



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DEL COSTO DE LA ENERGÍA NO SUMINISTRADA EN LOS SECTORES
RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL DE LA ZONA NOROCCIDENTAL DE
HONDURAS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN ENERGÍA

PRESENTADO POR:

21841066 WILLIAM FERNANDO VELÁSQUEZ VILLATORO

ASESOR:

ING. VIELKA SOFÍA BARAHONA GARCÍA

CAMPUS SAN PEDRO SULA; 01 DE NOV. DE 22

AUTORIZACIÓN

DEDICATORIA

A mis padres, Roxana Yamileth Villatoro Rivera y William Velásquez Aguilar, por apoyarme y creer en mí en todo momento, por enseñarme todo lo que sé y formarme como persona; y por ser mi ejemplo de responsabilidad, voluntad, disciplina y superación.

A mis hermanas, Andrea Estefanía Velásquez Villatoro y Roxana Michelle Velásquez Villatoro, por ser mis mejores amigas y quienes me acompañaron durante este proyecto.

A mis amigos que me han ayudado y apoyado a lo largo de mi vida académica dentro y fuera de esta.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a Dios por guiarme en el camino de la sabiduría y brindarme las fuerzas y conocimientos para culminar mis estudios. A mi familia y amigos que me han apoyado incondicionalmente y han estado siempre a mi lado cuando más los necesité. A mis docentes que me enseñaron los conocimientos para llevar a cabo esta investigación, especialmente a mi asesora metodológica la Ing. Vielka Sofía Barahona García por ayudarme en todo momento y tenerme la paciencia necesaria a lo largo de la investigación.

RESUMEN

La calidad de la energía eléctrica es fundamental para todo sistema eléctrico sin importar las complejidades de este, cuando la energía eléctrica se deja de suministrar, la pérdida no es únicamente para la empresa distribuidora, el usuario final también tiene un costo de energía no suministrada. Se entiende como costo de energía no suministrada, al costo que incurre el usuario al no poder realizar sus actividades diarias debido a cortes de energía ocasionados por la empresa distribuidora. Durante los años 2019 y 2020, en Honduras se registró un total de 35,000 y 45,000 MWh de energía no suministrada respectivamente, donde el 41% de esta energía no suministrada corresponde a la zona noroccidental del país. La zona noroccidental de Honduras representa un 43% de los ingresos a la ENEE, siendo la zona con una mayor presencia del sector industrial del país. Así mismo, la zona noroccidental representa casi un 70% del PIB del país, demostrando la importancia que tiene en la economía hondureña. En la presente investigación se tiene como finalidad establecer el costo de la energía no suministrada para los sectores residencial, comercial e industrial de Honduras en los años 2019 y 2020. La investigación se realizará a partir de la metodología presentada por la CRIE, Metodología de Cálculo del Excedente del Consumidor y Costo de la Energía no Suministrada. Los resultados de esta investigación brindaron el costo de la energía no suministrada de corta y larga duración para los diferentes sectores de la zona noroccidental de Honduras, considerando factores como el PIB por sector y el consumo que estas llegan a tener anualmente. Esta investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo, basándose en la recopilación de datos para realizar el respectivo análisis numérico. Se espera que esta investigación sirva como referencia para que las empresas industriales y comerciales de la zona noroccidental de Honduras, cuenten con un sustento del costo que estos pueden llegar a tener durante los cortes de energía, así mismo, es un dato importante que la empresa distribuidora debe de analizar para iniciar un plan para reducir los cortes de energía.

Palabras Claves: *energía no suministrada, sector industrial, sector comercial, PIB, MWh.*

ABSTRACT

The quality of electrical energy is fundamental for any electrical system that operates efficiently. When electrical energy is not supplied, the loss is not only for the distribution company, the user or client also has a cost of energy not supplied. The cost of energy not supplied is understood as the cost incurred by the user for not being able to carry out daily activities due to power outages caused by the distribution company. For the years 2019 and 2020, Honduras registered a total of 35,000 and 45,000 MWh of energy not supplied, respectively, where 41% of this energy not supplied corresponds to the northwestern part of the country. The northwestern area of Honduras represents 43% of ENEE's income, being the area with the greatest presence of the country's industrial sector. Likewise, the northwestern zone represents almost 70% of the country's GDP, demonstrating its importance in the Honduran economy. The purpose of this research is to establish the cost of unsupplied energy for the residential, commercial and industrial sectors in Honduras in 2019 and 2020. The research will be carried out based on the methodology presented by the CRIE, Methodology for Calculating the Consumer Surplus and Cost of Non-Supplied Energy. The results of this research provided the cost of unsupplied energy of short and long duration for the different sectors of the northwestern zone of Honduras, considering factors such as the GDP per sector and the consumption that these sectors have annually. This research was carried out with a quantitative approach, based on data collection for the respective numerical analysis. It is expected that this research will serve as a reference for industrial and commercial companies in the northwestern area of Honduras, to have a basis for the cost that they may have during power outages, likewise, it is an important data that the distribution company should analyze to initiate a plan to reduce power outages.

Key Words: *Unsupplied energy, industrial sector, commercial sector, GDP, MWh.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

I.	Introducción	15
II.	Planteamiento del Problema.....	17
2.1	Precedentes del Problema	17
2.2	Definición del Problema	19
2.3	Justificación del Problema	21
2.4	Preguntas de Investigación	23
2.5	Objetivos.....	24
2.5.1	Objetivo General	24
2.5.2	Objetivos Específicos.....	24
III.	Marco Teórico	25
3.1	Análisis de la Situación Actual.....	25
3.1.1.	Análisis del Macro-Entorno	25
3.1.2.	Análisis del Micro-Entorno	28
3.1.3.	Análisis Interno.....	28
3.2	Red Eléctrica.....	30
3.2.1	Red Eléctrica en Honduras.....	31
3.2.2	Causas de los Cortes de Energía	32
3.3	Marco Legal.....	35
3.3.1	Reglamento del Servicio Eléctrico	35
3.3.2	Norma Técnica de Calidad de Distribución.....	37
3.4	Teoría de Sustento.....	38
IV.	Metodología	39
4.1	Enfoque	39

4.2	Variables de Investigación	40
4.2.1	Variables dependientes	41
4.2.2	Variables Independientes.....	45
4.3	Hipótesis.....	49
4.4	Técnicas e Instrumentos Aplicados	50
4.5	Población y Muestra.....	50
4.6	Metodología de Validación.....	51
4.7	Cronograma de Actividades.....	53
V.	Resultados y Análisis.....	54
5.1.	Costo de la Energía no Suministrada de Corta Duración	54
5.1.1.	Teoría de intercambio trabajo-ocio	54
5.1.2.	Valor agregado	58
5.2.	Costo de la Energía no Suministrada De Larga Duración.....	63
5.2.1.	Costo de respaldo.....	63
5.2.1.1.	Costo de Respaldo Industrial.....	63
5.2.1.2.	Costo de Respaldo Comercial.....	67
VI.	Conclusiones.....	72
VII.	Aplicabilidad	74
VIII.	Referencias Bibliográficas.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sistema Eléctrico de Distribución	31
Ilustración 2 Mapa del Sistema Interconectado Nacional	32
Ilustración 3 Enfoque, Alcance y Tipo de Estudio	40
Ilustración 4 Distribución de Variables	41
Ilustración 5 Distribución de las horas del Día de una Persona (Promedio)	45
Ilustración 6 Distribución de Regiones en Honduras	51

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Histórico de Energía no Suministrada [MWh]	18
Gráfica 2 Energía no Suministrada en el año 2020	18
Gráfica 3 Energía no Suministrada por Zona en Honduras	19
Gráfica 4 Energía no Suministrada en Zona Noroccidental	20
Gráfica 5 Venta de Energía por Zona de Honduras	22
Gráfica 6 Distribución de energía no suministrada en el 2020	23
Gráfica 7 Ingresos por Venta de Energía	30
Gráfica 8 Energía no Suministrada total en el 2020	33
Gráfica 9 Energía no Suministrada por Mantenimiento en 2020	33
Gráfica 10 Energía no Suministrada por Fallas en el 2020	34
Gráfica 11 Energía no Suministrada por Reducción de Carga en 2020	34
Gráfica 12 Energía no Suministrada por Aperturas Manuales en 2020	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clientes por Sector de Consumo	28
Tabla 2	Energía Facturada por Sector	29
Tabla 3	Energía Facturada por Zona en 2019	29
Tabla 4	Longitud de Líneas de Transmisión por Nivel de Tensión	32
Tabla 5	Índice de Cobertura Eléctrica en Honduras	46
Tabla 6	Tarifas Vigentes de Energía Eléctrica	47
Tabla 7	Tasa de Cambio	49
Tabla 8	Ingreso Medio Horario por Jornada Laboral de 8 Horas	54
Tabla 9	Ingreso Medio Horario por Jornada Laboral de 8 Horas (2020)	54
Tabla 10	Usuarios de Consumo Eléctrico por Región	55
Tabla 11	Demanda Máxima por Usuario en MWh	55
Tabla 12	Demanda Máxima por Usuario en MWh 2020	56
Tabla 13	Distribución de Horas en el Día	56
Tabla 14	PIB por Actividad Económica [Millones de Lempiras]	58
Tabla 16	Detalles del Sector Industrial en la Zona Noroccidental 2019	58
Tabla 17	Detalles del Sector Industrial en la Zona Noroccidental 2020	59
Tabla 18	Detalles del Sector Comercial en la Zona Noroccidental 2019	61
Tabla 19	Detalles del Sector Comercial en la Zona Noroccidental 2020	61
Tabla 20	Precio de la Energía en el 2020 para el Sector Industrial	63
Tabla 21	Precio de la Energía en el 2019 para el Sector Industrial	64
Tabla 22	Energía no Suministrada en Sector Industrial para el año 2020	64
Tabla 23	Energía no Suministrada en Sector Industrial para el año 2019	64
Tabla 24	Precio de la Energía en el 2020 para el Sector Comercial	68

Tabla 25 Precio de la Energía en el 2019 para el Sector Comercial	68
Tabla 26 Energía no Suministrada en Sector Comercial para el año 2020.....	68
Tabla 27 Energía no Suministrada en Sector Comercial para el año 2020.....	68

I. INTRODUCCIÓN

La calidad de la energía eléctrica es un pilar importante en cada uno de las etapas del sistema interconectado nacional. A lo largo de los años, el propósito de las entidades que rigen un sistema eléctrico es brindar al usuario final, la mejor calidad de energía, minimizando las pérdidas que se pueden generar en las diferentes etapas de la generación y transmisión, así como reduciendo al máximo los cortes de energía. Un corte de energía se puede generar por diferentes situaciones ya sean planificados por la empresa distribuidora o no. Los cortes no presentan únicamente una pérdida económica para la empresa distribuidora, el usuario final también se ve afectado al no estar preparado para operar la empresa sin la energía suministrada o requiere generar su propia energía a un costo mayor a través de generadores de respaldo.

En la presente investigación se estará evaluando el costo de la energía no suministrada ya sea de corta o de larga duración, en los sectores (residencial, comercial e industrial) de la zona noroccidental de Honduras. Este proyecto se llevará a cabo con la ayuda de la investigación brindada por la CRIE en su estudio denominado "Metodología de Cálculo del Excedente del Consumidor y Costo der Energía no Suministrada" donde se brinda la metodología necesaria para llevar a cabo la investigación.

El estudio se llevará a cabo con el fin de conocer en términos económicos el costo real de la energía no suministrada en este caso para los sectores residencial, comercial e industrial y cuanto representa este costo según el tipo corte que se presenta en el término de un año.

Como cuerpo del informe, se contará con diferentes secciones iniciando con la presente introducción para brindar contexto de la temática y procedimiento de cómo se desarrollará la investigación, las siguientes secciones se dividen en: Planteamiento del problema, sección donde se presentaran los precedentes que existen de dicho problema, así como la definición y la justificación donde se planteará las razones y el entorno del porque sucede y porque este es un problema que necesita una solución, así mismo en esta sección encontraremos los objetivos generales y específicos de la investigación. El Marco Teórico, que como su nombre lo indica será el sustento teórico de toda la investigación, obtenido de investigaciones previamente realizadas y diferentes sustentos

académicos. En la Metodología encontraremos elementos como el enfoque, la población, las variables y la directriz de la investigación. También se desarrollará la metodología de la obtención de los resultados. En Resultados y Análisis se mostrará el procedimiento utilizado para obtener los resultados así como el análisis de estos. En la sección de conclusiones, desarrollaremos los resultados obtenidos para obtener la información más relevante obtenida en la investigación. Y por último en las recomendaciones se brindarán diferentes sugerencias para quienes estará dirigida la investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

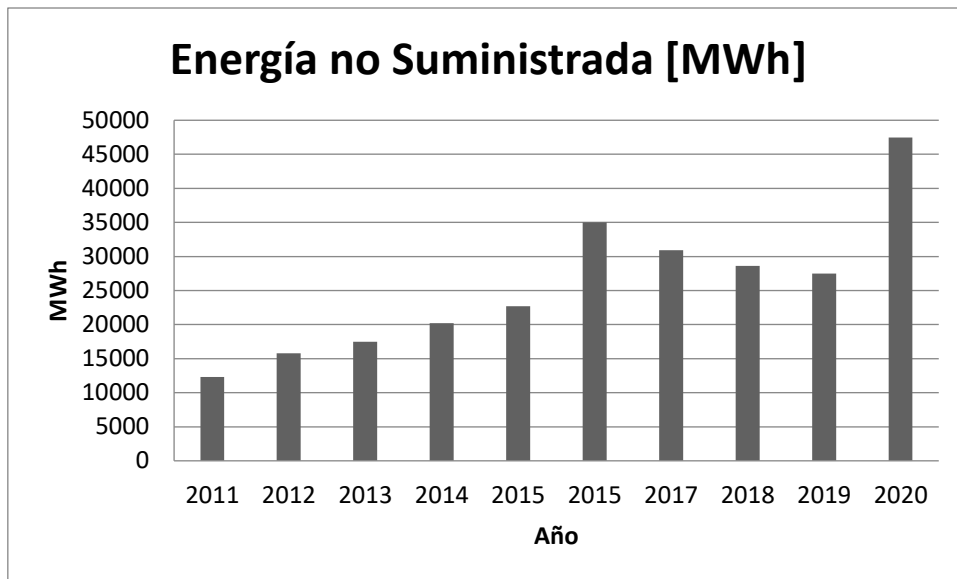
En esta sección se estará desarrollando el problema de la investigación que se realizará. Se abordarán los precedentes del problema para poder analizar la consistencia en la que este sucede y poder ver su punto de origen. La definición y la justificación, se centrará en atacar el problema y definir la importancia de porque es necesario conocer los efectos que este ocasiona.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

En 1994 en Honduras, la demanda de Energía eléctrica creció desproporcionadamente en comparación con la oferta de energía disponible, esto inició a una crisis de racionamiento en el país. El estado encontró una solución a los racionamientos de energía a través de la apertura a la inversión privada en la generación de energía eléctrica, lo cual hubiera funcionado como una alternativa funcional de no haber cedido un conjunto de incentivos que terminaron elevando el costo de la generación en el país debido a los altos precios en los que el estado se ve obligado adquirir la energía. (Pineda, 2016)

Los altos precios de la energía presentados por estos incentivos, han conllevado a la ENEE a través de los años, a una alta cantidad de pérdidas económicas, a raíz de estas pérdidas se han visto afectados los diferentes elementos que conforman la red eléctrica en Honduras. En esta investigación se centrará en los problemas de la calidad de la energía que se presentan.

