



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA
DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL
IMPACTO DEL SARS-COV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA**

David Estuardo Gabriel Mancilla

Asesorado por el Ing. Roberto Orozco Molina

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA
DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL
IMPACTO DEL SARS-COV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DAVID ESTUARDO GABRIEL MANCILLA
ASESORADO POR EL ING. ROBERTO OROZCO MOLINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL IMPACTO DEL SARS-COV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 1 de julio de 2021.

David Estuardo Gabriel Mancilla

Ref. *EEPM-0825-2021*
Guatemala, 12 de julio de 2021

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

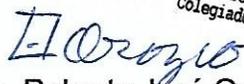
Estimado Ing. Rivera:

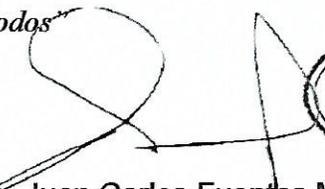
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL IMPACTO DEL SARS-CoV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante **David Estuardo Gabriel Mancilla** carné número **200611025**, 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 Energía y Ambiente.

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.

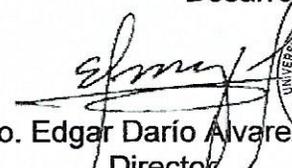
"Id y Enseñad a Todos"

Roberto José Orozco Molina
Ingeniero Electrónico
Colegiado No. 10,610


Mtro. Roberto José Orozco Molina
Asesor


Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético




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





EEP-EIME-021-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica 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 DE LOS CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL IMPACTO DEL SARS-CoV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario David Estuardo Gabriel Mancilla, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Guatemala, julio de 2021

DTG. 427-2021

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 DE LOS CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL IMPACTO DEL SARS-COV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **David Estuardo Gabriel Mancilla**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y, sobre todo, felicidad.

Mis padres

Roberto Gabriel Ralda y Elisa Mancilla Bautista, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación. Sobre todo, por ser un ejemplo de vida a seguir.

Mis hermanos

Roberto, Álvaro, Luis y Juan Gabriel Mancilla, por su apoyo y por compartir la mejor y más alegre infancia que pude tener.

Raquel Ramírez

Por su apoyo incondicional, su consejo y por motivarme a alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

A la gloriosa Tricentenario, por ser mi casa de estudios y permitir mi formación académica como profesional, de la cual estoy orgulloso de egresar.

Facultad de Ingeniería

Por proveer los recursos necesarios para alcanzar parte importante de mi superación personal.

**Escuela de Ingeniería
Mecánica Eléctrica**

Por la formación profesional y el conocimiento transmitido.

Roberto Orozco

Por compartir su conocimiento y experiencia para la elaboración de este diseño de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Generalidades	3
2.1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas	3
2.1.1.1. Análisis a nivel internacional	4
2.1.1.2. Análisis a nivel nacional	12
2.1.2. Discusión de resultados de investigaciones previas	14
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	27
7.1.	Sistema eléctrico.....	29
7.1.1.	Generación	29
7.1.2.	Precio Spot	31
7.1.3.	Demanda	32
7.1.4.	Mercado Mayorista	32
7.2.	Relación de la demanda eléctrica y el COVID-19	32
7.3.	Cambios en la demanda de energía	32
7.4.	¿Cómo calcular el efecto en el consumo eléctrico?.....	33
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	37
9.	METODOLOGÍA	41
9.1.	Tipo de la investigación o propuesta	41
9.2.	Diseño de la investigación o propuesta.....	41
9.3.	Enfoque de la investigación o propuesta.....	41
9.4.	Variables	42
9.4.1.	Operacionalización de variables.....	42
9.5.	Universo y población de estudio.....	43
9.5.1.	Criterios de inclusión	43
9.5.2.	Criterios de exclusión	43
9.6.	Muestreo	43
9.7.	Hipótesis	45
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	47
11.	CRONOGRAMA	51

12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	53
12.1.	Costo del estudio	54
13.	REFERENCIAS.....	55
14.	APÉNDICES	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Comparación de la demanda de electricidad de Ontario	10
2.	Demanda diaria de electricidad en Florida	11
3.	Demanda diaria del sistema nacional interconectado.....	16
4.	Ubicación del área de estudio	24
5.	Sistema Nacional Interconectado.....	25
6.	Producción de energía por tipo de tecnología.....	31
7.	Cronograma de ejecución.....	51

TABLAS

I.	Operacionalización de variables.....	42
II.	Valores k y niveles de confianza	44
III.	Costos del estudio	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
US\$	Dólar estadounidense
kWh	Kilovatio hora
kW	Kilovatio
MW	Megavatio
%	Porcentaje

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista, entidad privada encargada de coordinar las transacciones de los participantes del mercado mayorista de electricidad y de velar por la calidad y seguridad del suministro de energía eléctrica.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Es el órgano técnico encargado de cumplir y hacer cumplir la Ley General de Electricidad.
Despacho económico	Es el despacho de las unidades de generación optimizando el mínimo costo para garantizar el abastecimiento de la demanda del Sistema Nacional Interconectado.
Despacho	Se refiere al despacho económico de carga que realiza el Administrador del Mercado Mayorista.
Matriz energética	Es la combinación de fuentes de energía que se utilizan en una zona geográfica.
MM	Mercado Mayorista.
POE	Precio de Oportunidad de la Energía.

**Precio de
oportunidad
energía**

Es el valor de costo marginal de corto plazo de la de energía en cada hora, definido como el costo en **la** que incurre el sistema eléctrico para suministrar un kilovatio – hora adicional de energía a un determinado nivel de demanda de potencia.

SMEC

Sistema de Medición Comercial.

SNI

Sistema Nacional Interconectado.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es identificar si el impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) ha generado cambios en la demanda y en la generación del sistema nacional interconectado y en la matriz energética de Guatemala.

Dentro del contenido de este informe de protocolo se describen los resultados de investigaciones previas a nivel internacional y nacional sobre el impacto que, las medidas de contención tomadas por los gobiernos, para combatir el SARS-CoV-2, tuvieron sobre los mercados eléctricos a nivel mundial. Se plantea la descripción general del problema de investigación, debido a que se desconocen los impactos en la matriz energética y en el sistema nacional interconectado consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.

Según Werner, Komatsuzaki y Pizzinelli (2021), “el servicio eléctrico es fundamental para el desarrollo de la actividad económica de cualquier país” (párr. 1), se desarrolló un marco teórico preliminar con conceptos y teorías que son la base para el desarrollo de la investigación.

Existen varios factores que pueden incidir en los cambios de la demanda y la generación de energía en el sistema eléctrico de un país.

Según Alea Soft Energy (2018):

Hay factores internos que tienen un peso importante a la hora de determinar el precio mayorista de la electricidad, la temperatura, la nubosidad y la

radiación solar, las precipitaciones, la velocidad del viento o la actividad económica e industrial, influyen en el precio resultante del mercado mayorista de electricidad. (p. 1)

Según Alea Soft Energy (2018) podemos asociar que los efectos en la actividad económica y social durante la pandemia están vinculados al distanciamiento social, esta medida provoca una reducción significativa de la demanda por el cierre de industrias y del comercio.

En el marco metodológico, de este informe de protocolo, está definido el tipo y diseño de la investigación, el enfoque, las variables, hipótesis, métodos de análisis y recolección de datos, así como otros aspectos que influyen dentro del presente estudio para poder determinar con certeza las causantes de los cambios en la generación y demanda del sistema nacional interconectado.

Esta investigación es importante para entender el comportamiento del mercado eléctrico durante la crisis de la pandemia, estos resultados ayudan a prever y establecer mejores soluciones y prácticas para escenarios futuros. En el marco metodológico se desarrolló un cronograma de actividades y se hizo una estimación de Q 60,750.00 de gastos para la realización del estudio.

Al considerar los aspectos técnicos, económicos y sociales se determina que es factible la realización de la investigación. Como resultado del estudio se espera obtener un análisis completo del comportamiento de la demanda, la generación y del cambio en la matriz energética durante la pandemia comparado con el comportamiento prepandemia. Por último, se presenta una propuesta de índice de contenido para la elaboración del informe final.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial (2020) “A medida que el virus se propaga por el planeta, la pregunta es ahora si se pueden proteger las vidas de las personas y detener los daños económicos” (párr.1).

La crisis causada por el coronavirus propone cambios en las sociedades que afecta la vida de las personas debido a las decisiones políticas y económicas que se han adoptado para minimizar los contagios.

Según Agdas y Barooah (2020) “Un suministro fiable de electricidad es un servicio fundamental para el funcionamiento de una sociedad. Dado que una gran parte de la fuerza de trabajo está trabajando desde casa debido a la pandemia de COVID-19” (p. 151523).

Para la realización de la presente investigación, se pretende identificar los cambios en la matriz de generación, por tipo de tecnología de generación, así como demostrar los cambios en la demanda de energía y potencia en el sector eléctrico de Guatemala.

En el primer capítulo se describen y analizan los resultados de investigaciones previas a nivel internacional y nacional; en el segundo capítulo se plantea la descripción general del problema de investigación, debido a que se desconocen los impactos en la matriz energética y en el sistema nacional interconectado; el capítulo tres incluye el marco teórico preliminar, el capítulo cuatro describe el marco metodológico, en el capítulo cinco se muestra el desarrollo del cronograma de actividades y se presenta la estimación de gastos

para la realización de la investigación; el capítulo seis abarca el análisis de la factibilidad del estudio, el capítulo siete incluye la propuesta de índice de contenido; por último se presentan las referencias y los apéndices.

2. ANTECEDENTES

Dentro del contenido de la presente capítulo se describen y analizan los resultados de investigaciones previas, que están relacionadas con el desarrollo de la investigación, que permitan entender cómo las medidas de contención, tomadas para combatir el SARS-CoV-2, afectaron sobre los mercados eléctricos en diferentes países alrededor del mundo.

2.1. Generalidades

Según el Finanzas y Desarrollo (2020) “Así como las políticas públicas adoptadas en respuesta a la crisis financiera de 2007–08 variaron según el país y la economía política local, también las respuestas a la pandemia de COVID-19 varían por razones sanitarias, económicas y políticas” (p.5). Por lo que es importante la recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional para obtener un mejor enfoque del estudio.

