

José Ramiro Pons García

PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE
ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.



Asesor(a) General Metodológico(a):

Ingeniero Agrónomo Carlos Moises Hernández González

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2023

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE
ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

José Ramiro Pons García

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado
en Ingeniería Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2023

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE
ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.



Rector de la Universidad

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano(a) de la facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2023

Esta tesis fue presentada por el Autor, previo a obtener el título Universitario de Licenciado en Ingeniería Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables.

PROLOGO

La siguiente investigación se realizó, de acuerdo a los estatutos y reglamentos internos de la Universidad Rural de Guatemala, para optar al título de Ingeniero Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables con el grado de Licenciado.

La energía eléctrica forma parte de nuestro diario vivir, en nuestros hogares y los lugares donde laboramos, de una manera u otra se ha vuelto indispensable. Puede ser generada de varias formas, centrales hidroeléctricas, centrales geotérmicas, centrales solares, parques eólicos, centrales termoeléctricas de ciclo convencional. Luego de ser generada la energía eléctrica hace un recorrido por medio de las distintas subestaciones eléctricas ubicadas en distintos puntos del país, uno de estos puntos es la subestación eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala, encargada de brindar la energía eléctrica a las distintas subestaciones distribuidoras de 13.8 kV. por tal razón es importante contar con un Sistema de Mejora Continua que tenga una constante evaluación en las protecciones adecuadas para los equipos de transformación en la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala.

El propósito del trabajo de investigación fue identificar el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, que provocaban aperturas no programadas en los equipos de transformación de 138/69 kV. una vez identificados tratar de disminuirlos con un constante control preventivo y predictivo que fácilmente se puede obtener con un Sistema de Mejora Continua.

La falta de un control adecuado a los equipos de transformación 138/69 kV. y los servicios auxiliares que estos proveen, ponen en riesgo el correcto funcionamiento de

los mismos, dejando el sistema eléctrico vulnerable a las aperturas no programadas las cuales pueden significar pérdidas económicas para la Subestación Eléctrica Guatemala Sur.

PRESENTACIÓN

El siguiente trabajo de investigación Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, tiene como objetivo la implementación del sistema antes mencionado debido a la inexistencia del mismo. Es necesario tener un control adecuado en cada equipo de la subestación y el Sistema de Mejora Continua ofrece estos controles, llevando un informe detallado sobre cada uno de los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos que los equipos conllevan, la subestación eléctrica Guatemala Sur es de suma importancia no solo para el sistema eléctrico de la ciudad de Guatemala, sino que también para todo el sector industrial que se encuentra a los alrededores.

La presente investigación se realizó por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

La finalidad del trabajo de investigación es proporcionar una solución a las distintas problemáticas que genera el tener un funcionamiento adecuado en los equipos de transformación de 138/69 kV., los cuales brindan el servicio de 13.8 kV. Energía utilizada en cada una de las secciones de la subestación (equipo de cómputo, equipo utilizado para pruebas de parametrización, aire acondicionado, iluminación, maquinas industriales de corte y perforación), debido a esto es importante contar con la protección correcta de estos circuitos de 13.8 kV., por lo cual el trabajo de investigación se denomina Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

El trabajo de investigación lo conforman cuatro capítulos:

Capítulo I: la manera en que se planteó el problema, hipótesis, objetivos, justificación y metodologías.

Capitulo II: está conformado por los temas agregados en el marco teórico los cuales están desarrollados para comprender de una mejor manera la investigación.

Capitulo III: este capítulo contiene cuadros y graficas obtenidas de la comprobación de la causa y efecto por medio de una encuesta.

Capitulo IV: Este capítulo está conformado por los datos finales en el que se detalla si se comprobó o no la hipótesis.

INDICE GENERAL

No.	Contenido	Pag.
I.	INTRODUCCION	1
I.1	Planteamiento del problema.....	2
I.2	Hipótesis	2
I.3	Objetivos	3
I.3.1	Objetivo General.....	3
I.3.2	Objetivo Especifico.....	3
I.4	Justificación	3
I.5	Metodología.....	4
I.5.1	Métodos	4
I.5.2	Técnicas	6
II.	MARCO TEÓRICO	8
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS	91
IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
IV.1	Conclusiones	102
IV.2	Recomendaciones	103
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Pag.
1.	Personas que opinan sobre existencia de riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	92
2.	Personas que opinan desde hace cuánto tiempo existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. .	93
3.	Personas que consideran que se puede reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	94
4.	Personas que opinan si es importante reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	95
5.	Personas que consideran necesario limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	96
6.	Personas que opinan sobre existencia de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	97
7.	Personas que apoyarían la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	98
8.	Personas que consideran necesaria la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	99
9.	Personas que estarían de acuerdo con la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	100
10.	Personas que consideran importante la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	101

INDICE DE GRÁFICAS

No.	Contenido	Pag.
1.	Personas que opinan sobre existencia de riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	92
2.	Personas que opinan desde hace cuánto tiempo existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. .	93
3.	Personas que consideran que se puede reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	94
4.	Personas que opinan si es importante reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	95
5.	Personas que consideran necesario limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	96
6.	Personas que opinan sobre existencia de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	97
7.	Personas que apoyarían la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	98
8.	Personas que consideran necesaria la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	99
9.	Personas que estarían de acuerdo con la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable independiente.	100
10.	Personas que consideran importante la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	101

I.INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación fue enfocado en Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, debido al incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

En el cumplimiento con el programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala, se llevó a cabo el trabajo de investigación “Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala”. La estructura de la investigación está conformada en cuatro capítulos, de la siguiente forma:

Capítulo I: Incluye dentro de su estructura la descripción del planteamiento del problema, hipótesis, objetivos, (general y específicos), la justificación de la investigación y la metodología que se conforma por los métodos y técnicas que se utilizaron.

Capitulo II: En esta etapa se incluye el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales son la base fundamental para la comprobación de la hipótesis.

Capitulo III: En esta etapa se incluye el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales son la base fundamental para la comprobación de la hipótesis.

Capitulo IV: En este capítulo se describen las conclusiones que servirán de base para identificar la problemática planteada.

I.1 Planteamiento del problema

Es importante contar con las protecciones eléctricas adecuadas para las unidades de transformación en una subestación eléctrica, en el caso de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, no cuenta con las protecciones eléctricas adecuadas para el suministro de energía eléctrica que corresponde a los servicios auxiliares de dicha subestación.

Esto pone en riesgo el sistema eléctrico de Guatemala, ya que una falla en el suministro de la energía eléctrica para servicios auxiliares provocaría una apertura no programada en unos de los dos bancos de transformación 138/69 kV., generando pérdidas económicas para el Instituto Nacional de Electrificación.

