



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANALISIS DE LA DESVINCULACIÓN DE LOS AGENTES
DEL MERCADO ELÉCTRICO GUATEMALTECO DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL,
A RAÍZ DE UNA DECISIÓN GUBERNAMENTAL**

Luis Pedro Pérez Guzmán

Asesorado por el M.Sc. Ing. Josué Daniel García Valdez

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA DESVINCULACIÓN DE LOS AGENTES
DEL MERCADO ELÉCTRICO GUATEMALTECO DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL,
A RAÍZ DE UNA DECISIÓN GUBERNAMENTAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS PEDRO PÉREZ GUZMÁN

ASESORADO POR EL M.SC. ING. JOSUÉ DANIEL GARCÍA VALDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto Gonzalez Padilla
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernandez Fernández
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

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 DE LA DESVINCULACIÓN DE LOS AGENTES DEL MERCADO ELÉCTRICO GUATEMALTECO DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL, A RAÍZ DE UNA DECISIÓN GUBERNAMENTAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 06 de agosto de 2022.



Luis Pedro Pérez Guzmán



EEPFI-PP-1633-2022

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

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

Estimado Ing. Rivera

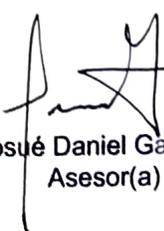
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANALISIS DE LA DESVINCULACIÓN DE LOS AGENTES DEL MERCADO ELÉCTRICO GUATEMALTECO DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL, A RAÍZ DE UNA DECISIÓN GUBERNAMENTAL**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energías renovables e incidencia en la matriz energética de Guatemala. - Estructura y dinámica del mercado eléctrico y sus impactos en la economía nacional y global**, presentado por el estudiante **Luis Pedro Pérez Guzmán** carné número **201031216**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion De Mercados Electricos Regulados.

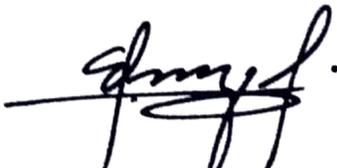
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

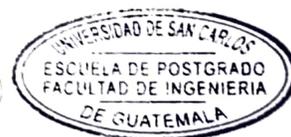
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Josué Daniel García Valdez
Ingeniero Mecánico Electricista
Colegiado No. 17,783
Mtro. Josué Daniel García Valdez
Asesor(a)


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


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





EEP-EIME-1399-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANALISIS DE LA DESVINCULACIÓN DE LOS AGENTES DEL MERCADO ELÉCTRICO GUATEMALTECO DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL, A RAÍZ DE UNA DECISIÓN GUBERNAMENTAL**, presentado por el estudiante universitario **Luis Pedro Pérez Guzmán**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.227.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANALISIS DE LA DESVINCULACIÓN DE LOS AGENTES DEL MERCADO ELÉCTRICO GUATEMALTECO DEL MERCADO ELÉCTRICO REGIONAL, A RAÍZ DE UNA DECISIÓN GUBERNAMENTAL**, presentado por: **Luis Pedro Pérez Guzmán**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y permitirme culminar esta meta.
- Mi padre** Rodrigo Antonio Pérez Nieves (q.e.p.d), por ser el pilar en mi formación y mi fuente de orgullo e inspiración para ser mejor día a día, un abrazo hasta el cielo.
- Mi madre** Vilma Yolanda Guzmán Suarez, Por su infinito amor y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.
- Mis hermanos** Jorge Mario, Rodrigo Alberto y Tony Alfredo Pérez Guzmán, por su constante apoyo y unión en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por recibirme en sus aulas y ser fuente de conocimiento para el desarrollo de mi vida profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas y el conocimiento para seguir aprendiendo cada día un poco más.
Mis amigos	Por compartir conmigo esta meta, anhelada desde los pasillos y aulas de la tricentenaria.
Mi asesor	Msc. Ing. Josué Daniel García Valdez, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
3.1. Contexto general	9
3.2. Descripción del problema	9
3.3. Formulación del problema	10
3.4. Delimitación del problema.....	11
3.4.1. Delimitación contextual	12
3.4.2. Delimitación geográfica.....	12
3.4.3. Delimitación histórica	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS.....	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17

7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Seguridad energética	19
7.2.	Soberanía energética	20
7.3.	Mercados eléctricos transfronterizos	20
7.4.	El mercado eléctrico en Guatemala.....	23
7.4.1.	Antecedentes	23
7.4.2.	Estructura del mercado de electricidad en Guatemala.....	25
7.4.3.	Operación del mercado de electricidad en Guatemala	27
7.5.	El Mercado Eléctrico Regional	28
7.5.1.	Antecedentes	28
7.5.2.	Funcionamiento del MER	31
7.5.3.	Reglamento del MER	34
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA	39
9.1.	Características del estudio	39
9.1.1.	Diseño del estudio	39
9.1.2.	Enfoque del estudio	39
9.1.3.	Alcance del estudio	40
9.2.	Unidades de análisis	40
9.3.	Variables	40
9.4.	Fases del desarrollo de la investigación	41
9.4.1.	Fase 1: revisión bibliográfica	41
9.4.2.	Fase 2: identificación del origen	42
9.4.3.	Fase 3: definición de beneficios.....	42
9.4.4.	Fase 4: análisis del impacto para los agentes	43

9.4.5.	Fase 5: propuesta de soluciones	43
9.5.	Resultados esperados	43
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	45
11.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	49
	REFERENCIAS	53
	APÉNDICES	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Limites en interconexiones.....	21
2.	La trinidad de la energía imposible.....	23
3.	Interacciones en el mercado eléctrico de Guatemala.....	24
4.	Marco Institucional del subsector eléctrico de Guatemala.....	26
5.	Mapa del proyecto SIEPAC.....	29
6.	Cronología del MER.....	30
7.	Organización del MER.....	33
8.	Estructura del marco regulatorio de la región centroamericana.....	34
9.	Clasificación de las variables.....	40
10.	Ejemplo de resultado gráfico de datos técnicos en los que se vio afectado en sistema eléctrico guatemalteco por problemas en el SER.....	46
11.	Ejemplo de resultado gráfico de porcentaje de aprovechamiento por tipo de agente.....	48
12.	Cronograma.....	51

TABLAS

I.	Definición teórica y operativa de variables.....	41
II.	Ejemplo de resultado tabular de datos técnicos en los que se vio afectado en sistema eléctrico guatemalteco por problemas en el SER.....	46

III. Ejemplo de resultado tabular de porcentaje de aprovechamiento por tipo de agente.....	47
IV. Recursos financieros necesarios para la investigación.	50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
US\$/día	Dólares estadounidenses al día
\$	Dólar estadounidense
US\$/MWh	Dólares por megavatio-hora
GWh	Gigavatio hora
h	Horas
=	Igual que
km	Kilómetro
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
kV	Kilovoltio
>	Mayor que
MW	Megavatio
MWh	Megavatio hora
<	Menor que
%	Porcentaje
P	Potencia
Q	Quetzales
W	Vatio

GLOSARIO

CDMER	Consejo Directivo del Mercado Eléctrico Regional.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Comercializador	Es el Participante del Mercado Mayorista de Electricidad que comprar y vender bloques de energía y/o potencia eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo.
CRIE	Comisión Regional de Interconexión Eléctrica.
Demanda Firme	Es la demanda de potencia calculada por el Administrador del Mercado Mayorista, que debe ser contratada por cada Distribuidor o Gran Usuario, en el Año Estacional correspondiente
DF	Derecho Firme: está asociado a un Contrato Firme y es un Derecho de Transmisión que asigna a su Titular el derecho, pero no la obligación de inyectar potencia en un nodo de la RTR y a retirar potencia en otro nodo de la RTR.

Distribuidor	Es el Participante del Mercado Mayorista titular o poseedor de instalaciones destinadas a distribuir energía eléctrica.
DT	Derecho de Transmisión: es un documento que asigna a su Titular un derecho de uso o un derecho financiero sobre la Red de Transmisión Regional por un determinado período de validez.
EPR	Empresa Propietaria de la Red.
Generador	Es el Participante del Mercado Mayorista titular o poseedor de una central de generación de energía eléctrica con una potencia mayor a 5 MW.
Gran Usuario	Es un consumidor de energía cuya demanda de potencia sea por lo menor de 100 kilovatios (kW).
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
LGE	Ley General de la Electricidad.
MCR	Mercado de Contratos Regional. Conformado por el conjunto de contratos de Inyección y retiro de energía en el MER, celebrados entre agentes
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
MER	Mercado Eléctrico Regional.

MOR	Mercado de Oportunidad Regional. es un mercado de corto plazo, basado en ofertas diarias de inyección y retiro de energía, para cada período de mercado, en los nodos de la RTR habilitados comercialmente.
Oferta Firme	Es la cantidad máxima de potencia de una unidad, central generadora o Transacción Internacional que puede comprometerse en contratos para cubrir la Demanda Firme.
OM	Operador del Mercado. Agente a cargo de la operación del mercado eléctrico.
OS	Operador del Sistema. Agente a cargo de la operación del sistema eléctrico.
POE	Precio de Oportunidad de la Energía.
Precio ex ante	Precio nodal calculado antes de la operación en tiempo real.
Precio ex post	Precio nodal calculado después de la operación en tiempo real.
Precio nodal	Precio incurrido para satisfacer un incremento marginal de los retiros de energía en cada nodo de la RTR.
RMER	Reglamento del Mercado Eléctrico Regional.

