas se observa una relación intrínseca entre el crecimiento del PIB y la demanda de energía, lo cual confirma que la demanda energética es un indicador del crecimiento de la productividad de un país.

7.1.5 Modelo de proyección de demanda de potencia y energía.

La demanda de energía eléctrica influye varios factores, los cuales deben de ser analizados para proyectar de forma eficiente la demanda, esto con ayuda de métodos de modelación certeros:

La calidad de los métodos de pronóstico depende directamente del estado de los datos históricos disponibles, así como del conocimiento sobre los factores que influyen en la demanda de energía eléctrica. Con la ayuda del análisis de datos de energía, se proporcionan los datos necesarios para los conjuntos de entrenamiento, prueba y validación para realizar el proceso de modelado. Los datos históricos de consumo se dividen en grupos según los efectos estacionales. Por lo tanto, el proceso de modelado debe especificarse para cada grupo. Además, el horizonte temporal del pronóstico determina el tipo de método aplicado. (Matabajoy, 2022, p. 21).

Figura 8.

Factores que influyen en el pronóstico de la demanda

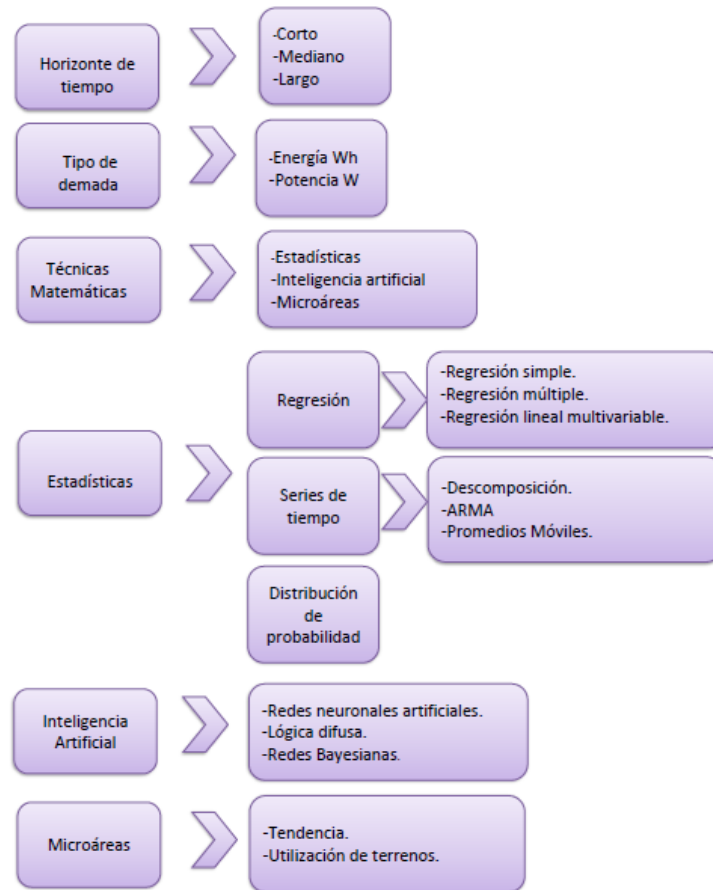


Nota. Factores que influyen en el pronóstico de la demanda. Adaptado de T. Gönen (1986). *Electric Power Distribution System Engineering*. ([http://prof.khuisf.ac.ir/Images/Uploaded_Files/Electric%20Power%20Distribution%20System%20Engineering%20-%20Gonen-----\[7816805\].PDF](http://prof.khuisf.ac.ir/Images/Uploaded_Files/Electric%20Power%20Distribution%20System%20Engineering%20-%20Gonen-----[7816805].PDF)), consultado el 08 de septiembre de 2023. De dominio público.

Se puede apreciar en la gráfica anterior los factores que influyen en los pronósticos de la demanda, esto con el fin de determinar el método adecuado. Para la clasificación de los métodos de pronóstico de demanda por horizonte de tiempo, tendencias y técnicas mayormente empleadas para este tipo de estudios de comportamiento de consumo se clasifican de la siguiente manera:

Figura 9.

Clasificación de los métodos de pronóstico



Nota. Clasificación de los métodos para el cálculo de la demanda de energía a futuro. Adaptado de T. Matabajoy Salas. *Modelo estimador del pronóstico de demanda eléctrica a partir de datos históricos obtenidos de medidores inteligentes.* (<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80843/1032455974.2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>), consultado el 20 de septiembre de 2023. De dominio público.

Atendiendo lo anterior Guatemala basándose en los factores que influyen en la demanda de energía y viendo la necesidad de desarrollar un modelo de

predicción, utiliza un software dado por la Agencia Internacional de Energía Atómica, Modelo de Análisis de Demanda de Energía (MAED), con el cual determina la demanda de energía anual. El Organismo Internacional de Energía Atómica en su manual de usuario, nos explica la forma que evalúa la demanda y factores que considera (2017):

El modelo MAED evalúa la demanda futura de energía con base en escenarios de desarrollo socioeconómico, tecnológico y demográfico a mediano y largo plazo. El modelo relaciona sistemáticamente la demanda de energía específica para producir varios bienes y servicios identificados en el modelo, con los factores tecnológicos, económicos y sociales correspondientes que afectan esta demanda. La demanda de energía se desagrega en un gran número de categorías de uso final; cada una corresponde a un servicio dado o a la producción de cierto bien. La naturaleza y el nivel de la demanda de bienes y servicios son una función de varios factores determinantes, en los que se incluyen el crecimiento de la población, el número de habitantes por vivienda, el número de equipos electrodomésticos usados en la hogares, la movilidad de la población y las preferencias de modos de transporte, las prioridades nacionales para el desarrollo de ciertas industrias o sectores económicos, la evolución de la eficiencia de ciertos tipos de equipamiento, la penetración de nuevas tecnologías o formas de energía en el mercado, etc. Las tendencias futuras que se esperan para estos factores determinantes, que en su

conjunto constituyen los “escenarios”, se introducen de manera exógena.

(p. 3)

La elaboración del caso para Guatemala en el software MAED_D, sostiene las siguientes observaciones y puntos relevantes:

a) El año base para el estudio es el 2015, y proyecta un horizonte de 35 años, culminando en el año 2050; b) El modelo de análisis de demanda de energía, se basa sobre los consumos de energía útil de los usuarios finales, despreciando las pérdidas no técnicas; y para el presente caso, despreciando los consumos energéticos particulares, tal como el consumo de kerosene con fines de iluminación residencial y tecnologías que consumen energía cuando no son empleadas; c) Debido a que el estudio es sobre energía útil, los resultados se concluyen sobre la energía per cápita necesaria para no desabastecer el sistema energético nacional; d) Existen factores y valores de eficiencias que son aproximadas con referencia en información de países similares a Guatemala; e) Aunque el año base para el estudio es el 2015, las bases de datos y los estudios de proyecciones en el horizonte establecido se han realizado a través de líneas históricas más antiguas, en su mayoría partiendo desde el año 2010; f) El presente estudio es una desagregación de la demanda energética de usos finales, no de transformación. (MEM, 2015, p. 39)

Al analizar el contenido anterior es de suma importancia profundizar en cada factor que influya en la demanda de energía a futuro, y así obtener datos fidedignos para la toma de acciones eficaces, esto con el fin de cubrir a futuro las necesidades de la población.

7.2 Análisis Costo - Beneficio

En la actualidad el avance económico, crecimiento poblacional y tecnológico ha provocado la necesidad de la realización de nuevos proyectos para cubrir la demanda de energía para cubrir sus necesidades, tal como lo especifica Rodríguez Villalón:

Los recursos energéticos del mundo cada vez son más escasos, y eso ha llevado a que los países opten por alternativas de eficiencia y de un uso inteligente de estos, principalmente en lo que respecta a la energía eléctrica. Dada la importancia de la electricidad en el crecimiento y desarrollo de las economías mundiales, esta se vuelve un recurso vital y que cada vez es más abordado desde diferentes puntos de vista, principalmente en aspectos técnicos, económicos y legales. (2022, p. 1038)

Con respecto a lo anterior es necesario conocer los conceptos que permitan evaluar los proyectos que cubra la demanda solicitada, la inversión necesaria y los beneficios obtenidos. Uno de los métodos más usados para la evaluación de proyectos es el de Costo – Beneficio.

7.2.1 Definición

El concepto de Análisis Costo – Beneficio (ACB) de acorde a Palma lo explica de la siguiente manera:

El ACB es una herramienta esencial para evaluar los beneficios económicos de los proyectos. En principio, deben evaluarse todos los efectos: financieros, económicos, sociales, medioambientales, etc. El objetivo del ACB es identificar y monetizar (es decir, dar un valor monetario) todos los efectos posibles, a fin de determinar los costes y los beneficios del proyecto; a continuación, se agregan los resultados (beneficios netos) y se extraen conclusiones sobre si el proyecto es deseable y sobre si merece la pena ponerlo en marcha. Los costes y los beneficios del proyecto deben evaluarse sobre una base diferencial, examinando las diferencias que puede haber entre que se lleve a cabo o no. (2015, p. 15)

El ACB tiene como objetivo, en opinión de otro autor, lo siguiente:

Este análisis pretende evaluar la utilización de los recursos de un proyecto en función de los beneficios generales; se obtiene al dividir la sumatoria de los beneficios (ingresos de capital si los hubiese e ingresos corrientes) y la sumatoria de los costos que se espera se generen con el proyecto (costo corriente y de inversión). El valor indica la cantidad beneficios que

se generarán con respecto a cada unidad monetaria consumida. (Otiniano, 2021, p. 15)

Este método es utilizado frecuentemente no solo por darle una ponderación a los factores que influye en la inversión de proyectos, sino también la facilidad para la toma de decisiones. Por lo cual ha sido aceptado en diferentes partes del mundo, con lo que se ha impulsado el estudio del mismo, como lo indica Jenkins & Harberger:

En muchas partes del mundo los conceptos básicos que fundamentan los análisis económicos y financieros de costos-beneficios están ganando la aceptación requerida para un serio esfuerzo de implementación práctica. Muchos hechos diferentes e interrelacionados han contribuido a esta situación: la literatura técnica sobre el tema se ha visto fortalecida en los últimos años; los líderes gubernamentales, continuando con ambiciosos programas de desarrollo social y económico, han sentido la difícil necesidad de escoger entre estrategias alternativas de gastos para alcanzar sus metas. Al mismo tiempo, la capacidad de los países para satisfacer la demanda de mejores procedimientos de evaluación ha aumentado: los cursos y programas organizados por universidades, organismos internacionales y los gobiernos nacionales mismos se han multiplicado y ahora han preparado suficiente personal capacitado para iniciar respetablemente un esfuerzo nacional para analizar

sistemáticamente los costos y beneficios de los probables gastos de capital. (2000, p. 1)

Así mismo el ACB abarca otro tipo análisis, en función del beneficio social, para determinar los proyectos que benefician a la población. Esto implica darles valor monetario a los beneficios que con lleva el desarrollo de un proyecto a una población determinada. Esto lo explica de Rus en su libro:

El análisis coste-beneficio no trata sobre el dinero. Tampoco sobre los inputs utilizados ni sobre los outputs obtenidos. Trata sobre el bienestar social. El valor de esta herramienta económica es ayudar en la selección de los mejores proyectos y políticas en beneficio de la sociedad. El dinero es central en el análisis financiero, pero sólo instrumental en la evaluación económica de los proyectos. El dinero es la unidad común en la que los economistas expresan los costes y beneficios sociales de los proyectos. El volumen de agua potable, los accidentes evitados, el ahorro de tiempo, o la energía y la mano de obra utilizada se miden en diferentes unidades físicas, y necesitamos una unidad de medida común para expresar todos estos elementos heterogéneos en un flujo homogéneo comparable. Este es el papel del dinero en el análisis coste beneficio, un instrumento para resolver el problema de convertir algo inobservable (bienestar) en algo medible (disposición a pagar), aunque el proceso no es inocuo, ya que el nivel de renta en la sociedad no es uniforme y por lo tanto votar con dinero

refleja tanto la intensidad de las preferencias como el nivel de ingresos del individuo. (2021, p. 1)

El Análisis de Costo Beneficio (ACB) es un método que en la actualidad ha tenido mucho auge, que permita evaluar todos los factores que influyan en un proyecto nuevo, dándole un valor cuantitativo que permita de esa manera tener una evaluación numérica más eficiente y así determinar la viabilidad de un proyecto, sin dejar a un lado el beneficio social.

7.2.2 Beneficio Netos

Al mencionar el beneficio neto están relacionando dos conceptos, el primero, beneficio, hace referencia a la diferencia algebraica entre ingresos y gasto. Si la operación sale positiva, determina que es beneficioso y si el resultado fuera negativo determina lo contrario. Ahora bien, el segundo concepto, neto, tiene como adjetivo “limpio” de acorde al diccionario de la Real Academia Española. Económicamente indica que un beneficio neto donde se haya suprimido todo aquello que incluya un gasto, por ejemplo, impuestos, gastos financieros, depreciación, etc.

El beneficio neto es importante por lo que representa. Proporciona a los empresarios una idea real de la situación de su empresa, ya que tiene en cuenta tanto los ingresos como los gastos de la misma. Es habitual que las empresas redacten una nueva cuenta de resultados cada trimestre financiero para que los accionistas y otras partes interesadas puedan ver el estado de la empresa. Con el dinero que queda después de que la

empresa pague sus gastos, puede distribuir dinero a los propietarios y accionistas. (Historial de la Empresa, 2022)

Una definición desde un punto de vista contable, Sánchez lo expresa de la siguiente manera: “El beneficio neto es un término existente en contabilidad que se refiere a la diferencia entre ingresos y gastos de cualquier empresa en un periodo determinado. También se le conoce como resultado del ejercicio” (2020).

En cuanto a este tema el beneficio neto tiene mucha importancia en su significado, para cualquiera que invierta. Ahora bien, los gastos asociados a cualquier proyecto de inversión deben de estar bien identificados y analizados para obtener un resultado fiable del mismo.

7.2.3 Costos de Inversión

Al realizar un proyecto nuevo se debe de analizar y determinar los costos asociado al mismo, para la adquisición de activos, desarrollo del proyecto y funcionamiento inicial. Esto se explica de la siguiente manera:

Los costos de inversión, llamados también costos pre-operativos, corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento, ponerlo "en marcha" u operativo. Para decirlo de una forma sencilla son todos aquellos costos que se dan desde la concepción de la idea que da origen al proyecto hasta poco antes de la producción del primer producto o servicio. (Conexión Esan, 2016)

La etapa pre-operativa, aquella en la que se generan los costos de inversión, comprende los siguientes costos (con variaciones dependiendo del tipo de proyecto): estudios de factibilidad, estudios definitivos (ingeniería conceptual, ingeniería de detalle), planos y licencias, terrenos, edificios, instalaciones fijas, bienes de capital (aquellos que sirven para la producción de otros bienes, como maquinarias y equipos); mobiliario, entre otros. Adicionalmente, en la etapa pre-operativa se debe de contar con el capital de trabajo, el fondo de maniobra que sirve para costear los activos corrientes que harán posible el inicio de la etapa operativa del proyecto. (Conexión Esan, 2016)

Los costos de inversión son la base para determinar la inversión inicial, necesaria para tener una perspectiva de la ejecución de un nuevo proyecto. Así mismo, se debe de hacer un análisis profundo, para poder identificar los factores que implica en la inversión para tener un estimado eficaz.

7.3 Subsidio

En el desarrollo de la sociedad para satisfacer sus necesidades, los recursos económicos no son suficientes para la realización de nuevos proyectos, por tal motivo se ha visto en la necesidad de apoyar, por parte del Estado, con incentivos económicos para brindar recursos, esto a través de subsidios. Este apartado explica el concepto y el sentido del subsidio.

7.3 .1 Definición

Cuevas proporciona una definición sencilla de lo que es el subsidio:

El subsidio se define como socorro, ayuda o auxilio extraordinario de carácter económico o como la ayuda financiera o de otro género que se da, sin compensación equivalente, por gobiernos y dependencias gubernamentales u otros organismos de carácter público, con el objeto de promover o proteger el desarrollo de las empresas privadas en la industria, en el comercio o en la agricultura. (2001, p. 295)

Los subsidios son brindados por instituciones de carácter pública, para la producción de un bien que promueva el desarrollo de una sociedad, con el fin de cubrir sus necesidades.

7.3 .2 Tipos de subsidios

Los medios económicos a financiar, como menciona Quintana en su artículo, un subsidio puede originarse de una variedad de financiaciones. Las dos formas más típicas son las siguientes:

Subsidios explícitos o directos: se dan cuando los recursos para el subsidio provienen del presupuesto público, es decir, el estado transfiere los fondos al productor para reducir los costos de producción o al consumidor para reducir el precio de provisión del servicio; este tipo de

subsidios son reflejados de forma transparente en el presupuesto público.
(2012, p. 76)

Subsidios cruzados: La transferencia de recursos para el subsidio se da entre grupos de consumidores, sin que provengan del erario público, en tanto que un grupo de consumidores paga un precio mayor que el costo de provisión del servicio y el excedente es utilizado para financiar ya sea la provisión de servicios a otro grupo (los más pobres) o alguna actividad de la empresa proveedora (por ejemplo, la expansión de su red de cobertura de servicios). También pueden presentarse subsidios cruzados cuando se cobra un mismo precio a todos los usuarios pese a que el costo de atenderlos es distinto en función de zonas geográficas u otros factores, con lo cual un grupo de consumidores termina pagando más que el otro.
(2012, p. 76)

En la clasificación se observa que el objetivo es el beneficiar a un grupo de individuos para cubrir alguna necesidad, ya sea directamente por las instituciones de carácter pública o por medio de otra institución de carácter privada.

7.3 .3 Los subsidios de la energía en la economía

El subsidio se ha utilizado como una herramienta con el objetivo de ayudar a las poblaciones más vulnerables:

Los diversos tipos de subsidios pueden funcionar como un instrumento de política para reducir la pobreza, mejorar los índices de escolaridad, garantizar niveles adecuados de nutrición infantil, apoyar emprendimientos productivos, ofrecer capacitación laboral, promover sectores industriales claves para el desarrollo, garantizar una tarifa accesible de servicios públicos y promover la investigación técnica y científica, entre otros objetivos económicos, sociales y culturales de interés público. Aunque, la asignación de subsidios bajo condiciones institucionales sin transparencia puede crear oportunidades para la corrupción y el clientelismo político. (Gruenberg, 2007, p. 1)

Quintana explica que dependiendo del sector en que se aplican, los subsidios pueden tener distintas finalidades:

Así, por ejemplo, los subsidios en el sector de energía pueden tener carácter universal, estar dirigidos a los más pobres, ser para comunidades rurales o remotas, y para industrias o empresas en particular. Así mismo, los subsidios pueden ser para fuentes de energías confiables o de energía limpia, nuevos productores de energía, formas innovadoras de provisión de energía, o inversión en energía eficiente. (2012, p. 76)

Tomando el ejemplo anterior la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) nos brinda estadísticas sobre los subsidios al sector de la energía:

Los subsidios a la energía son grandes, amplios y diversos. Un estudio reciente (IEA, 2012) muestra que, en 2011, los subsidios al consumo de combustibles fósiles en 37 economías en desarrollo y emergentes ascendieron a USD 523 000 millones, y los subsidios a los productos derivados del petróleo representaron casi el 50 % del total. Ese mismo año, solo en la región de EECCA, los subsidios a los combustibles fósiles para los consumidores (petróleo, carbón, gas y electricidad) pueden haber totalizado alrededor de USD 2 mil millones en Azerbaiyán (equivalente a aproximadamente el 3,1 % del producto interno bruto (PIB), USD 6 mil millones (3,3 % del PIB) en Kazajstán y 9 000 millones de USD (6 % del PIB) en Ucrania. Solo el 8 % del monto global de subsidios antes mencionado se destinó al 20 % más pobre de la población, lo que demuestra la ineficiencia de este mecanismo para ayudar a los más pobres. (2013, p 6)

En otro estudio realizado por Navajas, da los siguientes datos:

Los subsidios a la energía ocurren en la práctica en muchas economías y responden a diversas circunstancias. La OECD (2012) los ha estimado en 0.7 % del PIB mundial, mientras que en la Argentina fue según cifras oficiales más de 4 veces superior en 2014. Existen diversas mediciones

para varios países que muestran una amplia gama de formas en que estos subsidios se implementan, sea a través de menores precios de productos energéticos utilizados para el transporte, la industria y los hogares o más recientemente a través de subsidios a la energía renovable. (2015, p. 5)

Como se ha observado los subsidios al sector energía han sido amplios, esto debido a que la energía, como se vio anteriormente, esta intrínsecamente relacionado al Producto Interno Bruto (PIB). Por lo cual las instituciones de carácter público han invertido grandes cantidades de dinero, por medio de subsidios para el desarrollo del sector energía.