Tomando en consideración lo antes mencionado y con la ayuda de un árbol de problemas se logró identificar de manera clara y concisa el efecto riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación. Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, junto con el problema central, incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala y la causa principal inexistencia de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

I.2 Hipótesis

El riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua.

¿Será la inexistencia de Sistema de Mejora Continua, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, la causante del riesgo de pérdidas económicas en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años?

I.3 Objetivos

I.3.1 Objetivo General

Reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

I.3.2 Objetivo Especifico

Disminuir las fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

I.4 Justificación

Es importante analizar y entender el riesgo de las fallas eléctricas en los transformadores 138/69 kV., que pueden provocar el riesgo de pérdidas económicas en la subestación eléctrica Guate Sur, Villa Nueva, Guatemala, debido a la inexistencia de un Sistema de Mejora Continua.

Al implementar un Sistema de Mejora Continua se garantiza tener un mejor control y análisis de cada una de las unidades de transformación 138/69 kV., tanto en lo preventivo como en lo predictivo, disminuyendo la cantidad de mantenimientos correctivos que se realizan constantemente al momento de una apertura no programada.

Las fuentes de información utilizadas en el trabajo de investigación son de nivel primario por lo cual son datos reales, obtenidos en la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, a través de algunos colaboradores de dicha empresa.

I.5 Metodología

Para que el trabajo de investigación tenga validez y el soporte adecuado se utilizaron métodos y técnicas establecidas por el programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala y el autor del trabajo de investigación verificando así la problemática.

I.5.1 Métodos

Estos están divididos entre los utilizados para la formulación y la comprobación de la hipótesis. Para la formulación de la problemática, establecer los objetivos y los medios de solución, fue fundamental el método del marco lógico, junto con el método deductivo.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone de la siguiente manera:

I.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas en la formulación de la hipótesis.

- Método deductivo: este método nos ayuda a partir de lo general a lo particular dándonos a conocer algunos aspectos importantes dentro del área donde se realiza la investigación.

- Método del marco lógico: nos permite dar un mayor enfoque a lo que es la variable dependiente e independiente de nuestra hipótesis, nos ayuda a planificar el tiempo que requiere cada proceso de nuestra investigación.

- Método científico: método utilizado para la obtención del punto de nuestra investigación a través de observación, hipótesis, procedimientos, objetivos, evaluaciones numéricas para reforzar nuestros datos reales.

- Modelo de investigación dominó: es una técnica que se utiliza para resolver la problemática, propuesta y evaluación por medio de este modelo se resume el trabajo de investigación.

- Observación directa: la recolección de los datos se realizó con los colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, enfocándonos en la importancia de las mejoras que se obtendrán con nuestra propuesta.

- Investigación documental: esta técnica se utilizó a manera de evaluar los documentos existentes sobre la problemática, considerando no realizar un trabajo de investigación que ya exista y así mismo se procedió a obtener información de libros, bibliotecas para reforzar los conceptos que abarca nuestra investigación.

- Entrevista: la técnica de entrevista es utilizada con el personal que posee un conocimiento sobre la problemática.

En base a la información antes mencionada, los métodos deductivos y de marco lógico nos permitieron contar con una graficación de la hipótesis la cual se encuentra en el anexo número 8.

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: “El riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua”.

1.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

-Método de análisis: funciona para la interpretación de los datos tabulados obtenidos en los censos realizados a los colaboradores de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, en valores absolutos y relativos con el fin de corroborar la causa y efecto de nuestra investigación.

-Método estadístico: funciona para la interpretación de los datos tabulados obtenidos en los censos realizados a los colaboradores de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, en valores absolutos y relativos a fin de corroborar la causa y efecto de nuestra investigación.

- Entrevista: para la realización de la entrevista se procedió a diseñar boletas con el fin de comprobar la variable dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada.

- Determinación de la población a investigar: para el trabajo de investigación se realizó un censo debido a la cantidad de colaboradores que podían brindar información detallada sobre la problemática.

I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero estas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron. La observación directa, la investigación documental; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo. Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

II.MARCO TEÓRICO

Perdidas económicas

“La economía es la ciencia que estudia la actividad económica. Como ciencia debe aplicar el método científico que después veremos. El objeto de estudio, la actividad económica, es la acción encaminada a satisfacer las ilimitadas necesidades humanas, utilizando recursos escasos que son susceptibles de usos alternativos”. (O’kean, 2013, p. 3).

“Llamamos bien económico a aquello que satisface necesidades humanas. A diferencia de estos bienes, que son escasos, los bienes libres, abundantes en la naturaleza, no requieren acción alguna para apropiarse de ellos y consumirlos”. (O’kean, 2013, p. 3).

Según O’kean (2013), “las pérdidas económicas son todas aquellas acciones que afectan monetariamente a la empresa. Independientemente de cual sea la razón o el motivo de las pérdidas económicas, al momento de generar un gasto, un pago, una compra no programada, materiales innecesarios, reparación de equipos por utilización errónea, mantenimientos fuera del tiempo límite, etc. Son factores que afectan la economía interna de la empresa”. (p. 3).

“Para evitar este tipo de factores que influyen negativamente en el ámbito económico de la empresa deben conocerse los temas que abarca una economía”. (O’kean, 2013, p, 3).

“Si dejamos de lado aquellas sociedades que resuelven los problemas económicos de manera tradicional mediante costumbres que se han ido imponiendo con el paso del tiempo, existen dos modelos de asignación de recursos que pretenden resolver el problema económico; el mercado y la planificación”. (O’kean, 2013, p. 3).

Según O'kean (2013), “el mercado es una manera de abordar las cuestiones económicas. Permite actuar a las distintas personas de la sociedad en la toma de las decisiones que les incumben. Unos deciden que bienes desean (los consumidores) y otros como producirlos y que factores utilizar (los empresarios). Pero para pagar el precio de los bienes, es necesario tener ingresos suficientes. Los bienes son para quienes pueden pagarlos”. (p. 3).

“La planificación es un sistema muy diferente de asignación. Una autoridad superior decide que hay que producir, como hay que hacerlo y para quien son los bienes. La planificación puede ser inicialmente equitativa y eficiente. En la práctica es difícil llevar a cabo un reparto justo y se carece de la información suficiente para asignar los recursos eficientemente”. (O'kean, 2013, p. 4).

De acuerdo a O'kean (2013), “la economía suele dividirse en dos ramas generales: la Economía Positiva y la Economía Normativa. Primera intenta explicar la actividad económica. La segunda pretende indicar como debería ser la actividad economía”. (p. 6).