RTMER	Reglamento Transitorio del Mercado Eléctrico Regional.
RTR	Red de Transmisión Regional.
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition.</i> Supervisión, Control y Adquisición de Datos: es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.
SER	Sistema Eléctrico Regional.
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana.
SNI	Sistema Nacional Interconectado.
Transportista	Es el Participante del Mercado Mayorista poseedor de instalaciones destinadas a realizar la actividad de transmisión o transporte de energía eléctrica.

1. INTRODUCCIÓN

El problema a tratar el presente trabajo de investigación es respecto a la decisión gubernamental tomada en julio del año 2021, donde Guatemala denunció el Tratado Marco y sus protocolos, con el posterior anuncio del retiro de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional; debido a que es un tema que fue publicado recientemente, la importancia de esta se vuelve relevante y ha sido un tema poco abordado en el subsector eléctrico guatemalteco, siendo esta investigación la primera en su índole, la misma se centra en los efectos que tendrá en los agentes del mercado eléctrico de Guatemala el ya no poder pertenecer al mercado eléctrico centroamericano.

La integración de un mercado eléctrico en Centroamérica tiene como propósito el beneficiar a los habitantes de los países miembros de este mercado, mediante un aprovisionamiento económico y oportuno de la electricidad, sin dejar a un lado la seguridad, confiabilidad y calidad del suministro de energía eléctrica; por otro lado, este mercado tiene entre sus principales impactos el acceso de los países a energía menos costosa y el abastecimiento de energía en situaciones de déficit con excedentes de energía de otros países.

Para la solución de la problemática planteada se pretende evaluar los motivos que desencadenó la decisión emitida por el gobierno, desglosando cada tipo de agentes del mercado eléctrico de Guatemala y se evaluarán de manera individual los beneficios, derechos y obligaciones que cada uno de estos tiene al estar inscritos dentro del mercado regional. El análisis de problemáticas en otros países sobre mercados eléctricos transfronterizos será un tema clave a tratar

donde se discutirán teorías de la cooperación comercial internacional en electricidad y se extraerán lecciones claves respecto a las condiciones previas para el comercio, arreglos institucionales necesarios para poner en práctica estos mercados, entre otros.

La investigación está formada por cuatro secciones, en la primera se encuentra la introducción a la investigación, el problema planteado con sus respectivos objetivos y el resumen de la metodología a emplear.

La segunda sección que contiene el marco teórico está conformada por seis capítulos, el primero tratará sobre los fundamentos y la definición de la seguridad energética. El segundo capítulo desarrollará los conceptos básicos respecto a la soberanía energética. El tercer capítulo abordará el tema de los mercados eléctricos transfronterizos junto a sus conceptos y el punto de vista de varios autores respecto a este tipo de mercados. El quinto capítulo es una recopilación de los distintos conceptos que se manejan dentro del mercado eléctrico de Guatemala, definiendo tanto la estructura como la operación de este mercado. Por último, en el sexto capítulo, se detallan los antecedentes del Mercado Eléctrico Regional, seguido de los conceptos derivados del funcionamiento y reglamento del mercado en mención.

El desarrollo de la investigación será llevado a cabo en la tercera sección, donde se presentarán las fases del desarrollo de la investigación y la organización de la información. Dichas fases del desarrollo están ordenadas de tal manera que, cada fase va acorde a un objetivo específico planteados en la sección uno.

Finalmente, en la cuarta sección se presentarán los resultados obtenidos, donde la información a presentar irá acorde a los objetivos específicos y se

presentarán de una manera amigable al lector en general, aquí se incluyen los resultados desde el análisis de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico de Guatemala del MER, así como la definición de los beneficios y obligaciones para los miembros del mercado regional, el análisis del impacto para los agentes del mercado eléctrico nacional y por último, se concluirá con propuestas concisas para mantener la vinculación entre los agentes del mercado eléctrico de Guatemala del MER.

2. ANTECEDENTES

En este apartado se analiza y recopilan los antecedentes más relevantes con relación al tema objeto del presente estudio:

(Oseni & Pollitt, 2016) en el documento elaborado respecto a la promoción de la integración regional de los mercados eléctricos: lecciones para los países en vías desarrollo; se centra en los arreglos institucionales que existen para facilitar la cooperación en materia de electricidad, se discute la teoría de la cooperación comercial internacional en electricidad y presenta una comparación del Nord Pool (Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca) con tres grupos regionales de energía de países en desarrollo; el grupo de Energía de África Meridional (SAPP), el grupo de energía de África Occidental (WAPP) y el Mercado Eléctrico Regional Centroamericano (MER). En este documento extraen lecciones generales clave sobre la promoción del comercio de energía eléctrica a través de las fronteras con base a la teoría y la experiencia.

(Thaler & Hofmann, 2022) en su artículo referente a la trinidad energética imposible: seguridad energética, sostenibilidad y soberanía en los sistemas eléctricos transfronterizos; explora las ventajas y desventajas de la política energética que enfrentan los estados que expanden la producción de electricidad renovable y son parte de los sistemas de electricidad transfronterizos; desarrollan el concepto de una trinidad energética imposible, que postula que muchos estados no pueden lograr simultáneamente la seguridad energética, la sostenibilidad y la soberanía. Toman como ejemplo el caso de Suiza, que actualmente debe elegir si agrega capacidades de generación convencionales, aceptan inestabilidades en la red y asumen precios de la energía eléctrica más

altos, o se incorporan con el mercado europeo y la normativa del mercado de la Unión Europea.

Tovar & Ventura (2016) en el documento elaborado de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe plantea un análisis de posibilidades para incrementar la compraventa del suministro eléctrico por medio de la interconexión México-Guatemala-Centroamérica. También identifica los aspectos económicos, legales y técnicos referente a la situación de compraventa de electricidad entre México y Centroamérica, proponiendo acciones para aumentar la compra y venta de energía desde México hacia Centroamérica.

En el Plan de Expansión del Sistema de Transporte y Generación 2018-2032 (Unidad de Planeación Energético Minero, 2017) emitido por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, uno de los desafíos impuestos en este informe es posicionar a Guatemala como país líder dentro del mercado eléctrico centroamericano y como meta de largo alcance exportar 300 MW a la región de América Central. En el mismo no se toma en consideración la interconexión con México como generación disponible y recalcan la importancia de la independencia energética, que es uno de los criterios fundamentales para la seguridad energética.

En el informe estadístico publicado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos, 2021) presentan datos estadísticos de los intercambios de electricidad realizados por los participantes entre los mercados eléctricos de México, Guatemala y Centroamérica. Mostrando un panorama respecto al comportamientos de los miembros del Mercado Mayorista en el marco económico y operativo de la compraventa a nivel internacional. Parte del origen de información de este

informe corresponde a los datos publicados por el EOR, CRIE, AMM y Operadores del Sistema de cada país miembro del MER.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

El Mercado Eléctrico Regional (MER) es un mercado de interconexión eléctrica de corto plazo entre todos los países centroamericanos (a excepción de Belice), este fue diseñado como un séptimo mercado eléctrico que esta superpuesto con los seis mercados de los otros países centroamericanos; el mismo opera con regulación regional en la cual los agentes habilitados realizan transacciones internacionales de energía eléctrica en la región, tales como la compra y venta de energía eléctrica. Este mercado opera como una actividad permanente de transacciones comerciales de electricidad con intercambios de corto plazo, derivados de un despacho de energía con criterio económico regional.

Según los datos del Administrador del Mercado Mayorista (AMM), en el año 2020 la exportación de energía al MER incluyendo desviaciones, fue de 1,056.91 GWh, con lo cual el país alcanzó un 33.79 % de participación en las inyecciones de energía en dicho mercado, representando un 8.66 % de la producción total del país; en relación con los datos expuestos, Guatemala ha sido el mayor exportador de energía eléctrica en el MER durante los últimos años.

3.2. Descripción del problema

Recientemente, en la nota dirigida a la Secretaria General del Sistema Integración Centroamericana (SICA), el Canciller del Ministro de Relaciones Exteriores anunció que Guatemala abandonará el MER luego de la denuncia

hecha al Tratado Marco del Mercado Eléctrico en América Central y sus dos protocolos, la misma entrará en vigor en julio del 2031, cumpliéndose así diez años después de realizada la denuncia.

Siendo Guatemala uno de los países con más participación en las transacciones hechas en el MER, los beneficios que las transacciones en este mercado aportan a Guatemala a través del suministro de energía son de suma importancia para el mercado eléctrico guatemalteco, y de alguna manera, la decisión del Ministerio de Energía y Minas (MEM) de abandonar el MER afectará a los agentes miembros del mercado eléctrico guatemalteco.

Dicha decisión gubernamental puede tener repercusiones dentro de las exportaciones de energía eléctrica hechas en el MER ya que Guatemala es actualmente el mayor exportador de energía eléctrica en este mercado y tras la decisión, las exportaciones a los países de América Central podrán darse únicamente mediante contratos bilaterales con Honduras y el Salvador; por lo tanto, resulta necesario realizar este estudio del análisis de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del MER, a raíz de una decisión gubernamental.

3.3. Formulación del problema

Lo anteriormente descrito dio como resultado una interrogante principal:

3.3.1. Pregunta central

¿Qué efectos tendrá la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional?

3.3.2. Preguntas auxiliares

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

- ¿Cuáles fueron los motivos de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional?
- ¿Cuáles son los beneficios para el subsector eléctrico guatemalteco el ser miembro del Mercado Eléctrico Regional?
- ¿Qué impacto tendrá esta decisión para los agentes del mercado eléctrico guatemalteco?
- ¿Qué acciones serán necesarias para mantener la vinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco en el Mercado Eléctrico Regional?