En Guatemala no ha sido la excepción, como lo explica Benavides:

La reforma del año 1996 creó un mercado spot, permitió la entrada libre de generadores privados en régimen de competencia y privatizó totalmente el negocio de distribución. Los distribuidores quedaron obligados a contratar con los generadores sus requerimientos de energía y potencia. La reforma, posiblemente condicionada por las circunstancias, definió una política tarifaria sin contemplar subsidios para los usuarios más pobres, restringiendo los aportes explícitos del estado a cubrir los costos de proyectos tales como la expansión de la cobertura del servicio en las zonas rurales... Sin subsidios al consumo en un país donde la mayoría de los usuarios no tiene capacidad de pago y con la obligación de pagar el costo más elevado de energía entre todos los países del istmo

centroamericano (dado que no se eliminó el problema estructural de los costos encallados (stranded costs) de los contratos firmados antes de la reforma), la crisis afloró al final de 1999 al coincidir un incremento en los precios de los combustibles y la devaluación del quetzal, que hicieron políticamente inviable trasladar a los usuarios finales los altos costos fijos más los mayores costos operacionales y de preservación de valores de las componentes denominadas en dólares. (2004, p. 1)

En el párrafo anterior se observa hay una población vulnerable que podría satisfacer una necesidad, por lo tanto, es necesario una estrategia que permita apoyar el desarrollo de esta población, esto lo explica Benavides:

Como respuesta a la crisis, el gobierno impuso temporalmente al Instituto Nacional de Electricidad (INDE; en cuya cabeza quedaron las plantas hidroeléctricas estatales) la obligación de subsidiar los consumos inferiores a 650 kWh/mes, a un costo de US\$ 62.5 millones. El gobierno que inició su mandato en 2000 decidió introducir, tan pronto como asumió el poder, un sistema permanente de subsidios mediante la creación de la Tarifa Social (TS). Los usuarios que califican para recibir energía subsidiada son aquellos que tienen consumos hasta de 300 kWh/mes (con lo cual se cubre al 85 % de la población; hay que anotar que el consumo mínimo de subsistencia ha sido estimado en 64 kWh/mes). Los requerimientos para cubrir los usuarios de la TS corren a cargo de las

distribuidoras, quienes deben hacer licitaciones abiertas para adquirir la potencia y energía necesarias. (2004, p. 1)

En la actualidad se ha aprobada por el Congreso de la República mediante el Decreto 1-2023, para subsidiar a los usuarios que consuman entre 89 y 125 kilovatios hora al mes, lo que permitirá llegar a 2.4 millones de hogares, beneficiando a 14.1 millones de persona. Esta Ley, permite al INDE otorgar un apoyo social temporal por seis meses, comprendidos de enero a junio de 2023, beneficiando a más del 74 % de usuarios de energía, por lo tal ayuda a la economía del guatemalteco.

8. MARCO CONCEPTUAL

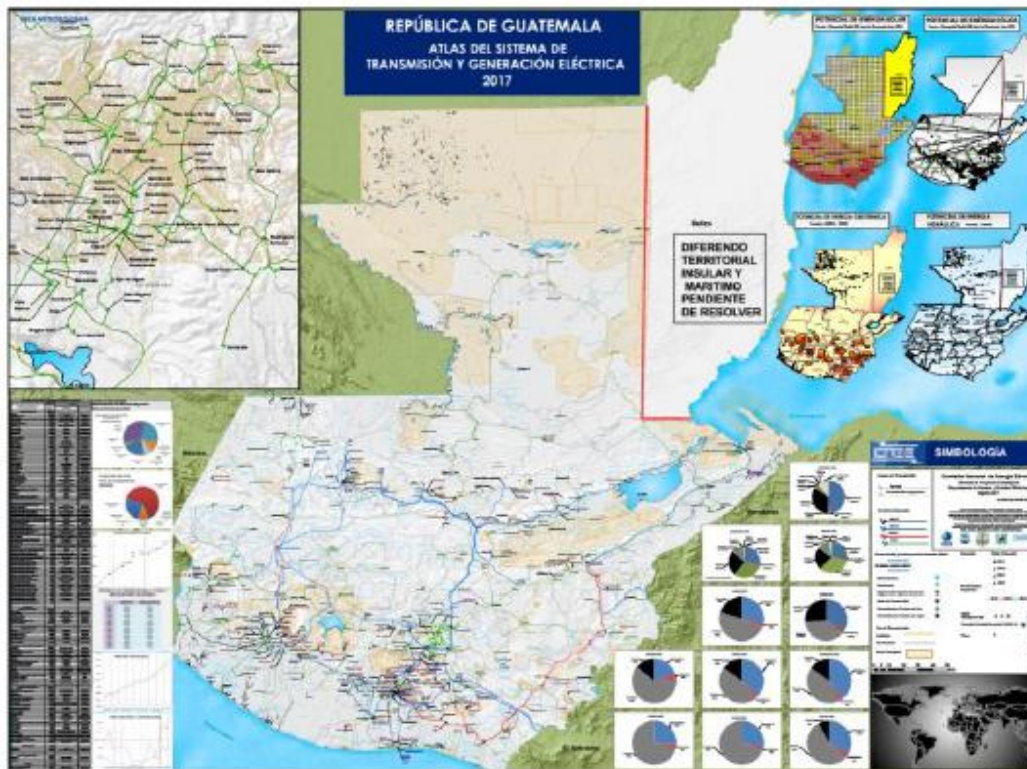
8.1 Sistema Nacional Interconectado (SNI)

En Guatemala, la Ley General de Electricidad define al Sistema Nacional Interconectado (SNI) de la siguiente manera: “Es la porción interconectada del sistema del Sistema Eléctrico Nacional” (1996, p 4), así mismo define el Sistema Eléctrico Nacional: “Es el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipo eléctrico, centros de carga y en general toda la infraestructura eléctrica destinada a la prestación del servicio, interconectados o no” (1996, p 4).

Del párrafo anterior se observa que las dos definiciones están relacionadas entre sí, por lo que permite definir el Sistema Nacional Interconectado (SNI) como la red en la cual interactúan los generadores, transportistas, distribuidores y usuarios finales, donde la energía eléctrica y la potencia es el intercambio entre los participantes. El SNI utiliza potencias de 69 Kv, 138 Kv, 230 Kv y 400 Kv, lo cual depende del volumen y la distancia de la energía eléctrica a transportar. La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) proporciona un documento denominado “Atlas del Sistema Nacional Interconectado de la República de Guatemala”, en el cual da acceso a una base de datos de los participantes e infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional, el cual está distribuido en el territorio.

Figura 10.

Atlas del SNI de la Republica Guatemala

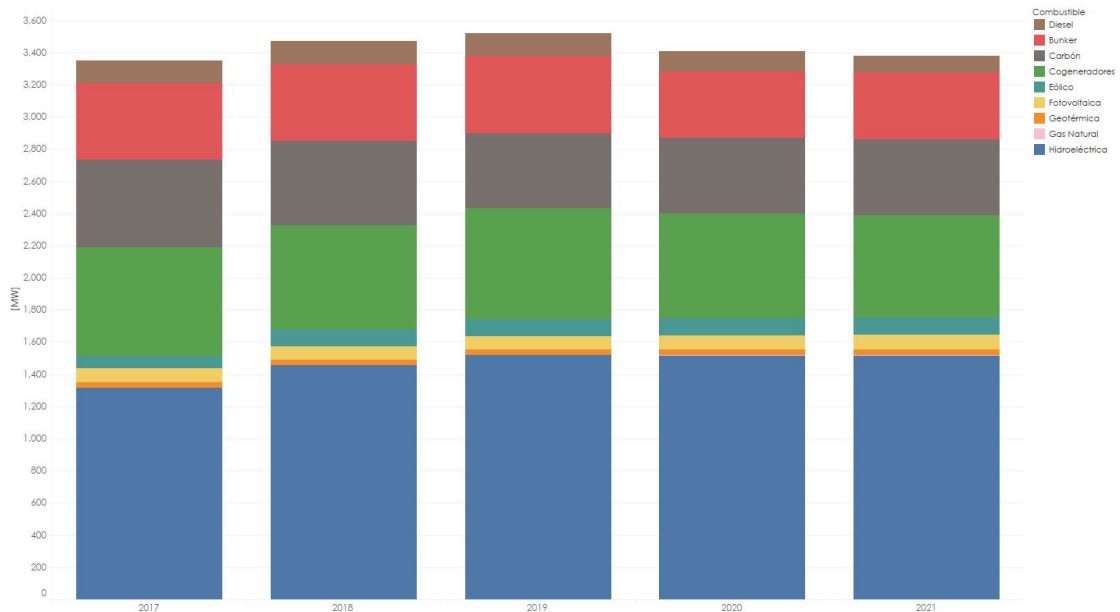


Nota. Mapa de la distribución de líneas de transmisión, generadores y subestaciones en la Republica de Guatemala. Obtenido de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2017). *Atlas del Sistema Nacional Interconectado de la Republica de Guatemala.* (<https://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Docs/Atlas%20SNI-2020-folleto.pdf>), consultado el 20 de septiembre de 2023. De dominio público.