“La Teoría Económica, o análisis económico, comprende el conjunto de leyes de comportamiento que explican el funcionamiento de la actividad económica. Este análisis teórico se divide en dos grandes partes: la Microeconomía y la Macroeconomía”. (O'kean, 2013, p. 7).

“La primera estudia el comportamiento de los sujetos económicos individuales; la macroeconomía analiza el comportamiento de la economía en su conjunto, por lo general el funcionamiento de la economía de un país”. (O'kean, 2013, p. 7).

“Existen otras dos disciplinas de la economía positiva que utilizan el análisis teórico para explicar realidades económicas concretas. La primera de ellas es la Economía

Aplicada, que estudia la actualidad de la economía nacional, mundial, de las áreas comerciales, la economía regional, e incluso aspectos sectoriales (agricultura, industria, comercio y servicios) de una economía específica” (O’kean, 2013, p. 8).

“La segunda rama es la Historia Económica, que aplica el mismo ámbito de estudio de la Economía Aplicada, pero referida a tiempos pasados, por lo que sus fuentes, métodos e instrumental pueden diferir”. (O’kean, 2013, p. 8).

Para González (2009), “la economía es una materia cercana, en la práctica, a la mayoría de los ciudadanos. Todos realizamos continuas actividades económicas y posiblemente estaremos de acuerdo con la afirmación de que una adecuada situación económica es fundamental para la vida de las personas, las empresas y las instituciones”. (p. 1).

“El tema central de la económica gira en torno al problema básico de la escasez. Si todas nuestras necesidades estuvieran cubiertas y no precisáramos nada, la economía no existiría”. (González, 2009, p. 1).

González (2009), indica que, “la búsqueda de nuevas soluciones para paliar las carencias de bienes como los alimentos, en determinadas partes del mundo es una realidad dramática de necesidades insatisfechas, pero también en nuestro entorno podemos apreciar numerosas carencias que se hacen patentes todos los días. Esa tensión entre lo que deseamos para satisfacer nuestras necesidades y lo que realmente podemos realizar con los medios de los que disponemos está presente en numerosas actividades humanas, y es la razón última de la existencia de la Economía”. (p. 5).

Según González (2009), “el capital, entendido como factor de producción, puede dividirse en capital fijo y capital circulante. El capital fijo son los instrumentos empleados en la producción que tiene una vida útil superior a un ciclo de fabricación,

tales como la maquinaria de una fábrica textil o los ordenadores de una empresa”. (p. 10).

“El capital circulante son los bienes que están en proceso de preparación para el consumo, y está formado por materias primas y existencias en almacén, como las piezas de una fábrica de automóviles”. (González, 2009, p. 10).

González (2009), afirma que, “además de contribuir a la producción de bienes y servicios, las empresas son agentes económicos que tiene como fines: su propio mantenimiento, la obtención de beneficios, la expansión de su actividad y la colocación de sus productos para satisfacer la demanda de los consumidores.”. (p. 27).

“Los beneficios que obtienen que obtienen las empresas sirven para remunerar a los propietarios del capital y para acometer nuevas inversiones que les permitirán ser más competitivas en el mercado. Por ello, si una empresa obtiene legalmente beneficios es un síntoma de su buena salud económica”. (González, 2009, p. 27).

Según González (2009), “en el caso contrario, una empresa que incurra en pérdidas tendera a desaparecer del mercado o tendrá que buscar mecanismos para que alguien financie sus pérdidas (por ejemplo, el Estado, mediante subvenciones, que al final son impuestos que pagamos los contribuyentes); o reducirá su capital, lo que la situara en una posición más débil”. (p. 27).

Para González (2009), “si en la industria las empresas están obteniendo beneficio positivo, otras empresas (nuevas o procedentes de otros sectores) se incorporarán, con lo que la producción total de la industria aumentara y, consecuentemente, el precio de mercado tendera a bajar hasta que desaparezcan totalmente estos beneficios”. (p. 115).

“Análogo procesos, aunque inverso, tendrá lugar si inicialmente existen empresas con pérdidas: abandonaran la producción, disminuirá la oferta y aumentara el precio del bien en el mercado”. (González, 2009, p. 115).

“Es importante recordar aquí la característica de los mercados con competencia perfecta de inexistencia de barreras de entrada o de salida, lo que implica que cualquier empresa puede cambiar con relativa facilidad y rapidez de sector”. (González, 2009, p. 115)

“Solo cuando hayan desaparecido los beneficios o las pérdidas, el mercado estará en equilibrio a largo plazo, pues no existirá ningún incentivo para que nuevas empresas entre o salgan de la industria”. (González, 2009, p. 115).

Energía eléctrica

Para García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), el concepto de energía realmente es algo difícil de definir pero que sin embargo utilizamos continuamente. Frases como “es bueno ahorrar energía” o “esto me ha supuesto un desgaste grande de energía” son habituales. De forma que podemos definir la energía como la capacidad de un cuerpo (esto suena un poco abstracto) para realizar algún trabajo. (p. 13).

Existen unas fuentes de energía que llamamos primarias, que no han sido sometidas a ningún proceso de conversión. Carbón, petróleo, el agua, el viento, el uranio son este tipo de fuentes de energía. El hombre en muchos casos ha utilizado directamente estas fuentes de energía, pero en la actualidad se ha generalizado la tendencia de utilizar fuentes de energía más homogéneas, fáciles de transportar y de introducirse en el mercado. Son las denominadas energías secundarias, principalmente los carburantes

(gasóleo, gas ciudad, butano...) y la energía eléctrica. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 13).

Las principales ventajas de la energía eléctrica frente a las energías primarias es su facilidad de transporte (bajas pérdidas), el rendimiento elevado al convertirse en otro tipo de energía y la centralización de la producción. El principal inconveniente que presenta es que no se puede almacenar. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 13, 14).

“García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), afirma que, la energía eléctrica es un bien económico que tiene unas características muy particulares. Estas características determinan el funcionamiento del mercado y el papel que desempeñan los diferentes productores de energía dentro del mismo”. (p. 15).

“A continuación, se describen las peculiaridades que presenta la energía eléctrica”. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 15).

La energía producida en cada instante debe ser exactamente la energía demandada por los consumidores. Esta correspondencia debe ser instantánea de forma que cualquier usuario puede solicitar en cualquier momento una potencia concreta (dentro de unos baremos) y en ese mismo instante esa potencia debe estar a su disposición. Posteriormente veremos de una forma reducida como se llega a este punto de sintonía entre la oferta y la demanda. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 15).

El tiempo que el consumidor hace uso de la potencia, es decir, la cantidad de energía consumida, no está preestablecida. El productor tiene la obligación de mantener la potencia demandada el tiempo requerido. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 15).