2.1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, es importante la recopilación de investigaciones como antecedentes del tema a nivel nacional y de otros países que permitan obtener un mejor enfoque para el desarrollo de la investigación. El resultado de este análisis se muestra en el siguiente apartado.

2.1.1.1. Análisis a nivel internacional

Como lo explica Santiago (2021) Abordar la calidad de vida de los colaboradores en un contexto sujeto a las alteraciones constantes producidas por la pandemia COVID-19 es un paso esencial para gestionar un cambio pleno de cultura que pone a prueba la capacidad adaptativa personal y organizacional, además de impactar en el grado de compromiso y adhesión que percibe el empleado respecto a las decisiones tomadas y al interés corporativo acerca de sus necesidades. El objetivo de esta investigación ha sido analizar la relación de la pandemia COVID-19 y la calidad de vida de una organización del sector eléctrico colombiano a través de un diseño no experimental, transversal y correlacional/causal con un enfoque cuantitativo.

Los principales resultados obtenidos son los siguientes: se establecen relaciones significativas de 0,831; 0,624; 0.853 y 0,526 entre la variable independiente y la variable completa dependiente calidad de vida junto con sus tres dimensiones de estudio, bienestar físico, bienestar emocional y desarrollo personal/profesional, confirmándose además un incremento en la percepción de la calidad de vida con las nuevas condiciones laborales por parte de un 73 % de las personas encuestadas (p. 91).

Según Santiago (2021) se puede concluir que derivado de las nuevas condiciones sociales establecidas en Colombia, por la pandemia, existe una relación directa con las nuevas actividades de desempeño organizacional que obligan a nuevas condiciones laborales que aumentan el trabajo desde el hogar y cambian los patrones de consumo de energía.

Chueca, Ravillard y Hallack (2020) dice que Los países que declararon medidas de cuarentena en diferentes momentos y con diferentes niveles de exigencia. Perú, por ejemplo, declaró una cuarentena general el 16 de marzo y las caídas fueron enormes, ya desde la primera semana alcanzando una reducción de cerca del 32 %. También es el caso de Paraguay donde desde el 20 de marzo se decretó la cuarentena que impuso una reducción de hasta el 28.1 % de la demanda.

En Bolivia, donde también se decretaron medidas tempranas el 22 de marzo, se puede ver cómo se dio una reducción rápida de la demanda de hasta el 26.69 %. Mientras en Chile, sin embargo, se tomaron medidas de cuarentena que afectaban a una parte determinada del país el 26 de marzo, motivando un decrecimiento parcial de la demanda que se estabiliza por ahora a la semana siguiente en torno al 9 % (párr. 2-3).

De acuerdo con Chueca *et al.*, (2020) se puede resaltar que, los países cuyos gobiernos decretaron medidas severas para contener la propagación de la pandemia, en los primeros meses, estas medidas provocaron que los consumos de energía y potencia cayeran y se empezaran a estabilizar conforme se fueron suavizando de las medidas de prevención. Mientras que en los países que no tomaron medidas tan drásticas respecto al coronavirus mantuvieron un consumo estable comparado al mes de febrero del 2020.

Como lo explica Ortega, Sanint y Jaramillo (2020) Durante el año 2019, un grupo de investigadores de Energética 2030 nos dimos a la tarea de desarrollar un ejercicio prospectivo sobre el futuro del sector energético colombiano hasta el año 2030. Para hacerlo, hicimos una revisión de escenarios previos de distintas agencias y organismos, entrevistamos a los líderes de las compañías más importantes del sector eléctrico, y realizamos

talleres con empresas, instituciones gubernamentales, académicos y miembros de la sociedad civil. Los escenarios que planteamos en ese momento se entendían como proyecciones futuras que no consideraban fuertes disrupciones externas.

Sin embargo, la pandemia global del COVID-19 declarada en febrero de 2020, está generando profundos impactos económicos, políticos, sociales, culturales y tecnológicos a nivel global. Esto era algo que no hubiéramos podido considerar en nuestros escenarios iniciales. Los países que declararon medidas de cuarentena en diferentes momentos y con diferentes niveles de exigencia. Perú, por ejemplo, declaró una cuarentena general el 16 de marzo y las caídas fueron enormes ya desde la primera semana alcanzando una reducción del 32 %. También es el caso de Paraguay donde desde el 20 de marzo se decretó la cuarentena que impuso una reducción de hasta el 28.1 % de la demanda (p. 4).

De lo descrito por Ortega, Sanint y Jaramillo (2020) durante las primeras etapas de la pandemia en Colombia, el gobierno tomó ciertas medidas que influyeron tanto a nivel económico como social generando una disminución en la demanda de energía eléctrica de 17 %, de seguir ese comportamiento, el sector eléctrico se verá afectado tanto en el crecimiento económico como en el desarrollo del mercado.

Según Alzúa y Gosis (2020) Algunas estimaciones de alta frecuencia de las primeras cuatro semanas de la cuarentena mostraron efectos diferentes en los distintos sectores económicos. Según datos de CAMMESA (la empresa que gestiona el mercado mayorista de electricidad), la demanda diaria promedio de electricidad de los grandes usuarios disminuyó en un 36,5 % en comparación con las tres semanas anteriores al cierre. El sector

alimentario y productos alimenticios básicos registró una disminución de apenas el 10,4 %, mientras que en los sectores minorista y de servicios la contracción aumento al 49,4 %. En lo que toca a los servicios públicos y el transporte, la disminución de la demanda de electricidad fue del 16,2 %.

El sector manufacturero registró la mayor caída, con una disminución promedio del 48,7 %, aunque existen importantes diferencias entre subsectores: la construcción (-81,9 %), los textiles (-80,1 %), los metales básicos y la metalmecánica (-76,3 %) y el sector automovilístico (-74,8 %) sufrieron las mayores caídas, mientras que la madera y el papel (-29 %), los productos químicos, plásticos, etc. (-21,9 %) y la refinería de petróleo (-21,9 %) presentaron las menores disminuciones. La demanda de electricidad de la actividad minera disminuyó un 28,5 %, mientras que la del sector petrolero solo disminuyó un 2,6 % (p. 10).

Alzúa y Gosis, (2020) Existe una relación entre la demanda de electricidad y las medidas adoptadas para mitigar los contagios por coronavirus en Argentina, las medidas generan cambios en el comportamiento y las actividades de la sociedad que impactan en los consumos de energía.

Hallack y Yopez (2020) afirman que, desde el punto de vista técnico, las interrupciones de las cadenas de producción de materiales y la insuficiencia de recursos humanos para reactivar la economía demandará un esfuerzo grande para garantizar que la recuperación económica cuente con el suministro energético suficiente para facilitar la recuperación.

Asimismo, desde el punto de vista económico, es probable que muchas empresas del sector tengan problemas de liquidez como resultado de la caída de la demanda y la obligación de pagar contratos por oferta

contratada en base firme. El impacto dependerá del papel del gobierno en garantizar los servicios de energía durante la crisis y de cómo los diseños de mercado distribuyen los riesgos de demanda entre los diferentes agentes del sector (p. 5).

Hallack y Yopez (2020) indica que existe una crisis económica consecuencia del coronavirus que repercute en los cambios de los consumos de energía a nivel residencial e industrial que obliga al sector eléctrico a adaptar su matriz energética y sus fuentes primarias de generación.

De acuerdo con Moreno, Sánchez y Suazo (2020) Este artículo analiza el impacto de las cuarentenas asociadas al COVID-19 en la demanda de energía eléctrica desagregada por tipo de cliente (residencial, comercial e industrial) en Chile. además, se analiza el impacto del COVID-19 en los consumos eléctricos de distintos niveles socioeconómicos de Santiago, Chile.

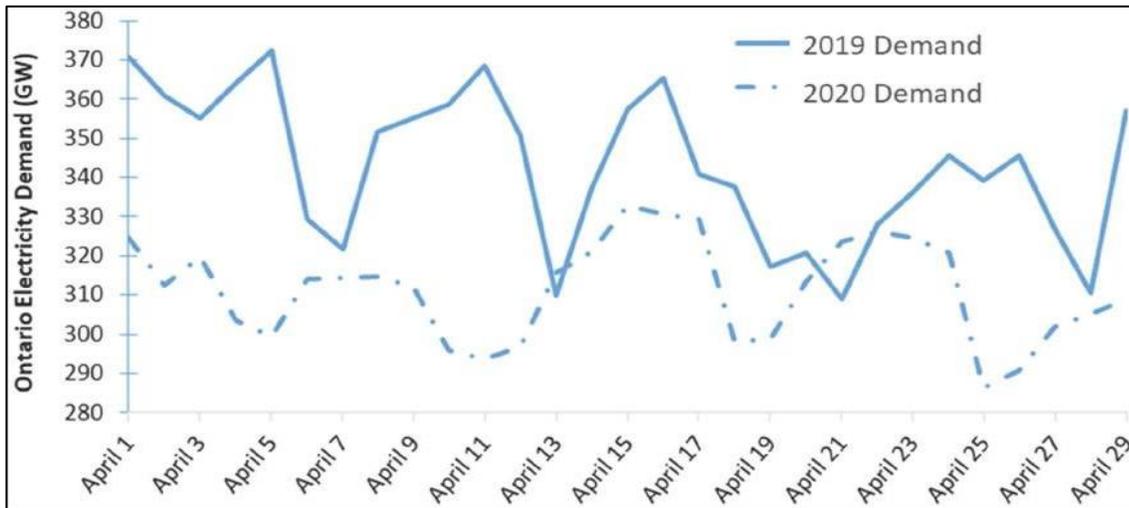
Este análisis demuestra que el impacto del COVID-19 en el consumo eléctrico varía ampliamente según el tipo de consumidor. Con respecto a consumidores regulados, por ejemplo, los pequeños comercios mostraron una baja importante en sus consumos. En este sentido, las comunas de Santiago y las Condes alcanzaron caídas superiores al 40 % con respecto a la situación inmediatamente prepandemia. Esto es consistente con la desaceleración de la economía (p. 140).