El Administrador del Mercado Mayorista (AMM) es el encargado de velar por el funcionamiento del SIN, como lo establece el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista en su artículo número 14: “El objetivo del Administrador del Mercado Mayorista es asegurar el correcto funcionamiento del Sistema Nacional Interconectado y de las interconexiones” (1998, p. 70).

Figura 11.

Capacidad Efectiva Total en el SNI



Nota. Gráfica de la capacidad del Sistema Nacional Interconectado de la Republica de Guatemala. Obtenido de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2022). *Informe Estadístico Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos.* (<https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/INFORME%20ESTADI%CC%81STICO%20GPVME%202021-2022.pdf>), consultado el 03 de agosto de 2023. De dominio público.

El Sistema Nacional Interconectado (SNI) es la infraestructura que permite que todos los participantes del mercado eléctrico se interconecten, desde el que genera hasta el consumidor final, con el fin de cubrir la demanda de energía del país. Esta interconexión debe ser administrada por el Administrador de Mercado Mayorista, el cual debe de coordinar la operación en el SNI, cumpliendo con la calidad y seguridad.

8.2 Precios del mercado eléctrico

Como producto especial la electricidad tiene aspectos que la diferencia de otros productos y servicios que satisfagan nuestras necesidades, entre estas características destacan:

1) Para llevarla desde donde se produce, que usualmente es en donde se encuentran las fuentes primarias de energía que utilizan las centrales generadoras, hasta los centros de consumo que por excelencia son las ciudades y los centros industriales, se requiere de sistemas de transporte conformados por subestaciones y líneas de alta tensión. 2) No se puede almacenar, se tiene que producir lo que en el momento se está consumiendo. Para mantener la estabilidad de un sistema eléctrico, es necesario alcanzar en todo momento el balance carga-generación. 3) Es un bien prácticamente inelástico, con muy pocos sustitutos, se utiliza en casi todas las actividades que realizamos. Lograr que su costo sea eficiente es sumamente importante. (Comercializadora Electronova, 2022)

Para alcanzar el equilibrio de consumo – generación el Mercado Mayorista de Electricidad (MME), dispone de normas regulatorias consideradas para controlar su costo que los involucrados, deben de sufragar por los intercambios de energía y potencia que realizan.

Los costos asociados son: a) peajes por el uso de los sistemas de transporte, b) Reserva Rápida, c) Reserva Rodante Operativa, d) Generación

Forzada y, e) Saldo por el Precio de la Potencia. Con excepción de los peajes que se pagan en función a la potencia, los demás costos de mercado se pagan en función a la energía consumida o producida según sea el caso.

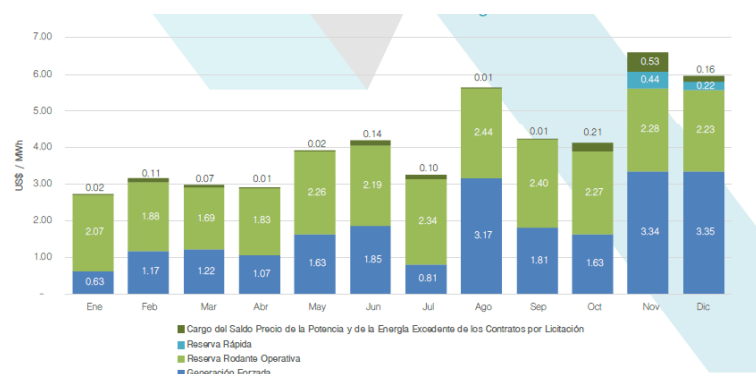
Los precios de la energía eléctrica en Guatemala que actualmente se tienen al consumidor final son los siguientes:

- Hogares: El precio es 0.282 USD por kWh. El precio promedio en el mundo es 0.169 USD por kWh.
- Negocio: El precio es 0.177 USD por kWh. El precio promedio en el mundo es 0.190 USD por kWh.

Los precios del mercado eléctrico son muy complejos ya que depende de muchos factores los cuales varían según las condiciones sociales, ambientales, políticas y económicas, tanto nacionales como internacionales.

Figura 12.

Costos de la energía en el Mercado Mayorista 2021



Nota. Gráfica de la capacidad del Sistema Nacional Interconectado de la Republica de Guatemala. Obtenido del Administrador del Mercado Mayorista (2021). *Informe Estadístico Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos.* ([https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2021/INFEST20210101_01\(FINAL_PDF\).pdf](https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2021/INFEST20210101_01(FINAL_PDF).pdf).), consultado el 18 de agosto de 2023. De dominio público.

8.3 Subestaciones

Entre las instalaciones que componen el sistema eléctrico, las subestaciones eléctricas son las más importantes ya que permiten dar un servicio adecuado de tensión. Romero Escobar define las subestaciones de la siguiente manera: “Se puede definir como el conjunto de equipos, elementos y accesorios necesarios para producir un cambio en las características eléctricas asociadas con un tipo de instalación. Dichos cambios pueden ser de tensión, corriente, frecuencia, reordenamiento de flujos de carga, etc.” (2014, p 3).

Las subestaciones se dividen, en general, en tres zonas:

- Caseta o edificio de control
- Patio de transformadores
- Patio de conexión

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Según su función
 - Subestaciones variadores de tensión
 - Elevadoras
 - Reductoras
 - Reguladoras
 - Subestaciones de maniobra o seccionadoras de circuito
 - Subestaciones mixtas
- Según la potencia y tensión
 - Subestaciones de transmisión
 - Subestaciones de distribución primaria
 - Subestaciones de distribución secundaria

Elementos que conforman una subestación:

- Caseta o Edificio de control
 - Tablero de control y medida
 - Tableros de protección
 - Tableros de servicios auxiliares CA y CC
 - Tableros de comunicación
 - Tableros contadores de energía
 - Baterías, cargadores e inversores
 - Climatización
 - Iluminación y fuerza
 - Sistema contra incendios
- Patio de transformación
- Transformadores de potencia
- Equipos auxiliares
- Patio de conexión
 - Interruptores
 - Seccionadores
 - Transformadores de instrumentos
 - Corriente
 - Tensión
 - Descargadores de sobretensión (DSP)
 - Trampa de onda
 - Reactores y condensadores
 - Barrajes y aisladores
 - Estructuras
 - Canaletas
- Red de tierras

- Servicios adicionales
 - Iluminación (patios)
 - Vigilancia (Cámaras circuito cerrado)

Conforme a la cantidad de equipos y su disposición las subestaciones se pueden configurar de la siguiente manera:

- Barra sencilla
- Barra sencilla seccionada
- Barra doble principal y transferencia
- Barra doble principal y reserva
- Barra doble principal seccionada y reserva
- Anillo
- Malla
- Interruptor y medio
- Doble interruptor

La selección de la configuración de barras está relacionada con las características del sistema, la función que cumpla la subestación, operación, continuidad del servicio y costo económico (inversión y mantenimiento).

Como se mencionó al inicio de esta sección las subestaciones eléctricas son de suma importancia, ya que permite aislar fallas en un sistema y mantener en las redes de transporte la calidad de la energía, esto con el fin de garantizar una operatividad segura y de confianza en el sistema eléctrico.

8.4 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es también conocido como valor presente neto (VPN), el cual es un indicador de rentabilidad, es un método que considera el valor del dinero en el tiempo. El valor presente neto se concreta como: “la suma de los valores actuales o presentes de los flujos netos de efectivo, menos la suma de los valores presentes de las inversiones netas” (Morales, 2009, p. 186), continuando con la explicación: “los flujos netos de efectivo se descuentan de la tasa mínima de rendimiento requerida (Costo de capital promedio ponderado) y se suman. Al resultado se le resta la inversión inicial neta” (Morales, 2009, p. 186).

$$VPN = VAN = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} - \left[IIN - \frac{VS}{(1+i)^n} \right]$$
$$VPN = VAN = \sum_1^n \frac{FNE}{(1+i)^n} - \left[IIN - \frac{VS}{(1+i)^n} \right]$$
$$VPN = VAN = \sum_0^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

VPN = Valor presente neto

VAN = Valor actual neto

FNE = Flujo neto de efectivo

IIN = Inversión inicial neta

i = Tasa de interés a la que se descuentan los flujos de efectivo

n = Corresponde al año en que se genera el flujo de efectivo de que se trate

Cuando el FNE son iguales durante los años, se puede utilizar la fórmula de anualidad para determinar el VPN de los flujos de efectivo:

$$VPFNE = FNE \left[\frac{1 - (1 + i)^n}{i} \right]$$

VPFNE = Valor presente de los flujos netos de efectivo

Al sustituir la fórmula del VPFNE en la formula VPN, se obtiene lo siguiente:

$$VPN = VAN = FNE \left[\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right] - \left[IIN - \frac{VS}{(1 + i)^n} \right]$$

Según Morales la tasa mínima de rendimiento en proyectos de inversión es necesario contemplar lo siguiente:

a) Costo de capital de los fondos que se utilizarán para financiar el proyecto de inversión. b) Tasa de rendimiento que generaron históricamente los activos de la empresa que lleva a cabo el proyecto de inversión. c) Rendimiento que otorga los instrumentos financieros libres de riesgo del mercado financiero. d) El riesgo específico del proyecto de inversión. e) Las políticas de la empresa con respecto a las tasas de rendimiento que deben cumplir los proyectos de inversión. f) La importancia del proyecto de inversión en la planeación estratégica de la empresa. (2009, p. 188)

El resultado del VPN puede dar un valor positivo, un valor negativo o cero. El valor positivo indica un logro de ganancia adicional luego de recuperar la inversión y así mismo la tasa mínima de rendimiento. Al ser un resultado igual a

cero indica que solo se recuperó la inversión y la tasa mínima de rendimiento. En las situaciones donde el resultado sea negativo, demuestra un faltante de dinero para poder recuperar la inversión inicial neta (IIN) y la tasa de rendimiento que se contempló inicialmente.