La energía eléctrica no se acumula como tal. Existen pequeñas baterías que permiten cierto almacenamiento de energía y en actualidad se trabaja para intentar conseguir almacenadores de gran cantidad de energía. Esta situación complica mucho la gestión de la energía a los productores. Deben cumplir los requisitos de la demanda instantáneamente, pero al no poder almacenar energía deben producir en cada momento la energía consumida. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 15).

Calidad de la energía eléctrica

Pinto (2020), asegura que, el concepto de Calidad de la Energía, en inglés Power Quality, es cada vez más común y necesario, y adquiere mayor importancia con el transcurso del tiempo debido a la multiplicación de equipos electrónicos cada vez más sofisticados. Como todo producto la energía eléctrica debe cumplir con ciertos requisitos en cuanto a su estabilidad y calidad. (p. 37).

“Un mejor control de la calidad de energía eléctrica requiere cooperación entre la Distribuidora, los usuarios y los fabricantes de equipos”. (Pinto, 2020, p. 38).

García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), considera que, “finalmente se debe tener muy en cuenta el nivel de calidad exigido a la energía eléctrica producida, que es muy estricto. La calidad de la energía se mide a través de tres parámetros”. (p. 16).

Continuidad. “Lógicamente el suministro de energía eléctrica debe ser continuado. Las compañías en muchos casos deben indemnizar a los usuarios que se han visto privados de la energía siempre que las causas sean responsabilidad de la propia empresa. Se permiten ciertos “apagones” previstos y anunciados necesarios para la conservación y mantenimiento de los equipos”. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 16).

Voltaje constante. “El potencial de la energía también conocido como tensión o voltaje debe permanecer estable según el régimen de tensión que tenga el usuario”. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 16).

Frecuencia continua ($\pm 1\%$). La onda de la corriente alterna tiene un periodo o una frecuencia que deben permanecer invariables en el tiempo. Cualquier error en la forma de la onda repercute en la velocidad de giro de cualquier motor conectado a la red. Esto supone un perjuicio claro y evidente en el uso industrial y en algunos casos en el doméstico. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 16).

Para Pinto (2020), en otras palabras, la reducción de la calidad de la energía puede ocasionar desde molestias hasta retrocesos en la cadena productiva en una industria que, finalmente, se traduce en pérdidas económicas. (p. 37).

García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), indica que, el nivel de la calidad de la energía es algo que la mayoría de los productores de energía pueden asegurar. La continuidad salvo los casos de las energías denominadas fluyentes, en las que el combustible, ya sea el viento o el agua, no está asegurado, es algo que se mantiene en todo momento en la actualidad. Así mismo la tensión y la frecuencia dependen de la correcta operación de las turbinas, ya sean turbinas hidráulicas, de vapor, de gas o aerogeneradores. (p. 16).

Existen varias formas de producir energía eléctrica, como las siguientes:

Electricidad Estática:

Arboledas Brihuega (2014), afirma que, “quizá la forma más antigua que conoció el hombre de experimentar fenómenos eléctricos fue con la fricción o frotación. La historia dice que fue Tales de Mileto quien observó dicho fenómeno al frotar un trozo de ámbar con un trozo de piel. Tras la frotación observó que podían atraerse pequeños objetos y llamo a esa fuerza invisible *elektron* –ambar- “. (p 26).

Por vibración o presión

Algunos cristales; naturales, como el cuarzo o la turmalina o sintéticos, como ciertas cerámicas o polímeros, tienen propiedades piezoeléctricas; es decir, son capaces de convertir la energía mecánica procedente de una presión o vibración sobre ellos en energía eléctrica. A este fenómeno se le conoce como piezoelectricidad. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 28).

Por luz o calor

“La célula solar es un dispositivo semiconductor capaz de convertir la luz solar en electricidad de una forma directa e inmediata. Una forma más general de célula solar, que aprovecha tanto los fotones del sol como los de otras fuentes artificiales, como una bombilla, se denomina célula fotovoltaica”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 28).

La célula fotovoltaica más común consiste en una delgada lamina de un material semiconductor compuesto principalmente por silicio, que, al ser expuesto a la luz, absorbe fotones con suficiente energía como para que se produzca un tránsito de electrones a niveles energéticos superiores. Al desprenderse estos (n) originan la aparición de huecos, con cargas positivas (p). (Arboledas Brihuega, 2014, p. 28).

Cada espacio o lugar donde se genera la energía eléctrica tiene su respectivo nombre, comúnmente se les conoce como plantas o centrales eléctricas entre las cuales se encuentran las siguientes:

Hidroeléctricas

Para Bernal y Ortiz (2013), “desde principios del siglo XX la energía proveniente del agua ha sido de buena manera aprovechada para la generación de energía eléctrica. Desde 1920 con el desarrollo de los generadores eléctricos y las turbinas hidráulicas

se utilizó este mecanismo de generación de energía eléctrica para abastecer los requerimientos de la época”. (p. 24).

“Una central eléctrica usa la energía cinética del agua para mover una turbina hidráulica que a su vez lo hace con un generador eléctrico el cual entrega la energía”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 25).

“En un sistema de generación hidroeléctrico, la unidad de generación puede tener su eje en forma horizontal, vertical o inclinado con el fin de satisfacer las condiciones físicas del sitio escogido para la construcción”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 27).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “una central hidroeléctrica es aquella en la que la energía potencial del agua almacenada en un embalse se transforma en la energía cinética necesaria para mover el rotor de un generador y obtener una corriente alterna. Por ello también se llaman centrales hidráulicas”. (p. 32).

“Las centrales hidroeléctricas tienen un papel importante en este aspecto, ya que bombear agua a cierta altura es la única forma de que se dispone el hombre de almacenar energía”. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 15).

Según Bernal y Ortiz (2013), “los componentes que conforman un SGEH están divididos en dos grandes grupos, el primero lo integran los sistemas de captación y conducción de agua referentes a las obras de tipo civil que incluyen el embalse, canales de derivación de agua y tuberías principales”. (p. 28).

“En el segundo grupo está la casa de máquinas donde se encuentran instalados los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de la central dentro de los cuales está el grupo turbina-generador, sistemas de excitación, sistemas auxiliares, la estación de

servicio, el sistema de relés y contactores, así como los sistemas de control, instrumentación y protección de la central”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 27).

Según Bernal y Ortiz (2013), afirma que, “turbina: es un elemento dedicado a transformar la energía cinética y potencial del agua en energía mecánica de rotación para mover el generador, el cual convierte la energía mecánica en energía eléctrica”. (p. 28).

