



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y  
DEL SERVICIO TÉCNICO DE LA DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE S.A.,  
EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA PARA EL PERÍODO 2010 - 2020**

**Erick Alexander Marroquín Archila**

Asesorado por M.A. Ingeniero Benedicto Estuardo Martínez

Guatemala, agosto de 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y  
DEL SERVICIO TÉCNICO DE LA DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE S.A.,  
EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA PARA EL AÑO 2010 Y 2020**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK ALEXANDER MARROQUÍN ARCHILA**  
ASESORADO POR M.A. ING. BENEDICTO ESTUARDO MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Ana María Navarro Orozco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Brian Enrique Chicol Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y DEL SERVICIO TÉCNICO DE LA DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE S.A., EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA PARA EL AÑO 2010 Y 2020**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 6 de agosto de 2022.



**Erick Alexander Marroquín**



**EEPFI-PP-1620-2022**

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y DEL SERVICIO TÉCNICO DE LA DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE S.A., EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA EL PERÍODO 2010 2020**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Proyectos de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en un mercado eléctrico regulado. - Regulación a nivel nacional**, presentado por el estudiante **Erick Alexander Marroquin Archila** carné número **201021187**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion De Mercados Electricos Regulados.

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

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Benedicto Estuardo Martínez Guerra  
Asesor(a)

**Ing. Benedicto Estuardo Martínez**  
**Maestro en Energía y Ambiente**  
**Col. 4167**

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



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







**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.78.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y DEL SERVICIO TÉCNICO DE LA DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE S.A., EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA EL PERÍODO 2010-2020**, presentado por: **Erick Alexander Marroquin Archila** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera  
Motivo: Orden de impresión  
Fecha: 23/09/2023 18:01:58  
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, septiembre de 2023

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

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 78 CUI: 2565460450101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad



EEP-EIME-1386-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y DEL SERVICIO TÉCNICO DE LA DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE S.A., EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA EL PERÍODO 2010 2020**, presentado por el estudiante universitario **Erick Alexander Marroquin Archila**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

Guatemala, noviembre de 2022

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres</b>	Erick Marroquín y Xiomara Archila, por su paciencia, sus consejos y su amor entregado.
<b>Mis hermanos</b>	Por estar presentes en mi formación personal.
<b>Mis abuelos</b>	Por todo su amor entregado durante su existencia.
<b>Familia y amigos</b>	Por estar presentes en mi formación profesional.
<b>Mi hija</b>	Camila Marroquín, por darme la oportunidad de aprender sobre lo importante de la vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser una institución pública del país que forma profesionales.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por facilitar los conocimientos requeridos para esta investigación.
<b>Mi asesor</b>	M.A. Benedicto Estuardo Martínez, por su dirección durante este trabajo.
<b>Familia y amigos en general</b>	Por ser la motivación que se requiere en momento difíciles.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Contexto general .....	9
3.2. Descripción del problema .....	10
3.3. Formulación del problema .....	13
3.4. Delimitación contextual.....	14
3.5. Delimitación histórica.....	14
3.6. Delimitación geográfica .....	15
4. JUSTIFICACIÓN .....	17
5. OBJETIVOS .....	19
5.1. General.....	19
5.2. Específicos .....	19
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	21

7.	MARCO TEÓRICO .....	23
7.1.	Mercado eléctrico .....	23
7.1.1.	Mercado Mayorista en Guatemala .....	23
7.1.2.	Agentes .....	24
7.2.	Distribución de energía eléctrica .....	24
7.2.1.	Distribución de energía eléctrica en Guatemala.....	24
7.3.	Importancia de la calidad en energía eléctrica .....	25
7.3.1.	Atribuciones de calidad de energía eléctrica .....	26
7.4.	Calidad del producto .....	26
7.4.1.	Calidad de producto suministrada por el distribuidor.....	27
7.4.2.	Incidencia del usuario en la calidad del producto ....	27
7.4.3.	Parámetros considerados en la calidad del producto .....	27
7.4.3.1.	Índice de calidad de regulación de tensión.....	28
7.4.3.2.	Índice de desbalance de tensión .....	28
7.4.3.3.	Índice de distorsión armónica.....	28
7.4.3.4.	<i>Flicker</i> .....	29
7.4.3.5.	Factor de potencia.....	29
7.4.3.6.	Normas internacionales .....	29
7.5.	Calidad de servicio técnico.....	31
7.6.	Dimensiones de la calidad .....	32
7.6.1.	Confiabilidad.....	32
7.6.2.	Sensibilidad o probabilidad de falla .....	33
7.6.3.	Rendimiento .....	34
7.6.4.	Conformidad.....	35
7.6.5.	Durabilidad y estabilidad .....	36
7.6.6.	Facilidad de servicio .....	36

7.7.	Métodos de control de calidad de energía eléctrica .....	37
7.7.1.	Periodos cortos de control .....	39
7.7.2.	Periodos medianos de control .....	40
7.7.3.	Periodos largos de control .....	41
8.	INDICE PROPUESTO DE CONTENIDOS .....	43
9.	METODOLOGÍA.....	45
9.1.	Características del estudio .....	45
9.1.1.	Diseño .....	45
9.1.2.	Enfoque .....	45
9.1.3.	Alcance.....	46
9.2.	Unidades de análisis .....	46
9.3.	Variables.....	47
9.4.	Fases del estudio .....	49
9.4.1.	Fase 1: exploración bibliográfica .....	49
9.4.2.	Fase 2: ecopilación de información .....	49
9.4.3.	Fase 3: análisis cuantitativo de la información a través de estadística descriptiva.....	50
9.4.4.	Fase 4: interpretación de resultados.....	52
9.5.	Resultados esperados .....	52
10.	TECNICAS DE ANALISIS DE INFOMACION .....	55
11.	CRONOGRAMA.....	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	59
13.	REFERENCIAS.....	61

14. APÉNDICE.....65



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Pirámide de calidad .....	30
<b>Figura 2.</b>	Sistema de monitoreo y de control .....	39
<b>Figura 3.</b>	Diagrama de Gantt .....	57

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Tolerancias de desbalance de tensión.....	12
<b>Tabla 2.</b>	Variables de estudio .....	47
<b>Tabla 3.</b>	Indicadores de estudio.....	48
<b>Tabla 4.</b>	Dimensiones o unidades de medida .....	48
<b>Tabla 5.</b>	Descripción de fase No. 2.....	50
<b>Tabla 6.</b>	Descripción de fase No.3.....	51
<b>Tabla 7.</b>	Matriz de coherencia ampliada .....	52
<b>Tabla 8.</b>	Gastos de elaboración de investigación .....	59



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°	Grados
<b>Hz</b>	Hercio
<b>h</b>	Horas
=	Igual que
<b>kW</b>	Kilovatio
<b>kV</b>	Kilovoltio
>	Mayor que
<b>MW</b>	Mega vatio
<b>MWh</b>	Mega vatio hora
<	Menor que
%	Porcentaje
<b>P</b>	Potencia
“	Pulgadas o segundos
<b>W</b>	Vatio



## GLOSARIO

<b>Caída</b>	Diferencial de altura entre el embalse y el punto donde está la turbina.
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>DEOCSA</b>	Distribuidora de Electricidad de Oriente S.A.
<b>Desbalance</b>	Trasgresión que sufre un circuito trifásico.
<b>Distribución</b>	Sector del mercado eléctrico responsable de llevar energía eléctrica a nivel de usuario regulados.
<b><i>Flicker</i></b>	Perturbación transitoria que sufre el voltaje.
<b>FMIK</b>	Frecuencia Media de Interrupción por Kw.
<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Electrificación.
<b>Interrupción</b>	Afectación de servicio que sufre un usuario de energía eléctrica.
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas.
<b>Rodete</b>	Elemento rotativo dentro de una turbina hidráulica.

<b>SAT</b>	Superintendencia de Administración Tributaria.
<b>SNI</b>	Sistema Nacional Interconectado.
<b>Spot</b>	Costo del MWh en Guatemala.
<b>Tensión</b>	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en Voltios.
<b>TIU</b>	Tiempo Interrupción por Usuario.
<b>Transformador</b>	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
<b>Trasgresión</b>	Condición anormal del servicio de energía eléctrica.
<b>TTIK</b>	Tiempo Total de Interrupción por Kw.
<b>Vatio</b>	Unidad de medida de potencia.

## RESUMEN

Para analizar el servicio de energía eléctrica en el departamento de Chiquimula, se pretende estimar la confiabilidad del servicio ofrecido por el distribuidor de energía eléctrica. La estimación de confiabilidad se realizará mediante el modelo estadístico de Weibull.

Con esto se pretende entender y observar patrones que estimulen una mejor operación, así mismo conocer si a lo largo del periodo de estudio existen cambios importantes respecto a las interrupciones.

También se quiere analizar las tendencias estadísticas respecto a las cualidades que el ente regulador evalúa para la calidad del producto.

Por último, realizar una correlación para determinar si existe alguna relación entre la tipificación de tarifas y los valores de confiabilidad de los circuitos.





# 1. INTRODUCCIÓN

La distribución de energía eléctrica en el oriente de Guatemala está a cargo en gran medida por la Distribuidora de Electricidad de Oriente S.A., (DEORSA), a excepción de las Empresas Eléctricas Municipales que operan en todo el país.

DEORSA, es la distribuidora encargada de suministrar energía eléctrica en el departamento de Chiquimula, incluyendo todos sus municipios y aldeas, los cuales serán la muestra de esta investigación.

Durante la separación de funciones dada en el año de 1996 al subsector eléctrico, se crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), para hacer cumplir la Ley General de Electricidad y las responsabilidades que tienen los distribuidores y transportistas, además de velar por los derechos de los usuarios de energía eléctrica.