El VPN considera el valor del dinero durante el tiempo de evaluación del proyecto, incluye de alguna forma los riesgos de la región donde se realizarán las operaciones del financiamiento. También se considera la inflación al momento de analizar la proyección de los flujos netos de efectivo. Una de las desventajas es sobre la tasa de interés el cual se fija por un criterio de influencia propia, ya puede ser optimista o pesimista.

8.5 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o de rendimiento, es también otro parámetro para toma de decisión de inversión y financiamiento de un proyecto. Al definir este concepto, Morales lo considera de la siguiente manera: “Esta es la tasa de descuento a la que el VPN de una inversión arroja un resultado cero, o la tasa de descuento que hace que los flujos netos de efectivo igualen el monto de inversión” (2009, p. 194). Con respecto a lo anterior se debe de considerar que la tasa debe ser mayor con respecto a la tasa de mínima de rendimiento establecida al proyecto de inversión.

La TIR no está restringida por las condiciones del mercado financiero, esto quiere decir que evalúa el rendimiento monetario de lo usado en el proyecto, y no estar condicionado por otras circunstancias más que solo los flujos de dinero.

Debido a que los flujos de dinero pueden ser constantes o diferentes por cada año, durante el tiempo histórico evaluado, la fórmula de la TIR varia.

Flujo de efectivo durante el periodo historio, cada año son desiguales:

$$TIR \therefore VPN = VAN = \sum_1^n \frac{FNE}{(1 + i)^n} - \left[IIN - \frac{VS}{(1 + i)^n} \right] = 0$$

Al emplear la TIR como tasa de descuento con el fin de calcular el VPN, se obtiene el siguiente resultado:

$$VPN = VAN = \sum_1^n \frac{FNE}{(1 + tir)^n} - \left[IIN - \frac{VS}{(1 + tir)^n} \right] = 0$$

Flujo de efectivo durante el periodo histórico, cada año son iguales:

$$TIR \therefore VPN = VAN = FNE \left[\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right] - \left[IIN - \frac{VS}{(1 + i)^n} \right] = 0$$

Al emplear la TIR como tasa de descuento con el fin de calcular el VPN, se obtiene el siguiente resultado:

$$VPN = VAN = FNE \left[\frac{1 - (1 + tir)^{-n}}{tir} \right] - \left[IIN - \frac{VS}{(1 + tir)^n} \right] = 0$$

Los métodos más comunes para calcular la TIR son los siguientes:

- Método gráfico
- Método de interpolación

Para el método gráfico Morales lo explica de la siguiente manera:

De acuerdo con este enfoque, primero se calcula el VPN del proyecto de inversión con la tasa mínima de rendimientos que se exige de acuerdo con el costo de capital promedio ponderado, que corresponde a las fuentes de financiamiento utilizadas. En caso de que se obtenga un valor positivo se aumenta la tasa de descuento en el cálculo del VPN, con lo cual el valor disminuirá; si, por el contrario, el primer valor obtenido de VPN es negativo, es necesario disminuir la tasa de descuento utilizada para calcular nuevamente el VPN. Se deben de obtener dos valores de VPN: uno negativo y otro positivo, con la finalidad de realizar una gráfica que permita visualizar el perfil del VPN, y que en términos generales muestre que la tasa de rendimiento en el VPN es cero. Para construir la gráfica en el eje horizontal “X” – o de las abscisas – se registran los valores de la tasa de descuento y en el eje de las ordenadas o “Y” los importes de VPN correspondientes a cada tasa de descuento. Por último, se unen los puntos para formar una línea que se conoce como perfil de VPN. (2009, p. 195)

Para el método de interpolación Morales proporciona las siguientes fórmulas para su utilización:

$$TIR = ib + \left[(ia - ib) * \frac{VPN_+}{VPN_+ + VPN_-} \right]$$

O la fórmula

$$TIR = ia - \left[(ia - ib) * \frac{VPN_-}{VPN_+ + VPN_-} \right]$$

Donde:

TIR = Tasa interna de retorno o rendimiento

ia = Tasa de interés alta

ib = Tasa de interés baja

VPN_- = Valor presente neto negativo

VPN_+ = Valor presente neto positivo

Con la TIR se determina la tasa de interés necesaria para el proyecto y la cantidad de dinero de inversión.

8.6 Valor agregado de distribución (VAD)

El valor agregado de distribución VAD es el cobro que realizan las empresas que se dedican a la distribución de electricidad, que corresponde al costo medio y operación de una red de distribución operando en un área determinada. En su documento Velásquez lo explica de la misma manera: “El VAD corresponde al costo medio de capital y operación de una red de distribución de una empresa eficiente de referencia, operando en un área de densidad determinada” (2010, p. 170).

El VAD contemplará por lo menos las siguientes componentes:

- Costos asociados al usuario, independiente de su demanda de potencia y energía.
- Pérdidas medias de distribución, separadas en sus componentes de potencia y energía.
- Costos de capital, operación y mantenimiento asociados a la distribución, expresados por unidad de potencia suministrada.

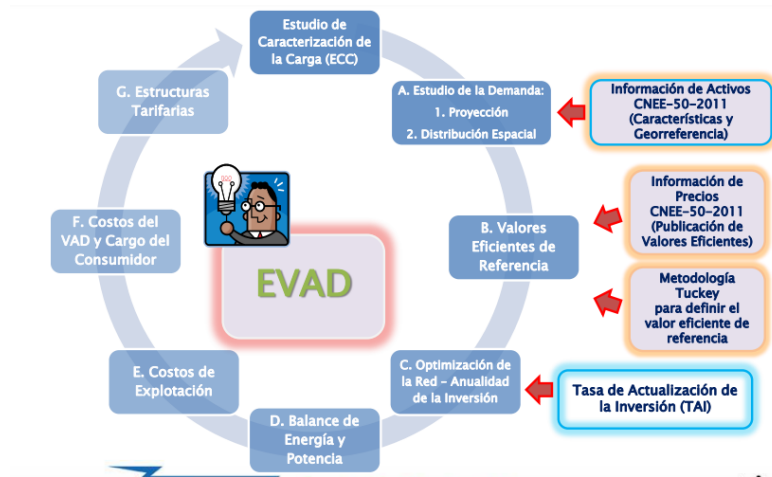
Cada cinco años, doce meses antes de que los precios entren en vigor, la CNEE envía a los distribuidores de energía autorizaciones para realizar estudios, que son la base para la contratación de empresas consultoras especializadas predefinidas por la CNEE. Los distribuidores deben contratar a estas empresas consultoras para realizar investigaciones para calcular los componentes de valor agregado de la distribución.

La realización del Estudio del Valor Agregado de Distribución (EVAD) debe contener las fases que a continuación se enlistan:

- Estudio de la Demanda
 - Proyección
 - Distribución Espacial
- Valores Eficientes de Referencia
- Optimización de la Red – Anualidad de la Inversión
- Balance de Energía y Potencia
- Costos de Explotación
- Costos del VAD y Cargo del Consumidor
- Estructura tarifaria

Figura 13.

Esquema de etapas del estudio del VAD 2019



Nota. Esquema sobre las etapas para el estudio del Valor Agregado de Distribución. Obtenido de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2019). *Metodología para la elaboración del estudio del Valor Agregado de Distribución -EVAD-*. (<https://www.cnee.gob.gt/xhtml/estadisti/tarifas/VAD/MetodologiaEVAD.pdf>), consultado el 10 de septiembre de 2023. De dominio público.

El proceso de elaboración y Fiscalización de los estudios tarifarios en Guatemala, de acuerdo con el marco legal vigente, el cual se sintetizan en las líneas que siguen:

- La Distribuidora contrata los estudios con firmas precalificadas y términos de referencia aprobados por la Comisión.
- La Comisión contrata sus propios estudios con firmas precalificadas, usando los mismos términos de referencia aprobados para el distribuidor y con cronogramas paralelos de ejecución.
- En el plazo indicado la distribuidora presenta ante la Comisión los estudios efectuados, los cuales son revisados por la Comisión para verificar el

cumplimiento de los términos de referencia y lo establecido en el marco legal vigente.

- La Comisión notifica a la Distribuidora sobre las correcciones a efectuar como consecuencia del análisis y verificación referida en el numeral anterior, debiendo la Distribuidora efectuar la totalidad de las correcciones en el plazo establecido.
- En caso de omisión por parte del Distribuidor de enviar los estudios o correcciones a los mismos, la Comisión queda facultada para emitir y publicar el pliego tarifario correspondiente, con base en el estudio tarifario que ésta efectúe independientemente o realizando las correcciones a los estudios iniciados por la distribuidora. El pliego aprobado y publicado por la Comisión regirá a partir del primer día del vencimiento del pliego tarifario anterior.

Las investigaciones paralelas realizadas por la CNEE a través de firmas independientes especializadas son fundamentales porque ayudan a los reguladores a comparar las investigaciones encargadas por los distribuidores para identificar violaciones o discrepancias en las investigaciones presentadas. Considere las especificaciones relevantes o los marcos legales aplicables.