“Dependiendo del sentido de giro del rodete de la turbina en relación con el sentido de propulsión y salida del agua, así como la presión de agua efectiva ejercida y la cantidad de flujo que llegan a esta permiten seleccionar el tipo y capacidad de la turbina que se debe emplear en una central hidroeléctrica”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 28).

Con la información anterior comprendemos que el tipo de turbina que se coloque varía conforme a la capacidad instalada de la hidroeléctrica, por lo cual existen estos tipos de turbinas:

Bernal y Ortiz (2013), indica que, “turbina Francis: Pertenece al grupo de las turbinas de reacción, es decir que el flujo se produce dentro de una cámara cerrada bajo presión. La Francis se caracteriza porque recibe el flujo de agua en dirección radial orientándolo hacia la salida en dirección axial, por lo que se considera como una turbina de flujo radial”. (p. 29).

“Turbina Kaplan: Una instalación con turbina hélice se compone básicamente de una cámara de entrada que puede ser abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete con 4 o 5 palas fijas en forma de hélice de barco y un tubo de aspiración. También hay otra variante de la hélice consistente en una turbina con distribuidor regulable y rodete de palas fijas”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 29).

Turbina Pelton: “Es la turbina de acción más utilizada. Consta de un disco circular o rodete que tiene montados en su periferia una especie de cucharas de doble cuenco o álabes. El chorro de agua dirigido y regulado por uno o varios inyectores incide sobre estas cucharas provocando el movimiento de giro de la turbina”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 29).

“Turbina Michell: También es una rueda hidráulica de gran velocidad. Su diseño es muy parecido al de la turbina Pelton, aunque su rendimiento es inferior (80%), pero también es más barata. Generalmente no se utiliza para generar energía eléctrica, operando a alturas inferiores a los 30 m”. (Bernal y Ortiz, 2013, p. 29).

Termoeléctricas

Para Arboledas Brihuega (2014), “una central térmica para producción de energía eléctrica es una instalación en la que la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador se obtiene a partir del vapor formado en la ebullición del agua en una caldera. El vapor generado a una gran presión se guía a las turbinas para que en su expansión sea capaz de mover los álabes de las mismas”. (p. 32).

Según García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), “se consideran como tales todas aquellas instalaciones que producen energía eléctrica a partir de combustibles fósiles. El tipo de combustible que se emplea en este tipo de centrales puede ser: carbón, fueloil, gas natural o mezclas. Su funcionamiento se basa en la generación de energía calorífica por combustión y en su transformación en energía eléctrica”. (p. 31).

“El rendimiento de las centrales termoeléctricas clásicas (de carbón o fueloil) no supera el 35% del teórico. Se pierde un 65% de la energía en forma de calor. Las centrales que utilizan gas natural como combustible emplean la tecnología de las

turbinas de gas, pero no mejoran su rendimiento energético”. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 31).

García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), indica que, este tipo de centrales apenas presentan posibilidad de regular. La inercia de las turbinas y la dificultad que presenta poner en marcha y parar los grupos en un corto espacio de tiempo hacen que se deban mantener las centrales operando la mayor parte del día e incluso no parar. Calentar el horno para la puesta en marcha y disipar el calor remanente tras la parada son tareas que no se pueden realizar varias veces a lo largo del día por razones técnicas y económicas. Una vez funcionando presentan pocas posibilidades de variar la carga generada. (p. 31).

Centrales Nucleares

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “una central nuclear es una central térmica. La diferencia fundamental entre las centrales terminas nucleares y las térmicas clásicas reside en la fuente energética utilizada”. (p. 32).

“En las primeras, el uranio y en las segundas, los combustibles fósiles. Es, por tanto, una instalación en la que la energía térmica se obtiene de las reacciones de fisión en el combustible nuclear”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 32).

Representan la tipología de central con menor capacidad de regulación de todas. No existe la posibilidad de parar o arrancar los grupos en función de las necesidades ya que el tiempo que se invierte en este proceso supera el día. Tampoco pueden variar la potencia producida, por lo que las centrales nucleares mantienen a lo largo de todo el tiempo la potencia nominal de funcionamiento. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 32).

Según García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), “instalaciones basadas en la producción de energía eléctrica a partir de los núcleos atómicos que componen la materia. Desde el punto de vista teórico existen dos procedimientos a nivel de reacción química”. (p. 31).

Fisión nuclear: Rotura de los núcleos de los átomos mediante bombardeo con partículas subatómicas (protones o neutrones). Una parte de la materia se transforma en energía mientras que se libera gran cantidad de energía (calor y radiación). Para ello se necesitan átomos pesados (Uranio) además de que supone una reacción compleja dado que se produce la desintegración del combustible. Esta tecnología en la actualidad está muy desarrollada. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 31).

“El uranio se encuentra en el interior de una vasija herméticamente cerrada. El calor generado en el combustible del reactor se transmite después a un refrigerante que se emplea para producir el vapor de agua que moverá los álabes de la turbina”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 33).

Fusión nuclear: Unión de varios átomos ligeros para formar otros más pesados. Se libera gran cantidad de energía (calor y radiación) y precisa de átomos ligeros (Hidrogeno). Es una reacción simple (formación de moléculas sencillas) mientras que la tecnología permanece en fase experimental. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 32).

Solares

Para Arboledas Brihuega (2014), “una central solar es aquella instalación en la que se aprovecha la radiación solar para producir energía eléctrica. Este proceso puede realizarse mediante dos vías”. (p. 33).

“Fotovoltaica: hacen incidir las radiaciones solares sobre una superficie de un cristal semiconductor, llamada, como hemos visto, célula solar, y producir una corriente eléctrica continua”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 33).

Este tipo de energía está basada en el aprovechamiento de la energía de la radiación solar para generar electricidad directamente mediante la utilización de células solares fotovoltaicas. El efecto fotoeléctrico es el causante de la generación de energía eléctrica por aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 37).

Fototérmica: “en las centrales solares que emplean el proceso fototérmico, el calor de la radiación solar calienta un fluido que, en un intercambiador de calor, producirá vapor de agua que se dirige hacia la turbina para generar energía eléctrica”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 33).

“El proceso de captación y concentración de la radiación solar se efectúa en unos espejos, llamados heliostatos, que actúan automáticamente para seguir la variación de la orientación del Sol respecto a la Tierra”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 33).

De acuerdo a García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), las centrales de esta tecnología están basadas en el aprovechamiento la energía térmica que contiene la radiación electromagnética procedente de los rayos solares. (p. 36).

Según García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), “Se caracterizan por aprovechar la energía térmica contenida en las radiaciones solares del infrarrojo. La

generación de energía eléctrica de estas centrales no suele ser rentable por lo que necesitan de incentivos económicos para poder ser competitivas. La rentabilidad de este tipo de centrales aumenta para el caso de aprovechamientos térmicos directos y con un nivel de necesidades discreto”. (p. 36).