Como parte de sus funciones la CNEE realiza auditorías a los transportistas y distribuidores de electricidad y publica los resultados de estas para que pueda ser de dominio público esta información. Estas auditorías están a cargo de la Gerencia de Fiscalización y Normas y efectúa una evaluación al suministro de energía eléctrica en tres aspectos de calidad, estos son: calidad del producto, servicio técnico y atención al cliente.

Para esta investigación se tomarán dos aspectos importantes que son, la calidad del producto y el servicio técnico. En los informes generados producto de

las auditorias se evalúan ambos aspectos de calidad, tomando como referencia la Norma Técnica de Servicio de Distribución (NTSD).

La NTSD establece indicadores y parámetros de tolerancia para la calidad del producto y con respecto a la calidad de servicio, indicadores que miden el tiempo que transcurre en cada interrupción al servicio de distribución.

El objeto de esta investigación es aplicar las dimensiones de Calidad al servicio de distribución en los aspectos de calidad de servicio y de producto técnico.

Las dimensiones consideradas en un producto o servicio son ocho.

Para el objeto de esta investigación únicamente se utilizarán las dimensiones que aplican a un servicio de distribución en calidad del servicio técnico y producto.

Para esta investigación se utilizarán las siguientes dimensiones de calidad que aplican al servicio técnico de una empresa de distribución de energía eléctrica:

- Confiabilidad
- Facilidad del servicio

Estas dimensiones hacen referencia a la disponibilidad que tiene un usuario o cliente con respecto al servicio de energía eléctrica, es decir que cuando requiera utilizar energía eléctrica, el servicio responda ante esta demanda.

Con respecto a la calidad del producto de una empresa de distribución de energía eléctrica, las dimensiones que aplicarán son:

- Durabilidad
- Estabilidad
- Rendimiento

Estas dimensiones consideran aspectos más técnicos en cuanto al servicio que ofrece un distribuidor de energía eléctrica. Para esta parte se tomarán los aspectos considerados en la NTSD y con ellos se podrá analizar cada una de las dimensiones.

Las dimensiones no consideradas para este estudio son:

- Características
- Estética
- Calidad percibida

Estas dimensiones no se consideran para este estudio puesto que contemplan aspectos que dependen más de la percepción como usuario que se tiene del servicio de energía eléctrica.

Para llevar a cabo el análisis de este estudio se tomarán los datos publicados en los informes de la Gerencia de Fiscalización y Normas de la CNEE en el periodo 2010 - 2020 y también se solicitarán a la CNEE de acuerdo con la Ley de Acceso a la información pública, los resultados de estas auditorías en los aspectos de calidad del servicio técnico y calidad de producto.



## 2. ANTECEDENTES

La categorización de calidad de energía depende según la observación de cada tipo de usuario. Es necesario comprender que cada uno tiene su propia percepción, pero existe un ente regulador que debe llevar controles de manera continua, para que todos los usuarios (según su consumo y uso específico), puedan tener la certeza de que no se trasgreden sus derechos como usuario.

En los siguientes antecedentes se hace referencia a las tipificaciones características de los usuarios que existen generalmente conectados a una red de distribución.

Para Lucio (2020), la calidad de un producto de energía eléctrica puede ser determinada por el nivel de trasgresión con los parámetros establecidos con el ente regulador. Esta investigación refuerza lo importantes que deben ser los controles por parte de un ente regulador y que deben ser en periodos cortos, lo que provoca un control en la calidad mucho más puntual.

En este trabajo se menciona igualmente que las tolerancias son distintas dependiendo de una diferenciación que se hace entre un usuario urbano y un usuario rural. Esto sirve como base ante la condición de que, no todos los usuarios tienen, en primera parte, los mismos equipos instalados y por ende sus necesidades pueden llegar a ser distintas y de igual manera se hace la diferencia entre el consumo que puede llegar a tener un usuario rural y un usuario urbano.

Esta diferencia también permite al distribuidor de energía, enfocar sus esfuerzos en donde puede llegar a tener mayor rentabilidad el suministro de energía.

Medina (2020), hace énfasis en el cual la calidad del servicio de distribución de energía eléctrica puede llegar a tener grandes repercusiones dentro de una sociedad, puesto que se ven afectados muchos puntos que pueden detener el progreso de un país.

Cuando se habla de desarrollo, es necesario entender que un sector importante para alcanzar el desarrollo como tal, es el sector de la industria y su producción, por eso es un sector que no se debe pasar desapercibido al hablar de calidad de energía eléctrica. Al existir una calidad de energía eléctrica que no permite al sector de industria funcionar adecuadamente, se ven afectados muchos más intereses, desde la recaudación de impuestos como proyectos de inversión nuevos que no se ejecutarían porque las condiciones necesarias para ello no se cumplen.

Pelayo (2019) hace referencia a lo necesario que es tener instalaciones adecuadas por parte del distribuidor de energía eléctrica, puesto que al existir estas condiciones se puede entender que el cliente se ve beneficiado en aspectos tan importantes como lo serán la confiabilidad y seguridad al momento de entregar un producto de energía eléctrica. También es importante que el distribuidor de energía eléctrica pueda hacer uso de tecnología para ofrecer un servicio que constantemente está cambiando, implementar mejoras en los planes de mantenimiento y cualquier otro uso para la mejora siempre es conveniente.

Suárez (2018) menciona que la calidad del producto se disminuye en gran manera a que hoy en día existen equipos electrónicos en cada hogar del mundo.

Por otro lado, también menciona que puede también considerarse una mala calidad debido a diseños inadecuados de las redes de distribución y también a condiciones adversas climatológicas.

Esto último es un factor que podría considerarse como fuera del control por parte de los distribuidores, pero también resalta que con planes adecuados en mantenimiento puede llegar a mitigar de cierta manera las fallas o averías que se dan en la red y mantener la continuidad del servicio a los usuarios. Un factor al que se le debe tener bastante atención es a la vegetación en ciertos poblados que se atraviesa para llegar a los puntos en donde se distribuye la energía eléctrica.

Según Reyes (2017), se deben llevar a cabo auditorías a los distribuidores de energía eléctrica en puntos en donde los clientes demanden una calidad de energía superior.

En este trabajo se hace énfasis en que los clientes que tienen como prioridad salvar vidas humanas, deberán ser los menos afectados. Se aborda de manera muy específica que la calidad del servicio de distribución en un hospital debe tener tolerancias muy pequeñas y rigurosas, puesto que el equipo que se encuentra instalado dentro de un hospital puede ser muy sensible ante variaciones de voltaje, apagones constantes o cualquier otro tipo de perturbación suscitadas por lo general en las redes de distribución de energía eléctrica.

También se debe tener en cuenta que el daño que puede recibir un equipo sensible instalado en un hospital puede ser uno en el cual es costo de reparación y tiempo sea demasiado elevado.





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

Desde que da inicio el mercado eléctrico en Guatemala, La Distribuidora de Energía Eléctrica de Oriente S.A. (DEORSA), ha tenido como objetivo abastecer la mayoría de los hogares guatemaltecos de energía eléctrica. Este objetivo corresponde también al plan de expansión presentado por parte del Ministerio de Energía y Minas (MEM), en el cual también se busca proveer de un bien de carácter vital a todas las regiones del país.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), es el órgano técnico del MEM que se encarga de que el suministro de energía eléctrica proporcionado a los usuarios finales de DEORSA, cumpla con las características necesarias de calidad. Como parte de sus funciones, la CNEE vela por el cumplimiento de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD). La CNEE evalúa anualmente la Calidad de Producto suministrado a los usuarios regulados así mismo la calidad del servicio técnico.

#### **3.1. Contexto general**

El mercado eléctrico de Guatemala funciona como un libre mercado desde 1996, donde fueron separadas las funciones de la industria de energía eléctrica, por lo que se abrió a la libre competencia la generación y la comercialización de energía. El transporte y distribución de energía eléctrica funcionan como actividades reguladas donde participan empresas privadas y públicas para prestar servicio, otorgadas mediante licitación pública.

El funcionamiento del mercado eléctrico se realiza por medio de instituciones públicas y privadas. Dentro de la esfera pública se encuentra MEM, que tiene como principal función el dictar la Política Energética, Planes de Expansión de la Generación y la Transmisión, entre otros. Jerárquicamente, debajo de éste, se encuentra la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) que regula el funcionamiento del mercado eléctrico de Guatemala, especialmente de las actividades de transmisión y distribución.

El operador del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y del mercado funcionan como una empresa privada sin fines de lucro denominada, Administrador del Mercado Mayorista (AMM), la cual es supervisada por CNEE, El AMM está a cargo de la operación y liquidación de las transacciones realizadas en el mercado. Así mismo, el AMM proporciona un espacio donde se reúnen los Agentes del Mercado para realizar operaciones de compraventa de energía eléctrica.

Los Agentes del mercado, según el Artículo 39 del Reglamento de la Ley General de Electricidad (LGE), se distribuyen en: Generadores, Distribuidores, Transportistas y Comercializadores.

### **3.2. Descripción del problema**

Año con año son presentados los informes estadísticos por parte de la Gerencia de Fiscalización y Normas de la CNEE, como parte de un plan de auditorías a los distribuidores y transportistas de energía eléctrica. En estos informes evidencian todos los resultados de las auditorías que se realizan en la calidad del producto y calidad de servicio técnico suministrado por DEORSA.

Estos informes únicamente presentan los valores de dichas auditorias, pero no están interpretados o relacionados bajo las dimensiones de calidad que deben tener un servicio.

La calidad del producto técnico se relaciona con la calidad de onda de voltaje de la energía eléctrica. Esta onda no debe presentar perturbaciones o valores que excedan las tolerancias establecidas en la normativa y debe permitir el correcto funcionamiento de aparatos eléctricos, herramientas, equipos, entre otros, que el usuario final disponga o necesite para su uso.

El control de calidad del producto técnico se realiza por medio de ejecución de mediciones monofásicas o trifásicas, estas son seleccionadas aleatoriamente, por la CNEE mensualmente entre los usuarios conectados en cada circuito de distribución.