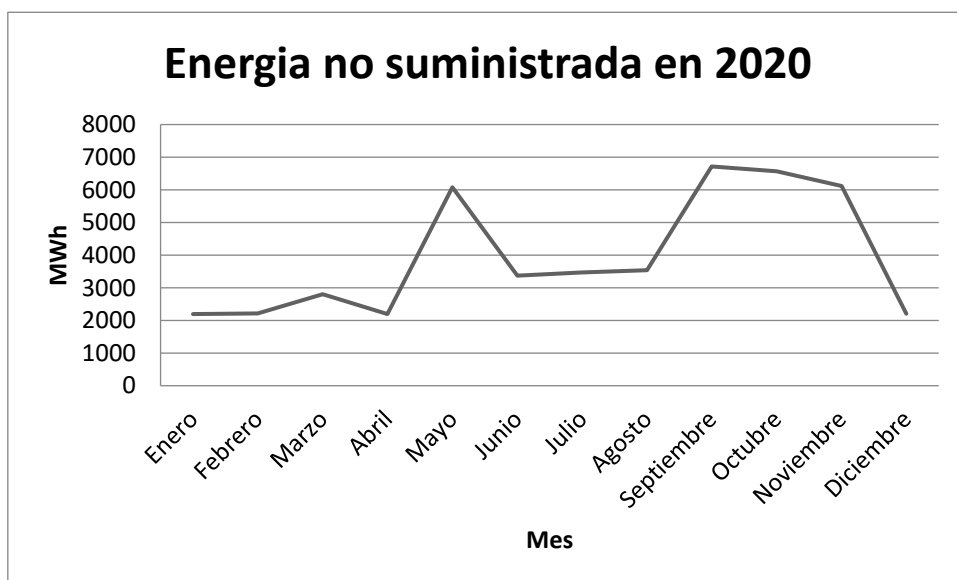
En Honduras la energía no suministrada se debe principalmente a los cortes por mantenimiento o por fallas en el sistema. Como podemos observar en la gráfica 1, a partir del año 2015, la energía no suministrada en Honduras tuvo un considerable incremento al alcanzar una cifra de 35,000 MWh, hasta el año 2019 existió una tendencia donde se redujo dicha cantidad.



Gráfica 1 Histórico de Energía no Suministrada [MWh]

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019)

Sin embargo en el año 2020 debido a los problemas generados por la depresión tropical Eta y seguidamente por el huracán Iota, la energía no suministrada logró sobrepasar los 45,000 MWh. Es por esa razón que en la gráfica 2 podemos observar que de septiembre a noviembre el comportamiento tiende a ser diferente que en los demás meses del año.



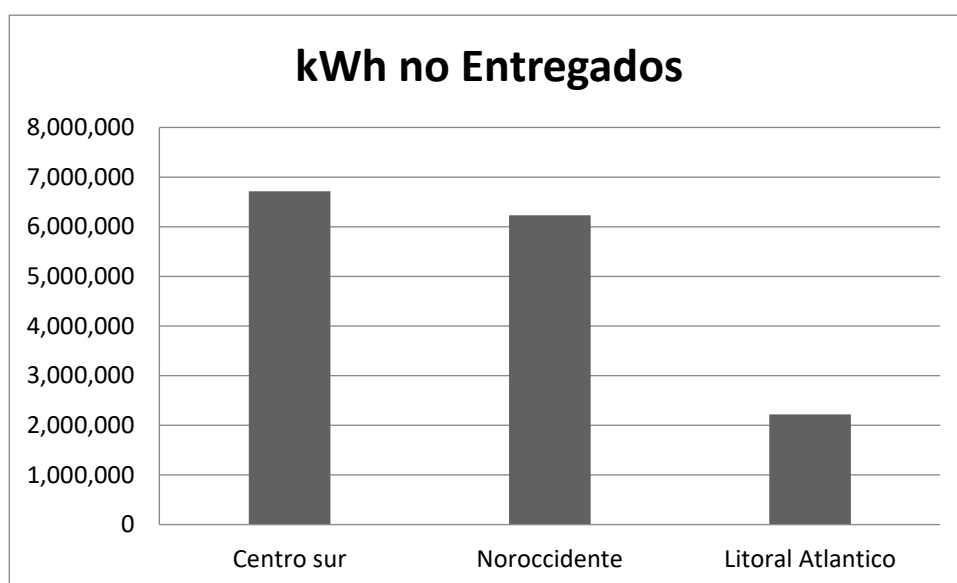
Gráfica 2 Energía no Suministrada en el año 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, la calidad del servicio de energía eléctrica es de vital importancia para todos los consumidores, ya sean residenciales o comerciales. Se entiende como calidad de energía cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes (Fernandez, 2021).

La demanda de energía eléctrica en Honduras se puede dividir en diferentes regiones de consumo que pueden ser zona centro-sur, zona noroccidental y la zona del litoral atlántico. La zona noroccidental de Honduras es donde se encuentra la mayor parte de consumidores industriales, dichos consumidores son los que representan un mayor impacto en el consumo. Así mismo, la zona noroccidental fue la segunda mayor región en los sectores residencial y comercial. Como podemos observar en la gráfica 3 a pesar de ser la zona noroccidental una de las mayores en el consumo eléctrico, en el año 2020 la zona noroccidental representó el 41% del total de energía no suministrada en el país.

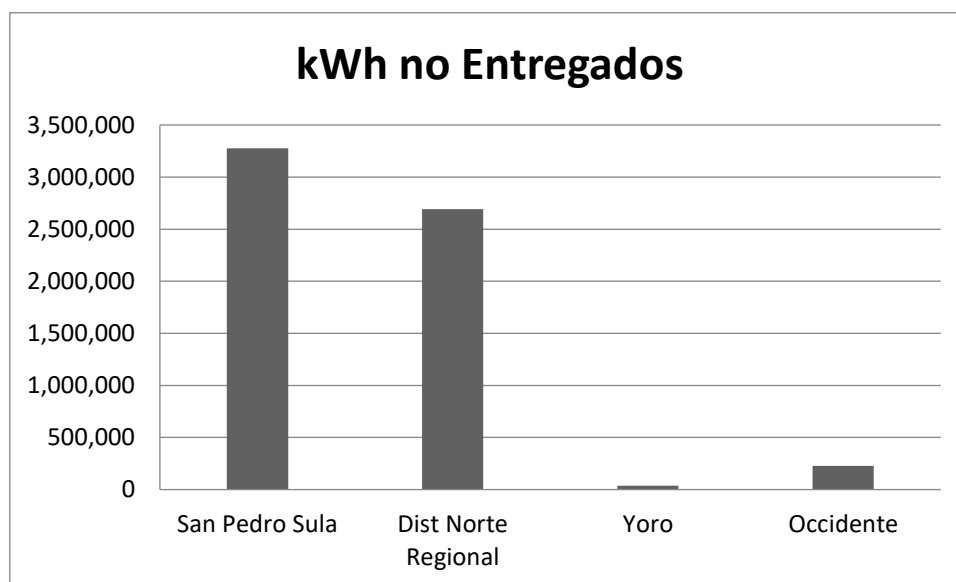


Gráfica 3 Energía no Suministrada por Zona en Honduras

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

La zona noroccidental de Honduras es la segunda zona con la mayor cantidad de kWh no suministrados en el año 2020, solo detrás de la zona centro sur por una diferencia mínima. De igual manera, cuenta con un 43% del consumo energético total del país, es decir que al ser una de las zonas con un mayor auge de consumo, también debido a esto es de las más afectadas en la energía no suministrada. Los ingresos por energía eléctrica de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, varían según el sector, ya sea residencial, baja, media o alta tensión. La zona noroccidental se vuelve un pilar importante en los ingresos ya que es la zona con una mayor cantidad de usuarios industriales, que son los que más aportan económicamente en sus respectivos pagos.

Dentro de este 41% que es representado por un total de 6,232,375 kWh, podemos observar en la gráfica 4 que la distribución de la mayor parte de esta energía no suministrada se presenta en el departamento de Cortes, específicamente en el municipio de San Pedro Sula, diferenciándose de la distribución de energía en la zona Centro-Sur donde la energía distribuida en el Distrito Central esta equilibrada con la zona sur.



Gráfica 4 Energía no Suministrada en Zona Noroccidental

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019)

El costo real de la energía no suministrada de cada sector se centra en el entorno que este percibe, para el sector residencial el costo real incurre únicamente en la pérdida que

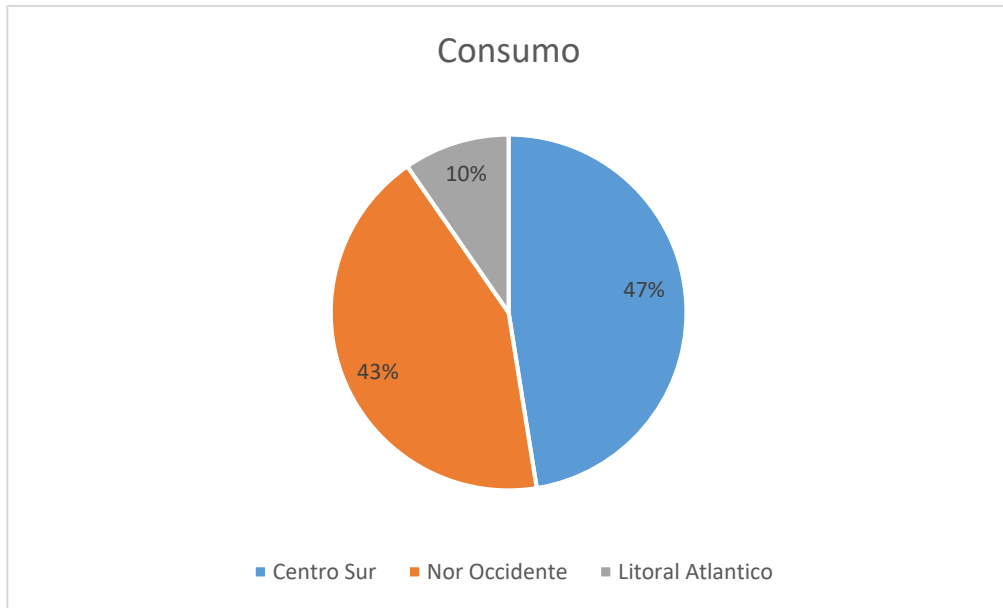
tiene la empresa distribuidora al no tener ingresos durante ese periodo de tiempo, a diferencia de los sectores comercial e industrial, donde la pérdida se presenta en ambos lados, ya que durante el tiempo de corte las empresas se ven afectadas al no poder seguir sus operaciones hasta reestablecer la energía.

2.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Anualmente, la energía no suministrada en los diferentes sectores afecta directamente tanto al usuario como a la empresa distribuidora. Se puede diferenciar la afectación que tiene el sector residencial a los sectores comercial e industrial cuando estos sufren por cortes de energía. Aun y cuando el sector industrial tiende a contar con generadores de respaldo, su consumo en cantidad masiva que deja de facturar la empresa distribuidora, representa una mayor pérdida económica para todos los involucrados.

La importancia de conocer el costo de la energía no suministrada en Honduras tanto para los usuarios afectados como a la ENEE, incurre en visualizar la alta cantidad de pérdidas que se presentan y poder brindar un plan de acción de ambas partes para poder reducir esta pérdida.

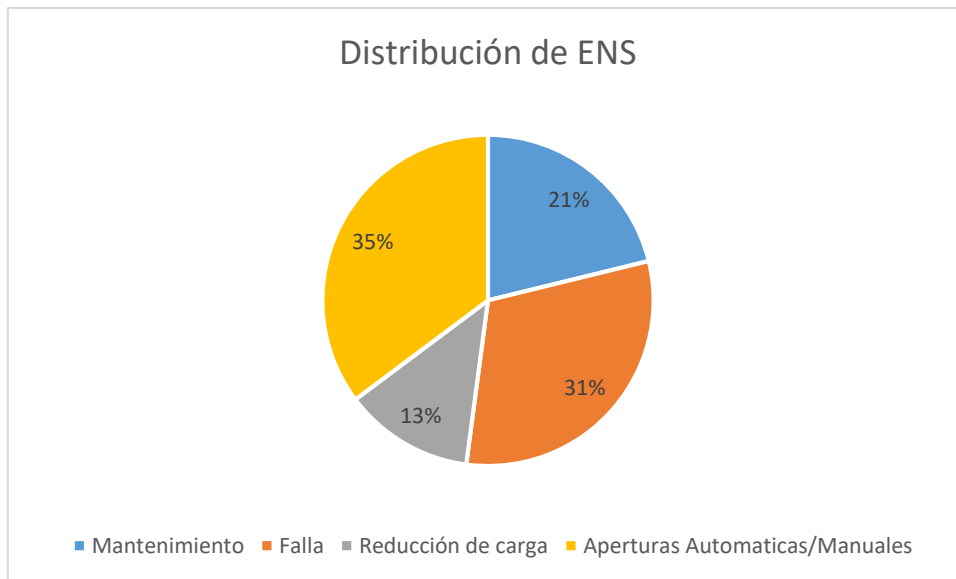
La zona noroccidental en el país representa un 43% del consumo energético total del país, como se puede visualizar en la gráfica 5. En Honduras se estima que un 93.28% del consumo total de energía eléctrica está distribuido entre el sector residencial, comercial e industrial.