Para García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), “la generación de energía solar térmica se puede clasificar en tres tipos”. (p. 36).

“De baja temperatura: no superior a 80°C. El objetivo de este tipo de instalaciones es facilitar agua caliente. No se produce energía eléctrica”. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 36).

De media temperatura: comprendida entre 80 y 250°C. En este caso el fluido que se calienta por acción del sol es aceite. Se utiliza en usos industriales para la generación de vapor a baja presión e incluso obtención discreta de energía eléctrica. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 36).

De alta temperatura: superior a 250°C, generación de vapor para producción de energía eléctrica. En una central térmica para generación de energía eléctrica es necesario cubrir una superficie relativamente grande con paneles solares que capten la energía de la radiación solar (cientos de paneles solares). (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 36,37).

García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno (2011), considera que, la cantidad de energía que se produce en una célula fotovoltaica depende de las condiciones exteriores, es decir, la radiación solar (cantidad, ángulo de radiación...), la ubicación del panel y la superficie del mismo. El orden de magnitud en cualquier caso es pequeño. Existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas. (p. 37).

Aisladas de la red eléctrica (iluminación, bombeo de agua, sistemas de riego, redes de comunicaciones, señalización, etc.). necesitan acumuladores para almacenar la energía que se produce en las horas de sol y disponer de cierta cantidad de energía para las horas nocturnas o por si al día amanece nublado y no se recibe la cantidad necesaria de radiación para producir energía. Este tipo de instalaciones proporcionan la oportunidad de disponer de una pequeña cantidad de energía eléctrica en puntos a los que no llega el tendido eléctrico. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 37,38).

Conectadas a la red eléctrica (centrales solares fotovoltaicas para generación eléctrica, sistemas de edificación bioclimática, refuerzos de final de red). No necesitan acumuladores eléctricos Estas plantas suelen presentar un coste bastante elevado y aún se encuentran en fase de experimentación y mejora. Salvo en ubicaciones muy concretas y con una fuerte inversión económica no es posible la obtención de energía. (García Alarcón, García Martín y Sarasúa Moreno, 2011, p. 38).

Para Arboledas Brihuega (2014), “otro punto importante dentro de la energía eléctrica es el transporte y la distribución luego de haberla generado”. (p. 84).

Arboledas Brihuega (2014), considera que, “excepto en algunos casos muy concretos la energía eléctrica no se produce en el lugar en el que se consume; por lo que es necesario transportarla desde la central eléctrica hasta el lugar donde se necesite, a veces distante centenares de kilómetros”. (p. 84).

“Por regla general, las centrales generadoras se instalan a pie de los yacimientos de carbón, de los saltos de agua o cualquier otra fuente de energía y, una vez transformada, se traslada al punto de consumo mediante las grandes líneas de distribución. Estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas”. (Arboledas Brihuega, 2014, (p. 84).

Para Alcázar Ortega, Cañas Peñuelas y Escrivá Escrivá (2019), “la red de transporte es aquella que tiene por objeto la transmisión de energía eléctrica a los distribuidores y muy grandes consumidores, así como atender los intercambios internacionales”. (p. 74).

“La red de distribución es aquella que tiene por objeto principal la transmisión de energía eléctrica desde las redes de transporte hasta los puntos de consumo”. (Alcázar Ortega, Cañas Peñuelas y Escrivá Escrivá, 2019, p. 74).

Electricidad

González Navarrete (2012), define que “es una forma de comportamiento de las cosas, o mejor de la materia. Cuando se dice que una varilla de vidrio frotada con seda, se comporta de cierta manera, mientras que una de plástica frotada con gamuza se comporta de otra manera, se está aceptando que hay dos clases de comportamiento de la materia en relación con los fenómenos de naturaleza eléctrica.” La electricidad es un tipo de energía utilizado en muchos ámbitos hoy en día, podemos afirmar que esta es utilizada en la mayoría de los trabajos cotidianos. (p 5).

Otro concepto que nos ayuda a entender de mejor manera la electricidad es el siguiente:

Para Arboledas Brihuega (2014), “la electricidad, del griego *elektron* -ámbar-, es un fenómeno físico que presenta su origen en las cargas eléctricas y que se manifiesta en fenómenos térmicos (estufas, hornos), mecánicos (motores eléctricos), luminosos (luz) y químicos (cargadores de pilas, electrolisis), entre otros”. (p. 15).

“La electricidad se puede observar en la Naturaleza de los relámpagos y es necesaria para el funcionamiento de nuestro sistema nervioso. Está presente en cualquier aspecto de nuestra vida; desde los más pequeños dispositivos electrónicos, como un

MP4 o un móvil, hasta los potentes trenes de alta velocidad”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 15).

La electricidad es utilizada en los circuitos eléctricos, los cuales dependiendo del uso realizan un trabajo, para algunos autores un circuito eléctrico se considera de la forma siguiente:

Circuitos eléctricos

“Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos conectados de manera que proporcionan al menos un camino cerrado que permite la circulación de los electrones para realizar un trabajo. Si la trayectoria no es cerrada, los electrones no podrán circular”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 35).

“Según Barrales Guadarrama (2016), un circuito eléctrico es un conjunto de elementos que, unidos de forma adecuada, permiten el paso de corriente eléctrica”. (p 7).

“Se define como circuito eléctrico un conjunto de dispositivos o de medios por el que pueden circular corrientes eléctricas”. (Pastor Gutiérrez, 2003, p 21).

“La teoría de los circuitos eléctricos consiste en el estudio de sus propiedades. Para ello se desarrollan unos modelos matemáticos de los elementos constituyentes, cuyo comportamiento queda definido mediante ecuaciones que relacionan entre si diferentes magnitudes eléctricas. Junto a las ecuaciones de los elementos se dispone de ecuaciones adicionales, procedentes de leyes físicas que constituyen los axiomas fundamentales de la teoría de circuitos”. (Pastor Gutiérrez, 2003, p 21).

Según Alexander y Sadiku (2013), “hay dos tipos de elementos en los circuitos eléctricos: elementos pasivos y elementos activos. Un elemento activo es capaz de generar energía, mientras que un elemento pasivo no”. (p. 13).

“Ejemplos de elementos pasivos son los resistores, los capacitores y los inductores. Los elementos activos más comunes incluyen a los generadores, las baterías y los amplificadores operacionales”. (Alexander y Sadiku, 2013, p. 13).