El árbol de problemas se encuentra ubicado en el apartado de apéndices identificado como “figura 1”, donde se identifica la naturaleza y el contexto de la problemática que se pretende resolver.

3.4. Delimitación del problema

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

3.4.1. Delimitación contextual

El presente estudio se contextualizará partiendo de la decisión gubernamental emitida en el año 2021, el mismo se centrará en los agentes del mercado eléctrico guatemalteco que son miembros del MER. El contexto analizado involucrará principalmente tres variables referentes a los agentes del mercado mayorista guatemalteco que son miembros del mercado centroamericano, las variables son las transacciones hechas con el MER, y las ventajas y desventajas de ser miembros del mercado en mención.

3.4.2. Delimitación geográfica

Para el estudio se utilizarán datos públicos de los entes del subsector eléctrico guatemalteco, así como los datos de las transacciones internacionales de electricidad con Centroamérica; la delimitación geográfica se fundamenta en Guatemala y en el comportamiento de las transacciones hechas con Centroamérica.

3.4.3. Delimitación histórica

Se realizó la delimitación histórica por decisión del investigador, ya que el estudio a realizar será el primero de esta índole en Guatemala, se toma como base a los agentes del mercado eléctrico guatemalteco que son miembros del MER, así como el comportamiento de las transacciones hechas en este mercado.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de Graduación de la Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados está dentro de la línea de investigación de la estructura y dinámica del mercado eléctrico y sus impactos en la economía nacional y global. En este documento se analizará la decisión gubernamental emitida en julio del año 2021 de abandonar el Mercado Eléctrico Regional (MER). El mismo pretende desarrollar un tema muy poco abordado y desconocido para ciertos ámbitos, el cual aportará datos relevantes y de conveniencia para los distintos agentes del Mercado Mayorista guatemalteco.

A través de este trabajo se evaluarán los efectos que tendrán para los agentes del mercado mayorista guatemalteco, el abandonar el MER; analizando a cada uno de los tipos de agentes involucrados en el mercado en mención, verificando así los beneficios y obligaciones que cada uno tiene.

Los productos obtenidos serán de utilidad para realizar otras investigaciones de la misma índole, ya que la presente es la primera en su tipo, proveyendo datos útiles que los agentes del Mercado Mayorista podrán utilizar para realizar proyecciones y así tomar decisiones a largo plazo de conveniencia para ellos.

Los beneficiarios de esta investigación son en su mayoría: los Agentes del mercado Mayorista, debido a que dicha decisión traerá consecuencias para los agentes que realizan transacciones en el MER.

En Guatemala no se han realizado estudios para analizar la afectación de dicha decisión, es por esto por lo que la investigación es de suma relevancia para el subsector eléctrico guatemalteco.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Presentar los efectos que tendrá la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional a raíz de una decisión gubernamental.

5.2. Específicos

- Identificar el génesis de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional.
- Definir los beneficios para el subsector eléctrico guatemalteco, el ser miembro del Mercado Eléctrico Regional.
- Analizar el impacto que tendrá esta decisión para los distintos tipos de agentes del mercado mayorista guatemalteco.
- Proponer las soluciones necesarias para mantener la vinculación entre los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Se pretende determinar el impacto que tendrá para los agentes del mercado eléctrico guatemalteco, el abandono del Mercado Eléctrico Regional (MER). El estudio que se realizará se enfoca en el subsector eléctrico guatemalteco, sin embargo, se utilizarán variables procedentes del MER. La información y los resultados que se presentarán podrían ser de utilidad o servir de base tanto para estudios de la misma índole o similares dentro del subsector eléctrico guatemalteco, como dentro del MER.

Para la solución de la problemática planteada se pretende evaluar los motivos por los cuales el estado tomó la decisión de abandonar el MER, analizando con estadística descriptiva las transacciones efectuadas entre el mercado centroamericano y los agentes del mercado eléctrico guatemalteco; así mismo, se desglosará cada tipo de agente del mercado mayorista guatemalteco y se evaluarán individualmente los beneficios y los derechos que para cada uno de estos trae, el ser miembro del MER. Por último, se analizarán otros casos similares a nivel mundial y se darán una serie de sugerencias para que los agentes del mercado mayorista de Guatemala permanezcan dentro del MER.

En términos de originalidad, es importante mencionar que actualmente no existe un estudio de tal naturaleza ya que la decisión gubernamental se llevó a cabo recientemente en el año 2021, por lo que no se ha realizado un análisis como tal a nivel de tesis de postgrado para determinar el impacto que tendrá dicha decisión en los agentes del subsector eléctrico guatemalteco.

Al contar con un área energética dentro de la maestría de Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, se considera pertinente realizar estudios por profesionales expertos en sus respectivos ámbitos, con el fin de brindar aportes positivos para la comunidad profesional del subsector eléctrico de Guatemala y también para otras cohortes de maestrías y licenciaturas que se relacionen con temas energéticos y de mercados eléctricos, tanto nacionales como globales.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Seguridad energética

El concepto de seguridad energética es omnipresente en el debate energético, gestión energética y cambio climático. Diversos informes científicos e investigaciones académicas vinculan este concepto con el acceso continuo a las fuentes energéticas, la variabilidad en los recursos de la matriz energética y unas optimas rutas de abastecimiento. A pesar de la ubicuidad de esta, la seguridad energética continúa siendo una imagen esquivia (Chester, 2010).

Cuando la infraestructura del sistema energético y el tamaño del mercado en análisis favorecen la variabilidad de las fuentes energéticas renovables y dan pauta para establecer diversas opciones de flexibilidad y almacenamiento, pueden hacer frente con mucha facilidad a los desafíos tales como las barreras de inversión para proyectos nuevos de plantas con energías no convencionales, volatilidad en la producción de la electricidad y problemas de aprobación social de esta clase de fuentes; muchos países pueden compensar esta falta de beneficios integrando sus sistemas nacionales y estableciendo mercados eléctricos con los países vecinos, estos sistemas de electricidad transfronterizos hacen que la seguridad energética se vea respaldada a través del acceso a la energía con un equilibrio flexible y la nivelación del suministro y la demanda, en grandes extensiones de terreno (Thaler & Hofmann, 2022).

7.2. Soberanía energética

Existen teóricos políticos que definen dos tipos de soberanía energética, por un lado, está la soberanía energética interna que consiste en empoderar a las personas y las comunidades para que tomen decisiones sobre los sistemas energéticos (Schelly et al., 2020); por otra parte, la soberanía energética externa comprende la protección contra las interrupciones del suministro por parte de actores externos (Cherp et al., 2012).

Enfatizando la soberanía energética externa que se relaciona con las relaciones energéticas internacionales, Thaler & Hofmann (2022) definen la soberanía energética como la capacidad de una nación para decidir de forma independiente sobre la estructura y las fuentes de su matriz energética, incluidas las reglas que corresponden a los OS/OM involucrados. Este concepto denota que cuando un país tiene soberanía energética, tiene capacidad de tomar decisiones sobre su política energética, alejados de cualquier interferencia extranjera. En la medida en que la política energética se ve influenciada por normativas internacionales, la soberanía energética de este país decrece.

7.3. Mercados eléctricos transfronterizos

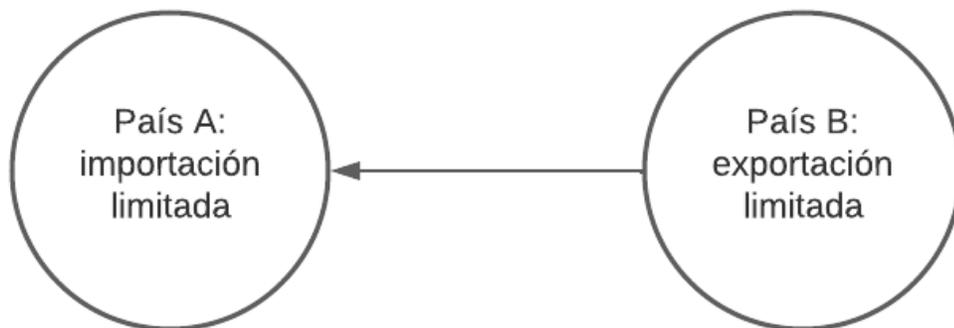
Los sistemas eléctricos de potencia requieren de un perfecto equilibrio entre demanda y oferta en todo momento. Para un estado, es de suma importancia contar con amplias capacidades de transmisión y generación para poder abastecer los picos de demanda. Sin embargo, demasiada capacidad resulta en costos muy altos.

La combinación óptima de la capacidad en la generación y el transporte puede no estar determinada en un estado, y si así fuera, la cantidad de actores

involucrados en las tomas de decisiones al momento de una inversión y la operación del sistema, harían imposible su implementación.

En el estudio hecho por Ochoa y van Ackere (2015), consideran (bajo la perspectiva de un inversor) dos países conectados con capacidad de transmisión limitada, suponen que el país A tiene un déficit de generación y el país B tiene un excedente; sin embargo, la línea estará congestionada y, por lo tanto, los precios son más altos en A que en B.

Figura 1. **Límites en interconexiones**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de: Ochoa & van Ackere, (2015). *Winners and losers of market coupling*.