Gráfica 5 Venta de Energía por Zona de Honduras

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019)

Como se logró observar en las gráficas 1 y 2 en el año 2020 hubo un total de 47,458.1 MWh de energía no suministrada en Honduras. En la gráfica 6 podemos observar la distribución de los motivos de la energía no suministrada durante el año 2020. Donde se ve reflejado como los problemas por baja frecuencia y las fallas del sistema ocupan un 66% del total de la energía no suministrada



Gráfica 6 Distribución de energía no suministrada en el 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Que establece la normativa legal de Honduras acerca de la calidad de la energía eléctrica y la energía no suministrada?
2. ¿Cuáles son los problemas en la distribución eléctrica, así como las recurrencias que estos tienen en las diferentes zonas de Honduras?
3. ¿Cuál es el consumo eléctrico de los diferentes sectores a estudiar en la zona noroccidental de Honduras
4. ¿Cuál es el costo de la energía no suministrada de corta y larga duración para el sector residencial?
5. ¿Cuál es el costo de la energía no suministrada de corta y larga duración para el sector comercial e industrial?
6. ¿Cuál es el valor real de la energía no suministrada en la zona noroccidental de Honduras?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Calcular el costo de la energía eléctrica no suministrada en los sectores residencial, comercial e industrial en la zona noroccidental de Honduras para los años 2019 y 2020.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Enumerar y analizar los problemas en la red eléctrica, sus causas de origen y efectos que estos pueden generar.
2. Analizar el entorno de la actividad comercial en el consumo eléctrico de la zona noroccidental de Honduras
3. Calcular el costo de energía no suministrada de corta duración en los sectores residencial, comercial e industrial de la zona noroccidental de Honduras
4. Calcular el costo de energía no suministrada de larga duración en los sectores residencial, comercial e industrial de la zona noroccidental de Honduras.

III. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se estará desarrollando toda la información que sustenta de manera legítima la presente investigación. Se estará analizando a detalle la situación actual del país desde las organizaciones que operan el macro-entorno así como las que rigen el micro entorno a nivel nacional, también se desarrollará la normativa legal actual de país, así como las teorías de sustento que respalden la investigación.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se estarán analizando las organizaciones que rigen el ámbito energético tanto en la región centroamericana, así como dentro del país, evaluando las labores y funciones que estas tienen como objetivo.

3.1.1. ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO

En Estados Unidos un estudio realizado para el año 2006, estima que anualmente el costo de la energía no suministrada rondaba los 79 billones de dólares, siendo un 33% de esta pérdida a raíz de cortes de larga duración y un 67% por los cortes de corta duración, donde podemos notar como prevalece la tendencia en que los cortes de corta duración, son los que representan una mayor cantidad de pérdidas. (BERKELEY NATIONAL LABORATORY, 2006)

La región Centroamericana está regida por diferentes entidades que se encargan de manejar el mercado, estas entidades son planteadas por los diferentes estados centroamericanos y cuentan con representantes de cada país en su gabinete, a continuación se presentan las organizaciones principales de la región:

a) Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE)

La CRIE es el ente encargado de regular y realizar el trabajo normativo del Mercado Eléctrico Regional. Este ente cuenta con personalidad, jurídica propia, capacidad de derecho público internacional, independencia económica, independencia funcional y especialidad técnica, se asegura de realizar sus funciones de manera igualitaria para todos los involucrados, así mismo debe demostrar su transparencia. (CRIE, 2019)

Esta comisión nace a partir de la creación del mercado eléctrico de América Central, el 30 de diciembre de 1996, por medio del marco legal establecido por cada presidente de los seis países miembros de la entidad. Anualmente se elige la junta de comisionados conformada por 6 comisionados, uno por cada país miembro de la comisión. Dentro de estos 6 comisionados se elige un presidente y un vicepresidente. Como objetivos principales de la organización se plantea que:

- Se debe hacer cumplir el tratado marco establecido y sus protocolos de operación, así como sus reglamentos y demás instrumentos complementarios.
- Asegurar el desarrollo y consolidación del mercado, así como procurar su transparencia y buen funcionamiento.
- Promover la competencia justa entre los agentes del mercado involucrados.

b) Ente Operador Regional (EOR)

El Ente Operador Regional se identifica como un organismo regional que forma parte del Sistema de la Integración Centroamericana al igual que los demás entes operadores de la región. Este también tiene su inicio en 1996 cuando se crea el Tratado del Mercado Eléctrico de América Central. Con una personalidad jurídica propia y capacidad de derecho público de manera internacional aplicable a todas las partes que conforman el tratado, el EOR tiene su domicilio principal en El Salvador. (EOR, 2020)

Para lograr sus objetivos y funciones el Ente Operador Regional está conformado por una junta directiva que es constituida por dos directores por cada respectivo país que conforma el tratado, estos dos directores son asignados por sus respectivos gobiernos y agentes de su mercado eléctrico, estos rigen por un plazo de cinco años. Entre las funciones del EOR se logra resaltar:

- Proponer a la CRIE los procesos de operación del mercado y el uso de las redes eléctricas de transmisión regional.

- Asegurar que el manejo del despacho regional de energía sea realizado con el adecuado criterio económico, procurando la seguridad, calidad y confiabilidad
- Llevar a cabo la gestión comercial de las transacciones que se generen entre los agentes del mercado
- Brindar la información necesaria para los procesos de evolución del mercado.

c) Empresa Propietaria de la Red (EPR)

Lo que se denomina la infraestructura en la región, es regida bajo la responsabilidad de la EPR, ellos se encargaron principalmente en el diseño, ingeniería involucrada y la construcción de aproximadamente 1,793 kilómetros de líneas de transmisión de 230 kV, estas líneas se conectan a 15 subestaciones de los diferentes países de Centroamérica a través de 28 bahías de acceso (EPR, 2021). La Empresa Propietaria de la Red define tres objetivos principales que están en sus deberes:

- Integrar los seis sistemas eléctricos de la región, creando un único mercado energético.
- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Integración de los sistemas de comunicaciones entre la región centroamericana, México y Colombia.

d) Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC)

Este proyecto desarrollado por la Empresa Propietaria de la Red, contribuye al desarrollo de una base energética más competitiva para la región y una oportunidad para la integración de las energías renovables. Se estima que el 90% del proyecto ya se encuentra en operación, con una inversión de infraestructura que ronda los 494 millones de dólares. Con este sistema de, los países de Centroamérica contarán con un sistema de transmisión más rentable y seguro, que incluye ventajas como la reducción del corte medio de generación (SICA, 2013).

3.1.2. ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNO

Las diferentes organizaciones del país, se distribuyen los cargos y funciones del mercado eléctrico nacional, entre estos las labores de distribución, comercialización, generación, el despacho de energía, así como la regulación de tarifas. Las principales entidades en Honduras son las siguientes:

- a) Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE)
- b) Empresa Energía Honduras (EEH)
- c) Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE)
- d) Operador del Sistema (ODS)

3.1.3. ANÁLISIS INTERNO

- a) Clientes por Sector

En la Tabla 2, se logra observar la distribución de los clientes registrados por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica hasta el año 2019, donde se registran un total 1,873,623 usuarios a nivel nacional. El sector residencial representa la gran mayoría de los usuarios con un 92.39% total, seguido del sector comercial que cuenta con un total del 6.63% de los usuarios y también encontramos el sector industrial, que representa únicamente un 0.07% sin embargo, a pesar de ser de los sectores con una menor cantidad de usuarios, representa un alto porcentaje en el ingreso de consumo de energía

Clientes por Sector 2019		
Sector	No. De Clientes	Porcentaje
Residencial	1,731,021	92.39%
Comercial	124,199	6.63%
Industrial	1,309	0.07%
Otros	17,094	0.91%
Total	1,873,623	100.00%

Tabla 1 Clientes por Sector de Consumo

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019)

- a) Consumo en Honduras

Sin importar la diferencia que existe en la distribución de usuarios por sector, al momento de sectorizar la energía consumida, los porcentajes se ven distribuidos de una manera más equilibrada como se puede observar en la Tabla 3. Donde el sector comercial e industrial, logran consumir un 52.56% de la energía facturada en el 2019, de manera individual el sector residencial logra abarcar un 40.72% del total.

Energía Facturada por Sector en 2019		
Sector	Energía Facturada [MWh]	Porcentaje
Residencial	2,588,161.98	40.72%
Comercial	1,864,432.74	29.34%
Industrial	1,475,448.85	23.22%
Otros	427,496.54	6.73%
Total	6,355,540.11	100.00%

Tabla 2 Energía Facturada por Sector

Fuente: Elaboración Propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

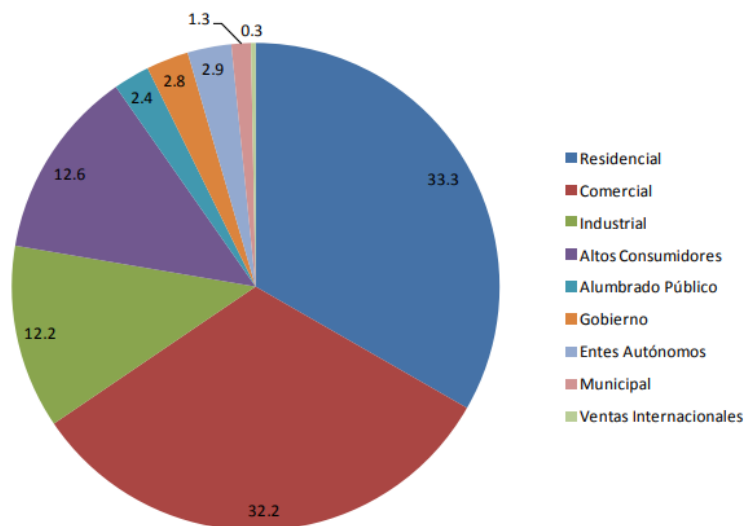
b) Consumo en Zona Noroccidental

Como se puede observar en la Tabla 4, la zona Noroccidental a pesar de aportar una menor cantidad de energía consumida en los sectores residencial y comercial en comparación con la zona Centro sur, es la zona con una mayor aportación en el consumo industrial, que representa un mayor ingreso económico como se demuestra en la gráfica 12.

Energía Facturada por Sector en 2019			
Sector	Centro Sur	Noroccidental	Litoral Atlántico
Residencial	1,265,654.77	1,055,314.54	267192.67
Comercial	904,336.68	732,929.34	227166.71
Industrial	626,101.76	774,804.72	74542.37
Otros	220,897.25	162,493.72	44105.56
Total	3,016,990.46	2,725,542.32	613007.31

Tabla 3 Energía Facturada por Zona en 2019

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019)



Gráfica 7 Ingresos por Venta de Energía

Fuente: Elaboración propia con datos de (Empresa Nacional de Energía Eléctrica, 2011)

3.2 RED ELÉCTRICA

En el servicio de la red eléctrica y su distribución como se visualiza en la Ilustración 1, se debe garantizar la confiabilidad, así como la continuidad del servicio en cada etapa de su proceso. Las fallas y perturbaciones que puede experimentar la red eléctrica, pueden llegar a afectar el comportamiento adecuado del sistema, brindándole problemas al usuario. Cuando las fallas se dan en un sistema de distribución, estas logran que los sistemas de protección realicen su funcionamiento e interrumpan el fluido eléctrico de los usuarios. (VERA, 2017)

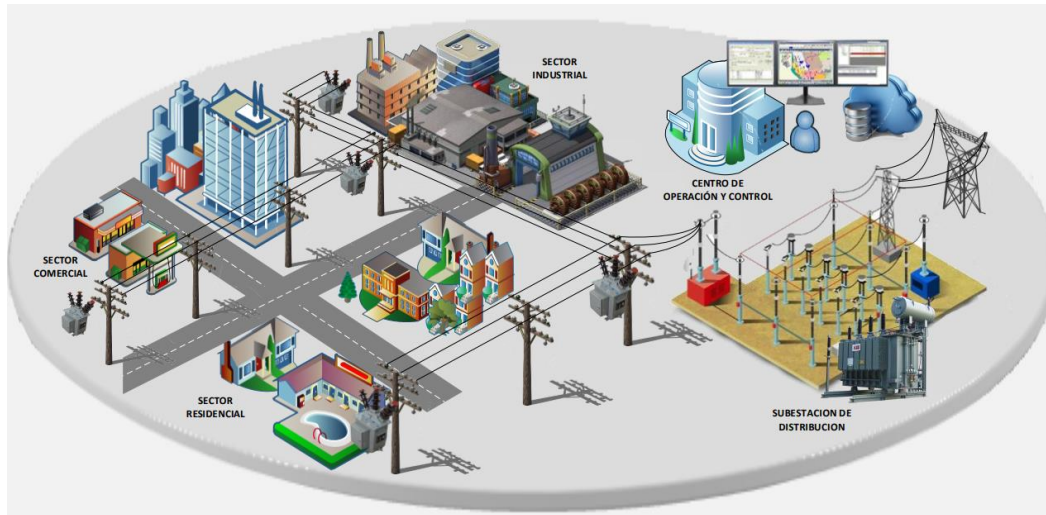


Ilustración 1 Sistema Eléctrico de Distribución

Fuente: (VERA, 2017)

3.2.1 RED ELÉCTRICA EN HONDURAS

Las líneas de transmisión son utilizadas para mover la energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta el consumidor final a lo largo de todo el territorio hondureño. En la transmisión eléctrica en Honduras, se pueden encontrar tres diferentes niveles de tensión que como podemos observar en la Ilustración 2, estos niveles van desde los 230,

138 y 69 kilovoltios. En la tabla 1, se detalla la longitud de las líneas de transmisión en Honduras. (Empresa Nacional de Energía Eléctrica, 2011)



Ilustración 2 Mapa del Sistema Interconectado Nacional

Fuente: (Comisión Reguladora de Energía Eléctrica)

Tensión	Longitud [km]
230	982.99
138	884.93
69	392.53

Tabla 4 Longitud de Líneas de Transmisión por Nivel de Tensión

Fuente: Elaboración propia con datos de (Empresa Nacional de Energía Eléctrica, 2011)