“Existen tres elementos básicos que deben existir en todo circuito
Un generador, que suministre la tensión necesaria para que se dé una corriente eléctrica. Puede ser una pila, una batería o cualquier otro elemento que proporcione una fuente de tensión”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 35).

“Un elemento conductor de la corriente eléctrica, que lleve los electrones desde un extremo de la fuente de voltaje hasta el otro. Pueden ser simples cables que unan los distintos elementos o las pistas de cobre de un circuito impreso”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 35).

“Uno o varios elementos receptores, que se encargaran de convertir la energía eléctrica en otra forma de energía o de transformar una señal eléctrica de un tipo en otro. Puede ser un motor, una bombilla, un altavoz, o cualquier otro elemento”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 35).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “adicionalmente pueden existir en los circuitos elementos de seguridad y protección, como los fusibles; o de control de la corriente eléctrica, como los interruptores”. (p. 36).

Existen distintas magnitudes que influyen en un circuito eléctrico, tales como:

Carga Eléctrica

La carga eléctrica caracteriza el estado en que se encuentra un cuerpo desde el punto de vista eléctrico, representado por el símbolo q . en otras palabras es una propiedad de la materia que provoca que los cuerpos se atraigan o se rechacen entre sí, con cierta intensidad, como función de los campos eléctricos (o electromagnéticos si las cargas están en movimiento) generados por cargas. Se dice, entonces, que es una propiedad intrínseca de la materia que se presenta según la convención de Benjamín Franklin en positiva y negativa, de manera que dos cargas del mismo signo se rechazarán, mientras que dos cargas de signo contrario se atraerán. (Barrales Guadarrama, 2016, p 2).

Arenas Sicard (2008), indica que, “no solo por frotamiento se “cargan” los objetos: se puede comprobar que mediante ciertos dispositivos químicos (que fueron bautizados elementos galvánicos o pilas voltaicas), se puede trabajar en forma mucho más confiable. En los grabados que muestran los laboratorios de experimentación”. (p. 8).

“Como los de Faraday o los de la Royal Society, ocupa un lugar importante un dispositivo formado por muchos “pares de placas”, que eran las máquinas empleadas para producir los fenómenos que se estudiaban”. (Arenas Sicard, 2008, p 8).

Corriente eléctrica

Para Arboledas Brihuega (2014), “Todos los cuerpos en el universo presentaran una carga que será un múltiplo de la carga del electrón. Como su carga eléctrica es tan pequeña, se requiere una enorme cantidad de aquellos para provocar una minúscula corriente”. (p 40).

“Una corriente eléctrica consiste en un chorro de partículas cargadas, precisamente como las descritas líneas arriba, que circulan, por ejemplo, a través de la sección transversal de un alambre metálico”. (Barrales Guadarrama, 2016, p 2).

Según Arenas Sicard (2008), “llamaremos corrientes eléctricas a los movimientos netos de partículas portadoras de carga. Muchos efectos de “la electricidad” son manifestaciones de este movimiento. En realidad, cuando dos cuerpos “se cargan” por frotamiento o por contacto, hay movimiento de portadoras. Muchos textos emplean la expresión “transporte de carga””. (p 4).

“Se llama intensidad de corriente, I , a la cantidad de carga eléctrica que atraviesa un conductor en un segundo”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 40).

“La unidad de intensidad de corriente en el S.I. es el amperio (A)”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 40).

Según Arboledas Brihuega (2014), “debemos señalar que la corriente siempre partirá del polo negativo de la fuente de tensión, recorrerá todo el circuito eléctrico y volverá a entrar en la fuente por el polo positivo. Antes de la existencia de la teoría atómica se pensaba que la corriente circulaba en sentido contrario; lo que es falso, obviamente. No obstante, lo anterior, se sigue empleando en electrónica el sentido convencional”. (p 40).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “la intensidad de corriente que circula por un circuito o por un receptor determinado se mide con un instrumento llamado amperímetro. Es necesario recordar siempre que este se conecta en serie, de tal forma que obligamos a la corriente a circular a través del amperímetro”. (p 41).

“Se define como corriente eléctrica por una sección, al movimiento neto de cargas eléctricas a través de dicha sección. La intensidad de la corriente eléctrica, i , es el cociente entre la carga diferencial, dq , que atraviesa la sección en un tiempo diferencial, dr , y dicho tiempo”. (Pastor Gutiérrez, 2003, p 21).

Voltaje

Según Arboledas Brihuega (2014), “para mover los electrones libres de los elementos conductores que forman los circuitos, se requiere una fuerza que realice dicha función. Esta fuerza, voltaje, es suministrada por la fuente de tensión, el generador, que posee una diferencia de potencial entre sus bornes como consecuencia de una acumulación de cargas entre ellos”. (p. 36).

“El voltaje, también es conocido como diferencia de potencial o tensión eléctrica”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 36).

Para Pastor Gutiérrez (2003), “la polaridad de una tensión es la indicación de cuál de los dos puntos, a o b, está a mayor potencial (tiene un potencial positivo respecto del otro)”. (p. 24).

“Al igual que se utiliza un sentido de referencia para la corriente, se establece una polaridad de referencia para la tensión, de forma que, si una tensión tiene una polaridad coincidente con la de referencia, se considera positiva y, si tiene una polaridad opuesta a la de referencia, se considera negativa”. (Pastor Gutiérrez, 2003, p 24).

“La tensión eléctrica en un circuito recibe diferentes nombres dependiendo de su naturaleza”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 37).

“El voltaje entre los bornes de la fuente de alimentación se denomina fuerza electromotriz, fem”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 37).

“La tensión entre los bornes del receptor o entre dos puntos cualesquiera de un circuito lo llamamos diferencia de potencial, ΔV o ddp”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 37).

Según Arboledas Brihuega (2014), “la tensión que alimenta los circuitos eléctricos puede ser de dos tipos”. (p 37).

Corriente continua

“Si la corriente eléctrica circula siempre en el mismo sentido, decimos que es continua (CC), como la suministrada por pilas y baterías”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 37).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “los portadores de carga de una corriente continua pueden ser negativos o positivos, dependiendo de si se toma el sentido real o convencional de la circulación de corriente eléctrica”. (p. 96).

“No obstante lo anterior, esto no cambia el hecho de que la corriente continua tiene un único sentido de circulación de los portadores de carga. Lo mismo sucede, por tanto, si los generadores entregan una tensión constante o variable en el tiempo”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 96).

Para Menéndez Martínez (2015), “se denomina corriente continua (c.c.) a toda corriente eléctrica que circule siempre en un mismo sentido y con una intensidad que se mantiene a lo largo del tiempo”. (p 21).