En este caso, los inversores pueden utilizar diferentes estrategias que no necesariamente mejorarán el bienestar social. Pueden decidir construir una central en el país A, con una limitante en la importación en lugar de ampliar la capacidad de la red de transporte transfronteriza (que puede ser más eficiente para el sistema). La razón es que, si no se puede importar electricidad a bajo costo, los generadores del país A pueden ejercer poder de mercado y subir sus ofertas sin correr el riesgo de no ser despachados. Los inversores también

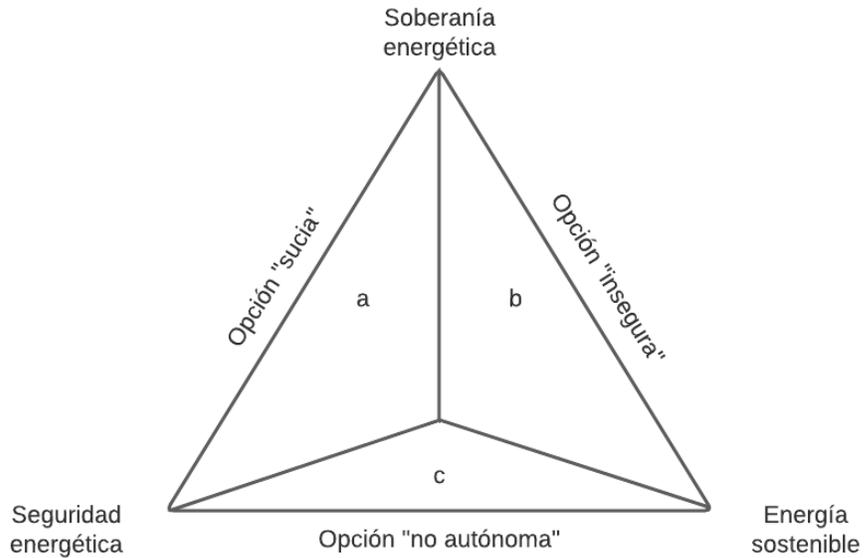
pueden decidir construir una central eléctrica en el país B, dado el caso se permitan las transacciones bilaterales de electricidad sin restricciones de transmisión.

En la investigación realizada por Cayturo et al., (2018) indican que en los últimos años, algunos países han optado por las interconexiones transfronterizas de sus sistemas eléctricos lo que favorece a los mismos ya que maximiza el beneficio de las fuentes de generación, reduce la emisión de los gases que favorecen al calentamiento global, reducen los costos de operación y diversifica la matriz energética del país involucrado.

Por otro lado, Thaler & Hofmann (2022) aseguran que debido a las dotaciones limitadas y la dependencia que se tiene con otros países cuando existen mercados eléctricos transfronterizos, los mismos están sujetos a una Trinidad Energética Imposible: la seguridad energética, la energía sostenible y la soberanía energética; dicho estudio asegura que estos no se pueden maximizar simultáneamente.

Los estados involucrados con estos conceptos energéticos deben de priorizar dos de estos objetivos, dejándolos con tres opciones políticas: una “opción sucia” que sacrifica la sostenibilidad de los recursos utilizados, donde se permitiría la generación eléctrica con fuentes de energía no sostenibles; una “opción insegura” que compromete la seguridad energética del país y acepta riesgos de inestabilidad del sistema y/o precios más altos; finalmente, una opción “no autónoma” que renuncia a la soberanía energética cediendo el control sobre las normas energéticas nacionales con el fin de buscar la integración con los mercados eléctricos vecinos.

Figura 2. **La trinidad de la energía imposible**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de: Thaler & Hofmann, (2022). *The impossible energy trinity: Energy security, sustainability, and sovereignty in cross-border electricity systems*.

7.4. El mercado eléctrico en Guatemala

7.4.1. Antecedentes

El mercado mayorista de Guatemala opera como un mercado libre desde el año 1996, año en el que fuera aprobada la Ley General de Electricidad (LGE) y su Reglamento con la intención de desmonopolizar el sector que controlaba la energía en el país, debido a esto se realizó la apertura a un mercado de libre competencia para la comercialización y la generación de la energía eléctrica. La distribución y transmisión funcionan como un monopolio natural siendo agentes regulados donde contribuyen tanto las empresas privadas como las públicas, estas son concedidas mediante licitaciones públicas (Wittig, 2020).

El marco regulatorio está conformado por las leyes que entraron en vigor desde el año 1996, donde con el decreto 93-96 fue creada la LGE, esta normativa establece las funciones en el subsector eléctrico en Guatemala y norma las funciones que tienen los distintos agentes, tales como la distribución, generación, comercialización y transporte de electricidad.

Figura 3. **Interacciones en el mercado eléctrico de Guatemala**



Fuente: Administrador del Mercado Mayorista (2020). *Mercado Eléctrico de Guatemala y Posibilidades de Inversión.*

7.4.2. Estructura del mercado de electricidad en Guatemala

Indica el MEM, en su informe respecto al subsector energético en Guatemala (2017), que el mercado de electricidad guatemalteco es un tipo de mercado regulado que funciona con instituciones de carácter público y privado, en donde define que:

El marco institucional del subsector eléctrico está conformado por tres entidades que están descritas en la Ley General de Electricidad, siendo éstas: El Ministerio de Energía y Minas (MEM) -ente rector-; La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) -ente regulador- y el Administrador del Mercado Mayorista (AMM) -ente operador del sistema y del mercado eléctrico- (Ministerio de Energía y Minas, 2017), pp, 1).

Dentro de este conjunto, en la LGE (1996) indica que el MEM es “el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, planes de Estado, programas indicativos relativos al subsector eléctrico y aplicar esta ley y su reglamento para dar cumplimiento a sus obligaciones”.

En concordancia con la LGE (1996) establece que luego de esta institución se encuentra la CNEE que es el órgano regulatorio y técnico del MEM el cual tiene autonomía funcional para ejercer las atribuciones estipuladas en la LGE, entre las cuales esta definir las tarifas eléctricas de distribución y transmisión que deberán estar sujetas a la LGE y el emitir las normativas técnicas relacionadas al sector eléctrico de Guatemala, fiscalizando el cumplimiento en adecuación con métodos internacionalmente admitidos.

Indica Wittig (2020) que entre el conjunto en descripción se encuentra también el AMM que ejerce en el mercado eléctrico dentro del sector privado y

sin fines de lucro, la cual tiene entre sus objetivos más importantes la operación de Sistema Nacional Interconectado (SNI) y la administración del Mercado Mayorista de Guatemala. “El AMM proporciona un espacio donde se reúnen los Agentes del Mercado para realizar operaciones de compra-venta de energía eléctrica” (Wittig, 2020).

Las acciones de los entes mencionados con anterioridad están respaldadas por la LGE y su Reglamento.

Figura 4. **Marco Institucional del subsector eléctrico de Guatemala**



Fuente: Administrador del Mercado Mayorista (2020). *Mercado Eléctrico de Guatemala y Posibilidades de Inversión.*

Según el Reglamento de la LGE (1996) en el Artículo 39, indica que:

son Agentes del Mercado Mayorista los generadores, comercializadores, distribuidores, importadores, exportadores y transportistas, que cumplan con los siguientes límites:

- Generadores: contar con una Potencia Máxima arriba de cinco megavatios (5 MW).
- Comercializadores: vender o comprar bloques de energía asociados a una Oferta Firme Eficiente o Demanda Firme de por lo menos dos megavatios (2 MW). Los mismos límites se aplicarán a los importadores y exportadores.
- Distribuidores: tener un mínimo de quince mil (15,000) usuarios.
- Transportistas: tener capacidad de transporte mínima de diez megavatios (10 MW). (LGE, 1996, pp 16)

7.4.3. Operación del mercado de electricidad en Guatemala

El mercado eléctrico de Guatemala es un mercado de costos variables y contratos en donde se negocia electricidad, potencia y servicios auxiliares.

Para garantizar que el mercado mayorista sea principalmente contractual, todos los Participantes Consumidores están obligados tener un contrato que satisfaga su Demanda Firme durante al menos dos años. La Oferta Firme es la energía eléctrica que puede comprometer un generador participante, concepto diseñado para asegurar que cuando el Sistema Nacional Interconectado lo requiera, esté disponible a precios competitivos (Paz, 2010).

La Demanda Firme tiene la función de consolidar que cada miembro de los Participantes Consumidores tenga su potencia eléctrica contratada durante el periodo de máxima demanda estacional anual en el sistema eléctrico nacional.

En el instante en el cual el Participante Consumidor no tenga cubierto el requerimiento de energía que está demandando, puede optar a realizar intercambios en el Mercado de Oportunidad de la Energía o mercado *spot*, o mediante contratos financieros; entre una de las definiciones de esta clase de mercado, Gómez-Cuevas (2016) indica que el mercado de oportunidad o mercado *spot* es donde se realizan intercambios de oportunidad de la energía, a un precio instaurado en forma horaria, este se calcula basado en el costo marginal a corto plazo, el cual es la consecuencia del despacho de la oferta que se encuentra disponible, también indica que la energía que se vende y se compra en este mercado es de los faltantes y excedentes que los participantes del mercado poseen, el cual corresponde al resultado de su demanda o generación y de los acuerdos realizados entre los participantes.

7.5. El Mercado Eléctrico Regional

7.5.1. Antecedentes

El mercado eléctrico centroamericano es producto de la cooperación entre todos los países centroamericanos (a excepción de Belice) para formar un mercado confiable, eficiente, asequible y energético (Oseni & Pollitt, 2014).

La atención a este mercado se ha centrado en la interconexión del sistema eléctrico de potencia de la región con objetivo de obtener economías de escala en volúmenes de producción mayores en lugar de una producción a pequeña escala restringida por las fronteras nacionales. El plan del Sistema de

Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC) se define como el sistema eléctrico de potencia interconectado entre los estados miembros que ratificaron el Tratado Marco y sus Protocolos, el cual involucra una red de transmisión con un voltaje de 230 kV y una longitud aproximada de 1,800 Km (Oseni & Pollitt, 2014).