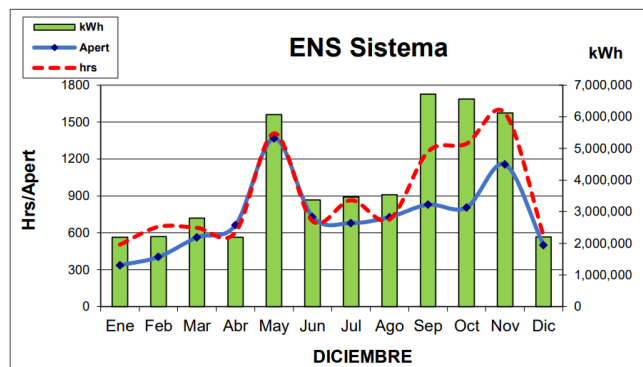
3.2.2 CAUSAS DE LOS CORTES DE ENERGÍA

El Operador del Sistema, que ahora es el Centro Nacional de Despacho es quien tiene como función principal garantizar la continuidad y seguridad del suministro eléctrico y la correcta coordinación del sistema de generación y transmisión al mínimo costo para el conjunto de operaciones del mercado eléctrico. Para demostrar su rendimiento transparente, el ODS mantiene la distribución de las causas por las que se dan las cortes

de energía en Honduras, dichas causas se pueden denominar en cuatro categorías que son:

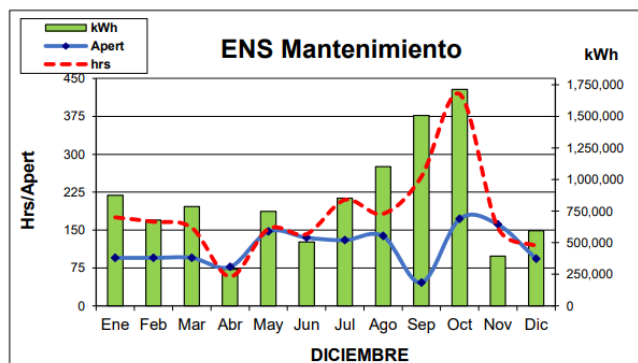
- Mantenimiento Correctivo
- Falla
- Reducción de Carga
- Aperturas automáticas/manuales

Según el Operador del Sistema en el año 2020, se registró un total de 47, 458,101.41 kWh de energía no suministrada en Honduras, de la gráfica 7 a la gráfica 11 podemos encontrar la distribución de las fallas, con su respectiva cantidad de horas y su representación en kWh no suministrados.



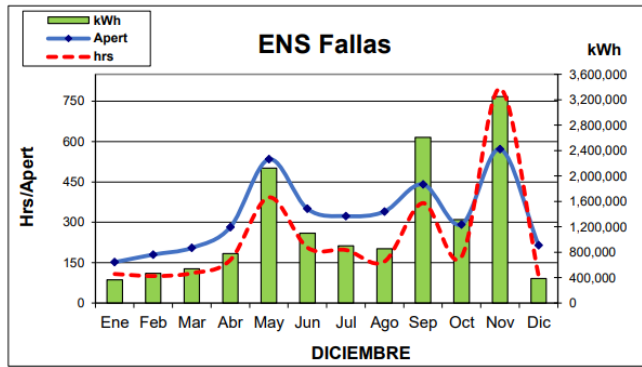
Gráfica 8 Energía no Suministrada total en el 2020

Fuente: (Operador del Sistema, 2020)



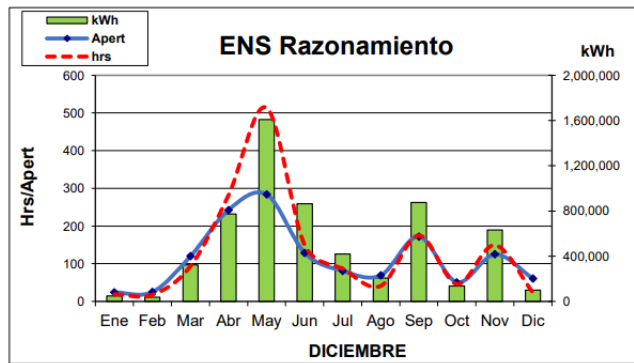
Gráfica 9 Energía no Suministrada por Mantenimiento en 2020

Fuente: (Operador del Sistema, 2020)



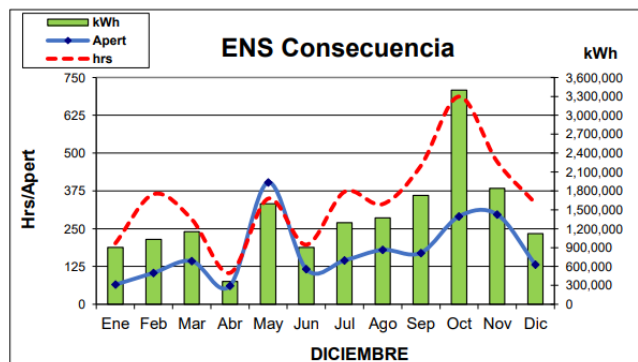
Gráfica 10 Energía no Suministrada por Fallas en el 2020

Fuente: (Operador del Sistema, 2020)



Gráfica 11 Energía no Suministrada por Reducción de Carga en 2020

Fuente:n (Operador del Sistema, 2020)



Gráfica 12 Energía no Suministrada por Aperturas Manuales en 2020

Fuente: (Operador del Sistema, 2020)

3.3 MARCO LEGAL

Toda institución mantiene una base política a través de la cual se regirá en situaciones puntuales, a este alcance político se le denomina marco legal. En el marco legal se involucran esencialmente los temas relacionados con la integridad de todos los relacionados en las situaciones, con mucha frecuencia se pueden encontrar las regulaciones y leyes que generalmente van interrelacionadas. (ACE project)

3.3.1 REGLAMENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO

En el año 2017 el congreso nacional emitió a través del diario la gaceta, el Reglamento del Servicio Eléctrico. En dicho reglamento se logra encontrar las regulaciones por las que se tienen que regir tanto los usuarios que utilizan el servicio eléctrico, así como la empresa distribuidora que este manejando el servicio eléctrico. Dentro del reglamento podemos encontrar los siguientes capítulos:

- I. Disposiciones Generales
- II. Obligaciones del Titular y del Usuario
- III. Obligaciones de la Empresa Distribuidora
- IV. Habilitación del Servicio
- V. Causas para Denegar la Conexión del Servicio
- VI. Terminación del Contrato
- VII. Medidores
- VIII. Medición
- IX. Facturación
- X. Mora en el pago de las facturas
- XI. Energía Consumida no Facturada
- XII. Atención al Usuario
- XIII. Reclamos
- XIV. Interrupciones al Servicio Eléctricos
- XV. Reconexiones
- XVI. Interrupción del Servicio
- XVII. Alumbrado Público
- XVIII. Infracciones y Sanciones

- XIX. Líneas y Equipos del Usuario
- XX. Líneas y Equipos de la Empresa Distribuidora
- XXI. Inspecciones y Ampliación de las Instalaciones Eléctricas

A continuación se resaltarán los artículos dentro del reglamento que hacen énfasis a las situaciones de la calidad de la energía, así como la energía no suministrada a los usuarios. (Diario Oficial la Gaceta, 2017)

Artículo 86. Reclamos. Dentro de la regulación se establece que todo usuario, ya sea una persona natural o jurídica, puede presentar un reclamo ante la empresa distribuidora, en donde se destaca que se pueden realizar reclamos asociados a fallas en el servicio eléctrico.

Artículo 91. Reclamos por Interrupciones. En caso de existir una interrupción en el servicio de manera expedita, la empresa distribuidora deberá asistir los reportes de los usuarios en un tiempo máximo de dos horas cuando estos se sitúen en centros de población con más de diez mil usuarios y no más de ocho horas en casos diferentes.

Artículo 92. Daños a Equipos del Usuario. En caso de que el usuario presente un reclamo por un aparato dañado a raíz de perturbaciones eléctricas, la empresa distribuidora deberá realizar una inspección dentro de los siguientes siete días hábiles de haberse presentado el reclamo y brindar una resolución final dentro del lapso de cinco días hábiles después de la inspección realizada.

Artículo 95. Calidad del Servicio e Indemnizaciones. La ED por su parte será responsable de asegurar que el servicio suministrado satisfaga las normas de calidad aplicables. Cuando se produzcan interrupciones del servicio u otras desviaciones en su calidad, la ED deberá indemnizar a los Usuarios afectados de conformidad con lo establecido en la LGIE y las demás disposiciones que emita la CREE.

La indemnización la hará la ED acreditando a la cuenta de cada Usuario, un monto aprobado por la CREE. El crédito deberá aparecer en una factura emitida dentro de los cuarenta y cinco (45) días contados a partir de la interrupción o del inicio del suministro con mala calidad. A los efectos de respaldar el pago de indemnizaciones en casos de

fallas extraordinarias, la ED deberá constituir un fondo de reserva o contratar pólizas de seguro por el monto que establezca la CREE, el cual será revisado anualmente.

Artículo 96. Obligación de responder por Daños a Instalaciones. Cuando se presenten anomalías que puedan ser acreditables a la empresa distribuidora, como sobretensiones, y a raíz de estas se produzcan daños a las instalaciones y a los aparatos del usuario, la empresa distribuidora deberá indemnizar al usuario afectado.

3.3.2 NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE DISTRIBUCIÓN

El objetivo de la Norma Técnica es reglamentar lo relativo a la calidad del servicio de distribución eléctrica en el territorio de la República de Honduras, incluyendo la definición de los aspectos de la calidad, su monitorización, y la indemnización de los usuarios afectados por episodios de mala calidad, la vigilancia y auditoría por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica, CREE, en adelante designada como "la Comisión", y establecer las obligaciones de las empresas que realizan actividades de la industria, y de los usuarios, en relación con la calidad del servicio. (Diario Oficial La Gaceta, 2017)

La presente norma identifica tres áreas que deben cumplir con los índices de calidad de los productos en el parámetro eléctrico:

- Calidad de la tensión
- Calidad de la frecuencia
- Continuidad del servicio

En las ocasiones que uno o más de los parámetros indicados se encuentren fuera de los respectivos rangos normales o permitidos, la empresa distribuidora encargada tiene la obligación de pagar a los usuarios afectados una indemnización por los problemas que les causan esas desviaciones. En el caso de la continuidad del servicio, cuando haya una interrupción, el costo unitario de indemnización será igual al costo de la energía no suministrada establecido por la Comisión, el cual será aplicado a la cantidad estimada de energía que el usuario afectado habría consumido en el tiempo que dure la interrupción, de no haberse producido la misma.

No obstante, la obligación de las empresas distribuidoras es de indemnizar a los usuarios afectados por episodios de mala calidad, cuando las interrupciones del servicio y otras desviaciones de los parámetros con respecto a los rangos normales sean consecuencias de eventos de fuerza mayor, las empresas distribuidoras no se verán obligadas de indemnizar a los afectados. En esos casos, la empresa o empresas distribuidoras impactadas por el evento, así como las empresas generadoras y transmisoras eventualmente también impactadas, deberán informar del evento a la Comisión tan pronto como les sea posible, detallando los daños causados al sistema eléctrico, las zonas afectadas, y el tiempo estimado para restablecer el servicio en cada una.

Así mismo la empresa distribuidora debe cumplir con los siguientes índices de calidad de servicio, que se le brinda los usuarios:

- a) Número de reclamos de clientes por todo tipo de causas
- b) Tiempo para atender solicitudes de nuevos servicios
- c) Tiempo para resolver reclamos de clientes por cobros que ellos juzgan que no son justificados
- d) Tiempo para atender solicitudes de ampliación de capacidad para servicios existentes
- e) Tiempo para atender solicitudes de usuarios que piden reemplazo, revisión o calibración de su medidor
- f) Cumplimiento de la notificación anticipada a los clientes de interrupciones programadas para mantenimiento, o para actividades de construcción
- g) Cumplimiento de la notificación oportuna al cliente antes de efectuar un corte por falta de pago
- h) Tiempo para reconectar el servicio cortado por falta de pago, después de que el cliente ha pagado lo que debía.

3.4 TEORÍA DE SUSTENTO

El costo de la energía no suministrada se refiere a todos los impactos económicos que logran afectar al usuario, cuando se refleja una interrupción en el suministro de la

energía eléctrica a causa de los efectos que puedan existir en la red de transmisión regional. Al momento de calcular el costo de la energía no suministrada, pueden existir dos escenarios diferentes, estos son la energía no suministrada de corta duración y la energía no suministrada de larga duración. (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica).

El costo de la energía no suministrada de corta duración, es representado por el costo unitario que tiene el usuario cuando sufre de una falla sin previo aviso, este normalmente se suele dar a través de la red de suministro pública. El costo total dependerá de la condición y situación por la que atraviese el usuario, pero al juntar todos los usuarios que se ven afectados por la interrupción, el costo suele ser elevado. Existen dos metodologías para realizar el cálculo, dependiendo de la condición del usuario afectado, estas pueden ser:

El costo de la energía no suministrada de larga duración hace representación al costo unitario por el que incurre el usuario por los cortes de energía eléctrica que son previamente anunciados por la empresa distribuidora. Debido a que el usuario puede prepararse para estos cortes, se estima que el costo en estas circunstancias a pesar de ser elevado, puede ser menor que los costos de energía suministrada de corta duración. Cuando existe un preaviso de corte de energía lo recomendable es adaptar las actividades para minimizar las pérdidas o prepararse a través de un medio alternativo de reserva.

IV. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se estará presentando la metodología desarrollada para poder ejecutar la investigación. Se definirán los elementos esenciales para cimentar la investigación de una manera clara y ordenada, definiendo su enfoque, variables, técnicas, entre otras actividades.

4.1 ENFOQUE

En un enfoque cuantitativo, su proceso de investigación se basa alrededor de las mediciones numéricas, a través de la observación, la recolección de datos y análisis estadístico se logran responder las preguntas de la investigación en la Ilustración 3

podemos observar las variables del enfoque cuantitativo que se estarán implementando en la presente investigación.