La CNEE establece únicamente tolerancia para el indicador FEBNoPER (Frecuencia Equivalente por Banda de Tensión fuera de las tolerancias establecidas), la cual es el 5 % como el valor máximo para la tolerancia del índice global durante el periodo de control.

El índice para evaluar el desbalance de tensión en servicios trifásicos se determina sobre la base de comparación de los valores eficaces (RMS), de tensión de cada fase medidos en el punto de entrega.

Tolerancias de los índices individuales aplicadas para la calidad del producto:

**Tabla 1.**

*Tolerancias de desbalance de tensión*

<b>Tensión</b>	<b>Desbalance de tensión DTD en porcentaje</b>
	Etapa de régimen a partir del mes 13
<b>Baja</b>	3
<b>Media</b>	1

*Nota.* Tabla adaptada de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica que muestra los valores de tolerancias respecto los valores de desbalance de tensión. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

La calidad del servicio técnico del distribuidor se determina en función de la continuidad del suministro eléctrico, es decir cuantifica las interrupciones y su duración. La duración de dichas interrupciones se cuantifica por el tiempo en horas de las interrupciones.

Uno de los grandes problemas que enfrenta DEORSA, es garantizar la confiabilidad y seguridad del sistema de distribución a sus usuarios. Incrementar procedimientos que vuelquen a la mejora continua a los indicadores que plantea el ente regulador de Guatemala.

La calidad del servicio técnico es evaluada mediante los siguientes índices o indicadores:

- Índices individuales
  - Tiempo de interrupción por usuario (TIU)
  - Frecuencia de Interrupción por Usuario (FIU)

- Índices globales
  - Frecuencia Media de Interrupción por kVA (FMIK)
  - Tiempo Total de Interrupción por kVA (TTIK)

### **3.3. Formulación del problema**

En la formulación del problema se presenta una serie de preguntas, una central y otras que son auxiliares.

- Pregunta central

¿Describir la confiabilidad del servicio técnico suministrado por DEORSA en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Describir el indicador global e individual de la calidad producto suministrado por DEORSA para los años 2010 y 2020, analizando mediante estadística descriptiva tomando en cuenta la normativa vigente?
  - ¿Estimar la confiabilidad de servicio técnico utilizando las interrupciones que sobrepasen las 48 horas y analizar las causas que inciden en que las interrupciones tengan esta duración?
  - ¿Determinar la correlación entre confiabilidad del servicio técnico entregado por DEORSA a los usuarios según su tarifa de consumo en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020?

### **3.4. Delimitación contextual**

Actualmente la calidad del servicio técnico únicamente se mide a través del número de interrupciones y la duración que tienen en un suministro. Estas interrupciones están dadas por horas. Asimismo, la normativa excluye aquellas interrupciones que fueron calificadas como causa de Fuerza Mayor y las menores a 3 minutos.

De acuerdo con las NTSD, el artículo 2 establece que la calidad del servicio de distribución se evalúa de acuerdo con los parámetros:

- Calidad del producto suministrado por el distribuidor
- Incidencia del usuario en la Calidad del producto

Para efectos de este estudio únicamente se tomarán en cuenta los parámetros en los cuales el distribuidor es el responsable.

### **3.5. Delimitación histórica**

Los informes presentados anualmente por la CNEE por parte de la Gerencia de Fiscalización y Normas tienen como fin primordial evidenciar a los usuarios finales de energía eléctrica que se está llevando a cabo el cumplimiento de la norma técnica por el suministro entregado por parte de DEORSA.

Los informes analizados inician desde el primer semestre del año 2010 y finalizan en el segundo semestre del año 2020.

### **3.6. Delimitación geográfica**

La Distribuidora de Electricidad de Oriente, S. A., tiene como territorio de abastecimiento la parte oriente del país. Este territorio es abarcado por los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Chiquimula, Jutiapa, Jalapa, Santa Rosa, Zacapa y Chiquimula.

En este análisis se tomará en cuenta el departamento de Chiquimula con sus once municipios y sus treinta y siete aldeas que son abastecidas por DEORSA.





## **4. JUSTIFICACIÓN**

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de Regulación a nivel nacional de la Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados. Con esta investigación se logrará entender de mejor manera la importancia de la Gerencia de Fiscalización y Normas de la CNEE, puesto que son ellos los que están a cargo del control sobre las obligaciones de las Distribuidoras de Energía Eléctrica con respecto al cumplimiento de las NTSD de manera anual.

En el desarrollo de este estudio se analizará la calidad del servicio y del producto de distribución de energía eléctrica, mediante nuevos indicadores de calidad en servicios.

Es necesario conocer cuáles son las obligaciones de las distribuidoras enmarcadas en la normativa vigente así mismo entender de qué manera funcionan los controles y las fiscalizaciones por parte del ente regulador. Esto abre la puerta al conocimiento sobre la funcionalidad de la calidad en el suministro de energía eléctrica.

Todos los usuarios de DEORSA en el departamento de Chiquimula se verán beneficiados al conocer que ha sido fiscalizada la calidad del servicio entregado anualmente, así mismo, conocer por medio de nuevos indicadores aplicados a la calidad del suministro de energía eléctrica, que no están considerados en las NTSD.

En Guatemala, no se han realizado análisis para evidenciar el crecimiento en la calidad del suministro por un determinado tiempo en las Distribuidoras de Energía Eléctrica. Por tanto, esta investigación es relevante debido a que se logrará evidenciar la tendencia en la calidad del suministro de energía eléctrica.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Analizar y estimar en función a la continuidad del suministro de energía eléctrica, la calidad del servicio técnico entregado por DEORSA en cada circuito que abastece el departamento de Chiquimula, para los años 2010 y 2020.

### **5.2. Específicos**

- Analizar el indicador global e individual aplicable a la calidad del producto entregado por DEORSA en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020.
- Analizar las interrupciones que sobrepasan las 48 horas en los circuitos de distribución, que suministran energía eléctrica en el departamento de Chiquimula y estimar la confiabilidad basada en estas interrupciones y analizar sus causas, para los años 2010 y 2020.
- Analizar y correlacionar la confiabilidad de los circuitos de distribución que suministran energía eléctrica en el departamento de Chiquimula y la cantidad de clientes según su tipo de tarifa de consumo, para los años 2010 y 2020.



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

Con este trabajo se abarca el análisis de la calidad y de servicio técnico de DEORSA durante un periodo establecido y también se evidencia la tendencia en cuanto los indicadores que utiliza la CNEE, además de plantear nuevos indicadores que no están considerados en las NTSD. Los nuevos indicadores planteados en este análisis, permitirá reforzar el control y una retroalimentación a todos los distribuidores de energía. Estos indicadores están contenidos dentro de las dimensiones de la calidad de un producto o servicio.

También se plantea la correlación entre los usuarios trifásicos y monofásicos con respecto a la duración de interrupciones que pueden llegar a tener. Esto abre la puerta hacia un nuevo análisis y también dota de información a las distribuidoras para implementar planes de acción y de posicionamiento estratégico del personal para reducir los indicadores de calidad de servicio técnico.

Es necesario entender que para ofrecer una calidad de energía hay muchos factores externos que están involucrados y que no se consideran, adicional también ayuda a comprender el concepto de la mejora continua en los procesos que se involucran para ofrecer un mejor servicio a los usuarios.



## **7. MARCO TEÓRICO**

En este apartado se brindarán las definiciones teóricas que brindarán soporte a las variables que se utilizarán para el desarrollo del estudio, para ello será necesario definir el mercado eléctrico en Guatemala, la estructura de este, así como la calidad del producto, calidad del servicio y dimensiones de la calidad aplicadas a una distribuidora de energía eléctrica.

### **7.1. Mercado eléctrico**

Según el Decreto 93-96 (1996) del Congreso de la República de Guatemala, Ley General de Electricidad, el Mercado Mayorista, es el conjunto de operaciones comerciales de corto, mediano y largo plazo entre agentes del mercado para la compraventa de energía o potencia. Este mercado debe funcionar para equilibrar la oferta y la demanda de energía, las 24 horas del día, los 365 días del año.

Este mercado tiene como base, la competencia de empresas dedicadas a la generación de energía y tiene como objetivo hacer que los precios de energía sean autorregulables en un mercado libre.

#### **7.1.1. Mercado Mayorista en Guatemala**

Según el Decreto 93-96 (1996) Congreso de la República de Guatemala, Ley General de Electricidad, el Mercado Mayorista, es el conjunto de operaciones comerciales de compra y venta de energía y potencia por parte de agentes del

subsector eléctrico. En el Mercado Mayorista participan todos los agentes involucrados.

### **7.1.2. Agentes**

Según el Decreto 93-96, Congreso de la República de Guatemala, Ley General de Electricidad, los agentes son todos Generadores, Transportistas, Distribuidores, Comercializadores, Grandes Usuarios, Importadores y Exportadores de Energía.

Las actividades reguladas son todas aquellas en donde participan empresas privadas y públicas para prestar el servicio, otorgadas mediante licitación pública y estas corresponden a Transporte y Distribución de Energía.

## **7.2. Distribución de energía eléctrica**

Para Ortiz (2020), la distribución de energía eléctrica se lleva a cabo por medio de un sistema que tiene una salida o alimentador principal en una subestación eléctrica. Esta salida o alimentador comienza con una protección principal en tres fases (circuito trifásico), tiene una trayectoria troncal y finaliza alimentando cada uno de los transformadores de distribución que van desde 10 kVA hasta lo requerido por los usuarios.

### **7.2.1. Distribución de energía eléctrica en Guatemala**

Según el Decreto 93-96, Congreso de la República de Guatemala, Ley General de Electricidad, el distribuidor de energía eléctrica es el agente del Mercado Mayorista, que posea instalaciones para vender y comercializar energía con usuarios finales.