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

- 1.1. Demografía y Economía de Guatemala
- 1.2. Población
- 1.3. Matriz energética
- 1.4. Situación actual del sistema distribución de electricidad

2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Demanda energética eléctrica
 - 2.1.1. Definición
 - 2.1.2. Estudio de demanda energética eléctrica de Guatemala
 - 2.1.2.1. Demanda de energía del Sistema Nacional Interconectado (SNI)
 - 2.1.2.2. Análisis del comportamiento histórico de la demanda

- 2.1.2.3. Modelo de proyección de demanda de potencia y energía
 - 2.2. Costo - Beneficio
 - 2.2.1. Definición
 - 2.2.2. Beneficios netos
 - 2.2.3. Costos de inversión
 - 2.3. Subsidio
 - 2.3.1. Definición
 - 2.3.2. Tipos de subsidios
 - 2.3.3. Los subsidios de la energía en la economía
- 3. MARCO CONCEPTUAL
 - 3.1. Sistema Nacional Interconectado (SNI)
 - 3.2. Precios del mercado eléctrico
 - 3.3. Subestación eléctrica
 - 3.4. Valor actual neto (VAN)
 - 3.5. Tasa interna de retorno (TIR)
 - 3.6. Valor agregado de distribución (VAD)
- 4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 4.1. Características del estudio
 - 4.1.1. Diseño
 - 4.1.2. Enfoque
 - 4.1.3. Alcance
 - 4.1.4. Unidad de análisis
 - 4.2. Variables
 - 4.3. Fases del desarrollo de la investigación
 - 4.3.1. Fase 1
 - 4.3.2. Fase 2

- 4.3.3. Fase 3
- 4.3.4. Organización de la información
 - 4.3.4.1. Datos generales
 - 4.3.4.2. Datos específicos
- 4.4. Disposiciones generales
- 4.5. Demanda de energía de la zona rural
- 4.6. Análisis de datos
- 4.7. Estudio técnico
 - 4.7.1. Estudio Eléctrico
 - 4.7.1.1. Requerimientos técnicos generales
 - 4.7.1.2. Sistema de control
 - 4.7.1.3. Sistemas de protección
 - 4.7.1.4. Sistema de comunicación
 - 4.7.1.5. Servicios Auxiliares
 - 4.7.1.6. Sistema de seguridad
 - 4.7.1.7. Puesta a tierra
 - 4.7.1.8. Edificio de control
 - 4.7.1.9. Cables
 - 4.7.2. Estudio Civil
 - 4.7.2.1. Estudios preliminares
 - 4.7.2.2. Movimiento de tierras
 - 4.7.2.3. Edificio de control
 - 4.7.2.4. Cimentaciones
 - 4.7.2.5. Ductos y canaletas
 - 4.7.2.6. Muros
 - 4.7.2.7. Accesos
- 4.8. Estudio económico
 - 4.8.1. Componentes de la inversión
 - 4.8.2. Fuentes de financiación

- 4.8.3. Flujo de caja del proyecto
- 4.8.4. Viabilidad financiera
 - 4.8.4.1. Valor agregado neto
 - 4.8.4.2. Tiempo de inversión de retorno
 - 4.8.4.3. Valor agregado de distribución

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 5.1. Influencia del consumo de energía eléctrica en una localidad rural para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas.
- 5.2. Impacto de un subsidio en los proyectos de ampliación de subestaciones eléctricas.
- 5.3. Variación de los precios del mercado eléctrico y su intervención en el costo – beneficio en los proyectos de la ampliación de subestaciones eléctricas.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 6.1. ¿Qué factores influyen en el costo – beneficio para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas en una localidad rural?
- 6.2. ¿Cómo influye el consumo de energía eléctrica en una localidad rural para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas?
- 6.3. ¿Qué impacto produciría un subsidio en los proyectos de ampliación de subestaciones eléctricas?
- 6.4. ¿En qué medida la variación de los precios del mercado eléctrico interviene en el costo – beneficio en los proyectos de la ampliación de subestaciones eléctricas?

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
APÉNDICES
ANEXOS

10. METODOLOGÍA

A continuación, se expone la metodología propuesta para esta investigación, con el objetivo de profundizar en aspectos como el tipo o enfoque de estudio, su diseño, alcance, así como las variables, indicadores y fases que serán abordados.

10.1 Características del estudio

El estudio propuesto tomará el enfoque cuantitativo continuo, ya que, en todo el proceso desde la recopilación de la información necesaria para el desarrollo del estudio hasta la obtención de los resultados, se caracteriza por ser mensurable y de números reales. Esto implica que los datos recabados pueden ser sometidos a medición y análisis estadístico de manera pertinente. Además, el paradigma que se llevará a cabo será del tipo positivista, debido a que la intención es explicar por medio de resultados cuantitativos la viabilidad de la expansión de subestaciones eléctricas de 69kv en localidades rurales de Guatemala.

El alcance de la investigación propuesta será descriptiva cuantitativa, ya que se recopila datos de ciertas características de la población, se presentarán los resultados que se obtendrán al analizar estadísticamente los datos de la población en cuestión. Es importante señalar que el investigador se centrará en números, cifras y valores sobre el tema a desarrollar y el problema a analizar, buscando describir el comportamiento de las variables de estudio.

El diseño adoptado será no experimental, debido a que el trabajo de investigación sobre determinar la viabilidad de la expansión de subestaciones eléctricas de 69kv en localidades rurales de Guatemala, se apoya en categorías, conceptos, variables, eventos, comunidades o contextos que ocurren sin la intervención directa del investigador, además los fenómenos o eventos se observan tal como ocurren en un entorno natural y luego se analizarán.

Este estudio será de tipo cuantitativa, en el cual se evaluará la posibilidad de ampliar subestaciones eléctricas de 69 kV en zonas rurales de Guatemala. No se probará ninguna hipótesis sobre el alcance propuesto del estudio.

10.2 Unidades de análisis

La unidad de análisis o población analizada será una población de la zona rural, de un departamento que no sea de la zona central del estado de Guatemala, un municipio en la cual la demanda de energía eléctrica haya aumentado y el sistema de distribución eléctrica actual no pueda cubrir la satisfacción de las necesidades de la población de estudio, de la cual se extraerán muestras de forma no probabilística deliberado, critico o por juicio, ya que se seleccionara en base al propósito del estudio, que serán estudiadas en su totalidad.

10.3 Variables

Las variables que se estudiarán se describen a continuación:

Tabla 1.

Definición teórica y operativa de variables

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Demanda De Energía Eléctrica	<p>A lo largo de la historia se ha observado que la sociedad ha experimentado desarrollos en la economía, uso de la tecnología y crecimiento poblacional, en los cuales se ha producido un aumento en el uso de energía para el desarrollo de las actividades de cada individuo para satisfacer sus necesidades. En conclusión, al referirse a las necesidades energéticas de una nación, se debe entender que se trata de que cada individuo desarrolle actividades que permitan la satisfacción de sus necesidades.</p>	<p>La demanda de energía eléctrica se determinará en función del crecimiento poblacional y las estadísticas establecidas de consumo de energía por parte del Administrador del Mercado Mayorista. Los datos obtenidos serán anuales y se medirán en megavatios hora (MWh).</p>
Análisis Costo-beneficio	<p>Relación de costo-beneficio: representa la relación global entre los costos y beneficios durante un período determinado. En esencia, se trata del beneficio propuesto total en efectivo dividido por los costos totales propuestos en efectivo. La viabilidad económica determina el potencial que tiene un proyecto empresarial y es la base sobre la que se debe edificar cualquier negocio. Para determinar la viabilidad de cualquier organización es preciso analizar aspectos técnicos, económicos y comerciales con la finalidad de valorar el retorno de la inversión.</p>	<p>Los resultados se obtendrán al realizarlos cálculos por medio de fórmulas financieras que permitan dar parámetros e indicadores para la viabilidad económica de un proyecto determinado. Los datos obtenidos tendrán una medida en dólares (\$).</p>

Continuación de la tabla 1.

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Subsidio	El subsidio se define como socorro, ayuda o auxilio extraordinario de carácter económico o como la ayuda financiera o de otro género que se da, sin compensación equivalente, por gobiernos y dependencias gubernamentales u otros organismos de carácter público, con el objeto de promover o proteger el desarrollo de las empresas privadas en la industria, en el comercio o en la agricultura.	Al obtener los resultados del análisis costo beneficio, se evaluará si una cantidad económica que será determinada por una institución estatal permita la mejorar de la viabilidad económica del proyecto. Los datos obtenidos tendrán una medida en dólares (\$).

Nota. Propuesta de variables operativas para trabajo de investigación. Elaboración propia, realizada con Word.

Para realizar las mediciones correspondientes de las variables planteadas, durante el desarrollo de la investigación se utilizarán tablas que tendrán un formato predeterminado o genérico con las que se tabulará la información recopilada de la documentación consultada, además de la información que se obtendrá al realizar los cálculos de los análisis técnicos y económicos. Se presentan una propuesta de tabla a utilizar para la recopilación de la información:

Tabla 2.

Demanda de Energía

Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
	0	1	2	3	4	5
Consumo (kWh)						

Nota. Propuesta de tabla para tabulación de consumo de energía en kWh. Elaboración propia, realizada con Word.

Tabla 3.

Costos del proyecto

No.	Descripción	Costo (\$)
1	Costos fijos	
2	Costos operativos	
3	Costos de mantenimiento	
4	Impuestos	
	Total Inversión	

Nota. Propuesta de tabla para tabulación de costos de inversión económica. Elaboración propia, realizada con Word.

Tabla 4.

Análisis Económico del proyecto

Descripción	Proyecto 1(\$)
Tasa de descuento	
Valor Actual Neto (VAN)	
Tasa Interna de Retorno (TIR)	
Relación Costo – Beneficio (B/C)	
Tiempo	

Nota. Propuesta de tabla para evaluación financiera para viabilidad del proyecto. Elaboración propia, realizada con Word.

10.4 Fases del estudio

A continuación, se demostrarán y describirán las tres fases del estudio propuesto, las cuales tienen como objetivo detallar información sobre los criterios que se utilizarán para la recopilación de información que se utilizará para realizar el estudio. La primera fase tiene una orientación general para toda la investigación, es decir, centrarse en el logro del objetivo general, y las siguientes

fases se centran cada una en un objetivo específico, además de la preparación de gráficos y tablas apropiados.

10.4.1. Fase 1: Análisis de la información recopilada y planeación de trabajo.

El primer paso será la búsqueda, consulta y análisis de información relacionada con fuentes bibliográficas enfocadas al tema en discusión, que incluirá, normativa nacional, artículos científicos e informes, a través de los cuales se brindará sustento y fundamentación. Considerando una propuesta de estudio que pretende analizar el costo-beneficio para determinar la viabilidad de la expansión de subestaciones eléctricas de 69kv en localidades rurales de Guatemala.

Así mismo se determinará la población rural a estudiar, el cual se seleccionará por criterio y decisión del investigador con base a las necesidades de demanda de energía, el crecimiento poblacional, indicadores del Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022 – 2052 e indicadores del Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020 – 2050. A partir de esto se realizarán los cálculos y análisis correspondientes para dar seguimiento a las siguientes fases de investigación.