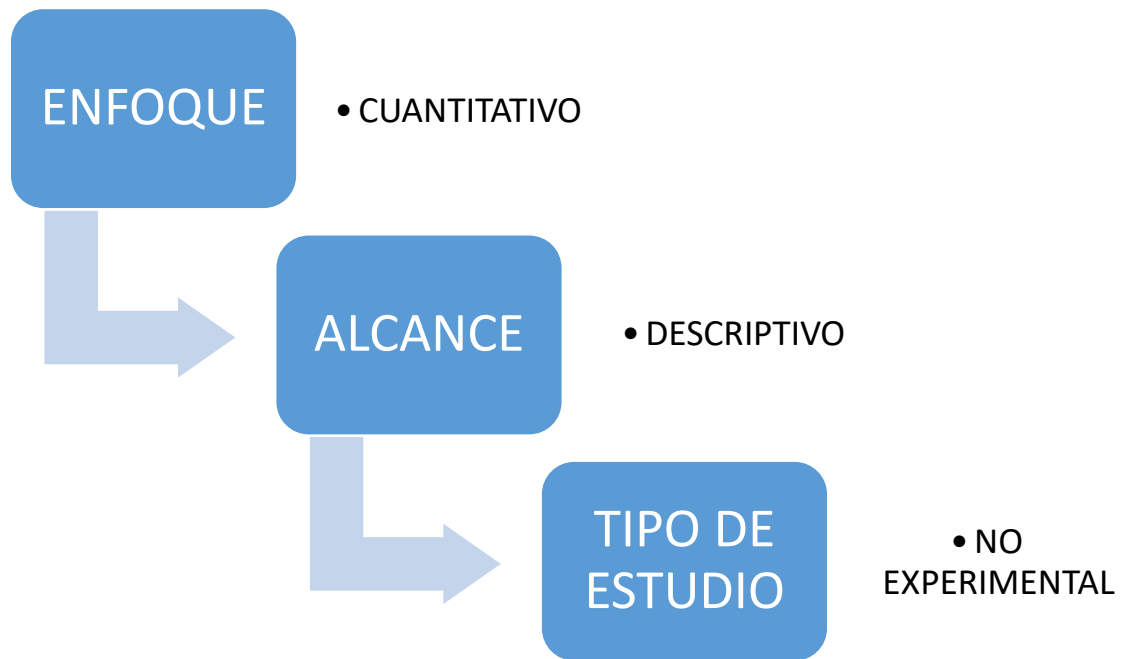


Ilustración 3 Enfoque, Alcance y Tipo de Estudio

Fuente: Elaboración propia

Con el enfoque cuantitativo ya establecido, procedemos a definir la investigación con un alcance descriptivo debido al análisis económico que se estará realizando, así mismo será una investigación con un tipo de estudio no experimental.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Como variables de la presente investigación tomaremos en cuenta todos los valores que afectan de manera dependiente o independiente los cálculos del costo de la energía no suministrada en sus diferentes casos, que puede depender ya sean de larga o corta duración, así como también dependerá del sector de estudio en su momento, que son residencial, comercial e industrial.

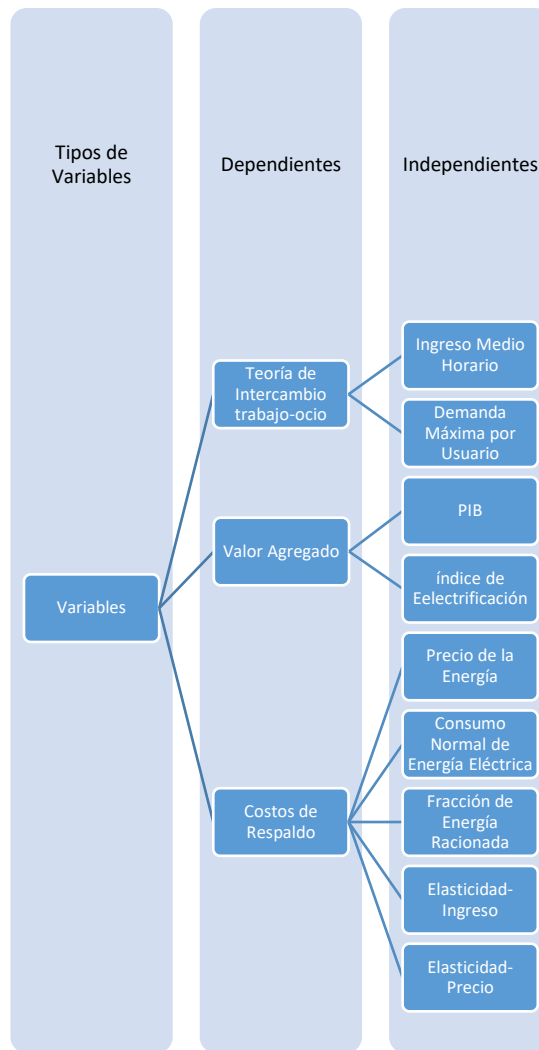


Ilustración 4 Distribución de Variables

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

1. Teoría de intercambio trabajo-ocio, que aplica únicamente para el sector residencial.

La siguiente ecuación se utiliza para el cálculo del costo de la energía no suministrada de corta duración en el sector residencial.

$$CENS = \frac{\left(\frac{IM}{DM}\right) * ((H_{DE} * FP_{DE}) + (H_{DO} * FP_{DO}) + (H_{RE} * FP_{RE}))}{(H_{DE} * H_{DO} * H_{RE})}$$

Dónde:

- CENS: representa el costo de energía no suministrada en USD/MWh

- IM: es el Ingreso Medio Horario en una jornada de trabajo de 8 horas
- DM: es la Demanda Máxima por usuario en MW, que se obtiene a partir del consumo de energía por usuario residencial
- H_{DE}, H_{DO} y H_{RE} : representa las horas del día distribuidas en actividades como Descanso (DE), que es igual a 8.5 horas al día, Actividades Domésticas (DO) , que equivalen a 5.8 horas al día y por último el Resto de Actividades (RE) que equivalen al 9.7 horas al día.
- P_{DE}, P_{DO} y P_{RE} : son utilizados como ponderadores para valorar las horas del día, equivalen a 0, 1 y 0.5 respectivamente.

2. Valor agregado, esta metodología aplica solamente en los sectores comercial e industrial.

La metodología del valor agregado para determinar el costo de la energía no suministrada de corta duración requiere información adicional así como el PIB, el consumo de electricidad y la elasticidad-ingreso para el respectivo sector. También se debe incluir el nivel de electrificación con el que cuenta el país hasta el momento.

A partir de modelos econométricos puede ser estimada la elasticidad-ingreso, ya que la elasticidad-ingreso del consumo se puede definir como la proporción entre el aumento en el consumo de la energía eléctrica de un producto, ante un cambio en el ingreso que suceda de manera proporcional. Para determinar la elasticidad-ingreso del consumo, se utilizará el modelo econométrico conocido como ajuste parcial presentado a continuación:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\frac{\Delta PIB}{PIB}}$$

Entonces se define como el costo marginal de la energía no suministrada lo siguiente:

$$CENS: \frac{\Delta PIB}{\Delta C} = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C}$$

Debido a que solo se deben considerar los usuarios que tienen acceso a la red eléctrica, se debe de tomar en cuenta el índice de electrificación del país ($IE\%$), es por eso que:

$$CENS: \frac{\Delta PIB}{\Delta C} = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\%$$

a) Costos de respaldo, para los sectores comercial e industrial

En esta metodología se supone como objetivo la medición de la voluntad de pago a través de estimar los costos de autogeneración, y debido a que a diferencia de los usuarios residenciales, la mayoría de usuarios comerciales e industriales tienden a tomar acciones preventivas instalando sistemas de respaldo, también conocidos como auto generadores, es por eso que este método será aplicado únicamente para los sectores comercial e industrial.

En este caso, la capacidad de los usuarios les permite invertir en equipos de respaldo hasta que la ganancia esperada de kWh marginal autogenerado, sea igual a la perdida que espera del kWh marginal no suministrado. Este método se basa en la preferencia revelada, debido a que el costo de una interrupción puede ser inferido a raíz de las acciones que logran tomar los usuarios para poder disminuir las perdidas por la energía eléctrica no suministrada. Los costos de autogeneración vienen siendo un excelente estimador de la voluntad marginal de pago por una oferta ininterrumpida de electricidad, a raíz de esto el costo marginal de producir energía propia se utilizará como método de costos de respaldo. Este modelo puede ser definido como el costo adicional por unidad de energía [kWh] por el que incurre el usuario, al no disponer de la empresa distribuidora, y tener que generarla con los sistemas de respaldo.

El costo marginal de energía no suministrada, logra reflejar el valor asociado de un racionamiento en el consumo para una cierta profundidad. Basado en la condición de que el racionamiento sea anunciado con cierta anticipación con el fin de que se restrinjan los consumos con un menor valor, el costo será asociado a un racionamiento eficiente.

Se le puede denominar como d a la función demandada de energía de un consumidor durante el periodo de tiempo relevante asociado a una restricción de energía. Esta demanda se relaciona a la cantidad de energía demandada (q) por el usuario en su función del precio de la energía (p) y su ingreso (y):

$$q = d(p, y)$$

A raíz de la ecuación anterior es posible plantear su ecuación inversa de demanda donde se obtiene el precio de la energía del cual el usuario demanda kWh, que también es función del ingreso:

$$p = v(q, y)$$

Denominando P_0 al precio que obtiene la energía durante el período de racionamiento, Q_0 al consumo normal de energía al precio P_0 , Y_0 al ingreso del usuario y λ a la fracción de energía racionada, se obtiene que el consumo del usuario bajo el escenario de racionamiento es:

$$(1 - \lambda)q_0 = q_\lambda \text{ kWh}$$

Suponiendo de que el racionamiento se desarrolle de una manera eficiente, el costo de energía no suministrada marginal es el precio al cual el usuario demandaría q_λ kWh. El costo de energía no suministrada se representa por el símbolo v_λ y este dependerá de la magnitud de su respectiva restricción λ , el ingreso del usuario, el precio que esta tiene bajo condiciones normales y la cantidad de energía demandada. Bajo el supuesto de que la demanda de energía se puede representar mediante una función log-lineal, se obtiene que:

$$d = \alpha p^\beta y^\gamma, \text{ Donde } \alpha = q_0 p_0^{-\beta} y_0^{-\gamma}$$

A partir de estas expresiones, calcular el costo marginal se resume en hallar la solución v_λ a la siguiente ecuación no lineal:

$$(1 - \lambda)q_0 = \beta(y_0 + (v_\lambda - p_0)q_\lambda)^\gamma$$

Donde,

- v_λ = CENS Marginal
- q_λ = precio de la demanda de kWh del usuario
- λ = magnitud de la restricción
- y_0 = ingreso del usuario (PIB)
- q_0 = Cantidad de energía demandada
- p_0 = precio bajo condiciones normales
- β = elasticidad-precio

- γ = elasticidad ingreso de la demanda

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

a) Ingreso Medio Horario

En la teoría de intercambio de trabajo-ocio, utilizada para calcular el costo de la energía no suministrada de corta duración el sector residencial, juega un papel importante el ingreso medio horario. Este sirve para definir las actividades durante el día de una persona promedio, en este caso utilizaremos la estimación realizada por la CRIE que se puede observar en la Ilustración 4.

Actividades por día	Horas
Cuidado personal, total	10:20
Descansar	08:30
Limpiarse, vestirse	00:25
Comer	01:25
Cuidado de otros, total	01:10
Cuidar niños propios	01:00
Cuidar otras personas	00:10
Viajes, total	01:30
Trabajo pago, total	04:30
Educación, total	00:30
Actividades domésticas, total	02:30
Compras	00:30
Actividades domésticas	01:00
Cocinar	00:30
Mantenimientos y mejoras del hogar	00:30
Ocio, total	03:20
Deportes	00:15
Televisión, video, radio, CD's	01:30
Contacto social (amigos, familia)	00:30
Visitar restaurantes, bares	00:15
Leer	00:20
Caminar, andar en bicicleta, iglesia, museos, teatro	00:30
Otras actividades no conocidas	00:10
TOTAL	24:00

Ilustración 5 Distribución de las horas del Día de una Persona (Promedio)

Fuente: (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica)

b) Demanda Máxima por Usuario

La demanda máxima por usuario o cliente, en este caso se estimará en MWh, puede ser calculada a partir del consumo de energía eléctrica por usuario residencial; la cantidad de usuarios residenciales con la que cuenta la región; el total de horas por mes,

que en este caso se tomará como base 720 horas y por último se utiliza el factor de carga promedio, que según la CRIE en la región es igual a 0.5.

c) PIB

En la estimación a través del Valor Agregado/kWh, para poder calcular el costo de energía no suministrada de corta duración en los sectores comercial e industrial, se requiere el valor del Producto Interno Bruto para la región. Según el Instituto Nacional de Estadística el PIB actual de Honduras es de 23.83 miles de millones de USD, y de este total, el 63% es aportado únicamente por el departamento de Cortes. Esto demuestra la importancia que juega la zona noroccidental en la economía de Honduras.

d) Índice de electrificación

El índice de electrificación del país juega un papel importante en la estimación a través del Valor Agregado, este es necesario para calcular el costo de la energía no suministrada de corta duración para los sectores comercial e industrial. Según la Dirección General de Electricidad y Mercados, Honduras cuenta con un índice de electrificación de 86.97%. En la tabla xx podemos visualizar el índice de electrificación por departamento, en el que los departamentos de la zona noroccidental, (Cortes, Copan, Ocotepeque, Santa Bárbara, Yoro) En su mayoría se encuentran por encima del promedio por departamento de la zona noroccidental.

Departamento	ICE
Copan	87.16%
Cortes	97.66%
Intibucá	76.85%
Ocotepeque	94.30%
Santa Barbara	91.32%
Yoro	86.83%
Promedio	86.97%

Tabla 5 Índice de Cobertura Eléctrica en Honduras

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019)

e) Error Estocástico

También conocido como perturbación estocástica, el error estocástico representa una variable no observable que puede adoptar valores ya sean positivos o negativos. Cumple con la función de sustituir valores que se omiten en el cálculo. (Ordaz)

f) Precio de la energía

El precio de la energía se utilizará según el año y el trimestre en que se elaborará el estudio, debido a la variación que este tiene por los cambios calculados por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica. En la tabla 6 podemos observar las tarifas vigentes establecidas por la CREE para el trimestre de julio a septiembre.