En Guatemala, existen agentes distribuidores que cumplen con el marco legal, según Acuerdo Ministerial 195-2013 del Ministerio de Energía y Minas de tener un mínimo de 15,000 usuarios son:

- Distribuidora de Electricidad de Occidente, S.A.
- Distribuidora de Electricidad de Oriente, S.A.
- Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.

Como parte de sus principales funciones, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), tiene como objeto auditar que se lleven a cabo cada uno de los aspectos regulatorios en la distribución de energía eléctrica y evitar los abusos sobre usuarios finales.

En el aspecto de calidad de servicio entregado a los usuarios se establecen regulaciones en la parte técnica que se deben cumplir y que son verificadas por la Gerencia de Fiscalización y Normas de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

### **7.3. Importancia de la calidad en energía eléctrica**

Chala y Crespo (2018), mencionan que la calidad de energía eléctrica ha tomado gran relevancia en estos últimos tiempos, en una época de globalización y en donde en casi cualquier sitio se requiere de energía eléctrica. Hablar de calidad de energía también toma aspectos adicionales a los técnicos, como confiabilidad de servicio, el rendimiento que puede proveer a los equipos electrónicos o eléctricos conectados a una red de distribución.

### **7.3.1. Atribuciones de calidad de energía eléctrica**

Según Chala y Crespo (2018), la calidad del servicio de energía eléctrica puede observarse en tres aspectos diferentes.

- Calidad percibida por el usuario: es la calidad percibida por un cliente al momento de hacer uso de ella.
- Calidad percibida por usuario trifásicos: es la calidad que el sector industria percibe al hacer uso de sus equipos.

Estas dos perspectivas hacen referencia a la calidad del producto entregado, puesto que depende directamente del distribuidor.

El último aspecto según Chala y Crespo (2018), también es percibido por el usuario final.

- Calidad percibida por suministrador y usuario: es cuando la calidad se ve afectada por trasgresiones provocadas por los mismos usuarios, es decir que existen equipos utilizados por los usuarios y que estos mismos inducen cierta distorsión a la calidad de la onda.

### **7.4. Calidad del producto**

Según las Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), la calidad de Producto Técnico hace referencia a los parámetros que tienen que ver con la calidad de la onda de energía eléctrica suministrada a los usuarios. Esta onda debe cumplir con ciertos parámetros establecidos y que permiten el buen funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos de los usuarios. Si existen

perturbaciones o transgresiones a los parámetros pueden perjudicar el desempeño las redes de distribución o transporte. Estos parámetros están separados de la siguiente forma:

- Calidad de producto suministrada por el distribuidor
- Incidencia del usuario en la calidad de producto

#### **7.4.1. Calidad de producto suministrada por el distribuidor**

En seguida se integran las definiciones utilizando las Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), que nacen con la separación de funciones del Subsector Eléctrico y del Mercado Mayorista, Decreto 93-96, Congreso de la República de Guatemala.

Según las Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), son todos los indicadores perceptibles del producto ofrecido por el distribuidor de energía eléctrica y en los cuales, el mismo distribuidor está obligado a cumplir, por medio de un sistema de control de calidad, supervisado por la CNEE.

#### **7.4.2. Incidencia del usuario en la calidad del producto**

Según las Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), son los índices que resultan de las verificaciones del propio distribuidor y que tienen que ver con las perturbaciones que un usuario puede aportar a la red de distribución.

#### **7.4.3. Parámetros considerados en la calidad del producto**

Son todos los parámetros con los que se puede referenciar cada uno de los índices de que establecen la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

#### **7.4.3.1. Índice de calidad de regulación de tensión**

Según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), este índice valúa la tensión en el punto de recepción al usuario en valores eficaces para el correcto funcionamiento de todos los aparatos eléctrico y electrónicos. Es decir, se compara el valor de tensión entregado respecto del valor nominal eficaz establecido, en un periodo de tiempo.

Para Bacilio (2009), es importante establecer los parámetros nominales que deben ser entregados a cada tipo de usuarios de energía eléctrica. Esto con la finalidad de entregar un producto funcional y que cumpla con los estándares mínimos que requieren algunos equipos conectados a la red.

#### **7.4.3.2. Índice de desbalance de tensión**

Según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), este índice valúa la tensión en el punto de recepción al usuario en valores eficaces para el correcto funcionamiento de todos los aparatos eléctrico y electrónicos trifásicos.

#### **7.4.3.3. Índice de distorsión armónica**

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), este índice valúa las perturbaciones que se pueden dar en la red de distribución de energía eléctrica.

Para Chala y Crespo (2018), las perturbaciones o distorsiones armónicas, en gran medida se dan como resultado del uso de equipo o maquinaria que se conecta a una red de distribución, también hace referencia a que no es cualquier usuario el que provoca estas distorsiones puesto que es tecnología utilizada en producción o en general el sector industria hace acto de presencia ante este tipo de transgresiones a las redes de distribución.

#### **7.4.3.4. Flicker**

Arroyo (2019), menciona la importancia en la regulación de voltaje y frecuencia en el servicio entregado a los usuarios. Estos valores deben de cumplir con las especificaciones técnicas por el ente regulador, puesto que los parámetros fuera del estándar ocasionan perturbaciones que dan origen a este fenómeno electromagnético llamado *Flicker*.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), establece que es una variación en la onda de voltaje que produce perturbaciones perceptibles al usuario.

#### **7.4.3.5. Factor de potencia**

Chala y Crespo (2018), indican que las pérdidas de energía se dan como consecuencia de que no exista un control en el factor de potencia al usuario. Estas pérdidas de energía perjudican en gran medida la calidad del servicio entregado por la distribuidora al usuario final puesto que sobrecarga las líneas de distribución, deterioran las instalaciones y provoca fallas en el sistema.

Para mitigar el perjuicio que puede tener sobre la calidad de producto entregado por el distribuidor un factor de potencia fuera de rango pueden utilizarse tecnologías para regular la energía demandada por el usuario.

#### **7.4.3.6. Normas internacionales**

Como parte de la estandarización de calidad de energía eléctrica, se han creado normas internacionales que establecen los parámetros que debe cumplir un producto entregado por un distribuidor, y que estos den lugar a condiciones

mínimas necesarias para el funcionamiento de dispositivos que requiera el usuario final.

El estándar IEC 61000-4-30 define el término Calidad de Energía Eléctrica como las características que debe cumplir la energía eléctrica suministrada en un punto y evaluadas con parámetros técnicos establecidos previamente.

El estándar IEEE 1159/1995 define el término Calidad de Energía Eléctrica como la gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica.

**Figura 1.**

*Pirámide de calidad*



*Nota.* Esquema en forma de pirámide donde se evidencia que la calidad de energía eléctrica tiene como base el sistema de puestas a tierra. Adaptado de V. Mercado, J. Peña y L. Pacheco. Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *Ciencia e Ingeniería* 38(2). pp. 167-176. <https://www.redalyc.org/journal/5075/507555007009/html/>

## **7.5. Calidad de servicio técnico**

Para Chala y Crespo (2018), la continuidad del servicio está relacionada con la calidad, puesto que la define como el tiempo que está disponible el servicio para que un usuario haga uso de este y también el tiempo que puede ser utilizado sin interrupción alguna.

De acuerdo con Arroyo (2019), la continuidad es solo uno de los valores que se debe de contemplar para establecer confiabilidad, seguridad y sostenibilidad en un sistema de distribución.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), establecen que la continuidad del servicio de distribución es un parámetro de calidad, pero no hace referencia en cuanto al mínimo que debe considerarse como buena o mala calidad.

Para medir la continuidad del servicio de distribución, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999), establecen indicadores que permiten visualizar de una manera más fácil el tiempo que un usuario está sin servicio de distribución de energía.

- Tiempo de Interrupción por Usuario (TIU). Índice representado en horas que un usuario está sin servicio.
- Frecuencia de Interrupción por Usuario (FIU). Índice que representa la cantidad de interrupciones para un usuario.

## **7.6. Dimensiones de la calidad**

La descripción de cada una de las dimensiones contempladas dentro del estudio, se presentan a continuación.

### **7.6.1. Confiabilidad**

Para Dávila, Coronado y Cerecer (2011), la confiabilidad es parte de una de las dimensiones de la calidad y se entiende como la capacidad de entregar el servicio de energía eléctrica tal y como se ha prometido al usuario. Es de suma importancia debido a que a partir de ella se puede determinar la calidad en la perspectiva de los usuarios. En esta dimensión se toman factores importantes duración de interrupciones, reincidencia de interrupciones y estabilidad del sistema de distribución luego de existir una interrupción.

Chala y Crespo (2018), comparten que la confiabilidad es un medio que permite modelar el desempeño y seguridad de un sistema; permite evaluar cada indicador de manera individual y colectiva y retroalimenta al mismo sistema para implementar las mejoras continuas que vaya requiriendo el usuario final.

Andrango y Muñoz (2011), hacen referencia que para incrementar la confiabilidad de un sistema se debe abordar el tema de las fallas desde prevención, tolerancia, eliminación de fallas y predicción de fallas.

Chala y Crespo (2018), indican que para hablar de confiabilidad de un sistema se deben tomar en cuenta indicadores de origen probabilístico y otros de origen determinístico. Estos indicadores ayudan a tener una mejor lectura del sistema a valuar en términos de confiabilidad. Para este caso, siempre se deben tomar en cuenta las fallas de causa común y las fallas de causa no común,



mediante estadística descriptiva, se puede entender siempre una medida de comportamiento del sistema de analizado.

Para Chala y Crespo (2018), es de suma importancia la confiabilidad en los sistemas de distribución, esto porque el sector de industria deja de ser productivo y por ende deja de ser competitivo. Es necesario contar con un sistema de distribución que pueda dar confiabilidad a los usuarios, tener la certeza que el servicio estará disponible en el momento que se requiera y que, al hacer uso de él, este perdure hasta el momento que ya no sea requerido por los usuarios de cualquier tipo.