De lo descrito por Moreno *et al.*, (2020) podemos concluir que existen varios factores que afectan el cambio de la demanda de electricidad, desde los factores que inciden en el precio del petróleo que afecta directamente en la generación térmica, hasta el nivel socioeconómico de las familias.

Según Abu-Rayash y Dincer (2020) La batalla global contra esta pandemia con sus ramificaciones socioeconómicas refuerza la demanda de acción global contra el cambio climático y la crisis ambiental. De hecho, el mundo pudo experimentar de primera mano cómo la falta de preparación es catastrófica en tiempos de emergencia. Esta pandemia ha tenido un impacto vívido a nivel mundial en tiempos de crisis. Desde el punto de vista medioambiental, los cierres industriales en China estiman una reducción de las emisiones de CO₂ de aproximadamente el 25 % en febrero de 2020 en comparación con el mismo mes de 2019.

La repentina reducción de la actividad económica a nivel mundial ha dado como resultado algunas mejoras ambientales a corto plazo, incluidas reducciones significativas en la contaminación del aire local y las emisiones de gases de efecto invernadero en muchos países, particularmente en áreas urbanas. Además, la demanda de energía ha caído debido al cierre y cese de varios sectores industriales y económicos. Por lo tanto, el impacto de esta pandemia tendrá un efecto continuo a largo plazo en varios aspectos del estilo de vida (p. 2).

Figura 1. **Comparación de la demanda de electricidad de Ontario**



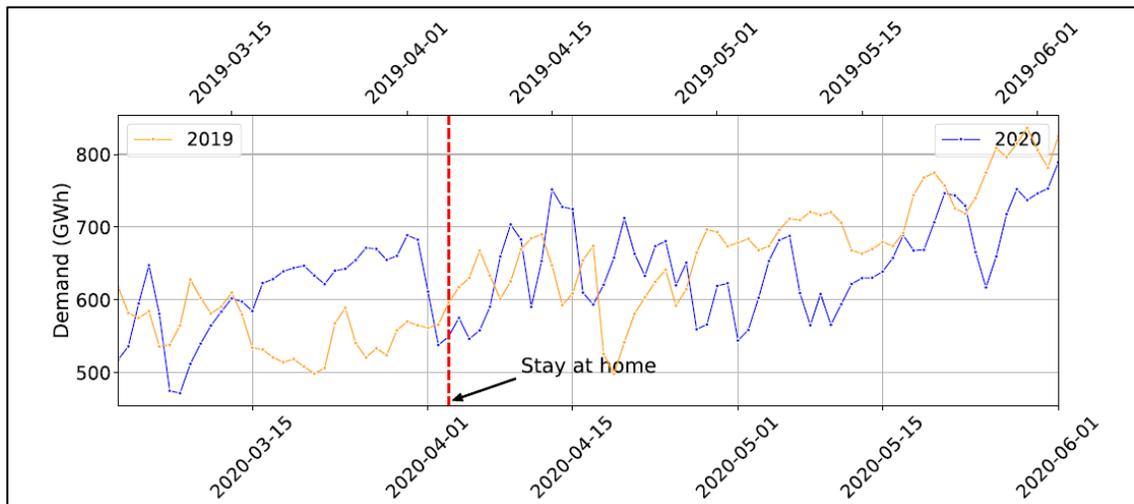
*Esta gráfica muestra la comparación de la demanda de electricidad de Ontario Canadá para el mes de abril de 2019 y 2020.

Fuente: Abu-Rayash y Dincer. (2020). *Analysis of the electricity demand trends amidst the COVID-19 coronavirus pandemic*. Consultado el 30 de marzo de 2021. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7331303/#b0055>

Abu-Rayash y Dincer (2020) analiza el impacto del coronavirus desde un punto de vista medioambiental, resaltando los beneficios para el medio ambiente que generaron las medidas para combatir la pandemia. Los cambios en la generación de energía de hasta un 25 % en China, impactaron directamente en las fuentes primarias de generación, reduciendo la participación de los combustibles fósiles para la generación de electricidad, siendo los días más afectados los fines de semana. Esta reducción en el uso de combustibles fósiles se vio reflejada en una baja en la producción de gases de efecto invernadero en esa región.

Como lo mencionan Agdas y Barooah (2020) La tendencia diaria de la demanda de electricidad en Florida, aparte de una caída temporal justo antes y después de la orden de quedarse en casa en todo el estado, la demanda diaria tiene una tendencia general creciente durante el período de dos meses de marzo a mayo de 2020. La tendencia tampoco parece estar correlacionada con la del mismo período en 2019. La falta de una tendencia clara indica que, si la pandemia ha tenido un impacto en la demanda de electricidad, solo se aclarará una vez que se tenga en cuenta el efecto del clima (p. 151524).

Figura 2. **Demanda diaria de electricidad en Florida**



Nota: Esta gráfica muestra la demanda diaria de electricidad en Florida para marzo – mayo 2019 y 2020.

Fuente: Agdas y Barooah. (2020). *Impact of the COVID-19 Pandemic on the U.S. Electricity Demand and Supply: An Early View From Data*. Consultado el 2 de mayo de 2021. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=9169615>.

Según Agdas y Barooah (2020) la tendencia diaria de la demanda en Florida mostro una caída temporal al inicio de la pandemia, pero se empezó a recuperar y tiene una tendencia al alza para el periodo analizado, la falta de una tendencia clara, indica que, si la pandemia ha tenido un impacto en la demanda de energía, también deben tomarse en cuenta otros factores como el clima para hacer un análisis más certero de los cambios.

2.1.1.2. Análisis a nivel nacional

Según Levy (2020):

La temporalidad de la crisis es crítica en los efectos que se tengan. Si es de corto plazo, la transmisión no se verá afectad, dado que la absoluta mayoría de estos costos son fijos, salvo en los pagos de la deuda que pueda tener. También podría declarar fuerza mayor y posponer los pagos. La distribución tampoco se verá afectada en su capacidad de prestar el servicio por la misma razón.

En el caso de los generadores la situación es variada. Los generadores con energías renovables tienen una situación similar a los transmisores; la absoluta mayoría de sus activos son fijos. Los generadores térmicos enfrentan una situación distinta. En general, y dependiendo del tipo de combustible, este tiene una participación entre un 40 % y un 60 % en la estructura de costos. A menor demanda, menor consumo, y menores gastos, pero la reducción no es directa porque hay cierto consumo de combustibles cuando no se produce energía, y la eficiencia cae cuando no se produce a plena capacidad (p. 6).

Según Levy (2020) podemos concluir que el impacto sobre la matriz energética dependerá del tiempo que duren las medidas de mitigación de la pandemia, y serán más afectados los generadores que utilizan combustibles fósiles como fuente de generación.

Según Ente Operador Regional (2020):

Respecto a la reducción del consumo interno de energía eléctrica en los países de marzo a junio de 2020, tenemos que Guatemala tuvo una caída de su demanda de 239 GWh (Gigavatios hora), que corresponde al 6.6 % en comparación al consumo de electricidad del año 2019.

Al comparar el acumulado de las inyecciones programadas de Guatemala al MER, se observa una disminución del 22.7 % en el periodo de enero a junio de 2020, respecto al mismo periodo del 2019. La reducción de la actividad industrial y el comercio durante los periodos de cuarentena en los países de la región, conllevó a una reducción del consumo de electricidad, impactando en la reducción de las transacciones de energía en el MER, esto provocó en la red de transmisión regional, un desahogo en su capacidad de transmisión y generó condiciones para que El Salvador, que históricamente ha sido un importador de electricidad en el MER, en algunos días de abril y mayo, se comportará como un exportador neto de energía hacia el MER (pp. 4-8).

Según el Ente Operador Regional (2020) existe una variación en las transacciones de energía en el mercado eléctrico regional y en los consumos internos propios de Guatemala, que podrían ser consecuencia de las medidas tomadas durante la pandemia.

2.1.2. Discusión de resultados de investigaciones previas

De los antecedentes revisados, según Chueca, Ravillard *et al.*, coinciden que las medidas tomadas para el manejo de la pandemia en diferentes países han generado cambios en las actividades sociales y económicas, esto incide en los patrones de consumo de electricidad, comparado con el comportamiento de la demanda de electricidad prepandemia. Resalta en sus investigaciones una disminución en los consumos de electricidad que coinciden con los puntos más críticos de la pandemia, este cambio en la demanda afecta la participación de las diferentes fuentes de energía primaria en la matriz energética y en los precios de oportunidad de los mercados eléctricos.

Sin embargo, en algunos antecedentes consultados, como lo indican Agdas, Barooah y Levy, el comportamiento durante la pandemia del sector eléctrico, específicamente en la demanda de energía, no sufrió mayores cambios incluso en algunos periodos llegando a tener una tendencia al alza. Pero se debe identificar si estos cambios en los precios de la energía están ligados únicamente al cambio de la demanda por acciones de mitigación de la pandemia, o si también influye aspectos como el clima y los precios variantes de los combustibles utilizados para la generación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describen aspectos sobre el impacto que el COVID-19 ha generado en el mercado eléctrico de Guatemala, a lo largo de la situación que inicio el 13 de marzo del 2020 y a la fecha aún tiene un impacto en la matriz energética.

- Descripción general del problema

Existen varios factores que afectan el cambio de la demanda de electricidad, desde los factores que inciden en el precio del petróleo que afecta directamente en la generación térmica, hasta los cambios en los comportamientos económicos y sociales.

Debido a los cambios en las actividades desde el comienzo de la pandemia en marzo de 2020, se genera un impacto en la demanda y en la generación de energía y potencia del Sistema Nacional Interconectado por lo que el sector se ve afectado de diferentes maneras en el corto y mediano plazo.