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Potencia	Precio de la Energía
	HNL/abonado-m	HNL/kW-mes	HNL/kWh
Servicio Residencial			
Consumo de 0 a 50 kWh/mes	56.66		4.4147
Consumo mayor de 50 kWh/mes	56.66		
Primeros 50 kWh/mes			4.4147
Siguientes kWh/mes			5.7447
Servicio General en Baja Tensión	56.66		5.7498
Servicio en Media Tensión	2,451.18	308.6947	3.7899
Servicio en Alta Tensión	6,127.95	266.4908	3.5776

Tabla 6 Tarifas Vigentes de Energía Eléctrica

Fuente: (CREE, 2022)

g) Consumo Normal de Energía Eléctrica

Conocer el consumo en cada sector es de suma importancia para todos los aspectos del cálculo del costo de energía no suministrada. Para esto se debe de conocer el consumo individual no solo de cada sector (residencial, comercial e industrial) si no que también debe ser establecido por la zona deseada, en este caso la zona noroccidental de Honduras. El 43% de los clientes del consumo eléctrico en Honduras pertenecen a la zona noroccidental.

h) Fracción de Energía Racionada

Un pilar importante para el cálculo de la energía no suministrada es conocer la fracción de energía racionada, esto representa el total de horas en las que se dejó de suministrar energía a lo largo cierto periodo de tiempo ya estipulado. En la gráfica 4 se observa la distribución de los kWh no suministrados durante el 2019 en las diferentes regiones y departamentos de la zona noroccidental de Honduras.

i) Elasticidad-Ingreso de Corto Plazo

En todo sistema de mercado, la cantidad demandada de un producto o servicio, dependerá en gran medida de la cotización que este tiene por los usuarios o clientes. La asequibilidad de un producto se establece a raíz del precio presupuestado disponible por los compradores. La elasticidad ingreso se encarga de evaluar la relación que existe entre los presupuestos y la cantidad demandada del producto.

La elasticidad ingreso de la demanda mide como se afecta en el ámbito económico, la cantidad demandada que tiene un producto o un bien por un cambio en el ingreso desde el punto de vista de la demanda que este tiene en el mercado. (McKenzie, 2020)

j) Elasticidad-Precio de Corto Plazo

La elasticidad precio de la demanda es la que mide la reacción de los compradores ante los cambios que se registren en el precio de un producto. Cuando un mercado es elástico, el mínimo cambio en el precio tiene como consecuencia un cambio significativo en las ventas del producto. Cuando el mercado es inelástico, sucede de manera inversa al elástico, es decir que un cambio fuerte en el precio tiene como resultado un mínimo impacto en el volumen de las ventas del producto o bien.

Como alternativa de la elasticidad precio, se pueden dar diferentes casos, ya sea una elasticidad de corto o largo plazo. Estos solo dictaminan el periodo de tiempo en que se puede ver reflejado el impacto por el cambio en el precio, debido a que en algunos casos, el cambio no se refleja de manera inmediata. (Grasset, 2015)

k) Tasa de cambio de Lempiras a Dólar

Para los diferentes años en los que se estarán realizando análisis en la presente investigación, se estarán calculando en dólares, como recomendación por parte de la CRIE. La tasa de cambio que se utilizará se presenta en la tabla xx a continuación:

Tasa de Cambio	
Año	Precio del Dólar
2019	24.6801
2020	24.7539
2021	24.1848

Tabla 7 Tasa de Cambio

Fuente: Elaboración propia con datos de (Banco Central de Honduras, 2022)

4.3 HIPÓTESIS

El propósito de la siguiente hipótesis de la investigación es definir de manera predictiva los resultados esperados, con el fin de plantear una resolución previa al análisis de los resultados que serán obtenidos. A continuación se presenta la hipótesis de la investigación:

H_1 : El costo de la energía no suministrada en la zona noroccidental de Honduras representa al menos un 15% de la facturación total por energía eléctrica generada por la empresa distribuidora en el mismo periodo de tiempo.

H_0 : El costo de la energía no suministrada en la zona noroccidental de Honduras es menor que un 15% de la facturación total por energía eléctrica generada por la empresa distribuidora en el mismo periodo de tiempo.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

La sustentación científica de la presente investigación se desarrollará en su mayoría a raíz de los diferentes boletines estadísticos y de transparencia de las diferentes organizaciones nacionales, así como la ENEE, CRIE, INE, DGEM, ODS, entre otras. Así mismo se fundamenta teóricamente por diversos libros, artículos, sitios en internet e investigaciones previas.

Los métodos de cálculos presentados para el costo de la energía no suministrada son las fórmulas y procedimientos establecidos por la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica en su investigación denominada "Metodología de Cálculo del Excedente del Consumidor y Costo de Energía no Suministrada" publicada en 2018. Este estudio fue realizado a raíz de una solicitud del Ente Operador Regional a la CRIE, para poder brindar información necesaria para realizar dichos cálculos.

Así mismo se estará utilizando el programa de Microsoft Excel para desarrollar diferentes métodos de análisis financiero, así como medio para crear y tabular diferente información con el fin de mostrar esta de una manera más detallada en la presente investigación.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Como se menciona anteriormente, la presente investigación se estará centrando únicamente en la zona noroccidental de Honduras, zona que es conformada por los departamentos de Cortes, Copan, Ocotepeque, Santa Bárbara y Yoro así como se muestra en la Ilustración 5 donde las regiones 1 y 2 representan los departamentos del noroccidente de Honduras.

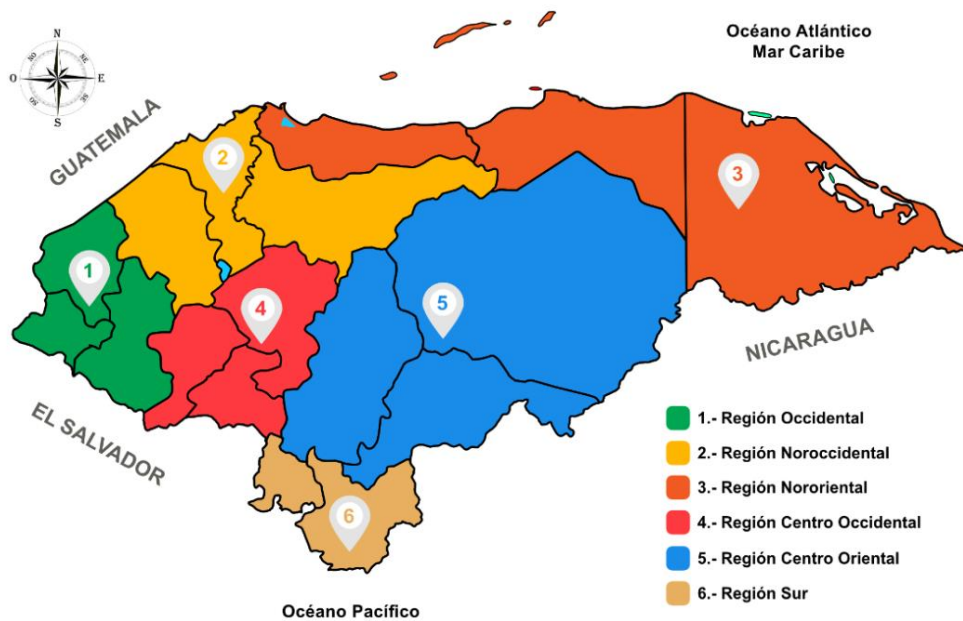
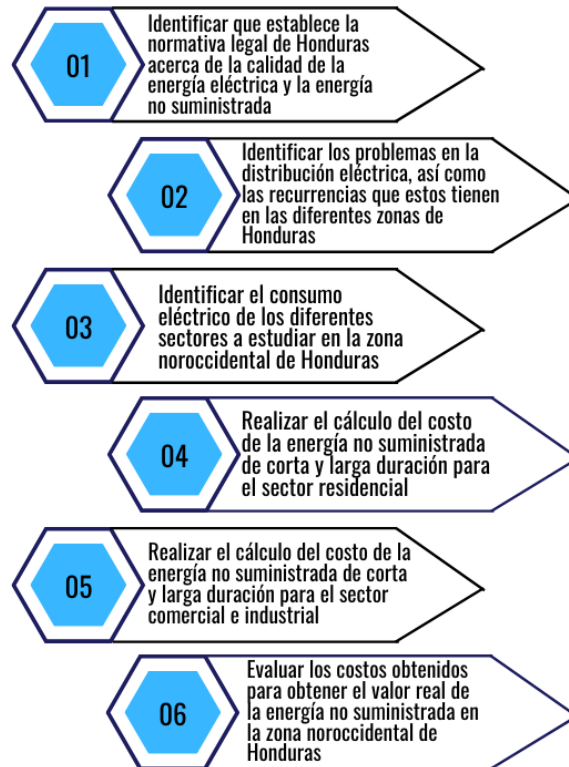


Ilustración 6 Distribución de Regiones en Honduras

Fuente: (RedHonduras, 2022)

4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

En la ilustración 6 podemos observar la directriz que se ejecutará a lo largo de la investigación para validar la metodología de validación, la importancia de esta se basa en que toda actividad, teoría o método de cálculo debe ser ejecutado con un fundamento científico que lo sustente.



Fuente: Elaboración propia

- I. Fundamentos del Marco Legal de Honduras
- II. Problemas en la distribución eléctrica
- III. Consumo Eléctrico en los diferentes Sectores de Honduras
- IV. Calculo del Costo de la Energía no Suministrada en el sector Residencial
- V. Calculo del Costo de la Energía no Suministrada en los Sectores Comercial e Industrial
- VI. Obtención del Valor Real de la Energía no Suministrada en la Zona Noroccidental de Honduras

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se presentan los procedimientos utilizados para la obtención de los resultados de la investigación, así mismo el respectivo análisis para evaluar los resultados obtenidos y posteriormente poder generar las conclusiones de la investigación.

5.1. COSTO DE LA ENERGÍA NO SUMINISTRADA DE CORTA DURACIÓN

5.1.1. TEORÍA DE INTERCAMBIO TRABAJO-OCIO

a) Ingreso Medio Horario

Según (Rodríguez, 2021) en Honduras más de 2.6 millones de personas ganan una cantidad menor al salario mínimo establecido para cada respectiva rama de actividad económica establecida por la Secretaría de Trabajo. La tabla 8 demuestra como para el año 2019 el salario mínimo promedio oscilaba entre L. 9,164.09.

Ingreso Medio Horario 2019	
Salario Promedio Mensual	9,164.09
Días	22
Ingreso Medio Horario [Lps]	416.55
Ingreso Medio Horario [USD]	16.88

Tabla 8 Ingreso Medio Horario por Jornada Laboral de 8 Horas

Fuente: Elaboración propia con datos de (CCIT, 2020)

Así mismo, a continuación en la tabla 9 encontramos los datos para el ingreso medio horario del año 2020:

Ingreso Medio Horario 2020	
Salario Promedio Mensual	9,622.29
Días	22
Ingreso Medio Horario [Lps]	437.37
Ingreso Medio Horario [USD]	17.66

Tabla 9 Ingreso Medio Horario por Jornada Laboral de 8 Horas (2020)

Fuente: Elaboración propia con datos de (CCIT, 2020)

b) Demanda Máxima

Para los años 2019 y 2020, como se observa en la tabla 10, la región noroccidental registró un total de 809,905 y 806,129 clientes totales del servicio eléctrico. Según (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019), el 92.39% de los clientes existentes, son residenciales. Es decir que se espera que la zona noroccidental tenga un aproximado de 748,271 usuarios residenciales en 2019 y 744,783 en 2020.

Sistema	2016	2017	2018	2019	2020
Total	1,675,118	1,732,610	1,806,962	1,905,766	1,895,984
Región Centro	768,543	797,061	837,591	883,069	878,647
Región Norte	716,370	738,901	766,196	809,905	806,129
Región Litoral	190,205	196,648	203,175	212,792	211,208

Tabla 10 Usuarios de Consumo Eléctrico por Región

Fuente: Elaboración propia con datos de (Instituto Nacional de Estadística, 2020)

Para el valor de demanda máxima, se tomará en cuenta el consumo residencial en un mes (720 horas) en MW, asumiendo un factor de carga de 0.5. A continuación en la tabla 9, se desarrolla el proceso para obtener el valor de demanda máxima:

Demanda Máxima en MW (2019)	
Consumo Residencial	2,586,736.00
Número de Clientes Residenciales	748,271
Consumo Anual por Cliente	3.45695076
Consumo Mensual por Cliente	0.28807923
Factor de Carga	0.5
Demanda Máxima	0.14403961
Demanda Máxima Diaria	0.00480132
Demanda Máxima Jornada de 8 horas	0.00160044

Tabla 11 Demanda Máxima por Usuario en MW

Fuente: Elaboración propia con datos de (Instituto Nacional de Estadística, 2020)

A continuación en la tabla 12 se presenta la demanda máxima por usuario para el año 2020:

Demanda Máxima en MWh 2020

Consumo Residencial	2,644,350.00
Cientes Residenciales	744,783
Consumo Por Cliente Anual	3.55049726
Consumo Por Cliente Mensual	0.29587477
Factor de Carga	0.5
Demanda Máxima	0.14793739
Demanda Máxima Diaria	0.00493125
Demanda Máxima Jornada de 8 horas	0.00164375

Tabla 12 Demanda Máxima por Usuario en MWh 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Instituto Nacional de Estadística, 2020)

c) H_{DE}, H_{DO} y H_{RE}

Representan el promedio de horas que pasa la persona promedio en diferentes actividades a lo largo del día, en la tabla 10 se puede observar la distribución.

Distribución de Horas del Día	
Actividades	Horas
Actividades Domésticas (DO)	5.8
Descanso (DE)	8.5
Resto de Actividades (RE)	9.7

Tabla 13 Distribución de Horas en el Día

Fuente: Elaboración propia con datos de (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica)

d) P_{DE}, P_{DO} y P_{RE}

Son utilizados como ponderadores para valorar las horas del día, equivalen a 0, 1 y 0.5 respectivamente.

Con todos los valores establecidos, a continuación se desarrolla el procedimiento para el cálculo del costo de la energía no suministrada de corta duración en el sector residencial para el año 2019:

$$CENS = \frac{\left(\frac{IM}{DM}\right) * ((H_{DE} * FP_{DE}) + (H_{DO} * FP_{DO}) + (H_{RE} * FP_{RE}))}{(H_{DE} * H_{DO} * H_{RE})}$$

$$CENS = \frac{\left(\frac{16.88}{0.00160044}\right) * ((8.5 * 0) + (5.8 * 1) + (9.7 * 0.5))}{(5.8 * 8.5 * 9.7)}$$

$$CENS = \frac{(10,547.099) * ((0) + (5.8) + (4.85))}{(478.21)}$$

$$CENS = \frac{(10,547.099) * (10.3)}{(478.21)}$$

$$CENS = \frac{(108,635.12)}{(478.21)}$$

$$CENS_{2019} = 227.17 \text{ USD/MWh}$$

Este resultado refleja el costo que tiene cada MWh que fue dejado de suministrar a todo el sector residencial en el año 2019.