Chala y Crespo (2018), comentan que no es posible realizar una sola definición de confiabilidad, vista desde los usuarios de una red de distribución, esto a que cada uno de ellos la puede percibir de manera que sea conveniente. Para un usuario en donde su ingreso monetario está en el sector industrial su demanda de confiabilidad será superior al que un usuario del tipo residencial.

### **7.6.2. Sensibilidad o probabilidad de falla**

Para Dávila, Coronado y Cerecer (2011), toda probabilidad de falla es el tiempo que un sistema pasa indisponible afectando a los usuarios del servicio de distribución.

Cáceres, et. al. (2017), hace referencia a una condición que adopta un sistema en el que ha transcurrido un tiempo sin interrupción de servicio. Estas condiciones medidas en porcentaje incrementa en gran manera, dependiendo de las condiciones externas del sistema como, condiciones climáticas, factores contaminantes a los que se expone el sistema, inclusive existe un factor de mantenimiento asociado a este valor.

Chala y Crespo (2018), también dan a entender que no solo es la falta de servicio la considerada como falla, también hace referencia a las fallas del tipo transitorias o estacionales. Estas fallas son características debido a que no deja de tener el servicio el usuario, si no es servicio que tiene es con unas condiciones que no permiten el buen funcionamiento de equipos.

Chala y Crespo (2018), indican que las condiciones con las que opera cualquier equipo conectado a una red siempre debe estar enmarcada en estándares que permitan el buen funcionamiento, esto abre paso a la sensibilidad que debe tener dicha red que alimenta a una cantidad específica de clientes.

### **7.6.3. Rendimiento**

Para Dávila, Coronado y Cerecer (2011), es una dimensión que está relacionada con la entrega del producto en un punto específico y que sea funcional para cada uno de los clientes, tomando en cuenta las características requeridas por cada usuario.

Andrango y Muñoz (2011), mencionan la importancia del rendimiento, tanto que se puede ver afectado al sector industrial, y es unos de los cuales requiere una calidad de energía específica, debido a que algunos de sus equipos siempre son con especificaciones especiales, en cuanto a condiciones de uso y operación.

Es entendido que el rendimiento es todo aquello que se compara contra una serie de características específicas establecidas por un ente regulador, o una normativa internacional, siempre se debe considerar el uso específico que el cliente requiera. No se puede entregar el mismo servicio (hablando de

características) a todos los clientes, esto porque también en el sector de la industria existe cada equipo especializado y así mismo sus requerimientos.

#### **7.6.4. Conformidad**

Para Dávila, Coronado y Cerecer (2011), es una dimensión que está relacionada con la calidad de salida y como es percibida por el usuario requerido. También menciona que es el grado de valor que le dan a las distribuidoras de energía eléctrica al momento que disponen del servicio.

Chala y Crespo (2018), menciona que siempre la calidad y conformidad del servicio de energía tienen relación, debido a que el usuario puede percibir una calidad, pero también debe tener en cuenta los equipos que tiene instalados.

La mayoría de los usuarios de energía siempre desconocen la incidencia que puede tener el uso de equipos electrónicos en la red, a tal grado que la conformidad del usuario es tan poca, pero tiene que ver con las instalaciones propias de los usuarios.

Chala y Crespo (2018) mencionan que el grado de conformidad también tiene una relación directa con la productividad que tienen algunas empresas, al verse afectada su producción también pueden verse afectados los intereses propios de la empresa que utiliza la energía eléctrica.

Es importante entender que siempre el grado de conformidad de energía eléctrica se toma desde la línea en donde se contrasta con normas nacionales e internacionales de Distribución de Energía Eléctrica, siempre reguladas por un ente que esté a cargo de que se hagan cumplir estas características.

### **7.6.5. Durabilidad y estabilidad**

Para Dávila, Coronado y Cerecer (2011), es una dimensión que hace referencia al tiempo que puede transcurrir un servicio sin afectarse sin falla alguna en el sistema de distribución.

Para Sánchez y Olguin (2017), la estabilidad tiene que ver con el tiempo (períodos largos) en el que la energía distribuida permanece en las condiciones necesarias por los usuarios. Estos periodos de tiempo no deben permitir que existan regularidades algunas, ni falta de este servicio.

Para analizar la estabilidad se deben tomar en cuenta cada uno de los aspectos técnicos que pueda tener el servicio dado al usuario. La estabilidad tiene como fin primordial demostrar que todas las características inherentes al servicio ofrecido por un distribuidor de energía eléctrica son cumplidas dentro de los parámetros establecidos por el en regulador responsable de determinarlos.

### **7.6.6. Facilidad de servicio**

Para Dávila, Coronado y Cerecer (2011), es una combinación de dimensiones, que hace referencia a la capacidad de respuesta que tiene la distribuidora al momento de presentarse una falla y seguido que tan confiable es el servicio después de restablecer dicho inconveniente.

Para Sánchez y Olguin (2017), la respuesta ante una interrupción de servicio o falla en un sistema, debe ser considerada como una prioridad en términos de calidad, porque de ella depende directamente los indicadores de restablecimiento de servicio.

Se considera que para la mejora constante de la respuesta ante falla o condiciones anormales, se deben realizar pruebas constantemente en las que se debe tener como objetivo principal mejorar el indicador.

Para considerar este indicador es necesario establecer siempre que el personal de operación siempre debe contar con una disponibilidad grande, debido a que las fallas o perturbaciones de cualquier tipo siempre se dan en un momento inesperado.

Para Mora (2006), la facilidad del servicio depende mucho de las herramientas que se tienen para localizar fallas en los sistemas de distribución. Estas herramientas tienen una aplicación sencilla y puede ser implementada como mejora en un sistema que distribuye energía eléctrica.

Este sistema no solo ayuda a determinar los puntos de faltas, si no también puede ser utilizado como un plan de mantenimiento que permita enfocar los esfuerzos en puntos en los cuales las fallas son recurrentes y así mismo utilizar nuevas tecnologías en los puntos recurrentes.

#### **7.7. Métodos de control de calidad de energía eléctrica**

Para Berenguer et. al. (2018), el control de los indicadores de calidad energía eléctrica constantemente, suponen una oportunidad de mejorar e incrementar la eficiencia, por medio de la reducción de las pérdidas de energía.

Por lo general el distribuidor de energía eléctrica atribuye a los usuarios los inconvenientes que se dan en la red, hablando de perturbaciones que afectan la calidad y de la misma manera, suele suceder lo mismo hacia los distribuidores desde el punto de vista de los usuarios.

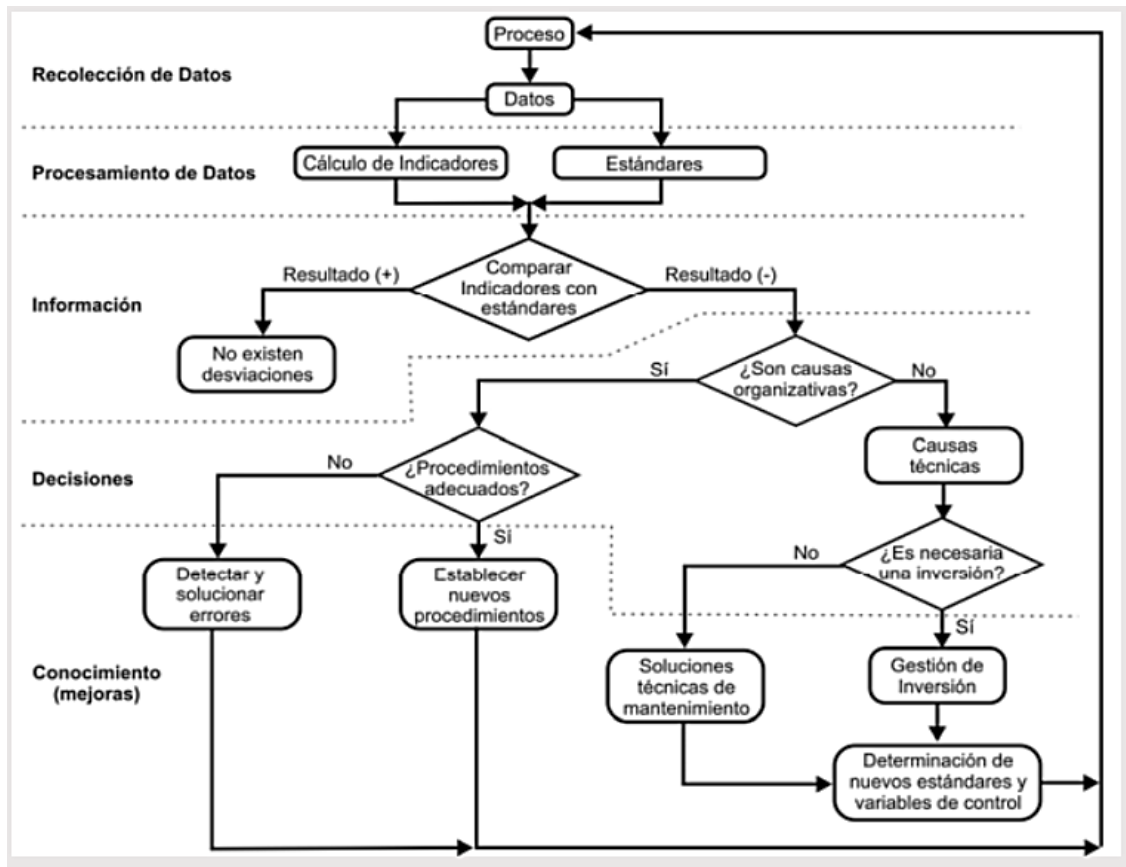
Para Ruiz (2017), la etapa de recolección de información es donde toma sentido el control y monitoreo de los indicadores de calidad de energía, ellos dirán que los procesos que está llevando a cabo el distribuidor cumplen con exigencias de los usuarios en su servicio de energía eléctrica.

Esta etapa es sumamente importante también para la retroalimentación sobre el estado real de la red de distribución y da la pauta para que el suministrador pueda mejorar constantemente cada uno de los indicadores observados.