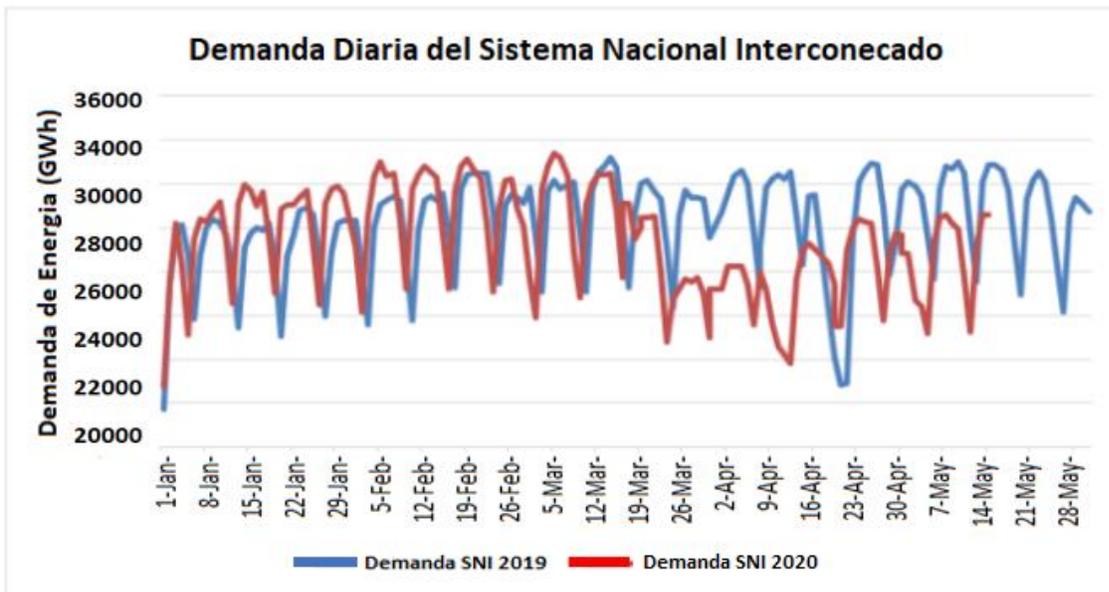
- Definición del problema

Existen cambios en las actividades sociales y económicas que pueden llegar a afectar el comportamiento del mercado eléctrico de un país. Se desconocen los cambios en la matriz energética y en la demanda del Sistema Nacional Interconectado de Guatemala que puedan ser consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 en Guatemala.

- Problemas específicos

Según Levy (2020) “Entre el 18 de abril y el 14 de mayo del 2020, se experimentó en Guatemala una caída en la demanda del 8.7 %. Si comparamos las dos semanas posteriores al primer caso de COVID-19, la caída fue casi un 22 %” (párr. 3). Estos cambios en la demanda de energía y potencia, que podrían estar vinculados a las medidas tomadas para minimizar los contagios por coronavirus, inciden en el precio de oportunidad de la energía y en la participación de las diferentes tecnologías de generación, que conforman la matriz energética. Y aunque según Levy se estima que la demanda residencial aumento, esta es inferior a la demanda de los demás sectores afectados.

Figura 3. **Demanda diaria del sistema nacional interconectado**



Fuente: Levy. (2020). *El impacto de Covid19 en el sector eléctrico guatemalteco*. Consultado el 2 de mayo de 2021. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/el-impacto-de-covid-19-en-el-sector-electrico-guatemalteco/>.

- Delimitación del problema

El estudio se pretende realizar en Sistema Nacional Interconectado de Guatemala, los meses de estudio serán de marzo del año 2020 a marzo del año 2021, comparándolos con la información de los mismos meses del año 2019.

- Pregunta principal de investigación

¿Cuáles son los cambios en la matriz energética y en la demanda del Sistema Nacional Interconectado por el impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala?

- Preguntas complementarias de investigación

- ¿Cuál es el impacto en el Precio de Oportunidad de la Energía (POE) respecto al 2019 y 2020 consecuencia del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala?
- ¿Cómo se afectó la demanda en el Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala?

4. JUSTIFICACIÓN

La llegada del SARS-CoV-2 (COVID-19) a Guatemala, provocó una serie de medidas tomadas por el gobierno para evitar su expansión, medidas que llevaron a la suspensión de actividades no esenciales durante los primeros meses de la pandemia en nuestro país.

Según el Werner *et. al.*, (2021) “estas medidas generan impactos muy fuertes tanto en el sector salud como en el sector económico, estos cambios en las actividades económicas impactan en el sector de la energía” (párr. 1).

Desde el 13 de marzo con el primer caso positivo de COVID-19 en Guatemala, el gobierno implemento medidas de contención que incluyeron el toque de queda a partir de cierta hora, extendiéndolo a 24 horas los días domingo y medidas de restricción de movilidad que incidieron en la demanda de potencia y energía.

Según Chueca *et. al.*, (2020) “Entender y prever la demanda en el contexto de crisis, y la diferencia con la demanda esperada precrisis, permite estimar el efecto colateral del coronavirus en el sector eléctrico y establecer mejores soluciones y prácticas para tratar el problema”. (párr. 3)

El desarrollo de la investigación del presente protocolo es para determinar si las medidas tomadas para minimizar los contagios provocan cambios en las actividades económicas que se vean reflejados en la matriz energética y en la demanda de potencia y energía del Sistema Nacional Interconectado.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Identificar los cambios en la matriz energética y en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) en Guatemala.

5.2. Específicos

- Identificar el impacto en el Precio de Oportunidad de la Energía (POE) respecto al 2019 y 2020 consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.
- Determinar el efecto en la demanda de potencia y energía del Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.
- Cuantificar el efecto en la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología de las centrales generadoras en Guatemala.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

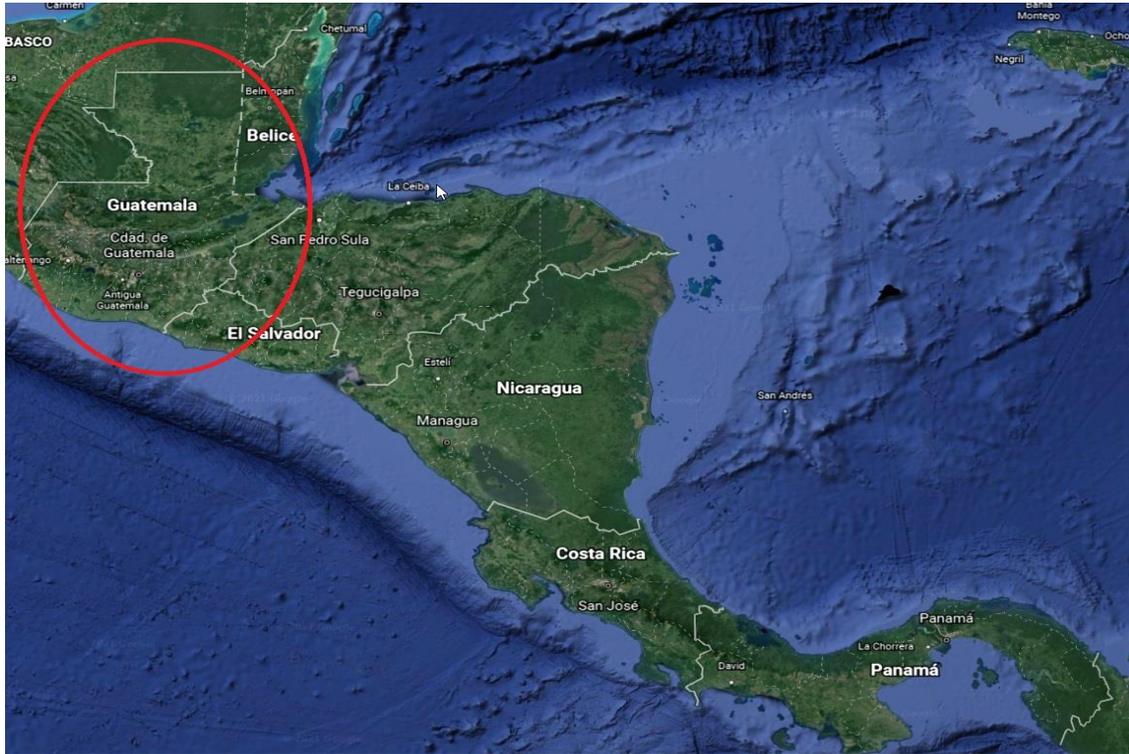
- Necesidades por cubrir o a satisfacer

Las medidas tomadas para mitigar los contagios por coronavirus generaron impactos colaterales en los consumos de energía, aún se desconoce si estos cambios fueron directamente por esas medidas o si hubo otros factores que pudieron generar esos cambios. Con esta investigación se pretende identificar si el impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en el mercado eléctrico de Guatemala, genero cambios en la demanda y en la generación del sistema nacional interconectado, propiamente en la matriz energética.

- Ubicación del área o lugar en estudio

El área en estudio es el Sistema Nacional Interconectado (SNI) de Guatemala, por medio del Sistema de Medición Comercial (SMEC), utilizado por el Administrador del Mercado Mayorista para la obtención de los datos del sistema nacional interconectado y elaboración del informe público de posdespacho diario.

Figura 4. **Ubicación del área de estudio**



Fuente: Google Earth Pro. (2021). Consultado el 20 de junio de 2021. Recuperado de shorturl.at/jlFT2.

- Localización del área o lugar en estudio

Para el Sistema Nacional Interconectado de Guatemala, el Sistema de Medición Comercial (SMEC) es utilizado por el Administrador del Mercado Mayorista para monitorear y obtener información en tiempo real del 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 eléctrico.

Figura 5. Sistema Nacional Interconectado



*Esta figura muestra la conformación del Sistema Nacional Interconectado de Guatemala.

Fuente: Administrador del Mercado Mayorista. (2019). *Informe estadístico*. Consultado el 20 de junio de 2021. Recuperado de https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2019/INFEST20190101_01.pdf.

7. MARCO TEÓRICO

Los factores que pueden incidir en los cambios de la demanda y la generación de energía en el sistema eléctrico de un país varían desde el clima hasta el cambio en las actividades económicas.

Según Ente Operador Regional (2020) La crisis del coronavirus genera cambios en todos los niveles económicos y sociales, los efectos de corto plazo están asociados al distanciamiento social, esta medida provoca una reducción significativa de la demanda por el cierre de industrias y del comercio (p. 2).