10.4.2. Fase 2: Análisis técnico, económico y de resultados.

Para el cumplimiento al objetivo específico uno, en donde se pretende explicar la influencia del consumo de energía eléctrica en una localidad rural para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas, inicialmente se obtendrían datos de la demanda de energía eléctrica en el área,

además es necesario contar con el conocimiento de la calidad del suministro del servicio y la cobertura energética en el área rural establecida.

Con los parámetros de diseño iniciales se iniciará los estudios técnicos correspondiente, para los diseños de los componentes del sistema eléctrico y componentes de obra civil. Luego se establecerá los costos asociados a la ejecución y operación.

Posteriormente se utilizarán fórmulas establecidas como herramientas para los cálculos de los estudios económicos financiero, la inversión, financiación y flujo de caja del proyecto que permitirán analizar la viabilidad económica del proyecto.

10.4.3. Fase 3: Análisis de resultados

Con la continuidad de la investigación al obtener los resultados de la viabilidad económica, se pretende sustentar si la implementación de un subsidio mejora la viabilidad económica de los proyectos, de ampliación de subestaciones eléctricas, esto se realizará incluyendo este dato en el flujo de caja.

Esto debido a que las fuentes de financiación de las instituciones no permiten la implementación de nuevos proyectos, por la complejidad del mismo. Por lo cual se necesitaría el apoyo por parte del Estado con el fin de brindar los recursos económicos necesario que permitan satisfacer la demanda de energía eléctrica, mejora de la calidad del servicio eléctrico y desarrollo económico de la población rural de estudio.

10.4.4. Fase 4: Análisis de variación de los precios de la energía

En esta fase de la investigación se pretende analizar la variación de los precios de la energía en el mercado eléctrico de Guatemala, como afectan los ingresos del proyecto y su impacto en su recuperación financiera. Esto se realizará con la evaluación de los resultados obtenidos del flujo de caja, variando los precios de la energía que se han dado históricamente en Guatemala. Con los nuevos resultados se verificará en la medida en que afecta el regreso de la inversión.

10.5 Resultados esperados

Respecto a las preguntas de investigación, los objetivos y las fases de investigación, se quiere llegar a los resultados que a continuación se describen:

- Influencia del consumo de energía eléctrica en una localidad rural para determinar la viabilidad económica de la ampliación de subestaciones eléctricas.
- Impacto de un subsidio en los proyectos de ampliación de subestaciones eléctricas.
- Variación de los precios del mercado eléctrico y su intervención en el costo – beneficio en los proyectos de la ampliación de subestaciones eléctricas.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

En esta sección se explica el tipo de muestro a utilizar para la obtención de los datos de referencia para la realización de los cálculos respectivos, los recursos para el análisis de la información, diseño y obtención de los indicadores que nos permitirán dar respuesta a la investigación planteada, abarcando el tipo de análisis que se empleará. Los cálculos numéricos serán realizados utilizando programas informáticos.

11.1. Revisión de documentos

Se utilizará este método cuantitativo para la recopilación de datos, ya que se basará en información recopilada en documentos manejables y con recursos prácticos para obtener datos calificados. Apoya la investigación con el suministro de información suplementarios cuantitativos. La recopilación de datos se utilizarán registros públicos, documentos personales y evidencia física. La metodología se hará de forma exhaustivas con el fin de presentar resultados analíticos, dando resultados precisos numéricos definitivos.

Al tener un tiempo limitado para llevar a cabo la investigación, al tener que realizar un estudio amplio, precisión de resultados y pueda ser replicada, es conveniente la utilización de método cuantitativo de revisión de documentación. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

- Informes públicos.
- Base de datos de las instituciones estatales.
- Tablas de datos del consumo energético.

- Documentación de estudios previos.
- Normativas vigentes.
- Otro tipo de documentación disponible.

La información será obtenida del sitio web del CNEE, información que es de carácter público, en los informes que proporcionan indicadores de zonas rurales en donde es necesario la ampliación de subestaciones de 69 Kv. Así también del mismo sitio web se utilizará la normativa técnica vigente.

El criterio que utilizará el investigador para la designación de la ubicación del proyecto a realizar en una zona rural se basará en el análisis de los indicadores establecidos en el informe Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020 – 2050. El criterio será establecido en su totalidad por el investigador para que los resultados esperados evidencien de la mejor manera posible la solución a la problemática planteada.

11.2. Análisis Univariado

La investigación consistirá en el análisis de cada una de las variables estudiadas por separado, es decir, el análisis está basado en una sola variable. Se tiene previsto el análisis de tres variables principales del estudio propuesto (Demanda de energía eléctrica, Costo – Beneficio y subsidio), cada una de estas serán estudiadas por separado y utilizando el nivel de medición de razón.

11.3. Análisis aritmético y estadístico

Los cálculos que se realizarán entre los datos obtenidos de los indicadores del informe anteriormente mencionado, con operaciones algebraicas simples (sumas, restas, multiplicaciones y divisiones), apoyado con fórmulas establecidas

para cálculos de diseño eléctrico, diseño de estructuras, costos económicos y análisis de costo – beneficio.

Así mismo se empleará un análisis estadístico descriptivo, ya que como primer punto se desarrolla la investigación sin una hipótesis y la información obtenida está relacionada, posteriormente se analizará, tabulará y describirá el resultado. Las medidas de estadística descriptiva relativas a utilizar son: razones, tasas y porcentaje.

$$(Ecuación 1) \quad P_i = \frac{x_i}{n}$$

$$(Ecuación 2) \quad r_i = \frac{x_i}{n}$$

$$(Ecuación 3) \quad \text{Tasa} = A/B$$

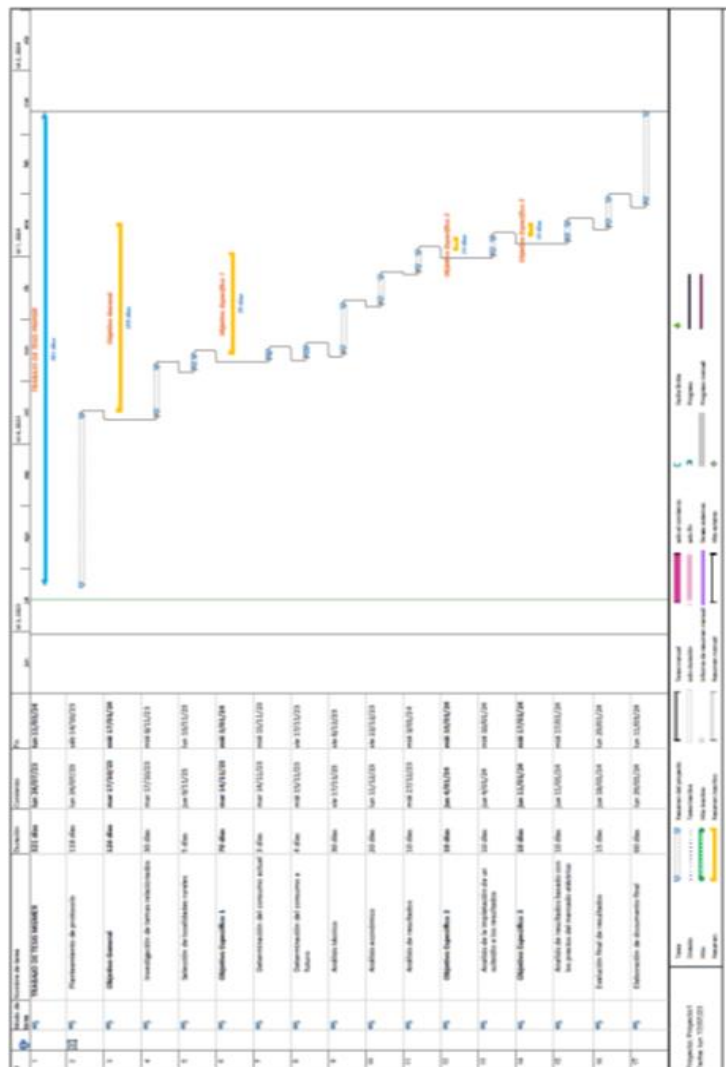
Donde:

- P: Porcentaje
- x: Valor predeterminado
- n: Valor Total de la muestra
- r: Razón
- A: Cantidad analizada relacionada
- B: Cantidad total relacionada

12. CRONOGRAMA

Figura 14.

Cronograma de actividades



Nota. Cronograma de actividades para la elaboración de trabajo de investigación. Elaboración propia, realizada con *Project*.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla 5.

Recursos necesarios para la investigación

Recurso	Disponibilidad del recurso	Fuente de financiamiento	Costo
Humano	Investigado y asesor	Investigador	Q. 33,750.00
Insumos	Artículos oficina	Investigador	Q. 3,000.00
Tecnológico	Office 365 básico	Investigador	Q. 300.00
Acceso a la información	Información pública	No aplica	Q. 0.00
Equipo	Laptop y celular	Investigador	Q. 5,000.00
Imprevisto	De cualquier índole	Investigador	Q. 2,100.00
TOTAL			Q44,150.00

Nota. Presupuesto para los recursos necesarios para la realización de la investigación. Elaboración propia, realizada con Word.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio. Por consiguiente, la fuente del financiamiento será el investigador.