Para Berenguer et. al. (2017), es importante implementar nuevas tecnologías para el control y monitoreo de los indicadores que puedan ser aplicados a empresas de servicio.

**Figura 2.**

*Sistema de monitoreo y de control*



*Nota.* Diagrama de flujo evidenciando los esquemas y periodos de control de energía eléctrica. Adaptado de M. Berenguer, R. Conde, D. Yero, N. Hernández y R. Arias. Aplicaciones industriales. *Ingeniería Energética*. 39(1). p. 63. [https://www.researchgate.net/publication/325607275\\_Gestion\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_energia\\_el\\_ectrica\\_Management\\_of\\_quality\\_electrical\\_energy](https://www.researchgate.net/publication/325607275_Gestion_de_la_calidad_de_la_energia_el_ectrica_Management_of_quality_electrical_energy)

### 7.7.1. Periodos cortos de control

Para Cervantes (2014), los periodos de control en el corto plazo se dan entre cero y un minuto. Estos periodos de control obedecen a que en las redes

de distribución existen perturbaciones transitorias, y no son consideradas como una falla. Estos factores anormales o transitorios se dan por condiciones momentáneas en la red, demandas momentáneas para arranque de equipos especializados, condiciones climáticas severas, instalación de equipos electrónicos que puede producir perturbaciones, y para detectar estas anomalías es necesario establecer en puntos críticos detectados previamente, las mediciones o control de las mediciones de calidad necesarias.

Según Hidalgo (2018), estos controles de calidad de energía son los que tiene menos prioridad, como se entiende pueden llegar a ser perturbaciones que están condicionadas a un estado específico de la red y un horario que difícilmente vuelva a suceder. Dentro de las fallas de corto plazo o transitorias, la mayoría se dan debido a que el usuario interviene directamente o son factores completamente ajenos al distribuidor.

### **7.7.2. Periodos medianos de control**

Como indica Cervantes (2014), estos controles de calidad de energía tienen una relevancia muy importante, pueden llegar a ser una mezcla entre los de corto y largo plazo. La característica importante de estos controles es que son dinámicos, es decir que puede medirse la calidad de energía en ciertas instalaciones de forma periódica. Esto es funcional ampliándolo hacia planes de mantenimiento, una vez ejecutado el mantenimiento, las mediciones o control de calidad puede dar parámetros que confirmen o no el correcto mantenimiento aplicado por parte del distribuidor.



### **7.7.3. Periodos largos de control**

Para Cervantes (2014), los periodos de control extendidos en el tiempo son necesarios para determinar faltas que no son perceptibles en el corto plazo. Existen fallas que los equipos de medición y control no pueden determinar en tan poco tiempo, toman más variables como cambio en la demanda, condiciones climatológicas, inclusive aspectos estructurales de la red, como el deterioro que puede sufrir. Estos métodos de control deben existir de manera frecuente o que no sean retirados, para monitorear de manera eficiente.

En este tipo de mediciones no son tomadas en cuentas las perturbaciones de carácter transitorio, esto da la pauta a que la calidad de energía tenga una mejor apreciación vista desde el usuario, ante cualquier posible reclamo ya se tiene detectado previamente la anomalía.

Cervantes (2014) menciona que los periodos de control largos pueden ser utilizados en forma permanente, ya que las fallas o perturbaciones que existen en una red de distribución de energía eléctrica en su mayoría corresponden a comportamientos de largo plazo.



## **8. INDICE PROPUESTO DE CONTENIDOS**

INDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCION

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

### 1. MARCO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1. Mercado eléctrico

##### 2.1.1. Mercado Mayorista en Guatemala

##### 2.1.2. Agentes del Mercado Mayorista

#### 2.2. Distribución de energía eléctrica

##### 2.2.1. Distribución de energía eléctrica en Guatemala

#### 2.3. Importancia de la calidad en energía eléctrica

##### 2.3.1. Atribuciones de calidad de energía eléctrica

#### 2.4. Calidad del producto

##### 2.4.1. Calidad del producto suministrado por el distribuidor

##### 2.4.2. Incidencia del usuario en la calidad del producto

##### 2.4.3. Parámetros considerados en la calidad del producto

- 2.4.3.1. Índice de calidad de regulación de tensión
    - 2.4.3.2. Índice de desbalance de tensión
    - 2.4.3.3. Índice de distorsión armónica
    - 2.4.3.4. Flicker
    - 2.4.3.5. Factor de potencia
    - 2.4.3.6. Normas Internacionales
- 2.5. Calidad del servicio técnico
- 2.6. Dimensiones de la calidad
  - 2.6.1. Confiabilidad
  - 2.6.2. Sensibilidad o probabilidad de falla
  - 2.6.3. Rendimiento
  - 2.6.4. Conformidad
  - 2.6.5. Durabilidad y estabilidad
  - 2.6.6. Facilidad de servicio
- 2.7. Métodos de control de calidad de energía eléctrica

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

Las características de la metodología del estudio contemplan el enfoque, alcance, diseño y unidad de análisis, que se describen a continuación.

### **9.1. Características del estudio**

A continuación, se describen todas las características que llevará a cabo la investigación.

#### **9.1.1. Diseño**

La presente investigación es del tipo no experimental y de corte transversal, porque considera la observación de datos en un período de tiempo establecido para determinar la calidad del servicio de energía eléctrica de DEORSA para el departamento de Chiquimula. Para ello se observarán los datos y cada una de sus características, utilizando estadística descriptiva se podrá analizar y correlacionar las variables para presentar resultados que puedan categorizar el servicio.

#### **9.1.2. Enfoque**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que utiliza la recolección y análisis de datos obtenidos de la fiscalización que realiza la CNEE periódicamente a los distribuidores de energía eléctrica. Con la observación y análisis de estos datos se describe la calidad del servicio y del producto técnico

entregado por DEORSA, en un periodo de tiempo, a los clientes en el departamento de Chiquimula.

### **9.1.3. Alcance**

El estudio posee un alcance de causalidad, de manera que al relacionar cada una de las variables observadas en el periodo de tiempo estipulado, se puede categorizar la calidad del servicio eléctrico suministrado por DEORSA, en el departamento de Chiquimula.

Para obtener este alcance se recurre a la extracción de datos e informes proporcionados por la CNEE, quienes semestralmente presentan resultados de las auditorías realizadas a los distribuidores del país, incluyendo DEORSA.

## **9.2. Unidades de análisis**

La población de estudio será el departamento de Chiquimula, uno de los veintidós departamentos de Guatemala.

En este departamento existen 91,134 clientes de energía eléctrica que son abastecidos por DEORSA. Estos clientes son suministrados a través de 7 circuitos de distribución en 34.5 kV y 11 circuitos de distribución en 13.8 kV propiedad de la distribuidora.

Las unidades para analizar son:

- Interrupciones que sufren los usuarios del servicio de distribución de energía eléctrica en el departamento de Chiquimula.

- Adicional las trasgresiones que tiene el producto de energía eléctrica suministrado en desbalance de tensión y frecuencia.

### 9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

**Tabla 2.**

*Variables de estudio*

<b>Variable</b>	<b>Definición técnica</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Calidad del Servicio</b>	La calidad del servicio técnico del distribuidor se determina en función de la continuidad del suministro eléctrico	Se sustraen las interrupciones que ha tenido cada usuario a lo largo del periodo analizado de información pública de la CNEE.	Confiability
			Probabilidad de falla o Sensibilidad
<b>Calidad del Producto</b>	La calidad del producto técnico se relaciona con la calidad de onda de voltaje de la energía eléctrica	Se sustraen resultados de las auditorías realizadas por la CNEE en la calidad del producto por medio de los informes publicados.	Facilidad o capacidad de servicio
			Durabilidad y estabilidad
			Rendimiento o conformidad

*Nota.* Tabla de definiciones técnicas de las variables de estudio y sus indicadores, adaptada con información obtenida de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 3.***Indicadores de estudio*

<b>Indicadores</b>	<b>Definición técnica</b>	<b>Definición operativa</b>
<b>Confiabilidad</b>	Es un parámetro que se utiliza para medir la seguridad de un sistema.	Se utiliza para medir en porcentaje la calidad de servicio, tomando en cuenta el tiempo que pasa operativo y el tiempo que está fuera de operación.
<b>Sensibilidad o Probabilidad de falla</b>	Unidad de medida que un sistema o instalación quede fuera de operación.	Utilizada para medir el porcentaje que un usuario tiene de que su servicio falle.
<b>Rendimiento</b>	Capacidad del producto para cumplir con su principal propósito.	Medida en la cual un producto cumple con estándares y normas.
<b>Conformidad</b>	Cumplimiento de normas o estándares a un producto	Medida en la cual un producto cumple con estándares y normas.
<b>Durabilidad / Estabilidad</b>	Posibilidad de mantener sus cualidades a pesar del tiempo de uso.	Medida de tiempo en el que el producto entregado a los usuarios se mantiene con las cualidades iniciales.
<b>Facilidad o Capacidad de servicio</b>	Atención al cliente post averías	Medida de tiempo que observa la capacidad de respuesta para reestablecer el servicio

*Nota.* Tabla que define los indicadores propuestos para la investigación que hacen referencia a las dimensiones de calidad. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

**Tabla 4.***Dimensiones o unidades de medida*

<b>Dimensiones</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Nivel de uso</b>
Cantidad y duración de interrupciones	Cuantitativa, Numérica, continua, observable.	Independiente
Cantidad de clientes (por interrupción)	Cuantitativa, Discreta, Politémica, Observable	Dependiente
FEBNoPER (Indicador de frecuencia Hz)	Cuantitativa, Discreta, Politémica, Observable.	Independiente
Porcentaje desbalance de tensión	Cuantitativa, Discreta, Politémica, Observable.	Independiente

*Nota.* Tabla con las dimensiones a utilizar en la investigación, y adaptada con información obtenida de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



#### **9.4. Fases del estudio**

A continuación, se describen cuatro fases del estudio que llevarán al cumplimiento de los objetivos.