El 31 de diciembre de 2019, el municipio de Wuhan en la provincia de Hubei, República Popular de China, informó un grupo de casos de neumonía con etiología desconocida. El 9 de enero de 2020, el Centro Chino para el Control y la Prevención de Enfermedades (China CDC) informó sobre un nuevo coronavirus como agente causante de este brote (Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud, 2020, p. 1).

Generalmente, las demandas eléctricas a niveles de alta y media tensión tienen un suave perfil de demanda de carga y fuertes relaciones explicativas con variables exógenas, como las condiciones meteorológicas y las tendencias de series de tiempo. La pandemia actual ha afectado el perfil de demanda de carga, que se volvió más volátil y menos predecible en comparación con los perfiles de carga de años anteriores. La naturaleza no suave y estocástica de la demanda de carga durante y después de las medidas iniciales para contener la propagación de COVID-19 aumenta las

dificultades de generar perfiles precisos de predicción de la demanda (Alasali, Nusair, Alhmoud y Zarour, 2021 p. 3).

El 11 de marzo de 2020, COVID-19 fue declarada una pandemia por el director general de la OMS. El 30 de abril de 2020, el Comité de Emergencia del Reglamento Sanitario Internacional 2005, volvió a reunirse y reafirmó la declaración del 30 de enero de 2020 (Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud, 2020, p. 1).

Durante el año 2020 la mayoría de las economías en el mundo impusieron medidas que limitaron la movilización de personas lo que repercutió en que gradualmente el coronavirus se convirtiera en una crisis que golpeaba la demanda interna pero también la oferta de bienes y servicios de cada país, haciendo que las economías avanzadas sufrieran una contracción de -5.4 %, Estados Unidos de -3.9 % y la Zona euro de -7.7 %.

Por otro lado, las perspectivas económicas para el 2021 parecen más alentadoras según el Banco Mundial acentuando un patrón de crecimiento constante, ya que se prevé que las Economías Avanzadas crezcan un 3.7 %, Estados Unidos un 3.5 % y la Zona euro 4.9 %, crecimiento alentado por una inmunización que a medida que avanza el 2021 se vuelve más general derivado de la vacunación y a que algunos mercados se encuentran virtualmente abiertos.

Durante el transcurso del mes de marzo, el Gobierno de Guatemala introdujo medidas para frenar la propagación de la COVID-19 incluyendo restricciones a la movilidad de las personas, cierre de escuelas, suspensión de labores y actividades en los sectores público y privado con algunas excepciones, restricciones de viajes y traslados entre departamentos, cierre

de fronteras, prohibición de eventos públicos y reuniones de personas, entre otros, lo cual ha implicado la paralización de gran parte de las actividades económicas (MINECO, 2020, p. 4).

7.1. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico es el conjunto de elementos conectados eléctricamente para generar, transportar, distribuir o modificar la energía eléctrica (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013).

Es el conjunto de instalaciones, centrales generadores, 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, dentro del cual se efectúan las diferentes transferencias de energía eléctrica entre diversas regiones del país (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013, p. 5).

7.1.1. Generación

Según Energía y Sociedad (2014) la energía es la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo, desde el punto de vista tecnológico y económico es un recurso natural que transformado es capaz de realizar un trabajo al que se le puede dar un uso industrial y por tanto tener un sentido económico.

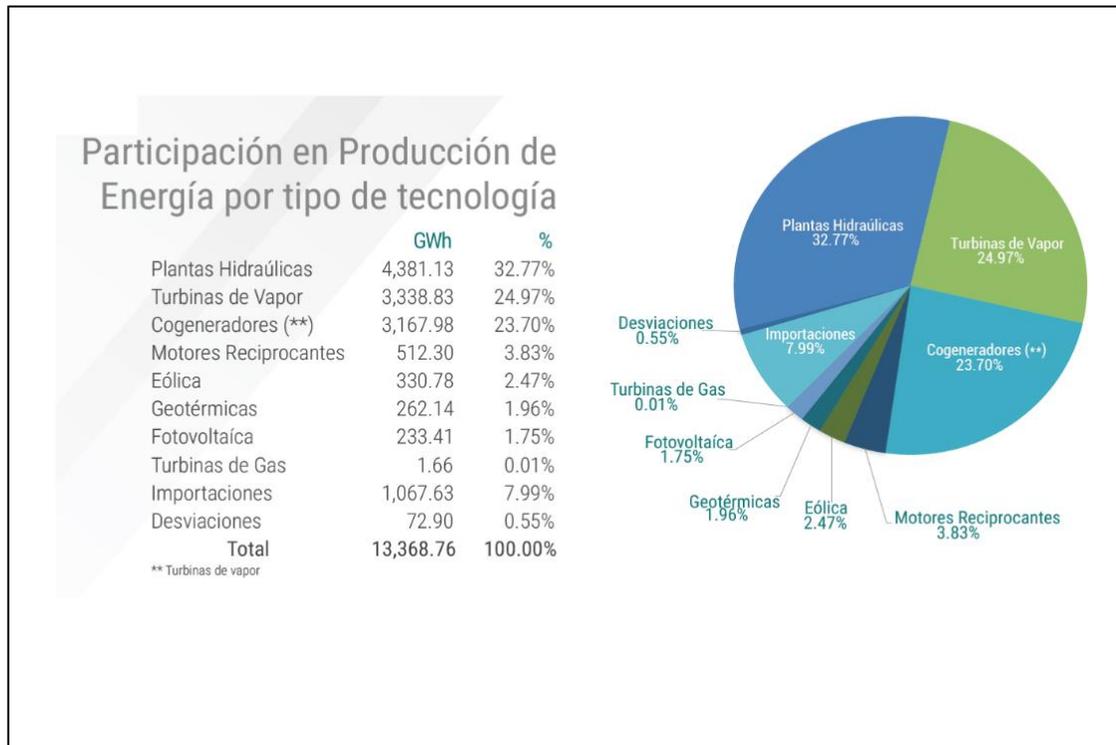
La actividad de generación consiste, en transformar una energía primaria (nuclear, térmica, hidráulica, eólica, solar, entre otros.) en energía eléctrica. Cada tecnología de generación tiene su propia estructura de costes y características técnicas (Energía y Sociedad, 2014).

La producción total de energía para el año 2019 fue de 13,368.76 GWh, de los cuales 12,228.23 GWh fueron generados localmente y 1140.53 GWh corresponde a energía importada del Mercado Eléctrico Regional y de México. El 32.77 % de la energía fue de origen hidráulico, 3.83 % de motores recíprocos, 24.97 % de turbinas de vapor, 23.70 % de cogeneradores (también turbinas de vapor), 1.96 % de origen geotérmico, 0.01 % de turbinas de gas, 1.75 % de origen fotovoltaico, 2.47 % de origen eólico y 8.53 % de importaciones.

El consumo local de energía incluyendo los Consumos Propios reportados de las unidades, centrales generadoras y equipos de transporte de energía eléctrica, alcanzó los 10,762.88 GWh, con un crecimiento del 2.99 % respecto al año anterior. Las pérdidas en los sistemas de transmisión Principal y Secundarios fueron de 415.89 GWh, que representan un 3.11 % de la producción total (Administrador del Mercado Mayorista, p. 1).

Según los datos del Administrador del Mercado Mayorista (2019) para Guatemala durante el año 2019 el precio de oportunidad de la energía respecto al año 2018 tuvo un aumento en promedio del 1.24 %, esto también se reflejó con la generación y exportación hacia el Mercado eléctrico Regional, manteniendo el comportamiento que ha tenido el mercado en los últimos años previos a la pandemia.

Figura 6. **Producción de energía por tipo de tecnología**



Nota: esta gráfica muestra la producción de energía por tipo de tecnología de generación para el 2019.

Fuente: Administrador del Mercado Mayorista. (2019). *Informe estadístico 2019*. Consultado el 20 de junio de 2021. Recuperado de https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2019/INFEST20190101_01.pdf.

7.1.2. Precio Spot

“Es el valor del Costo Marginal de corto plazo de la energía en cada hora, o en el período que defina la CNEE establecido por el AMM, como resultado del despacho” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013, p. 65).

7.1.3. Demanda

“Cantidad de electricidad que una serie de consumidores necesitan para abastecer sus necesidades. La demanda eléctrica nacional es la suma de toda la electricidad necesaria para dar suministro a todos los consumidores: industrias, empresas, oficinas, comercios, hogares” (Twenergy, 2019, párr. 1).

7.1.4. Mercado Mayorista

“Es el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúan a corto y a largo plazo entre agentes del mercado” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2013, p. 5).

7.2. Relación de la demanda eléctrica y el COVID-19

Con el avance del nuevo coronavirus en América Latina y el Caribe, los gobiernos han implementado medidas significativas para evitar su expansión que imponen la suspensión de actividades no esenciales. Estas medidas de distanciamiento social acarrearán con ellas un coste económico intrínseco en la productividad de dimensión aun incierta, pero que podrá ser observado con mayor claridad en los próximos meses. Esta disminución de actividades económicas impacta fuertemente en el sector de energía (Chueca *et. al.*, 2020, párr. 1).

7.3. Cambios en la demanda de energía

La menor actividad económica derivada de la crisis del coronavirus ha propiciado una fuerte caída tanto de la demanda como de los precios de la electricidad en el último año. Así, la demanda eléctrica cayó en España un

5,6 % en 2020 hasta alcanzar los 249.970 GWh en un contexto marcado por la pandemia, según los datos facilitados este martes por Red Eléctrica (REE).

Por su parte, el precio medio del mercado eléctrico español cerró 2020 en 34 euros/MWh, un importe que es cerca de un 30% inferior al registrado en 2019 en un contexto marcado por la pandemia de coronavirus, según los datos facilitados por la patronal de empresas de gran consumo energético AEGE (Cinco Días, 2021, párr. 1).