A continuación se desarrolla el procedimiento para el cálculo del costo de la energía no suministrada de corta duración en el sector residencial para el año 2020:

$$CENS = \frac{\left(\frac{IM}{DM}\right) * ((H_{DE} * FP_{DE}) + (H_{DO} * FP_{DO}) + (H_{RE} * FP_{RE}))}{(H_{DE} * H_{DO} * H_{RE})}$$

$$CENS = \frac{\left(\frac{17.66}{0.00164375}\right) * ((8.5 * 0) + (5.8 * 1) + (9.7 * 0.5))}{(5.8 * 8.5 * 9.7)}$$

$$CENS = \frac{(10,743.726) * ((0) + (5.8) + (4.85))}{(478.21)}$$

$$CENS = \frac{(10,743.726) * (10.3)}{(478.21)}$$

$$CENS = \frac{(110,660.378)}{(478.21)}$$

$$CENS_{2020} = 231.405 \text{ USD/MWh}$$

Este resultado refleja el costo que tiene cada MWh que fue dejado de suministrar a todo el sector residencial en el año 2020.

5.1.2. VALOR AGREGADO

En el año 2020, el sector industrial inició el año con un PIB de 9,818 millones de lempiras y cerró el año con un 9,909 millones de lempiras, como se observa en la tabla 11, así mismo el sector comercial inició el año con 6,036 millones de lempiras y al final del año disminuyó a 5,703 millones de lempiras. Se toma en cuenta que la región noroccidental representa al menos un 65% del PIB del país, para tener un dato más exacto del PIB por sector.

Actividad Económica	2019					2020				
	I	II	III	IV	Anual	I	II	III	IV	Anual
Industrias	10,595	10,481	10,619	10,537	42,231	9,867	6,996	9,643	9,797	36,302
Comercio	6,406	6,384	6,485	6,426	25,702	6,172	4,219	5,060	5,667	21,118

Tabla 14 PIB por Actividad Económica [Millones de Lempiras]

Fuente: Elaboración propia con datos de (Banco Central de Honduras, 2022)

5.1.2.1. Valor Agregado Industrial

a) Elasticidad Ingreso

Para calcular la elasticidad ingreso del sector industrial, se tomará en cuenta el consumo de energía eléctrica y el PIB por este sector en el área noroccidental, en la tabla 15 se detallan estos datos para el año 2019.

Sector Industrial	
ΔPIB	279,040,604
PIB	277,513,057.08
ΔC	59,913.88419
C	63,174.50373

Tabla 15 Detalles del Sector Industrial en la Zona Noroccidental 2019

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019) y (Banco Central de Honduras, 2022)

Entonces,

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,427.6}{279,040,604}$$

$$\varepsilon_{2019} = 8.70 * 10^{-6}$$

Mientras que para el año 2020, la tabla 16 demuestra que:

Sector Industrial	
ΔPIB	259,092,507
PIB	257,254,412.44
ΔC	59,578.48602
C	62,820.8526

Tabla 16 Detalles del Sector Industrial en la Zona Noroccidental 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019) y (Banco Central de Honduras, 2022)

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,406.83}{259,092,507}$$

$$\varepsilon_{2020} = 9.29 * 10^{-6}$$

Con la elasticidad ingreso ya establecida, procedemos a realizar el cálculo del costo de la energía no suministrada para el sector industrial, que para el año 2019 se define como:

$$CENS = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\%$$

$$CENS = \frac{1}{8.70 * 10^{-6}} * \frac{277,513,057.08}{63,174.5} * 86.97\%$$

$$CENS: = 114,942.5 * 4,392.8 * 86.97\%$$

$$CENS_{2019}: = 439,128,414.4 \text{ USD}$$

Así mismo, en el año 2020 se estima que:

$$CENS: = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\%$$

$$CENS: = \frac{1}{9.29 * 10^{-6}} * \frac{257,254,412.44}{62,820.8526} * 86.97\%$$

$$CENS: = 107,642.6 * 4,095 * 86.97\%$$

$$CENS_{2020}: = 383,360,670 \text{ USD}$$

Debido a la ligera reducción que se observa en el PIB del país, podemos observar como el CENS del año 2019 es mayor que en el año 2020.

5.1.2.2. Valor agregado Comercial

a) Elasticidad Ingreso

Para calcular la elasticidad ingreso del sector comercial, se realizará a partir del mismo método empleado para la zona industrial, tomando en cuenta el consumo de energía eléctrica y el PIB por este sector en el área noroccidental, en la tabla 17 se detallan estos datos.

Sector Comercial

ΔPIB	168,714,876
PIB	169,241,615.71
ΔC	56,675.75643
C	59,760.15134

Tabla 17 Detalles del Sector Comercial en la Zona Noroccidental 2019

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019) y (Banco Central de Honduras, 2022)

Entonces,

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,296.42}{168,714,876}$$

$$\varepsilon_{2019} = 1.36 * 10^{-5}$$

Mientras que para el año 2020, la tabla 18 demuestra que:

Sector Comercial	
ΔPIB	162,067,391
PIB	148,806,854.68
ΔC	52,677.81576
C	55,544.63567

Tabla 18 Detalles del Sector Comercial en la Zona Noroccidental 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019) y (Banco Central de Honduras, 2022)

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,128.06}{162,067,391}$$

$$\varepsilon_{2020} = 1.31 * 10^{-5}$$

Con la elasticidad ingreso ya establecida, procedemos a realizar el cálculo del costo de la energía no suministrada para el sector comercial, que para el año 2019 se define como:

$$CENS: = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\%$$

$$CENS: = \frac{1}{1.36 * 10^{-5}} * \frac{169,241,615.71}{59,760.15134} * 86.97\%$$

$$CENS: = 73,529.4 * 2,832 * 86.97\%$$

$$CENS_{2019}: = 181,102,206.3 \text{ USD}$$

Así mismo, en el año 2020 se estima que:

$$CENS: = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\%$$

$$CENS: = \frac{1}{1.31 * 10^{-5}} * \frac{148,806,854.68}{55,544.63567} * 86.97\%$$

$$CENS: = 76,335.9 * 2,679 * 86.97\%$$

$$CENS_{2020}: = 177,857,021 \text{ USD}$$

Debido a la menor afectación que tuvo el sector comercial en el año 2020 y al mantener una reducción menor que en el PIB, la diferencia entre los años de estudio es muy poca, a diferencia del sector industrial donde se refleja más esta diferencia.

5.2. COSTO DE LA ENERGÍA NO SUMINISTRADA DE LARGA DURACIÓN

5.2.1. COSTO DE RESPALDO

En la metodología del costo de respaldo se desarrolla el costo de la energía no suministrada de larga duración para los sectores comercial e industrial. Para obtener este costo, se estimará el costo marginal que tiene el sector para producir su propia energía a través de sus generadores de respaldo. La fórmula a utilizar se muestra a continuación:

$$(1 - \lambda)q_o = \alpha v_\lambda^\beta (y_o + (v_\lambda - p_o)q_\lambda)^y$$

5.2.1.1. COSTO DE RESPALDO INDUSTRIAL

- a) Precio del kWh del usuario

A continuación en la tabla 19 se muestra el precio promedio de la energía para el sector industrial en el año 2020

Precio de la Energía en 2020	
Trimestre	Precio del kWh (Lps)
Enero	3.1463
Mayo	2.4985
Julio	2.3345
Octubre	2.3924
Promedio	2.592925
Promedio [\$]	0.105

Tabla 19 Precio de la Energía en el 2020 para el Sector Industrial

Fuente: Elaboración propia con datos de (CREE, 2022)

Así mismo, se presentan en la tabla 20 el precio promedio de la energía para el año 2019:

Precio de la Energía en 2019	
Trimestre	Precio del kWh (Lps)

Enero	3.24695
Mayo	3.4056
Julio	3.4006
Octubre	3.2387
Promedio	3.3229625
Promedio [\$]	0.125

Tabla 20 Precio de la Energía en el 2019 para el Sector Industrial

Fuente: Elaboración propia con datos de (CREE, 2022)

b) Magnitud de la restricción

Durante el año 2020, se estima que se dejó de suministrar un total de 4,738,501.6 kWh Para el sector industrial como se muestra en la tabla 15.

Energía no suministrada en 2020	
Energía no suministrada	47,458,101.41
Zona Noroccidental	20,406,983.61
Sector Industrial	4,738,501.593

Tabla 21 Energía no Suministrada en Sector Industrial para el año 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

Para el año 2019, se puede observar en la tabla 22 como existió una menor cantidad de energía no suministrada a lo largo del año.

Energía no suministrada en 2019	
Energía no suministrada	27,500,432.00
Zona Noroccidental	11,825,185.76
Sector Industrial	2,745,808.133

Tabla 22 Energía no Suministrada en Sector Industrial para el año 2019

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

c) Ingreso del Usuario

Según (Banco Central de Honduras, 2022) en el año 2020 el sector industrial de Honduras promedió un PIB de 9,683.5 millones de lempiras, y para el año 2019 10,558 millones de lempiras.

d) Cantidad de Energía demandada

En la tabla 3, podemos observar que el consumo de energía para el sector industrial en la zona noroccidental fue de 774,804.72 MWh en el año 2019, mientras que para el año 2020 se mantuvo una cifra cercana de 770,467.36 MWh.

e) Elasticidad Precio

La elasticidad precio demuestra cuanto varía la cantidad demandada de un producto cuando existe un cambio en su precio, de esta manera tenemos que para el año 2019:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta Q - Q}{\Delta Q}}{\frac{\Delta P - P}{\Delta P}}$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{0.1224 - 0.1213}{0.1224}}{\frac{59,913.88 - 63,174.50}{59,913.88}}$$

$$\varepsilon = \frac{0.0092}{-0.000218}$$

$$\varepsilon = -42.2$$

Para el año 2020 se estima que la elasticidad precio es:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta Q - Q}{\Delta Q}}{\frac{\Delta P - P}{\Delta P}}$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{0.1271 - 0.0966}{0.1271}}{\frac{52,677.82 - 55,544.64}{52,677.82}}$$

$$\varepsilon = \frac{0.24}{-0.0054}$$

$$\varepsilon = -44.44$$

f) Elasticidad Ingreso

La elasticidad-ingreso, se utilizará la misma utilizada en el valor agregado industrial, que para 2019 representa.

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,427.6}{279,040,604}$$

$$\varepsilon_{2019} = 8.70 * 10^{-6}$$

Por lo tanto para el año 2020 tenemos que:

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,406.83}{259,092,507}$$

$$\varepsilon_{2020} = 9.29 * 10^{-6}$$

Entonces,

$$(1 - \lambda)q_o = \beta(y_o + (v_\lambda - p_o)q_\lambda)^y$$

$$(1 - 2,745.8)774,804.72 = (-42.2)(10,558,500,000 + (v_\lambda - 0.125)0.125)^{8.70*10^{-6}}$$

$$-2,126,683,995 = (-42.2)(10,558,500,000 + (v_\lambda - 0.125)0.125)^{8.70*10^{-6}}$$

$$-2,126,683,995 = (-42.2)(10,558,500,000 + (0.0156v_\lambda - 0.0156))^{8.70*10^{-6}}$$

$$-2,126,683,995 = (-42.2)(10,558,500,000 + (2.592925v_\lambda))^{8.70*10^{-6}}$$

$$-2,126,683,995 = (-42.2)(1.0002 + (1.000009v_\lambda))$$

$$-2,126,683,995 = (-42.208 - 42.2v_\lambda)$$

$$42.2v_\lambda = 2,126,684,037$$

$$v_\lambda = \frac{2,126,684,037}{42.2}$$

$$v_{\lambda 2019} = 50,395,356.33 \text{ USD}$$

En el CENSLD se logra observar la diferencia que existe con el caso de corta duración, y la importancia que tiene el aviso previo de un corte de energía

Para el año 2020 se estima que:

$$(1 - \lambda)q_o = \beta(y_o + (v_\lambda - p_o)q_\lambda)^y$$

$$(1 - 4,738.5)770,467.36 = (-44.4)(9,683,500,000 + (v_\lambda - 0.105)0.105)^{9.29 \times 10^{-6}}$$

$$-3,650,089,118 = (-44.4)(9,683,500,000 + (v_\lambda - 0.105)0.105)^{9.29 \times 10^{-6}}$$

$$-3,650,089,118 = (-44.4)(9,683,500,000 + (0.011v_\lambda - 0.011))^{9.29 \times 10^{-6}}$$

$$-3,650,089,118 = (-44.4)(9,683,500,000 + (0.011v_\lambda))^{9.29 \times 10^{-6}}$$

$$-3,650,089,118 = (-44.4)(1.0002 + (0.999v_\lambda))$$

$$-3,650,089,118 = (-44.408 - 44.36v_\lambda)$$

$$44.36v_\lambda = 3,650,089,074$$

$$v_\lambda = \frac{3,650,089,074}{44.36}$$

$$v_{\lambda 2020} = 82,283,342.52 \text{ USD}$$

A diferencia del CENSCD en este caso el año 2020 representó un mayor CENS que en el año 2019, esto debido a que en esta metodología se trabaja directamente con la cantidad de energía que se dejó de suministrar donde fue mayor en el año 2020.

5.2.1.2. COSTO DE RESPALDO COMERCIAL

a) Precio del kWh del usuario

A continuación en la tabla 23 se muestra el precio promedio de la energía para el sector industrial en el año 2020

Precio de la Energía en 2020	
Trimestre	Precio(kWh)
Enero	3.3617

Mayo	2.6824
Julio	2.504
Octubre	2.5619
Promedio	2.7775
Promedio [\$]	0.112

Tabla 23 Precio de la Energía en el 2020 para el Sector Comercial

Fuente: Elaboración propia con datos de (CREE, 2022)

Así mismo, se presentan en la tabla 24 el precio promedio de la energía para el año 2019:

Precio de la Energía en 2019	
Trimestre	Precio(kWh)
Enero	3.24695
Mayo	3.4056
Julio	3.4006
Octubre	3.2387
Promedio	3.3229625
Promedio(\$)	0.13464137

Tabla 24 Precio de la Energía en el 2019 para el Sector Comercial

Fuente: Elaboración propia con datos de (CREE, 2022)

b) Magnitud de la restricción

Durante el año 2020, se estima que se dejó de suministrar un total de 5,987,408.99 kWh Para el sector industrial como se muestra en la tabla 25.