La construcción de este proyecto inició en el año 2006, siendo completada en el 2013. Esta línea de 1,800 km conecta a los países que componen este sistema los cuales son Nicaragua, Costa Rica, Honduras, Panamá, Guatemala, Costa Rica y El Salvador para poder realizar transacciones de energía.

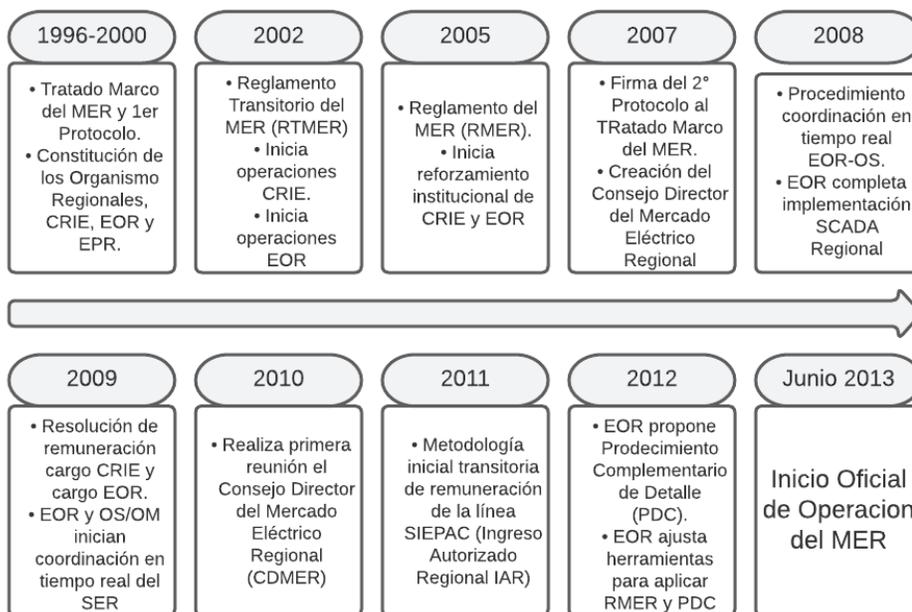
Figura 5. Mapa del proyecto SIEPAC



Fuente: Oseni & Pollitt, (2014). *Institutional arrangements for the promotion of regional integration of electricity markets: International Experience.*

El mercado eléctrico centroamericano es el Mercado Eléctrico Regional (MER) que fue creado después de que las autoridades de los países integrantes firmaron y ratificaron el Tratado marco y sus protocolos en el año 1998, esto con el fin de garantizar las operaciones del mercado; Junto a la creación del MER, también se crean los distintos agentes que tendrán a cargo la operación del sistema y del mercado, así como la regulación de este, también se crea la empresa dedicada al monitoreo de las interconexiones entre los estados miembros.

Figura 6. **Cronología del MER**



Fuente: elaboración propia con información de: Luis Roberto Reyes, (2015). *Seminario de Regulación Eléctrica en Centro América SIEPAC, Normativa institucional y Gubernamental - Armonización de Normas Regulatorias.*

El MER se constituyó como un séptimo mercado que está superpuesto a los otros seis mercados nacionales, guiándose en una regulación regional que ha permitido al EOR realizar intercambios regionales de energía eléctrica entre los países miembros de este mercado (Paz, 2010).

Según el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central (CRIE, 2014) en su artículo 4, el MER es definido como “el ámbito en el que se realizan las transacciones regionales de electricidad entre los agentes del mercado. Intercambios de corto plazo, derivados de un despacho económico regional de energía”; dentro de este artículo también define que el MER “operará como una actividad permanente de transacciones comerciales de electricidad, con intercambios de corto plazo, derivados de un despacho de energía con criterio económico regional y mediante contratos de mediano y largo plazo entre los agentes” (CRIE, 2014).

7.5.2. Funcionamiento del MER

Luego de la suscripción del Tratado Marco y el Primer Protocolo, se determinó la estructura institucional y organizacional de este mercado, así como las competencias y funciones de las entidades que son parte de este mercado; fueron determinados los orígenes del financiamiento y elegidos los países sedes de los diversos entes regionales, también la adecuación de la infraestructura para cumplir con los objetivos que estos tuvieran y para poder ejercer adecuadamente las funciones que a cada uno de los entes regionales competía (Echevarría, Jesurun-Clements, Mercado, & Trujillo, 2017).

En el 2002 se llevó a cabo un proceso en el cual elegirían las sedes de los agentes reguladores y operadores del MER, en donde los países interesados realizaron aportes significativos para que cada país tuviera la sede de estos entes

en su país, resultando así que en Guatemala se encuentra ubicada la CRIE y en el Salvador se encuentra la sede del EOR.

La estructura de las instituciones responsables del funcionamiento y la operación del sistema de potencia regional y del mercado eléctrico centroamericano se detalla a continuación:

- Ente Operador Regional (EOR): es el agente encargado de coordinar y dirigir la operación y control del sistema de potencia regional, también es el responsable de efectuar las transacciones del MER con base a criterios económicos y técnicos conforme a la normativa regional. Entre los objetivos del EOR están el reforzamiento de la vinculación con aliados y clientes estratégicos; la mejora en las diligencias del mercado en mención; impulsar e implementar la planificación de la ampliación eléctrica regional.
- Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE): es el ente que se encarga de las actividades y la regulación del mercado de electricidad centroamericano, así como del correcto relacionamiento entre los integrantes. Este ente es el responsable de hacer cumplir el Tratado Marco y sus Protocolos, los reglamentos y los demás instrumentos que complementan el marco regulatorio; así como luchar por el desarrollo y la integración del mercado, garantizar la transparencia de este y el buen funcionamiento y promover la competencia entre los participantes del mercado.
- Consejo director del MER (CDMER): es la representación de los Gobiernos en el MER, quienes son los encargados de impulsar el desarrollo del MER y tomar las decisiones necesarias para el logro de las metas y objetivos generales del Tratado y sus Protocolos. El CDMER está

formado por representantes de cada nación signataria, designados por el poder ejecutivo quienes deben poder desarrollar la política de integración eléctrica de su país con relación del MER.

Figura 7. Organización del MER

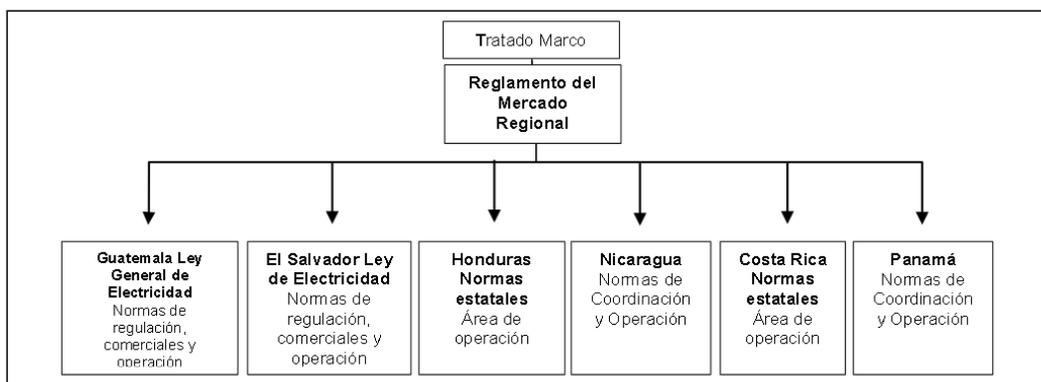


Fuente: Echevarría et al., (2017). *Integración eléctrica centroamericana. Génesis, beneficios y prospectiva del proyecto SIEPAC.*

7.5.3. Reglamento del MER

Las normativas son esenciales para la gestión y el funcionamiento de un mercado de electricidad y conservar la operatividad en condiciones adecuadas, cuyo objeto es asegurar los estándares necesarios para las obligaciones y derechos de los agentes del mercado mayorista y de esta forma poder optimizar el control y la operación de los sistemas transfronterizos en la región, sin embargo, luego de la creación del MER se observó la importancia y necesidad de crear una regulación del mercado en mención, ya que cada país cuenta con sus propias normativas las cuales son completamente independientes de las reglas de los otros países, por ende, el objetivo del Reglamento del Mercado Eléctrico Regional (RMER) es estandarizar todas las características de los estados miembros del MER (Rojas Castillo, 2016).