Los países que actuaron más drásticamente en un principio, como Francia, Italia, y España, recuperaron el nivel base más rápido que otros países que tomaron medidas más laxas al principio. En palabras de López Prol, coautor del estudio, «la relación entre cuán estrictas son las medidas adoptadas y la reducción en el consumo de electricidad es no lineal. Eso quiere decir que medidas no extremas podrían mantenerse sin tener un impacto grande sobre la demanda de electricidad (y por tanto sobre la economía en general, ya que el consumo eléctrico es un indicador a tiempo real de la actividad económica) (Roca, 2020, párr. 1).

7.4. ¿Cómo calcular el efecto en el consumo eléctrico?

Existen múltiples mecanismos a través de los cuales este choque de corto plazo podría tener efectos económicos estructurales. Por el lado de la demanda, los efectos inmediatos de las medidas de distanciamiento social pueden alterar a aquellas empresas que dependen de la interacción personal. Desde el lado de la oferta, detener las actividades no esenciales puede tener efectos de propagación a lo largo de la cadena de suministro a otras regiones y sectores (Roca, 2020, párr. 2).

Se conocen las horas típicas de operación de cada tipo de usuario (residencia, comercial, industrial y público) y podemos percibir cuáles son los tipos de usuarios que han dejado de consumir. Las residencias consumen por lo general menos que las empresas y comercios. Debido al mayor número de personas en casa y al incremento del consumo residencial asociado, los consumos eléctricos de todos los sectores en conjunto deberían reducirse durante la cuarentena (Chueca *et al.*, 2020, párr. 4).

Un aumento de la incertidumbre, como la provocada por esta pandemia, afecta la demanda por un menor gasto de los consumidores como la oferta por una menor inversión y formación capital. El mercado laboral también podría ser un mecanismo de transmisión ya que la crisis afecta en su mayoría a trabajadores que necesitan mucho tiempo para volver a ser empleados (Roca, 2020, párr. 2).

En condiciones normales en los países se produce un doble pico de consumo a lo largo del día. El primero se genera en el horario del medio día, motivado por el incremento de la actividad industrial. Y el segundo es ocasionado por el incremento de consumo cuando la gente regresa al hogar, por el arranque de los segundos turnos de manufacturas y por el alumbrado público.

Teniendo esto en cuenta, identificamos que el primero de los picos a lo largo del día se reducirá de manera significativa en un escenario de suspensión inmediata de la actividad económica. Y este bajón vendrá también acompañado por la caída del consumo general a lo largo de todas las horas del día por la paralización de aquellas empresas que operan en un régimen continuo (Chueca *et al.*, 2020, párr. 5).

Lo descrito por Chueca *et al.*, (2020) y Roca (2020), permite entender que es importante considerar los comportamientos durante el periodo pre pandemia y compararlos con los resultados obtenidos del análisis de los datos de demanda de potencia y energía en el periodo de la pandemia, esto es necesario poder determinar y analizar si estos cambios están ligados directamente a las variaciones del consumo de potencia de energía, así también a los cambios que pueden existir en la generación y conformación de la matriz energética.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

JUSTIFICACIÓN

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Aspectos generales

1.1.1. El área / departamento / municipio o zona en estudio

1.1.2. Antecedentes del estudio

1.2. Antecedentes del área en estudio

1.3. Definición del problema

1.3.1. Especificación del problema

1.3.2. Delimitación del problema

1.3.3. Pregunta principal de investigación

1.3.3.1. Preguntas complementarias de investigación

1.3.4. Necesidades por cubrir por la investigación o proyecto

1.4. Ubicación área/departamento/municipio o zona en estudio

1.5. Localización de área/departamento/municipio o zona en estudio

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema eléctrico

2.2. Demanda

2.2.1. Demanda y energía en el mercado eléctrico

2.2.2. Oferta

2.3. Generación

2.4. Matriz Energética

2.5. SARS-CoV-2 (COVID-19)

2.5.1. Medidas de contingencia

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Universo

3.2. Variables

3.3. Muestreo

3.4. Tipo y diseño de investigación

3.5. Unidad de análisis

3.5.1. Unidad de análisis de muestreo

3.5.2. Unidad de análisis

3.5.3. Unidad de información

3.6. Planteamiento de hipótesis

3.7. Selección de los sujetos de estudio

3.7.1. Criterios de inclusión

3.7.2. Criterios de exclusión

3.8. Técnicas, procesos e instrumentos de recolección de datos

3.9. Procesamiento y análisis de datos

3.10. Límites de la investigación

3.10.1. Obstáculos (riesgos y dificultades)

3.11. Aspectos éticos de la investigación

3.11.1. Principios éticos generales

- 3.11.1.1 Beneficencia y no maleficencia
 - 3.11.1.2 Autonomía
 - 3.11.1.3 Respeto por las personas
 - 3.12. Categorías de riesgo de la investigación
 - 3.12.1. Categoría I (sin riesgo)
- 4. ESTUDIO TÉCNICO
 - 4.1. Descripción del área en estudio
 - 4.2. Misión del área en estudio
 - 4.3. Visión del área en estudio
 - 4.4. Organización del talento humano del área en estudio
 - 4.5. Áreas de atención del área en estudio
 - 4.6. Recursos físicos y tecnológico del área u objeto en estudio
 - 4.6.1 Recursos físicos del área u objeto en estudio
 - 4.6.2 Recursos tecnológicos del área u objeto en estudio
 - 4.7. Estudio de mercado del área u objeto de estudio
 - 4.7.1 Capacidad
 - 4.7.2 Demanda
 - 4.7.3 Infraestructura del área en estudio
- 5. MARCO LEGAL
- 6. PROPUESTA DE SOLUCIÓN
- 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 8. COSTOS APROXIMADOS Y ANÁLISIS FINANCIERO
 - 8.1. Costo del estudio
 - 8.2. Presupuesto de mejora

- 8.3 Análisis financiero
- 8.4 Análisis financiero de costo-beneficio
- 8.5 Propuesta económica de proyecto

9. EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD DE LA PROPUESTA

- 9.1. Factibilidad técnica de la propuesta
- 9.2. Factibilidad económica de la propuesta
- 9.3. Factibilidad social de la propuesta
- 9.4. Factibilidad ecológica de la propuesta

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

En este capítulo se describen el tipo, diseño y enfoque de la investigación, se establecen las variables y su operacionalización, los métodos y técnicas de recolección de datos, se delimita la población en cuanto al universo y área de estudio, para cumplir los objetivos planteados. se abordan los límites de la investigación, obstáculos, descripción de aspectos éticos de la investigación, autonomía y categoría de riesgo.

9.1. Tipo de la investigación o propuesta

Estudio tipo descriptivo comparativo.

9.2. Diseño de la investigación o propuesta

El diseño de la presente investigación por sus características es no experimental longitudinal debido a que se trabajan datos extraídos de informes públicos del Administrador del Mercado Mayorista, relacionados con el tema, durante los meses de marzo del 2020 al marzo de 2021.

9.3. Enfoque de la investigación o propuesta

El enfoque de la investigación es de carácter cuantitativo, la información a utilizar son datos de medición de potencia, energía para la demanda y generación, así también se considera el precio de oportunidad de la energía, datos obtenidos del informe de posdespacho diario del Administrador del Mercado Mayorista.

9.4. Variables

Las variables estudiadas durante el proceso de esta investigación fueron: Precio de Oportunidad de la Energía, Potencia transada en el Mercado Mayorista, Energía Generada, con el fin de obtener resultados para el análisis de la investigación. Las definiciones pueden observarse en la tabla I.

9.4.1. Operacionalización de variables

En esta sección se desarrollan las variables a utilizar y su operacionalización con el fin de identificar sus dimensiones e indicadores.

Tabla I. Operacionalización de variables

Problema	Variable	Definición	Dimensión	Indicador
Se desconoce el impacto en el precio de oportunidad de la energía respecto al 2019 y 2020 consecuencia del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala	Precio de de oportunidad de la energía.	El precio de oportunidad de la energía es el valor del costo marginal de corto plazo de la energía en cada hora, definido como el costo en que incurre el sistema eléctrico para suministrar un kilovatio-hora adicional de energía a un determinado nivel de demanda de potencia y considerando el parque de generación y transmisión efectivamente disponible	Precio de unidades generadoras	Unidad generadora marginal
No se han identificado el efecto en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.	Energía consumida	Cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda de energía del SNI	Consumo de energía	Demanda registrada en el Sistema de Medicion Comercial
Existen cambios en la matriz energética que no han sido identificados durante el periodo de la pandemia.	Producción de energía por tipo de tecnología.	Existen distintos tipos de tecnologías de generación, esto depende de la fuente primaria de energía utilizada.	Energía Generada	Centrales generadoras convocadas para cubrimiento de demanda.

Fuente: elaboración propia.

9.5. Universo y población de estudio

Para la realización del estudio se toma en cuenta como universo el Sistema Nacional Interconectado de Guatemala, y población las 144 unidades generadoras que componen dicho sistema.

9.5.1. Criterios de inclusión

- Todas las unidades generadoras que hayan prestado servicio de generación.
- Las unidades generadoras que hayan podido ser interrogadas para la obtención de datos.

9.5.2. Criterios de exclusión

- Unidades generadoras que no hayan entrado a generar.
- Unidades generadoras que no hayan podido ser interrogadas para la obtención de datos.

9.6. Muestreo

En el mercado eléctrico de Guatemala en el año 2020 existen 144 centrales de generación, de las cuales es posible obtener datos de generación, por lo que se toma la totalidad de las unidades para el estudio.

Se tomó un error de 1 % y una confianza de 90 % y un porcentaje de unidades generadoras interrogadas de 90 %, lo que indica que un 10 % no fue posible la obtención de datos de generación.