14. REFERENCIAS

- Administrador del Mercado Mayorista (2023). *Guatemala 2022: Demanda de Energía a nivel departamental*.
[https://rd.amm.org.gt/2023/03/29/guatemala-2022demanda-de-energia-a-niveldepartamental/#:~:text=La%20demanda%20total%20de%20energ%C3%ADa,al%202021%20\(11%2C454.28%20GWh\)](https://rd.amm.org.gt/2023/03/29/guatemala-2022demanda-de-energia-a-niveldepartamental/#:~:text=La%20demanda%20total%20de%20energ%C3%ADa,al%202021%20(11%2C454.28%20GWh).).
- Administrador del Mercado Mayorista. (2022). *Programación a largo plazo mayo 2022 – abril 2023*.
https://www.amm.org.gt/pdfs2/programas_despacho/03_PROGRAMAS_DE_LARGO_PLAZO/2022-2023/02_PLP20220101_VD.pdf.
- Benavides, J., y Dussan, M. I. (2004). *Economía política de las finanzas y subsidios del sector eléctrico de Guatemala*. Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible.
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Econom%C3%ADa-pol%C3%ADtica-de-las-finanzas-y-subsidios-del-sector-el%C3%A9ctrico-de-Guatemala.pdf>.
- Chuco Flores, G. J. (2018). *Estudio de preoperatividad para la conexión al SEIN del proyecto subestación eléctrica Huaca del Sol 60/33/10 Kv de HIDRANDINA S.A.* [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Centro de Peru]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3281553>.
- Comercializadora Electronova. (16 de julio de 2022). *Costos del Mercado*. Comercializadora Electronova. <https://electronova.com.gt/energia-electrica/costos-de-mercado/>.
- Comisión Europea (2006). *Orientación sobre la metodología para realizar análisis costes – beneficio*.
https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/guidelines/2007/wd4_cost_e_s.pdf.

Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2017). *Atlas del Sistema Nacional Interconectado de la Republica de Guatemala*. <https://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Docs/Atlas%20SNI-2020-folleto.pdf>.

Comision Nacional de Energía Eléctrica (2019). *Metodología para la Elaboración del Estudio del Valor Agregado -EVAD-*. <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/estadisti/tarifas/VAD/MetodologiaEVAD.pdf>.

Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2021). *Informe Estadístico Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos 2021*. [https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%20ADstico%20GVP%20final%20\(1\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%20ADstico%20GVP%20final%20(1).pdf).

Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2022). *Infome Estadístico Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos Periodo 2017-2021*. <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/INFORME%20ESTADI%20CC%81STICO%20GPVME%202021-2022.pdf>.

Conexión ESAN (28 junio 2016). *Costo de inversión y de operación en la formulación de un proyecto*. Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto#:~:text=Resumiendo%2C%20mientras%20los%20costos%20de%20inversi%C3%B3n%20son%20esenciales,el%20d%C3%ADa%20a%20d%C3%ADa%2C%20en%20el%20corto%20plazo>.

Congreso de la Republica de Guatemala (21 de marzo de 1997). *Acuerdo Gubernativo Número 256-97. Reglamento Ley General de Electricidad Republica de Guatemala*. <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/Reglamento%20de%20la%20LGE.pdf>.

Congreso de la Republica de Guatemala (25 de mayo de 1998). *Acuerdo Gubernativo Número 229-98. Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista*. Guatemala. Obtenido de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/Reglamento%20del%20AMM.pdf>.

Congreso de la Republica de Guatemala (13 de noviembre de 1996). *Decreto Número 93-96. Ley General de Eléctricidad de la República de Guatemala*. <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/Reglamento-de-LGE.pdf>.

Cuevas Villalobos, S. (2001). Subsidios: ¿freno o estímulo?. *Revista Mexicana de Derecho* (2), 295-312. <http://historico.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/mexder/cont/2/cnt/cnt12.pdf>.

de Rus, G. (s.f.). *Análisis Coste-Beneficio: Evaluación de políticas públicas y proyectos de inversión*. https://www.researchgate.net/publication/325181368_Analisis_Coste-Beneficio_Evaluacion_de_politicas_publicas_y_proyectos_de_inversion_2021/link/5f99dc49299bf1b53e4ed259/download.

Gönen , T. (1986). *Electric Power Distribution System Engineering*. McGraw-Hill. [http://prof.khuisf.ac.ir/Images/Uploaded_Files/Electric%20Power%20Distribution%20System%20Engineering%20-%20Gonen-----\[7816805\].PDF](http://prof.khuisf.ac.ir/Images/Uploaded_Files/Electric%20Power%20Distribution%20System%20Engineering%20-%20Gonen-----[7816805].PDF)

Gruenberg, C., Pereyra Iroala, V., Torres , N., y Viola, A. (noviembre de 2007). *Subsidios: entre sospecha y la transparencia*. Políticas Públicas Análisis, 1-8. <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2017/03/2044.pdf>.

Historial de la empresa.com (01 de diciembre de 2022). *Guía sobre el beneficio neto: definición, formula y ejemplo de cálculos*. Historial de la empresa.com. <https://historiadelaempresa.com/beneficio-neto>.

Jenkins, G. P., y Harberger, A. C. (2000). *Manual análisis de costo - beneficio de las decisiones de inversión*. <https://vdocument.in/manualanalisis-costo-beneficio-de-las-decisiones-deinversioncurso-preinversionpdf.html?page=1>.

Lira Briceño, P. (2013). *Evaluación proyectos de inversión* (Primera ed.). Universida Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://190.57.147.202:90/xmlui/bitstream/handle/123456789/514/Evaluaci>

[on%20de%20Proyectos%20de%20Inversion%20Paul%20Lira%20Brice%C3%B1o.pdf?sequence=1.](#)

Matabajoy Salas, T. F. (2022). *Modelo estimador del pronóstico de demanda eléctrica a partir de datos históricos obtenidos de medidores inteligentes*. [Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80843/1032455974.2022.pdf?sequence=1>.

Mauriño López, M. A. (2019). *Gestión de la demanda de energía eléctrica en sistemas eléctricos de potencias desregulados*. [Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28575/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ministerio de Energía y Minas (2015). *Modelo de análisis de la demanda energía Guatemala 2015 - 2050*. Ministerio de Energía y Minas, Unidad de Planeación Energético Minero. <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2020/10/31.-Informe-MAED.pdf>.

Ministerio de Energía y Minas (2020). *Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020 – 2050*. <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2020/09/Plan-Indicativo-de-Electrificacion-Rural-2020-2050.pdf>.

Ministerio de Energía y Minas (2022). *Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2022 – 2052*. [https://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/2022-2052/Plan de Expansion del Sistema de Transporte 2022%20%E2%80%93%202052.pdf](https://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/2022-2052/Plan%20de%20Expansion%20del%20Sistema%20de%20Transporte%202022%20-%202052.pdf).

Morales Castro, A., y Morales Castro, J. A. (2009). *Proyectos de Inversión: Evaluación y Formulación* (Primera ed.). McGRAW-HILL. https://www.cayso.com.mx/cursosenlinea/wp-content/uploads/2019/05/Proyectos-de-Inversi%C3%B3n-Arturo-Morales_compressed.pdf.

- Navajas, F. (30 de abril de 2015). *Subsidios a la energía, devaluación y precios*. Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas, 1-40. <http://www.fiel.org/publicaciones/Documentos/DOC TRAB 14316361450 20.pdf>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2013). *Análisis de los subsidios a la Energía en los países de Europa del Este, Cáucaso y Asia Central*. OECD. [EHS report 20 August 2013 ENG.pdf \(oecd.org\)](https://www.oecd.org/eas/ehs-report-20-august-2013-eng.pdf).
- Organismo Internacional de Energía Atómica (2017). *Manual de usuario: Modelo de Análisis de la Demanda de Energía (MAED-2)*. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/ Public/39/016/39016585.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/39/016/39016585.pdf).
- Osorio Castro, W. G. (2018). *Estudio de factibilidad para una subestación de conexión 33 Kv*. [Tesis Maestría, Fundación Universitaria Iberoamericana]. <https://www.grin.com/document/463966>.
- Otiniano Ocampo, P. E. (2021). *Análisis del costo beneficio en la decisión de inversión en activo fijo para el proceso de la empresa INVERSIONES WESTIN E.I.R.L. periodos 2020 – 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3771/1/TL_OtinianoOcampoPaulinaEdita.pdf.
- Pino, F. (2018). *Análisis de información para la asignación eficiente de subsidios a los servicios públicos energéticos mediante focalización geográfica*. [Tesis Maestría, Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética]. <https://www.ceare.org/tesis/2018/tes34.pdf>.
- Quintana Sánchez, E. (2012). Naturaleza y efectos de los subsidios en Servicios Públicos. *Revista de Derecho Administrativo*, 75-83. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/13491>.

- Rodríguez Villalón, O., y León Sánchez, M. (2022). Impacto de la nueva reforma eléctrica: análisis costo – beneficio en un sistema basado en redes inteligentes. *Revista Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 1037 - 1056.
<https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/2147>.
- Romero Escobar, J. C. (2014). *Diseño de subestaciones eléctricas*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
<https://biblioteca.umecit.edu.pa/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6867>.
- Sánchez Galán, J. (01 de marzo de 2020). *Beneficio Neto*. Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/beneficio-neto.html>.
- Sánchez, D., Feghali, L., y Olaya Moreno, I. (2016). *Evaluación económica y financiera de la readecuación de la subestación eléctrica de la alcaldía de Floridablanca*. [Tesis pregrado, Universidad Andrés Bello].
<https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/1207>.
- Twenergy (27 de agosto de 2019). *La demanda eléctrica*. Twenergy.
<https://twenergy.com/eficiencia-energetica/como-ahorrar-energia-casa/la-demanda-electrica-953/>.
- Vásquez Bolaños, S. T. (2018). *Mejoramiento y ampliación del sistema de distribución en baja tensión 0.38/0.23 Kv, e implementación de subestación de transformación en media tensión 13.8 Kv/0.380/0.230 Kv del sistema eléctrico en el distrito de Cascapara, para mejorar la calidad de sum*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25298>.
- Velásquez Moreno, S. O. (02 de enero de 2010). Fijación del Valor Agregado de Distribución (VAD) en la Republica de Guatemala. *Asociación Iberoamericana de entidades reguladoras de energía*, 167-174.
<https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-05/Fijación%20del%20valor%20agregado%20de%20distribución%20%28VAD%29%20en%20la%20República%20de%20Guatemala.pdf>.

Velásquez Motta, M. A. (2011). *Evaluación técnica y económica de implementación de generación distribuida en una zona rural del sistema de distribución de Codensa para ampliación de cobertura*. [Tesis de pregrado, Universidad de Los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14759/u470597.pdf?sequence=1>.

Velázquez López, A. C. (2014). *Análisis costo beneficio y propuesta de mejora integral en la red de media y baja tensión de la ciudad de Cintalapa Chiapas CFE*. Comisión Federal de Electricidad División Sureste. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/3851>.