##### **9.4.1. Fase 1: exploración bibliográfica**

En esta primera fase se realizará una completa exploración de las Normas Técnicas de Servicio de Distribución, así mismo como normativas internacionales que sirven como referencia tales como la IEE 1159/1195.

##### **9.4.2. Fase 2: recopilación de información**

Para esta fase se llevará a cabo la recaudación de datos como clientes que son abastecidos por DEORSA en el departamento de Chiquimula, la tipificación de estos clientes (monofásico o trifásicos). Ante la CNEE será requerido el historial de las interrupciones que se dan en el sistema de distribución, específicamente en el departamento de Chiquimula, su duración y la cantidad de clientes que se ven afectados durante cada interrupción.

También será requerida la información de los puntos de medición de desbalance de tensión, así mismo los puntos de medición de la frecuencia de los circuitos de distribución.

**Tabla 5.**

*Descripción de fase No. 2*

	<b>Acción</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Recopilación de datos de la red de distribución	Características de la red de distribución (circuitos, cantidad de clientes, características de clientes)
<b>2</b>	Solicitar las interrupciones dadas en el periodo 2010-2020 a la CNEE	Realizar una separación de interrupción por causal, municipio y circuito que alimenta a cada servicio afectado.
<b>3</b>	Solicitar los resultados de los puntos de medición de desbalance de tensión a la CNEE	Filtrar puntos en los que, el distribuidor estuvo fuera de los parámetros establecidos en la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>4</b>	Recopilación de los resultados de los puntos de medición de frecuencia de la CNEE	Filtrar puntos en los que, el distribuidor estuvo fuera de los parámetros establecidos en la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>5</b>	Recopilar de clientes monofásicos y trifásicos	Realizar una separación por circuito entre clientes monofásicos y trifásicos y contrastarla con las interrupciones dadas por circuito.

*Nota:* Descripción de cada uno de los pasos a seguir para recaudar la información que servirá para llevar a cabo el desarrollo de la investigación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

#### **9.4.3. Fase 3: análisis cuantitativo de la información a través de estadística descriptiva**

Para esta fase se realizará el análisis correspondiente a cada información requerida, mediante una estadística descriptiva, generación de tablas, gráficos correlación de algunos causales.

A continuación, se detallan los pasos a seguir para el análisis.

**Tabla 6.***Descripción de fase No.3.*

Acción	Descripción
<p>1</p> <p>Realizar tablas y gráficos estadísticos de las interrupciones dadas en el periodo 2010-2020.</p>	<p>Interpretar las curvas realizadas para determinar cuál de las causas es que la que provoca la mayor cantidad de interrupciones.</p> <p>Segmentar los clientes afectados por cada interrupción menor a 48 horas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipio y tipo de cliente (monofásico y trifásico)</li> <li>• Realizar una regresión lineal con las causas que provocan cada interrupción.</li> <li>• Separar las causas entre fuerza mayor y fuerza menor.</li> </ul> <p>Segmentar los clientes afectados por cada interrupción superiores a 48 horas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipio y tipo de cliente (monofásico y trifásico)</li> <li>• Realizar una regresión lineal con las causas que provocan cada interrupción superior a 48 horas.</li> </ul>
<p>2</p> <p>Realizar tablas y gráficos estadísticos de los resultados de los puntos de medición de desbalance de tensión.</p>	<p>Interpretar las curvas realizadas para determinar cuáles fueron los puntos de medición que excedieron la tolerancia permitida en las NTSD.</p> <p>Segmentar los puntos de medición por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuito en el que se lleva a cabo la medición</li> <li>• Recurrencia de punto de medición</li> <li>• Recurrencia de punto de medición fuera de tolerancia</li> <li>• Recurrencia de corrección de punto de medición fuera de tolerancia.</li> <li>• Clientes afectados por mediciones fuera de tolerancia</li> <li>• Localidades afectadas por mediciones fuera de tolerancia.</li> </ul>
<p>3</p> <p>Realizar tablas y gráficos estadísticos de los resultados de los puntos de medición de frecuencia.</p>	<p>Interpretar las curvas realizadas para determinar cuáles fueron los puntos de medición que excedieron la tolerancia permitida en las NTSD.</p> <p>Segmentar los puntos de medición por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuito en el que se lleva a cabo la medición</li> <li>• Recurrencia de punto de medición</li> <li>• Recurrencia de punto de medición fuera de tolerancia</li> <li>• Recurrencia de corrección de punto de medición fuera de tolerancia.</li> <li>• Clientes afectados por mediciones fuera de tolerancia</li> <li>• Localidades afectadas por mediciones fuera de tolerancia.</li> </ul>

*Nota.* Descripción de cada uno de los pasos a seguir para realizar las estimaciones estadísticas y cálculo de confiabilidad. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

#### 9.4.4. Fase 4: interpretación de resultados

La fase de interpretación de resultados es la que demuestra el cumplimiento de los objetivos planteados, para analizar la calidad del servicio técnico y calidad del producto de DEORSA. Esta interpretación se dará por medio de estadística descriptiva, analizando cada valor obtenido, gráficas, histogramas y dando paso a un análisis más específico.

#### 9.5. Resultados esperados

Se muestra la matriz de coherencia ampliada, que evidencia una columna de qué, se puede esperar como resultado del análisis.

**Tabla 7.**

*Matriz de coherencia ampliada*

Preguntas de investigación	Objetivos	Fases	Resultados esperados
¿Describir la confiabilidad del servicio técnico suministrado por DEORSA en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020?	Analizar y estimar en función a la continuidad del suministro de energía eléctrica, la calidad del servicio técnico entregado por DEORSA en cada circuito que abastece el departamento de Chiquimula, para los años 2010 y 2020	Análisis cuantitativo de la información a través de estadística descriptiva, para determinar la confiabilidad	Encontrar el nivel de confiabilidad del servicio entregado por DEORSA.

Continuación de la tabla 7.

<b>Preguntas de investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Fases</b>	<b>Resultados esperados</b>
¿Describir el indicador global e individual de la calidad producto suministrado por DEORSA para los años 2010 y 2020, analizando mediante estadística descriptiva tomando en cuenta la normativa vigente?	Analizar el indicador global e individual aplicable a la calidad del producto entregado por DEORSA en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020	Análisis cuantitativo de la información a través de estadística descriptiva, para determinar el rendimiento de la calidad del producto entregado por DEORSA	Encontrar un parámetro estadístico de para comparar el producto entregado contra la NTSD
¿Estimar la confiabilidad de servicio técnico utilizando las interrupciones que sobrepasen las 48 horas y analizar las causas que inciden en que las interrupciones tengan esta duración?	Analizar las interrupciones que sobrepasan las 48 horas en los circuitos de distribución, que suministran energía eléctrica en el departamento de Chiquimula y estimar la confiabilidad basada en estas interrupciones y analizar sus causas, para los años 2010 y 2020	Análisis cuantitativo de la información a través de estadística descriptiva, para determinar la facilidad del servicio en las poblaciones afectadas por las interrupciones superiores a 48 horas.	Encontrar el porcentaje de confiabilidad de servicio al darse interrupciones superiores a 48 horas.
¿Determinar la correlación entre la confiabilidad del servicio técnico entregado por DEORSA a los usuarios según su tarifa de consumo en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020?	Analizar y correlacionar la confiabilidad de los circuitos de distribución que suministran energía eléctrica en el departamento de Chiquimula y la cantidad de clientes según su tipo de tarifa de consumo, para los años 2010 y 2020	Análisis cuantitativo de la información a través de estadística descriptiva, para determinar la confiabilidad específica por tipo de cliente	Encontrar el nivel de confiabilidad de cliente y separar esta confiabilidad entre servicios monofásicos y trifásicos.

*Nota.* Descripción de cada uno de los objetivos a desarrollar en la investigación, metodología y resultados a esperar. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.



## 10. TECNICAS DE ANALISIS DE INFOMACION

Para cumplir con los objetivos establecidos en esta investigación es necesario utilizar estadística descriptiva y aplicada para llevar a cabo el análisis de toda la información obtenida.

Para ello se plantean los siguientes pasos:

- Recopilación de datos: solicitar la información de las auditorias de la Gerencia de Fiscalización y Normas publicada en los informes estadísticos.
- Evaluar confiabilidad y probabilidad de falla: la confiabilidad se evaluará con el coeficiente del alfa de Cronbach, utilizado en la variable de los clientes afectos en cada interrupción, donde se obtendrá el valor medio de clientes afectados. Aplicando estadística descriptiva, con medidas de tendencia central se puede obtener la recurrencia en la que cada usuario se ve afectado.
- Evaluar el rendimiento: el rendimiento de un producto se evalúa contrastando con estándares previamente establecido por normas nacionales e internacionales. Del resultado de este contraste se puede obtener un indicador que, evidencia que tan efectivos son los procesos de la distribuidora para cumplir con los estándares.
- Evaluar la conformidad del producto: por medio de estadística descriptiva se realizará el análisis de conformidad del producto, ya que se tendrán

medidas de tendencia central con respecto a las auditorías realizadas a la distribuidora y se realizará una comparación con la normativa vigente para describir el nivel de conformidad del producto entregado a cada usuario.

- Evaluar la durabilidad y estabilidad del sistema: por medio de estadística descriptiva se realizará el análisis de la durabilidad o estabilidad del sistema, ya que se tendrán medidas de tendencia central con respecto a las auditorías realizadas a la distribuidora y se tendrá un indicador en el cual se sabe por cuánto tiempo el usuario vuelve a ser afectado por la falta del servicio.
- Facilidad de servicio: la facilidad del servicio se entiende por la capacidad de respuesta de la distribuidora de restablecer un servicio ante una avería previamente reclamada por el usuario, esta será calculada por medio de los datos obtenidos de las auditorías y de estadística descriptiva.
- Realización de gráficas: luego de analizado todos los datos de manera estadística, se procede a realizar gráficas para tener una mejor apreciación de los resultados. Estas gráficas dan una mejor lectura de los objetivos planteados.