Fórmula de muestreo:

$$n = \frac{k^2 pqN}{e^2(N - 1) + K^2 pq}$$

En donde:

n = tamaño muestra a determinar

p = variabilidad positiva (0.90)

q = variabilidad negativa (0.10)

N = tamaño de la población (144)

e = es el error muestral que se considera (0.01)

k = constante de nivel de confianza que indica la probabilidad de que los resultados del estudio sean ciertos o no. Los valores de k que más se utilizan y sus respectivos niveles de confianza son:

Tabla II. **Valores k y niveles de confianza**

Nivel de Confianza	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	97.5 %	99 %
Valores de k	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58

Fuente: Hernández. (1999). *Asi Es SAP R/3*.

$$n = \frac{(2.58)^2 (0.90) (0.100) (144)}{(0.012)(144 - 1) + \{(2.58^2)(0.10) (0.90)\}} = \frac{86.26}{0.0143 + 0.6} = 141$$

La muestra fue la siguiente:

- Población de unidades generadoras: 144
- Muestra de unidades generadoras: 144

- Mínimo de unidades generadoras aceptado: 141

9.7. Hipótesis

- HO: las medidas de contención tomadas consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) genero variaciones en la demanda y generación de energía y potencia.
- HI: las medidas de contención tomadas consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) no genero variaciones en la demanda y generación de energía y potencia.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

- Métodos de recolección de datos

En esta investigación el método a utilizar es la recopilación de reportes electrónicos del Sistema de Medición Comercial (SMEC) utilizado por el Administrador del Mercado Mayorista para generar informes públicos mensuales.

- Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizara es la recopilación documental y bibliográfica de informes y documentos publicados que sean útiles para los propósitos del estudio.

- Instrumentos de recolección de datos

El instrumento para utilizar para la recolección de datos es la elaboración de fichas de trabajo bibliográfico que nos permitan la ordenación lógica de las ideas y el sintetizar información fundamental para el desarrollo de la investigación.

- Proceso y análisis de datos

Luego de identificar las variables a analizar, con la obtención de los datos cuantificables, serán ingresados los datos a Excel donde se deben aplicar métodos de correlación y modelos estadísticos para establecer modelos

multivariable confiables, que se utilizaran en el desarrollo de la investigación para determinar los cambios en la matriz energética y en la generación.

Al tener el análisis se procederá a presentar mediante tablas y graficas para realizar una mejor comparación de los resultados obtenidos.

- Límites de la investigación

Debido a que la investigación depende de datos que sean de acceso público, la obtención de información está limitada por los informes públicos a los que se pueda tener acceso.

- Obstáculos (riesgos y dificultades)

No poder obtener los datos completos de los meses a analizar de todas las unidades generadoras y de la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI).

Limitaciones de tiempo debido a las actividades laborales y educativas.

- Aspectos éticos de la investigación

No hay aspectos éticos que comprometan el desarrollo de la investigación, debido a que los datos a utilizar son de acceso público.

- Autonomía

Para la realización de la presente investigación, se considera un estudio no experimental y la recolección de datos es de forma electrónica, por lo que no es

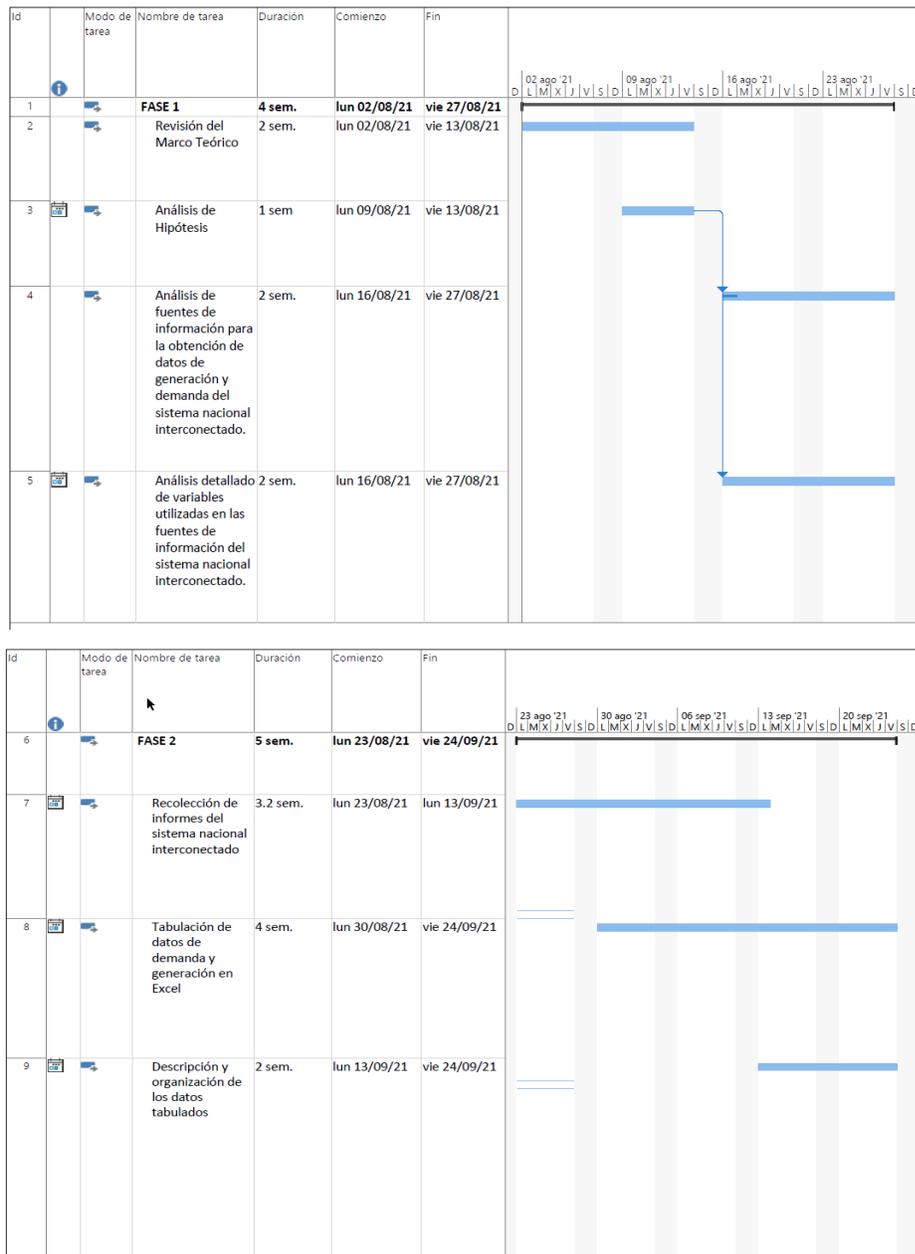
necesaria la participación directa de personas durante la realización de la investigación. Sin embargo, de ser necesario se contará con el consentimiento informado de las personas que pueden verse afectas durante el desarrollo de la investigación.

- Riesgo de la investigación

En el presente trabajo se emplearán técnicas y métodos de investigación documental sobre datos disponibles de dominio público, que no involucran la invasión a la intimidad de las personas. De lo anterior podemos concluir que el riesgo de la investigación es nivel 1 (sin riesgo).

11. CRONOGRAMA

Figura 7. Cronograma de ejecución



Continuación de la figura 7.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	
10		FASE 3	7 sem.	lun 13/09/21	vie 29/10/21	
11		Análisis estadístico de la variables y datos recolectados.	6 sem.	lun 13/09/21	vie 22/10/21	
12		Elaboración de modelos gráficos que permitan la comparación de datos con años anteriores.	6 sem.	lun 13/09/21	vie 22/10/21	
13		Cuantificación de porcentaje de potencia y energía generada por tipo de tecnología	6 sem.	lun 13/09/21	vie 22/10/21	
14		Análisis de la demanda del sistema nacional interconectado	4 sem.	lun 27/09/21	vie 22/10/21	
15		Análisis de resultados e identificación de posibles errores.	3 sem.	lun 11/10/21	vie 29/10/21	

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	
16		FASE 4	8 sem.	lun 25/10/21	vie 17/12/21	
17		Descripción de resultados	2 sem.	lun 25/10/21	vie 05/11/21	
18		Comprobación de hipótesis	2 sem.	lun 25/10/21	vie 05/11/21	
19		Elaboración y verificación de conclusiones	4 sem.	lun 25/10/21	vie 19/11/21	
20		Elaboración de informe final	6 sem.	lun 08/11/21	vie 17/12/21	

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Se presenta un análisis de los factores relevantes del proyecto de investigación, se consideran los aspectos económicos, técnicos y de implementación para determinar la probabilidad de completar el proyecto de investigación con éxito.

Desde el punto de vista operativo, se cuenta con los conocimientos necesarios en ingeniería eléctrica y en manejo de hojas de cálculo para poder recopilar la información y realizar un análisis estadístico que permita correlacionar las variables y poder sacar conclusiones de los resultados obtenidos. Además, el asesor cuenta experiencia y conocimiento en el mercado eléctrico de Guatemala con lo que aportará su experiencia profesional y técnica que será de vital importancia para el análisis de resultados y del desarrollo de la investigación.

Para la parte técnica, se cuenta con el equipo de cómputo y software necesario para el desarrollo y análisis de los datos recopilados, así como también con el espacio físico adecuado para el desarrollo de análisis de datos.

Desde el punto ecológico es factible el desarrollo de la investigación, las actividades para llevar a cabo el estudio no generan ningún riesgo ecológico ni pueden impactar negativamente en el ambiente.

Desde el punto social no hay inconvenientes que puedan obstruir el desarrollo de la investigación, dado que no se requieren acciones que involucren

a algún grupo de personas o que generen resultados negativos que puedan impactar en un sector social.

Basados en el análisis de costos del estudio presentado en la tabla III, el costo aproximado del desarrollo del estudio es de Q 60,750.00, el investigador cuenta con los recursos económicos para poder desarrollar la investigación sin inconvenientes y poder alcanzar los objetivos planteados.

12.1. Costo del estudio

En la siguiente tabla se presentan costos estimados para la realización de la investigación, se consideran costos horas hombre invertidas por el investigador, los aspectos físicos y materiales necesarios para el desarrollo del presente estudio.