Figura 8. Estructura del marco regulatorio de la región centroamericana



Fuente:Rojas Castillo, (2016). *Evaluación de las implicaciones del nuevo marco regulatorio del mercado eléctrico en la región centroamericana, en el caso del mercado eléctrico de Guatemala, para las transacciones de electricidad hacia la región centroamericana.*

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

2. MARCO TEORICO

2.1. Seguridad energética

2.2. Soberanía energética

2.3. Mercados eléctricos transfronterizos

2.4. El Mercado Eléctrico de Guatemala

2.4.1. Antecedentes

2.4.2. Estructura del Mercado Eléctrico de Guatemala

2.4.3. Operación del Mercado Eléctrico de Guatemala

2.5. Mercado Eléctrico Regional

2.5.1. Antecedentes

2.5.2. Funcionamiento del MER

2.5.3. Reglamento del MER

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

3.1. Características del estudio

- 3.1.1. Diseño
- 3.1.2. Enfoque
- 3.1.3. Alcance
- 3.1.4. Unidad de análisis

3.2. Variables

3.3. Fases del desarrollo de la investigación

- 3.3.1. Fase 1: Revisión bibliográfica
- 3.3.2. Fase 2: Identificación del origen
- 3.3.3. Fase 3: Definición de beneficios
- 3.3.4. Fase 4: Análisis del impacto para los agentes
- 3.3.5. Fase 5: Propuesta de soluciones
- 3.3.6. Organización de la información
 - 3.3.6.1. Datos generales
 - 3.3.6.2. Datos específicos
 - 3.3.6.2.1. Transacciones de energía en el MER
 - 3.3.6.2.2. Beneficios de ser agente miembro del MER
 - 3.3.6.2.3. Obligaciones de ser agente miembro del MER

3.4. Determinación de horizonte analizado

3.5. Obtención de insumos

3.6. Técnicas de análisis de información

4. PRESENTACION DE RESULTADOS

- 4.1. Identificación de las causas de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional.
 - 4.2. Definición de los beneficios para el subsector eléctrico guatemalteco, el ser miembro del Mercado Eléctrico Regional.
 - 4.3. Análisis del impacto que tendrá esta decisión para los distintos tipos de agentes del mercado mayorista guatemalteco.
 - 4.4. Propuestas de soluciones necesarias para mantener la vinculación entre los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional.
5. DISCUSION DE RESULTADOS
- 5.1. ¿Cuáles fueron los motivos de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del Mercado Eléctrico Regional?
 - 5.2. ¿Cuáles son los beneficios para el subsector eléctrico guatemalteco el ser miembro del Mercado Eléctrico Regional?
 - 5.3. ¿Qué impacto tendrá esta decisión para los agentes del mercado eléctrico guatemalteco?
 - 5.4. ¿Qué acciones serán necesarias para mantener la vinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco en el Mercado Eléctrico Regional?

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

A continuación, se detalla la metodología que se considerará en el estudio propuesto:

9.1.1. Diseño del estudio

El diseño adoptado será no experimental del tipo longitudinal, dado que no se pretenden manipular deliberadamente las variables de este; no se busca delimitar o ampliar los beneficios y perjuicios que tienen los agentes del mercado eléctrico guatemalteco al ser miembros del MER. Así mismo, se busca demostrar una relación de causa-efecto del abandono de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del MER y los efectos que esto tendrá.

9.1.2. Enfoque del estudio

El enfoque del estudio propuesto es mixto, ya que se estarán analizando la participación de los agentes del mercado mayorista guatemalteco en el MER, así como los parámetros técnicos y económicos de las transacciones en este mercado. Este análisis se basa principalmente en los efectos que representan sobre los agentes del mercado eléctrico guatemalteco que no siempre son cuantificables. Para los aspectos técnicos y económicos se utilizarán datos existentes de las distintas páginas web de los agentes del mercado mayorista guatemalteco y del MER.

9.1.3. Alcance del estudio

El alcance del estudio es tipo exploratorio, dado que no existen estudios similares en el país; este se centrará en analizar una decisión emitida por el gobierno en el año 2021 que aún no ha sido analizada a profundidad, lo cual permitirá que futuras investigaciones puedan enfocarse en aspectos más cuantitativos y complejos que permitirán abordar desde otras aristas el objeto de este estudio.

9.2. Unidades de análisis

Las unidades de análisis para este estudio son los agentes del mercado eléctrico guatemalteco que son miembros del Mercado Eléctrico Regional.

9.3. Variables

A continuación, se presentan las variables con sus diferentes criterios.

Figura 9. Clasificación de las variables

Variable \ Criterio	Categoría		Numérica		Manipulable	Observable	Nivel de medición	Cualitativo
	Dicotómica	Politómica	Discreta	Continua				
Exportaciones de electricidad (MWh/día)		X		X		X	Continua	
Beneficios de ser miembro del MER		X				X	Nominal	X
Perjuicios de ser miembro del MER		X				X	Nominal	X

Fuente: elaboración propia.

Las variables en estudio se describen a continuación:

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

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Transacciones de electricidad (MWh/día)	Electricidad transada de Guatemala hacia el MER y viceversa.	Se obtendrá por medio de los informes emitidos por los operadores del sistema y entes reguladores de Guatemala y el MER.
Beneficios de ser miembro del MER	Lista de beneficios que conlleva a los agentes del mercado eléctrico guatemalteco, el ser miembros del MER	Se obtendrán por medio de la lectura de los distintos reglamentos, leyes y normas de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco y regional.
Obligaciones de ser miembro del MER	Lista de obligaciones que conlleva a los agentes del mercado eléctrico guatemalteco, el ser miembros del MER	Se obtendrán por medio de la lectura de los distintos reglamentos, leyes y normas de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco y regional.

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del desarrollo de la investigación

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

9.4.1. Fase 1: Revisión bibliográfica

Se realizará una revisión exhaustiva de las leyes, normas y reglamentos referentes al Mercado Eléctrico Regional (MER). Se incluirá también lo

relacionado a informes estadísticos emitidos por los diferentes agentes del mercado eléctrico guatemalteco que son miembros del MER y se revisarán distintos casos a nivel mundial en donde ha existido una intromisión de parte del estado en el mercado mayorista de electricidad.

9.4.2. Fase 2: Identificación del origen

Se identificará el génesis de la desvinculación de los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del MER a través de la recolección y análisis de las noticias en medios oficiales que hayan informado respecto a la denuncia hecha ante la Secretaria General del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), seguido de una revisión de informes de años anteriores respecto a eventos en los cuales Guatemala se haya visto afectada por problemas en el Sistema Eléctrico Regional (SER); a continuación, se hará uso de la estadística descriptiva para analizar los eventos y las transacciones que los eventos de desconexión causaron en el sistema eléctrico guatemalteco y por último, se analizarán los distintos factores que desencadenó la decisión emitida por el gobierno.

9.4.3. Fase 3: Definición de beneficios

Se identificarán los beneficios y que tiene para el subsector eléctrico guatemalteco el ser miembros del MER; esto a través de la interpretación de la lectura hecha al Reglamento del Mercado Eléctrico Regional (RMER) realizado en la fase 1 con el propósito de llevar a cabo una lista con orden descendente en grado de aprovechamiento de los beneficios plasmados en el RMER de los agentes del mercado mayorista guatemalteco y por último, se hará una comparación de las diferencias entre los agentes que están inscritos y los que no están inscritos en el mercado de electricidad centroamericano.

9.4.4. Fase 4: Análisis del impacto para los agentes

Se analizará el impacto que tendrá la decisión emitida por el gobierno para los agentes del mercado eléctrico guatemalteco. En primer lugar, se identificarán a los agentes del mercado eléctrico guatemalteco que son miembros del MER; luego se evaluarán los beneficios y obligaciones que tiene para cada agente inscrito en el MER y las implicaciones que conlleva el ser miembro de este mercado. Se desglosarán según: Grandes Usuarios, Comercializadores, Transportistas, Distribuidores y Generadores.

9.4.5. Fase 5: Propuesta de soluciones

En esta fase se propondrán las soluciones necesarias para mantener la vinculación entre los agentes del mercado eléctrico guatemalteco del MER, identificando conflictos y resoluciones de mercados intervenidos por el estado en otros países.

9.5. Resultados esperados

Con la realización de esta investigación se darán a conocer las consecuencias que tendrá para los agentes del mercado eléctrico guatemalteco, la decisión de abandonar el Mercado Eléctrico Regional (MER), esto partiendo de mostrar la historia de Guatemala en el mercado centroamericano, dando a conocer los conflictos que ha habido entre estos y se identificarán los motivos por los cuales el estado tomó dicha decisión. A continuación, se expondrán los beneficios para los agentes del mercado eléctrico guatemalteco, el ser miembros del MER y se darán a conocer cuáles de estos beneficios han sido aprovechados por los agentes, junto al porcentaje de cada uno. Seguidamente se listará a cada

uno de los tipos de agente del mercado mayorista guatemalteco y se hará un desglose de estos, identificando los beneficios y obligaciones que cada uno tiene dentro del mercado regional y, por último, se presentará una serie de propuestas necesarias para mantener la vinculación entre los agentes del mercado eléctrico guatemalteco en el MER.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Durante el desarrollo del estudio de investigación se usarán técnicas de análisis de datos cuantitativos y cualitativos, mediante el análisis numérico para estimar las transacciones hechas en el Mercado Eléctrico Regional (MER) y estadística descriptiva. El análisis cualitativo se hará a través de la lectura de los diferentes, reglamentos, leyes, normas y estatutos relacionados con el MER y los agentes del mercado eléctrico guatemalteco, además que se realizarán entrevistas a profesionales del área y se tomarán en cuenta los puntos de vista, recomendaciones y preocupaciones acerca de las propuestas. Con esto se logrará un mejor entendimiento de los aspectos a evaluar y considerar para la viabilidad de este estudio y conocer otros antecedentes de la investigación.