Realizar una distribución por cada dimensión, con histograma

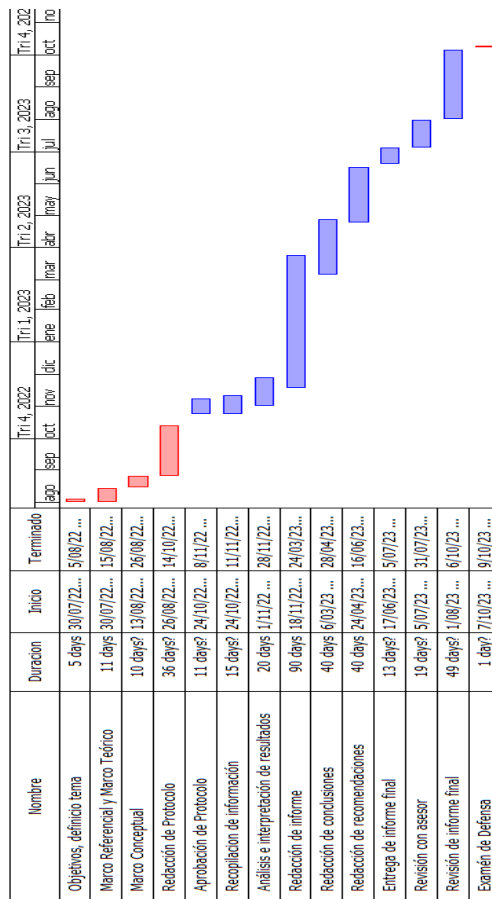


## 11. CRONOGRAMA

A continuación, se muestra de manera general el cronograma de actividades por cubrir durante el desarrollo del proyecto.

**Figura 3.**

*Diagrama de Gantt*



*Nota.* Cronograma de actividades a desarrollar durante la investigación. Elaboración propia, realizado con Visio 365.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo este estudio se ha tomado en cuenta información de origen público, por lo que los gastos a considerar serán los más relevantes. Para analizar la información se utilizarán software con licencia de Microsoft Office Educacional, licencia otorgada por ser estudiante de USAC.

A continuación, en la tabla “X” se presenta un detalle de los gastos que se proyectan para la realización del estudio.

**Tabla 8.**

*Gastos de elaboración de investigación*

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Honorarios para el asesor	Q. 0.00
Matrícula estudiantil	Q. 1,031.00
Cursos restantes de la maestría	Q. 6,600.00
Papelería	Q. 100.00
Materiales de impresión	Q. 150.00
Software para analizar el plagio	Q 200.00
Servicios de electricidad e internet	Q. 2,300.00
Imprevistos	Q. 500.00
<b>Total</b>	<b>Q.10,881.00</b>

*Nota.* Detalle de presupuesta para la realización del proyecto. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Los gastos serán sufragados en su totalidad por el estudiante. Dado que la cantidad es asequible, la realización de estudio es posible.



### 13. REFERENCIAS

- Andrango, M., y Muñoz, E. (2011). *Análisis de la Intensidad Sendero Energéticos del Ecuador del periodo 2000-2008 y Proyección al 2020*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1883/12/UPS-KT00011.pdf>
- Arroyo, L. (2019). *Análisis de la calidad de energía de cargas conectadas a la red eléctrica de Iberdrola en 13.8 kV y 110 kV*. [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Monterrey]. Archivo digital. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/633042>
- Bacilio, J. (2009). *Cumplimiento de la NTCSE de los suministradores de energía con sus clientes libres y regulados*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Archivo digital. <https://1library.co/document/z1d89rdz-cumplimiento-ntcse-suministradores-energia-clientes-libres-regulados.html>
- Berenguer, M., Hernández, N., Conde, R., Arias, R., & Deás, D. (2018). Gestión de la calidad de la energía eléctrica. *Revista de Ingeniería Energética*, 39(1), 62-68. [https://www.researchgate.net/publication/325607275\\_Gestion\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_energia\\_electrica\\_Management\\_of\\_quality\\_electrical\\_energy](https://www.researchgate.net/publication/325607275_Gestion_de_la_calidad_de_la_energia_electrica_Management_of_quality_electrical_energy)
- Cáceres, M., Flores, D. y Gutiérrez, J. (2017). *Gestión de la calidad en las empresas de Transmisión de Energía Eléctrica en el Perú*. [Tesis de

- maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9646>
- Cervantes, O. (2014). *Metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a Normas Nacionales e Internacionales para la Universidad de la Costa – CUC*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. Archivo digital. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/900>
- Chala, M., y Crespo, N. (2018). *Sistema para la mitigación de las perturbaciones que afectan la calidad de la energía*. [Tesis de maestría, Universidad de Pinar del Río, Hermanos Saíz Montes de Oca]. Archivo digital. <https://rc.upr.edu.cu/handle/DICT/3188>
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica (1999). *Normas Técnicas del Servicio de Distribución*. (Resolución CNEE No. 09-99). Guatemala. <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/1999/09-99.pdf>
- Dávila, M., Coronado, J., & Cerecer, B. (2011). *Las dimensiones de la calidad del servicio en el proceso de distribución y comercialización de energía eléctrica*. *Contaduría y Administración* 57(3), 175-195. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cya/v57n3/v57n3a8.pdf>
- Hidalgo, C. (2018). *Propuesta de un plan de mejoramiento y control del sistema de atención al cliente, mediante el análisis de la línea de espera en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. Archivo digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19244>

- Ley General de Electricidad de Guatemala. Decreto 93-96. (16 de octubre de 1996). Congreso de la Republica. Guatemala. [https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb\\_dl=6AMM-ley-general-electricidad.pdf](https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb_dl=6AMM-ley-general-electricidad.pdf)
- Lucio, J. (2020). *Proyección de la demanda eléctrica de alimentadores primarios con clientes industriales durante horas pico y su abastecimiento mediante generación distribuida*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. Archivo digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20911>
- Medina, C. (2020). *Interrupciones del suministro de energía eléctrica y pérdidas contables en Electro Oriente S.A., Yurimaguas – 2020*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Archivo digital. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53873>
- Mora, J. (2006). *Localización de faltas en sistemas de distribución de energía eléctrica usando métodos basados en el modelo y métodos basados en el conocimiento*. [Tesis doctoral, Universidad de Girona]. Archivo digital. <https://core.ac.uk/download/pdf/132551963.pdf>
- Ortiz, D. (2020). *Modelo de gestión del mantenimiento para empresas distribuidoras de energía eléctrica, utilizando estrategias basadas en la confiabilidad y en los riesgos de los componentes asociados a las redes de distribución*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Archivo digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20947>
- Pelayo, M. (2019). *Determinación del grado de calidad de una empresa a partir de los indicadores de gestión*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional

de Lomas de Zamora]. Archivo digital. <https://digital.cic.gba.gob.ar/items/1eba61e6-6bfb-40e7-a6d7-a4584b95ffed>

Reyes, A. (2017). Detección de eventos de calidad eléctrica en una instalación hospitalaria. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. Archivo digital. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/25794>

Ruiz, P. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de gestión de la energía (SGEN) basado en la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, aplicado a la empresa Enkador S.A.* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Nacional]. Archivo digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17102>

Sánchez, C., y Olguin, D. (2017). *Estudio de estabilidad de los sistemas eléctricos de potencia mediante el análisis dinámico en periodos largos.* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Archivo digital. <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/24811>

Suárez, J. (2018). *Desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento para reducir la presencia sistemática de fallas y paras imprevistas en equipos y maquinarias en la empresa Productos Avon Ecuador.* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Nacional]. Archivo digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19318>



## 14. APÉNDICE

### Apéndice 1.

#### Matriz de coherencia

Título	Problema	Preguntas	Objetivos
Diseño de investigación para el análisis de la calidad del producto y del servicio técnico de la Distribuidora de Electricidad de Oriente s.a., en el departamento de Chiquimula para el año 2010 y 2020	Calidad del suministro de energía eléctrica entregado por DEORSA, en el departamento de Chiquimula, año 2010 y 2020		General
		¿Describir la confiabilidad del servicio técnico suministrado por DEORSA en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020?	Analizar y estimar en función a la continuidad del suministro de energía eléctrica, la calidad del servicio técnico entregado por DEORSA en cada circuito que abastece el departamento de Chiquimula, para los años 2010 y 2020.
			Auxiliares
		¿Describir el indicador global e individual de la calidad producto suministrado por DEORSA para los años 2010 y 2020, analizando mediante estadística descriptiva tomando en cuenta la normativa vigente?	Analizar el indicador global e individual aplicable a la calidad del producto entregado por DEORSA en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020
		¿Estimar la confiabilidad de servicio técnico utilizando las interrupciones que sobrepasen las 48 horas y analizar las causas que inciden en que las interrupciones tengan esta duración?	Analizar las interrupciones que sobrepasan las 48 horas en los circuitos de distribución, que suministran energía eléctrica en el departamento de Chiquimula y estimar la confiabilidad basada en estas interrupciones y analizar sus causas, para los años 2010 y 2020.

Continuación del apéndice 1.

Título	Problema	Preguntas	Objetivos
		¿Determinar la correlación entre confiabilidad del servicio técnico entregado por DEORSA a los usuarios según su tarifa de consumo en el departamento de Chiquimula para los años 2010 y 2020?	Analizar y correlacionar la confiabilidad de los circuitos de distribución que suministran energía eléctrica en el departamento de Chiquimula y la cantidad de clientes según su tipo de tarifa de consumo, para los años 2010 y 2020

*Nota.* Resumen de la investigación, en el cual se observa el problema y los objetivos a alcanzar.  
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.