Tabla III. Costos del estudio

	Materiales	Presupuesto
Humano	Asesor	Q. 6,500.00
	Investigador	Q. 30,000.00
Físicos	Salón de trabajo	Q. 4,000.00
Materiales	1 computadora personal	Q. 8,500.00
	Software estadístico	Q. 500.00
	1 impresora con tinta a color	Q. 1,500.00
	Servicios de telefonía móvil e internet	Q. 3,000.00
	Transporte	Q. 1,500.00
	Hojas tamaño carta	Q. 250.00
	Libros de texto relacionados con la investigación	Q. 1,000.00
	Curso PAG	Q. 4,000.00
Financieros	Financiada por el investigador	
	TOTAL	Q. 60,750.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Abu-Rayash, A. y Dincer, I. (octubre, 2020). Analysis of the electricity demand trends amidst the COVID-19 coronavirus pandemic. *Energy Research & Social Science*, 68(Vol. único), 23-36. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7331303/#b0055>.
2. Administrador del Mercado Mayorista. (2019). *Informe estadístico 2019*. Guatemala: Autor. Recuperado de https://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2019/INFEST20190101_01.pdf.
3. Agdas, D. y Barooah, P. (agosto, 2020). Impact of the covid-19 pandemic on the us electricity demand and supply: an early view from data. *Revista IEEE Xplore*, 28(8), 151523–151534. Recuperado de <https://doi.org/10.1109/access.2020.3016912>.
4. Agdas, D. y Barooah, P. (agosto, 2020). Impact of the COVID-19 Pandemic on the U.S. Electricity Demand and Supply: An Early View From Data. *IEEE Access*, Doi: 10.1109/ACCESS.2020.3016912.
5. Alasali, F., Nusair, K., Alhmoud, L. y Zarour, E. (enero, 2021). Impact of the COVID-19 Pandemic on Electricity Demand and Load Forecasting. *Sustainability*, 13(1435), 1-22. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/3/1435>.

6. Alea Soft Energy. (1 de diciembre de 2018). *La demanda eléctrica, factor fundamental en el precio del mercado eléctrico*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://aleasoft.com/es/demanda-electrica-factor-fundamental-precio-mercado/>.
7. Alzúa, M. y Gosis, P. (2020). *Impacto social y económico de la Covid-19 y opciones de políticas en Argentina*. España: PNUD en América Latina y el Caribe.
8. Banco Mundial. (9 de marzo de 2020). *Una acción rápida puede ayudar a los países en desarrollo a limitar los daños económicos de la enfermedad por coronavirus*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blogs.worldbank.org/es/voces/abordando-el-impacto-economico-del-coronavirus>.
9. Chueca, E., Ravillard, P. y Hallack, M. (13 de abril, 2020). *¿Cómo se relaciona la demanda eléctrica con el coronavirus?* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/como-se-relaciona-la-demanda-electrica-con-el-coronavirus/>.
10. Cinco Días. (6 de enero de 2020). *La pandemia hunde la demanda y los precios de la electricidad en 2020*. [Mensaje de blog]. Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/01/06/companias/1609890026_090846.html.
11. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2013). *Marco Legal del Sub Sector Eléctrico de Guatemala, Compendio de Leyes y Reglamentos*. Guatemala: Autor. Recuperado de

<https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>.

12. Decreto 93-96. Ley General de Electricidad: Marco Legal del Sub Sector Eléctrico de Guatemala, Compendio de Leyes y Reglamentos. Comisión General de Energía Eléctrica. Guatemala. 1 de agosto de 2013.
13. Energía y Sociedad (1 de agosto de 2014). *Tecnologías y costes de la generación eléctrica*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-1-tecnologias-y-costes-de-la-generacion-electrica/>.
14. Ente Operador Regional (2020). *Informe especial: Impacto del COVID-19 en el mercado eléctrico regional (MER)*. El Salvador: Autor. Recuperado de <https://www.enteoperador.org/archivos/noticias/Informe-Especial-Impactos-COVID-19%20MER-final.pdf>.
15. Finanzas y Desarrollo. (junio, 2020). Políticas, política y pandemia. *Fondo Monetario Internacional*, 57(2), 1-57. Recuperado de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2020/06/pdf/fd0620s.pdf>.

16. Hallack, M. y Yopez, A. (27 de marzo de 2020). *Retos del sector de energía con la crisis del Coronavirus*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/retos-del-sector-de-energia-con-la-crisis-del-coronavirus/>.
17. Hallak, M. y Yopez, A. (2 de marzo de 2020). *Retos del sector de energía con la crisis del coronavirus*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/retos-del-sector-de-energia-con-la-crisis-del-coronavirus/>.
18. Hernández. (1999). *Asi Es SAP R/3*. España: McGraw-Hill.
19. Jiang, P., Van-Fan, Y. y Klemes, J. (marzo, 2021). Impacts of Covid19 on energy demand and consumption: Challenges, lessons and emerging opportunities. *Applied Energy*, 285(1), 166441. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7834155/>.
20. Levy, A. (2 de junio de 2020). *El impacto de Covid19 en el sector eléctrico guatemalteco*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/el-impacto-de-covid-19-en-el-sector-electrico-guatemalteco/>.
21. MINECO. (2020). *Plan de respuesta socioeconómica a la COVID-19*. Guatemala: Naciones Unidas. Recuperado de https://guatemala.un.org/sites/default/files/2020-10/GTM%20SNU%20SERP%20COVID-19%20%28Sep%202020%29_Final.pdf.

22. Ministerio de Economía (2021). *Medidas económicas, de libre competencia, fiscales y monetarias para mitigar los efectos negativos del coronavirus (COVID-19) en la economía local*. Guatemala: Autor.
23. Moreno, R., Sánchez, M. y Suazo, C. (diciembre, 2020). Impactos del Covid19 en el consumo eléctrico chileno. *Ingeniería en Sistemas*, 34, 119-146. Recuperado de http://www.dii.uchile.cl/~ris/RIS2020/p5_impactos_covid19_consumo_electrico.pdf.
24. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. (2020). *Actualización Epidemiológica: Nuevo coronavirus (COVID-19)*. Washington, D.C.: Autor. Recuperado de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&alias=51758-14-de-febrero-de-2020-nuevo-coronavirus-covid-19-actualizacion-epidemiologica-1&category_slug=2020-alertas-epidemiologicas&Itemid=270&lang=es.
25. Ortega, S., Sanint, E. y Jaramillo, A. (2020). *Escenarios energéticos para Colombia en el marco del Covid-19*. Colombia: EnergEIA. Recuperado de <https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2530/EscenariosEnerg%C3%A9ticosCovid19-WP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

26. Roca, R. (14 de octubre de 2020) *La demanda energética durante la pandemia: los casos de las economías más afectadas por la COVID-19*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/la-demanda-energetica-durante-la-pandemia-los-casos-de-las-economias-mas-afectadas-por-la-covid-19/>.
27. Rosenthal, G. (junio, 2020). The impact of Covid19 on Guatemala. Journal of economic Literature. *Economía UNAM*, 17(51), 147-160. Recuperado de <http://revistaeconomia.unam.mx/index.php/ecu/article/download/553/586/>.
28. Santiago, C. (2020). Pandemia Covid19 y calidad de vida. Relación dentro de una organización del sector eléctrico colombiano. *Innovation & Technological velopment*, 1(2), 91-116. Recuperado de <https://www.mlsjournals.com/Innovation-Technological-Develop/article/view/528/893>.
29. Santiago, C. (diciembre, 2020). Pandemia Covid19 y calidad de vida. Relación dentro de una organización del sector eléctrico colombiano. *Innovation & Technological Development*, 1(2), 91-116. Recuperado de <https://www.mlsjournals.com/Innovation-Technological-Develop/article/view/528>.
30. Twenergy. (27 de agosto, 2019). *La demanda eléctrica*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/como-ahorrar-energia-casa/la-demanda-electrica-953/>.

31. Werner, A., Komatsuzaki T. y Pizzinelli, C. (15 de abril de 2021). *Inyección rápida y recuperación duradera para América Latina y el Caribe*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=15489>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

CAMBIOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA Y EN LA DEMANDA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO PARA DETERMINAR EL IMPACTO DEL SARS-CoV2 (COVID-19) EN EL MERCADO ELÉCTRICO DE GUATEMALA			
PROBLEMA	OBJETIVOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACION	METODOLOGIA
PROBLEMA PRINCIPAL	GENERAL	PREGUNTA GENERAL	
Se desconocen los cambios en la matriz energética y en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.	Identificar los cambios en la matriz energética y en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.	¿Cuales son los cambios en la matriz energética y en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) por el impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala?	Universo: Sistema Nacional Interconectado Variables: 1. Precio de Oportunidad de la energía 2. Potencia transada en el Mercado Mayorista 3. Energía generada 4. Indisponibilidad de unidades generadoras. Muestreo: Se toman en cuenta todas las unidades Generadoras Tipo y Diseño de Investigación: Tipo Descriptivo, no experimental.
PROBLEMAS SECUNDARIOS	ESPECIFICO	PREGUNTAS ESPECIFICAS	
Se desconoce el impacto en el precio de oportunidad de la energía respecto al 2019 y 2020 consecuencia del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala	Identificar el impacto en el Precio de Oportunidad de la energía (POE) respecto al 2019 y 2020 consecuencia del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala	¿Cuál es el impacto en el Precio de Oportunidad de la Energía (POE) respecto al 2019 y 2020 consecuencia del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.?	Unidad de Análisis: Datos de potencia y energía obtenidos del Sistema de Medición Comercial por unidad generadora. Hipotesis: El cambio en la demanda consecuencia del SARS-CoV-2 (COVID-19) genero variaciones en el consumo de potencia y energía.
No se han identificado el efecto en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala.	Determinar el efecto en la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala. Cuantificar el efecto en la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología de las centrales generadoras en Guatemala.	¿Cómo se afectó la demanda en el Sistema Nacional Interconectado (SNI) consecuencia del impacto del SARS-CoV-2 (COVID-19) en Guatemala?	Sujetos de estudio: Se toman en cuenta las unidades generadores del SNI sin exclusiones. Recoleccion de Datos: Datos del Sistema de Medicion Comercial e informes de posdepacho publicados por el Administrador del Mercado Mayorista. Proceso y Análisis de Información: Metodos estadísticos y de correlacion de datos. Limites de Inestigación: No poder obtener los datos completos de las unidades generadoras.

Fuente: elaboración propia.