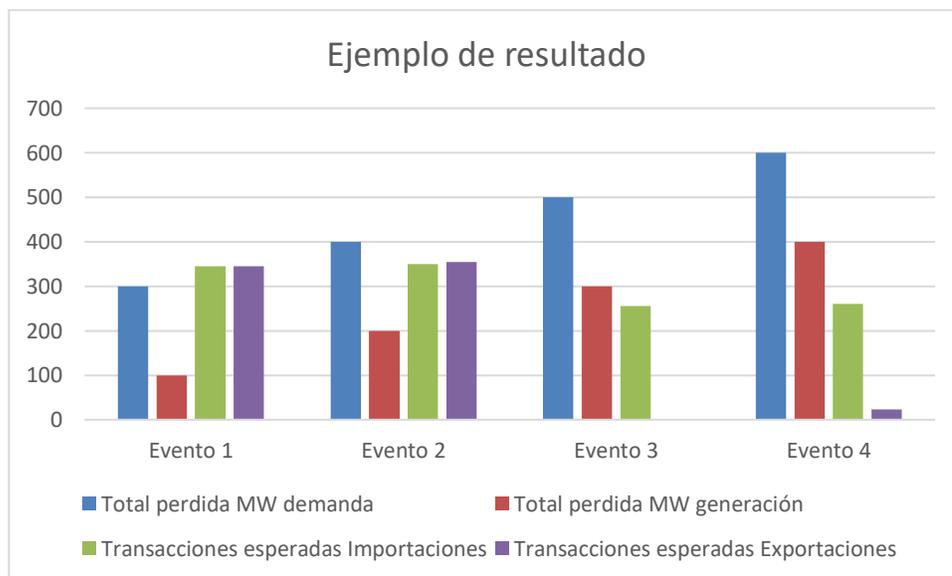
Para el análisis de los eventos y las transacciones que los sucesos de desconexión por problemas en el Sistema Eléctrico Regional (SER) causaron en el sistema eléctrico guatemalteco, se hará uso de la estadística descriptiva para la representación de los resultados en forma tabular y gráfica, tal y como se presenta a continuación:

Tabla II. **Ejemplo de resultado tabular de datos técnicos en los que se vio afectado en sistema eléctrico guatemalteco por problemas en el SER**

Eventos derivados de problemas en el SER	Total perdida		Transacciones esperadas	
	MW demanda	MW generación	Importaciones	Exportaciones
Evento 1				
Evento 2				
Evento 3				
Evento 4				

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Ejemplo de resultado gráfico de datos técnicos en los que se vio afectado en sistema eléctrico guatemalteco por problemas en el SER**



Fuente: elaboración propia.

Respecto al análisis de los porcentajes de aprovechamiento que tienen los agentes del mercado mayorista guatemalteco que están inscritos en el MER, los datos se obtendrán realizando una evaluación de los beneficios que estos agentes tienen en dicho mercado y se utilizará estadística descriptiva para la representación de estos. Para el manejo de la información se utilizarán los programas Word y Excel del paquete de Microsoft Office. Un ejemplo de los resultados puede ser el siguiente:

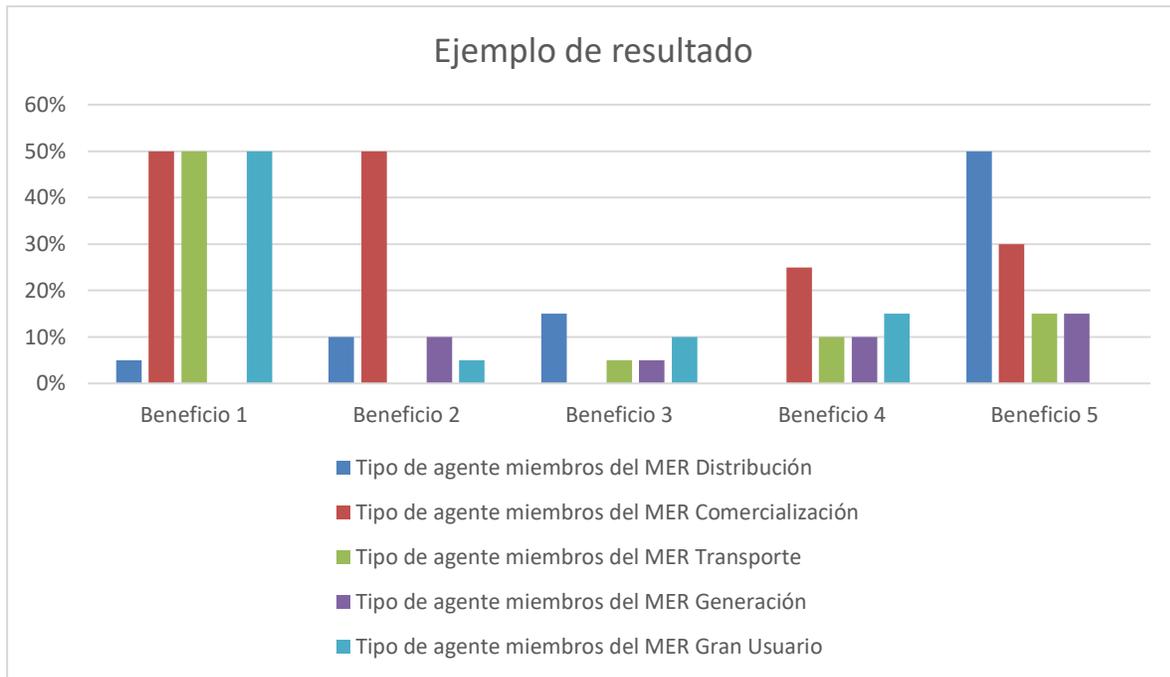
Tabla III. **Ejemplo de resultado tabular de porcentaje de aprovechamiento por tipo de agente**

Ejemplo: Tipo de agente miembro del MER					
	Distribución	Comercialización	Transporte	Generación	Gran Usuario
Beneficio 1	%	%	%	N/A	%
Beneficio 2	%	%	N/A	%	%
Beneficio 3	%	N/A	%	%	%
Beneficio 4	N/A	%	%	%	%
Beneficio 5	%	%	%	%	N/A

Fuente: elaboración propia.

Nota: el N/A significa que no aplica y se da para los casos en los que el beneficio no aplica para el tipo de agente.

Figura 11. Ejemplo de resultado gráfico de porcentaje de aprovechamiento por tipo de agente



Fuente: elaboración propia.

11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Se describen a continuación los recursos que deben ser considerados para la factibilidad de la investigación:

- **Recurso humano:** requerido por el estudiante de la maestría con el apoyo del asesor de tesis.
- **Recursos tecnológicos:** se utilizarán los programas Word y Excel del paquete de Microsoft Office de los cuales la licencia es proporcionada por el investigador.
- **Acceso a la información:** se cuenta con el acceso a la información requerida a través del compendio de normativas, leyes y reglamentos que son de acceso público en las páginas web de los distintos agentes involucrados en la investigación, así como las distintas bases de datos que están en las páginas web de los OS/OM correspondientes; los documentos que no se encuentren en la web, serán solicitados de la manera adecuada al ente regulador correspondiente.
- **Permisos o autorizaciones:** no se requiere de ningún permiso o autorización por parte de terceros ya que toda fuente de información utilizada es de dominio público.
- **Equipo:** el equipo de cómputo del investigador es el adecuado para realizar el proyecto; no es necesario equipo de cómputo avanzado.
- **Infraestructura:** los servicios e instalaciones necesarias para el desarrollo de la investigación serán los utilizados cotidianamente por el investigador.
- **Imprevistos:** se estima que los recursos imprevistos sean de un porcentaje medio.

- Recurso financiero: se describen los recursos monetarios necesarios para llevar a cabo el trabajo de investigación:

Tabla IV. **Recursos financieros necesarios para la investigación**

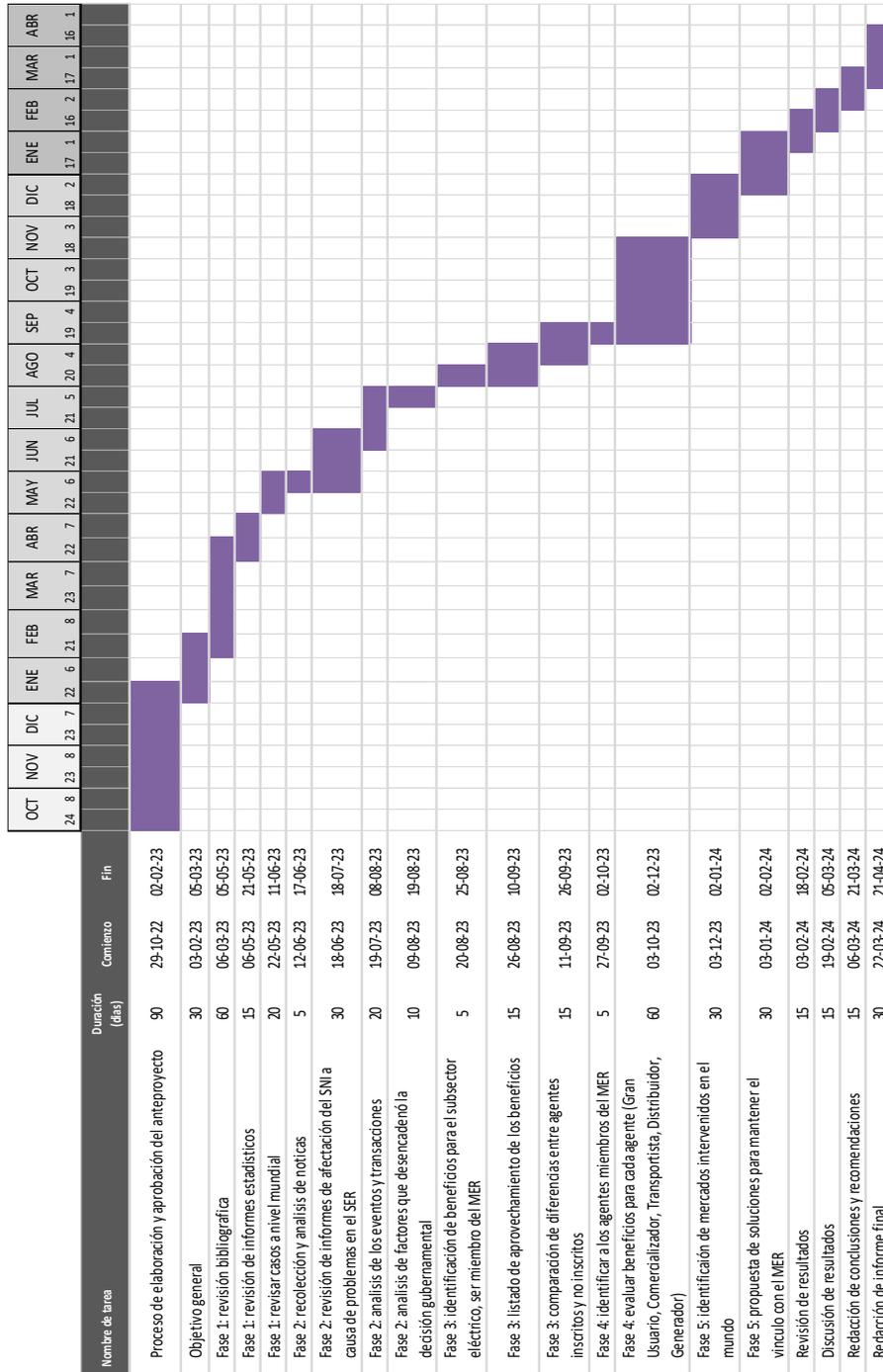
Tipo de recurso	Descripción	Subtotal
Humano	Asesoría y transporte del investigador	Q5,000.00
Tecnológico	Programas Word y Excel	Q0.00
Acceso a la información	Se toma en cuenta el acuerdo 94-2022. Arancel para el Cobro por Gastos de Reproducción de Documentación solicitada a la CNEE	Q270.00
Permisos	Ninguno	Q0.00
Equipo	Energía eléctrica e internet	Q500.00
Infraestructura	Ninguno	Q0.00
Imprevistos	Gastos varios	Q2,000.00
	Total	Q7,770.00