Energía no suministrada en 2020	
Energía no suministrada	47,458,101.41
Zona Noroccidental	20,406,983.61
Sector Industrial	5,987,408.99

Tabla 25 Energía no Suministrada en Sector Comercial para el año 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

Mientras que para el año 2019 se dejó de suministrar una cantidad de 3,469,509.502 kWh como se observa en la tabla 26.

Energía no suministrada en 2019	
Energía no suministrada	27,500,432.00
Zona Noroccidental	11,825,185.76
Sector Industrial	3,469,509.502

Tabla 26 Energía no Suministrada en Sector Comercial para el año 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de (Operador del Sistema, 2020)

c) Ingreso del Usuario

Según (Banco Central de Honduras, 2022) en el año 2020 el sector industrial de Honduras promedió un PIB de 5,279.5 millones de lempiras, y para el año 2019 6,425.25 millones de lempiras.

d) Cantidad de Energía demandada

En la tabla 3, podemos observar que el consumo de energía para el sector comercial en la zona noroccidental fue de 732,929.34MWh, así mismo para el año 2020 se estima que el consumo de la zona comercial fue de 681,228.08 MWh

e) Elasticidad Precio

La elasticidad precio demuestra cuanto varía la cantidad demandada de un producto cuando existe un cambio en su precio, de esta manera tenemos que para el 2019:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta Q - Q}{\Delta Q}}{\frac{\Delta P - P}{\Delta P}}$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{0.132 - 0.104}{0.132}}{\frac{56,675.75 - 59,760.15}{56,675.75}}$$

$$\varepsilon = \frac{0.21}{-0.0054}$$

$$\varepsilon = -39.33$$

Para el año 2020 tenemos que:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta Q - Q}{\Delta Q}}{\frac{\Delta P - P}{\Delta P}}$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{0.136 - 0.104}{0.136}}{\frac{52,677.81 - 55,544.63}{52,677.81}}$$

$$\varepsilon = \frac{0.23}{-0.0054}$$

$$\varepsilon = -42.6$$

f) Elasticidad Ingreso

La elasticidad-ingreso, se utilizará la misma utilizada en el valor agregado comercial.

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,296.42}{168,714,876}$$

$$\varepsilon_{2019} = 1.36 * 10^{-5}$$

Mientras que para el año 2020 tenemos que:

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta PIB}$$

$$\varepsilon = \frac{2,128.06}{162,067,391}$$

$$\varepsilon_{2020} = 1.31 * 10^{-5}$$

Entonces,

$$(1 - \lambda)q_o = \beta(y_o + (v_\lambda - p_o)q_\lambda)^y$$

$$(1 - 3,469.5)774,804.72 = (-39.33)(6,425,250,000 + (v_\lambda - 0.135)0.135)^{1.36*10^{-5}}$$

$$-2,687,410,171 = (-39.33)(6,425,250,000 + (v_\lambda - 0.135)0.135)^{1.36*10^{-5}}$$

$$-2,687,410,171 = (-39.33)(6,425,250,000 + (0.018v_\lambda - 0.018))^{1.36*10^{-5}}$$

$$-2,687,410,171 = (-39.33)(6,425,250,000 + (0.018v_\lambda))^{1.36*10^{-5}}$$

$$-2,687,410,171 = (-39.33)(1.0003 + (0.999v_\lambda))$$

$$-2,687,410,171 = (-39.34 - 39.29v_\lambda)$$

$$39.29v_\lambda = 2,687,410,132$$

$$v_\lambda = \frac{2,687,410,132}{39.29}$$

$$v_{\lambda 2019} = 68,399,341.6 \text{ USD}$$

Al igual que en sector industrial, en este caso el sector comercial tiene un CENS sumamente menor al CENSCD

Para el año 2020 se estima que:

$$(1 - \lambda)q_o = \beta(y_o + (v_\lambda - p_o)q_\lambda)^y$$

$$(1 - 5,987.4)681,228.08 = (-42.6)(5,279,500,000 + (v_\lambda - 0.112)0.112)^{1.31 \cdot 10^{-5}}$$

$$-4,078,103,778 = (-42.6)(5,279,500,000 + (v_\lambda - 0.112)0.112)^{1.31 \cdot 10^{-5}}$$

$$-4,078,103,778 = (-42.6)(5,279,500,000 + (0.0125v_\lambda - 0.0125))^{1.31 \cdot 10^{-5}}$$

$$-4,078,103,778 = (-42.6)(5,279,500,000 + (0.0125v_\lambda))^{1.31 \cdot 10^{-5}}$$

$$-4,078,103,778 = (-42.6)(1.0002 + (0.999v_\lambda))$$

$$-4,078,103,778 = (-42.6 - 42.55v_\lambda)$$

$$42.6v_\lambda = 4,078,103,735$$

$$v_\lambda = \frac{4,078,103,735}{42.6}$$

$$v_{\lambda 2020} = 95,730,134.62 \text{ USD}$$

A diferencia del CENSCD en este caso el año 2020 representó un mayor CENS que en el año 2019, esto debido a que en esta metodología se trabaja directamente con la cantidad de energía que se dejó de suministrar donde fue mayor en el año 2020.

VI. CONCLUSIONES

La investigación realizada ha demostrado los impactos negativos que sufren las empresas o usuarios cuando estos sufren de cortes de energía, demostrando las diferentes situaciones que se pueden generar según la consistencia de diferentes factores en el año, así como el sector que se está evaluando.

1. El ODS mantiene la distribución de las causas por las que se dan las cortes de energía en Honduras, dichas causas se pueden denominar en cuatro categorías que son:
 - Mantenimiento Correctivo
 - Falla
 - Reducción de Carga
 - Aperturas automáticas/manuales
2. Sin importar la diferencia que existe en la distribución de usuarios por sector, al momento de sectorizar la energía consumida, los porcentajes se ven distribuidos de una manera más equilibrada. Donde el sector comercial e industrial, logran consumir un 52.56% de la energía facturada en el 2019, de manera individual el sector residencial logra abarcar un 40.72% del total. La zona Noroccidental a pesar de aportar una menor cantidad de energía consumida en los sectores residencial y comercial en comparación con la zona Centro sur, es la zona con una mayor aportación en el consumo industrial, que representa un mayor ingreso económico.
3. En el sector residencial se presenta una variación de 4.235 dólares entre los años 2019 y 2020, siendo 227.17 USD/MWh y 231.405 USD/MWh respectivamente. A diferencia del sector comercial e industrial que representan una gran parte del PIB del país, para el sector residencial únicamente se presenta un caso, esto debido al nulo aporte que tiene este sector a la economía del país. El costo de energía no suministrada para el sector residencial, representó principalmente los ingresos que la empresa

distribuidora dejó de percibir durante los cortes de energía a lo largo del año.

Seguidamente el sector comercial para el caso de corta duración, en el año 2019 registró un costo total de 181,102,206.3 USD, cifra mayor que en 2020 donde se registraron 177,857,021 USD. Este costo es ligeramente mayor en 2019 debido al mayor flujo que existió en la economía Hondureña durante este año, esta disminución se explica debido a los incidentes meteorológicos que sucedieron en el 2020. Para el caso de larga duración los costos son menores al representar únicamente el costo marginal de la generación propia de energía, para el año 2019 se registraron 68,399,341.6 USD, mientras que para el 2020 la cifra fue de 95,730,134.62 USD. El aumento en el 2020 se debe a que el costo de larga duración se ve afectado directamente por la energía no suministrada en el año, al ser mayor en el 2020, afecta directamente al costo.

El sector industrial presenta resultados con la misma tendencia del sector comercial, donde en el año 2019 para el caso de corta duración se concluyó un costo de 439,128,414.4 USD y en el año 2020 un total de 383,360,670 USD. Mientras que para el caso de larga duración en 2019 se registraron 50,395,356.33 USD y en el 2020 un total de 82,283,342.52 USD, repitiéndose la tendencia del sector comercial.

4. El año 2019 la combinación del costo de todos los sectores registró un total de 740,119,173.95 USD, mientras que para 2020 el total fue de 741,154,032.7 USD. El costo para el año 2020 fue mayor por una diferencia de 1,034,859 USD, que se puede traducir a los problemas existentes en el año 2020, donde las empresas sufrieron de un mayor impacto económico.

VII. APLICABILIDAD

Se espera que esta investigación sirva como referencia para que las empresas industriales y comerciales de la zona noroccidental de Honduras, cuenten con un sustento del costo que estos pueden llegar a tener durante los cortes de energía, así mismo, es un dato importante que la empresa distribuidora debe de analizar para iniciar un plan para reducir los cortes de energía.

Esta investigación ha encontrado resultados relevantes para empresas comerciales e industriales, así como para las entidades que velan por el bien de estas, como las cámaras de comercios e industrias de los respectivos departamentos de la zona noroccidental de Honduras.

Así mismo las entidades que rigen el sistema eléctrico como la ENEE, CREE, ODS, EEH, entre otras, pueden utilizar los resultados de esta investigación para iniciar un plan de acción en el que se podrán combatir, esencialmente en poder reducir los cortes de corta duración ya que estos son los que más afectan a las empresas.

Como recomendación para la empresa distribuidora se plantea iniciar un plan para mantener una mejor calidad de la energía eléctrica, previo a iniciar operaciones para expandir el sistema eléctrico. Económicamente es más viable evitar seguir manteniendo estas pérdidas por consumo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACE project. (s.f.). *ACE Encyclopedia*. Obtenido de <https://aceproject.org/ace-en>
- Banco Central de Honduras. (2022). *Precio Promedio de Venta del Dólar de los Estados Unidos de América en el Sistema Financiero*. Obtenido de <https://www.bch.hn/estadisticos/GIE/LIBTipo%20de%20cambio%20Mensual/Tip o%20de%20Cambio%20Serie%20Mensual.pdf>
- Banco Central de Honduras. (2022). *Producto Interno Bruto*. Obtenido de <https://www.bch.hn/estadisticos/EME/Informe%20del%20Producto%20Interno% 20Bruto%20Trimestral/Producto%20Interno%20Bruto,%20IV%20trimestre%20 020.pdf>
- BERKELEY NATIONAL LABORATORY. (2006). *Cost of Power Interruptions to Electricity Consumers in the USA*. Obtenido de <https://www.osti.gov/servlets/purl/908489#:~:text=We%20find%20that%2C%20 based%20on,consumers%20is%20%2479%20billion%20annually>.
- CCIT. (2020). *Salario Mínimo 2019-2020*. Obtenido de <https://www.ccit.hn/single-post/2019/01/09/salario-m%C3%ADnimo-2019-2020>
- COCAFELOL. (2021). Obtenido de <http://cocafelol.org/>
- Comisión Regional de Interconexión Eléctrica. (s.f.). *Metodología para el Calculo del Costo de Energía no Suministrada*. Obtenido de <file:///D:/Recursos/INFORME-EXTRAORDINARIO-DE-DIAGNOSTICO-CENS-y-EXCDNT.pdf>
- Comisión Reguladora de Energía Eléctrica. (s.f.). *Mapa del Sistema Interconectado Nacional*.
- CREE. (2022). *Historial de Tarifas*. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/historial-de-tarifas/>
- CREE. (2022). *Tarifas Vigentes*. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/tarifas-vigentes-enee/>

- CRIE. (2019). Obtenido de <https://crie.org.gt/acerca-de-la-crie/>
- Diario Oficial La Gaceta. (2017). *Norma Técnica de Calidad de Distribución*. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/Norma-Tecnica-de-Calidad-de-Distribucion.pdf>
- Diario Oficial la Gaceta. (2017). *Reglamento del Servicio Eléctrico*.
- Dirección General de Electricidad y Mercados. (2019). *Índice de Cobertura y Acceso a la Electricidad en Honduras*.
- Dirección General de Electricidad y Mercados. (2019). *Informe Estadístico Anual del Subsector Eléctrico*. Obtenido de https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=ODQ1NzYwODkzNDc2MzQ4NzEyNDYxOTg3MjM0Mg==
- Empresa Nacional de Energía Eléctrica. (2011). *Plan Indicativo de Expansión*.
- EOR. (2020). *Ente Operador Regional*. Obtenido de <https://www.enteoperador.org/>
- EPR. (2021). *Empres Propietaria de la Red*. Obtenido de <https://www.eprsiepac.com/contenido/>
- Fernandez, D. B. (2021). *ANÁLISIS DE ARMÓNICOS, PERTURBACIONES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA HOLGUÍN*.
- Grasset, G. (2015). *LOKAD*. Obtenido de Elasticidad Precio de la Demanda: <https://www.lokad.com/es/definicion-de-elasticidad-precio-de-la-demanda#:~:text=En%20la%20microeconom%C3%ADa%20moderna%2C%20la, en%20el%20volumen%20de%20ventas>.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Boletín Energía Eléctrica 2016-2020*. Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2021/08/Energia-Elctrica-2016-2020.pdf>
- McKenzie, T. (20 de 01 de 2020). *INOMICS*. Obtenido de <https://inomics.com/es/insight/income-elasticity-of-demand-1421630>

Operador del Sistema. (2020). *Informe preliminar anual de operación del mercado y sistema eléctrico nacional*.

Ordaz, M. I. (s.f.). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de Problemas de Errores en la Medición: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n7/m4.html#:~:text=Los%20errores%20circunstancial%2C%20estoc%C3%A1sticos%2C%20o,del%20ambiente%20sobre%20los%20instrumentos>.

Ortega, A. O. (2018). *Enfoques de Investigación*.

Pineda, O. S. (2016). *ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS: MODELO DE OPERACIÓN*.

RedHonduras. (2022). *Regiones Geográficas de Honduras*. Obtenido de <https://redhonduras.com/geografia/regiones-geograficas-de-honduras/>

Rodriguez, E. J. (2021). *Presencia Universitaria*. Obtenido de <https://presencia.unah.edu.hn/noticias/mas-del-72-de-los-trabajadores-en-honduras-reciben-menos-del-salario-minimo-odu-unah/>

SICA. (2013). *Sistema de la integración Centroamericana*. Obtenido de <https://www.sica.int/consulta/noticia.aspx?idn=81834&idm=1>

VERA, R. M. (2017). *Localización de fallas en redes de distribución eléctrica por sensado comprimido*.