Fuente: elaboración propia.

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

A continuación, se presenta el cronograma a seguir a través de un Diagrama de Gantt:

Figura 12. Cronograma



Fuente: elaboración propia, elaborado con Microsoft Excel.

REFERENCIAS

1. Cayturo, F. J., Koung, J. L., & Rios, A. (2018). Interconexión de mercados transfronterizos de electricidad y la necesidad de políticas de coordinación. *TECNIA*, 28(2). Recuperado de <http://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnica/article/view/590>
2. Cherp, A., Adenikinju, A., Goldthau, A., Hernandez, F., Hughes, L., Jansen, J., ... Davidson, O. (2012). Energy and Security. En Global Energy Assessment Writing Team (Ed.), *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future* (pp. 325-384). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511793677.011>
3. Chester, L. (2010). Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. *Energy Policy*, 38(2), 887-895. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.039>
4. CRIE. (2014). *Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central y normas relacionadas*. Recuperado de <https://crie.org.gt/wp/wp-content/uploads/2016/10/Tratado-Marco-del-mercado-electrico-de-am%C3%A9rica-central-y-normas-relacionadas.pdf>
5. Echevarría, C., Jesurun-Clements, N., Mercado, J., & Trujillo, C. (2017). *INTEGRACIÓN ELÉCTRICA CENTROAMERICANA. Génesis, Beneficios y Prospectiva del Proyecto SIEPAC (Sistema de*

Interconexión Eléctrica de los Países de América Central). Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. Recuperado de Inter-American Development Bank website: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Integraci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-centroamericana-G%C3%A9nesis-beneficios-y-prospectiva-del-Proyecto-SIEPAC-Sistema-de-Interconexi%C3%B3n-El%C3%A9ctrica-de-los-Pa%C3%ADses-de-Am%C3%A9rica-Central.pdf>

6. Gerencia de Planificación y Vigilancia de Mercados Eléctricos. (2021). *Informe Estadístico 2021* (p. 124). Guatemala: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Recuperado de Comisión Nacional de Energía Eléctrica website: [https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%C3%ADstico%20GVP%20final%20\(1\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Informe%20estad%C3%ADstico%20GVP%20final%20(1).pdf)
7. Gómez-Cuevas, N. (2016). *Mercado de Oportunidad de la Energía en Guatemala: Un modelo teórico*. Recuperado de http://recursosbiblio.url.edu.gt/CParens/Revista/ECO/Numeros/15/06/06_ECO15.pdf#:~:text=Mercado%20de%20oportunidad%20o%20mercado,despacho%20de%20la%20oferta%20disponible.
8. *Ley General de Electricidad*. (1996). Recuperado de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>
9. Luis Roberto Reyes. (2015). *Seminario de Regulación Eléctrica en Centro América SIEPAC, Normativa institucional y Gubernamental-*

Armonización de Normas Regulatorias. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/3766031/>

10. Ministerio de Energía y Minas. (2017). *SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA.* Recuperado de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Subsector-El%C3%A9ctrico-en-Guatemala.pdf>
11. Ochoa, C., & van Ackere, A. (2015). Winners and losers of market coupling. *Energy*, 80, 522-534. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.11.088>
12. Oseni, M. O., & Pollitt, M. (2014). *Institutional arrangements for the promotion of regional integration of electricity markets: International Experience.* Energy Policy Research Group, University of Cambridge. Recuperado de Energy Policy Research Group, University of Cambridge website: <https://www.jstor.org/stable/resrep30406>
13. Oseni, M. O., & Pollitt, M. G. (2016). The promotion of regional integration of electricity markets: Lessons for developing countries. *Energy Policy*, 88, 628-638. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.007>
14. Paz, F. J. A. (2010). *Determinar los retos y las oportunidades que ofrece el Mercado Eléctrico Regional al mercado eléctrico de Guatemala* (Universidad de San Carlos de Guatemala). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5261/1/FERNANDO%20JOS%C3%89%20ALVAREZ%20PAZ.pdf>

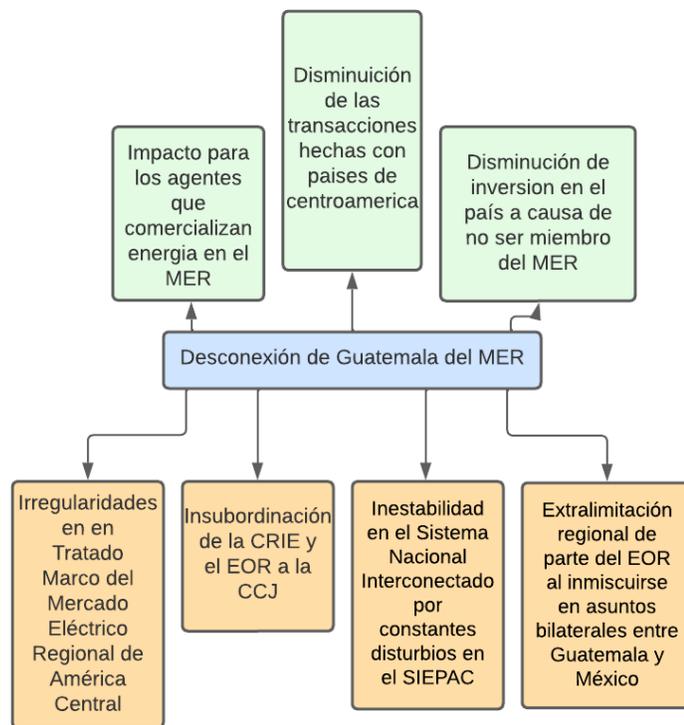
15. Rojas Castillo, J. A. (2016). *Evaluación de las implicaciones del nuevo marco regulatorio del mercado eléctrico en la región centroamericana, en el caso del mercado eléctrico de Guatemala, para las transacciones de electricidad hacia la región centroamericana* (Universidad de San Carlos de Guatemala). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_5410.pdf
16. Schelly, C., Bessette, D., Brosemer, K., Gagnon, V., Arola, K. L., Fiss, A., ... Halvorsen, K. E. (2020). Energy policy for energy sovereignty: Can policy tools enhance energy sovereignty? *Solar Energy*, 205, 109-112. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.056>
17. Thaler, P., & Hofmann, B. (2022). The impossible energy trinity: Energy security, sustainability, and sovereignty in cross-border electricity systems. *Political Geography*, 94, 102579. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102579>
18. Tovar, J. H., & Ventura, V. H. (2016). *Análisis de opciones para incrementar las transacciones de energía eléctrica por la interconexión México- Guatemala-Centroamérica*. México: CEPAL. Recuperado de CEPAL website: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40123-analisis-opciones-incrementar-transacciones-energia-electrica-la-interconexion>
19. Unidad de Planeación Energético Minero. (2017). *Plan de Expansión del Sistema de Generación y Transporte 2018-2032* (p. 180). Guatemala: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de

Ministerio de Energía y Minas website:
[https://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/Docs/PlanDeExpansion
GeneracionyTransporte2018-2032.pdf](https://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/Docs/PlanDeExpansionGeneracionyTransporte2018-2032.pdf)

20. Wittig, M. F. A. (2020). *MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA Y POSIBILIDADES DE INVERSIÓN* (p. 27). Administrador del Mercado Mayorista. Recuperado de Administrador del Mercado Mayorista website:
[https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb_dl=610Gu%C3%ADa%20para%20inversiones%20mercado%20el%C3%A9ctrico%20de%20Guatemala%20-VF-\[4\]%20\(1\).pdf](https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb_dl=610Gu%C3%ADa%20para%20inversiones%20mercado%20el%C3%A9ctrico%20de%20Guatemala%20-VF-[4]%20(1).pdf)

APÉNDICES

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