De acuerdo a Arboledas Brihuega (2014), El descubrimiento de la CC se remonta a la invención de la primera pila por el científico Alejandro Volta. La corriente continua empezó a usarse como forma de transmisión de energía eléctrica a finales del siglo XIX gracias a los trabajos de Alva Edison. En el siglo XX el uso de esta decayó a favor de la alterna, propuesta por el ingeniero Nikola Tesla, gracias a sus menores pérdidas energéticas en el transporte a largas distancias. También influyó en este hecho la capacidad de elevar o disminuir la tensión alterna de una manera muy sencilla mediante el empleo de transformadores. (p. 96).

La fuerza electromotriz necesaria para que circule a lo largo de un circuito una CC puede ser suministrada por varios tipos de fuentes. Pilas y baterías, que trataremos a continuación con detalle, son las más conocidas y utilizadas. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 97).

También es factible producir CC a partir de corriente alterna y otras formas de energía, como el calor, la luz o el electromagnetismo. En estos principios se fundamentan las fuentes de alimentación, las células fotovoltaicas, los generadores electromagnéticos o las celdas de combustible. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 97).

Corriente alterna

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “si los electrones alternan continuamente el sentido de circulación, se dice que la corriente alterna (CA), como la que llega a los enchufes de nuestras casas”. (p 37).

“La unidad de medida del voltaje, como ya conocemos del capítulo anterior, es el voltio (V). en electricidad y electrónica, además del voltio, empleamos unidades mayores, múltiplos; y menores, submúltiplos”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 37).

“El tiempo que dura un ciclo en una tensión o corriente alternas se denomina periodo (T). su unidad es, por tanto, el segundo (s); aunque es común utilizar submúltiplos del mismo como ms, μ s y ns”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 80).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, el número de ciclos de una señal eléctrica alterna que se produce en un segundo se llama frecuencia (f) de onda. Su unidad en el Sistema Internacional es el hertzio (Hz), en honor al físico alemán descubridor de las ondas de radio. Es muy común en electrónica y sobre todo en informática, el empleo de los siguientes múltiplos: kilohertzio, kHz; megahertzio, MHz y gigahertzio, GHz. (p. 80).

“Una señal alterna sinusoidal es, desde el punto de vista físico, una onda periódica; es decir, que existe un patrón mínimo que se repite infinitamente a lo largo del tiempo. Este patrón repetitivo es lo que llamamos ciclo”. (Arboledas Brihuega, 2014, p 79).

El voltaje se mide utilizando un instrumento denominado voltímetro. Debemos tener la precaución de conectarlo en paralelo con el elemento en el que vamos a realizar la medición. Antes de realizar la medida es necesario seleccionar un rango superior al voltaje que deseamos medir para evitar dañar de manera irreversible el elemento de medida. Según el valor leído puede bajarse la escala hasta obtener la mejor lectura. (Arboledas Brihuega, 2014, p 37).

Para determinar ciertos valores dentro de un circuito eléctrico, se utilizan leyes, con las cuales podemos determinar el voltaje, corriente, resistencia y otros parámetros que actúan sobre un dispositivo eléctrico o electrónico, algunos autores opinan lo siguiente:

Ley de Ohm

Guerrero Sedeño (2011), opina que, “la ley de ohm establece que hay una relación de proporcionalidad directa entre el voltaje y la corriente que pasan por una resistencia eléctrica y que esta constante de proporcionalidad es el valor de la resistencia. (p.34).

“En otras palabras, la relación que existe entre el voltaje y la corriente en una resistencia se puede expresar como $R=V/I$ ”. (Guerrero Sedeño, 2011, p. 34).

Para Alexander y Sadiku (2013), los materiales en general poseen el comportamiento característico de oponer resistencia al flujo de la carga eléctrica. Esta propiedad física, o capacidad para resistir a la corriente, se conoce como resistencia y se representa con el símbolo R . la resistencia de cualquier material con área de sección transversal uniforme A depende de esta y su longitud. (p. 26).

La corriente, la tensión y la resistencia eléctricas están relacionadas a través de la ley de Ohm. Esta ley, que veremos a continuación, es la más sencilla y utilizada en electricidad y electrónica; por ello, debe dominarse a la perfección para enfrentarse al análisis de cualquier circuito. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 43).

Otra fórmula muy importante es la de la potencia eléctrica:

En el inciso anterior definimos el voltaje como la capacidad de mover una carga eléctrica de un punto a otro. En razón de que tal capacidad de hacer trabajo requiere de una energía provista por una fuente de voltaje, definimos energía eléctrica como la capacidad para hacer trabajo utilizada para mover cargas eléctricas. Esta se mide en joules (J) y se representa con la letra W (otra unidad convencional de energía eléctrica que utilizan los comercializadores de energía es el vatio/hora (w/h)). (Guerrero Sedeño, 2011, p. 11).

Para Alexander y Sadiku (2013), “potencia es la variación respecto del tiempo de gasto o absorción de energía, medida en watts (W)”. (p. 11).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, como ya conoce, los electrones se mueven en un circuito eléctrico como consecuencia de la fuerza que les transmite el generador de tensión: Aparece, por tanto, un trabajo eléctrico (W) que es función de la cantidad de carga que se mueve en el circuito y de los potenciales entre los que se desplaza aquella. Así, al transportar una carga Q entre los potenciales $V1$ y $V2$, el trabajo que se efectúa es: $W=Q*(V2-V1)$. (p. 46).

Guerrero Sedeño (2011), indica que, “sin embargo, para hablar de cantidades de energía se utiliza con más frecuencia otra variable eléctrica: la potencia, que se define como la capacidad de absorber o entregar energía en determinado tiempo. Es decir, $P=dw/dt$ ”. (p. 12).

“Donde P es la potencia en vatios (W), w es la energía en joules y t es el tiempo en segundos (s). en términos de los parámetros eléctricos se puede demostrar que. $P=VI$ ”. (Guerrero Sedeño, 2011, p. 12).

“Donde V es el voltaje a través de un elemento e I es la corriente que pasa por el mismo elemento. Por convención se ha definido que el elemento está absorbiendo potencial si la magnitud de esta es positiva, mientras que en un elemento que está suministrando, la potencia es negativa”. (Guerrero Sedeño, 2011, p. 12).

Ley de watt

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “en el caso de un circuito eléctrico, como el trabajo útil que puede efectuarse es $Q \cdot V$, la potencia será $Q \cdot V/t$. del capítulo anterior conocemos que Q/t es la intensidad de corriente que recorre el circuito o el elemento en cuestión. Puede escribirse, por tanto, que la potencia eléctrica es: $P=I \cdot V$ ”. (p. 46).

La potencia se mide en electricidad empleando un instrumento que se llama vatímetro. En electrónica se suele emplear un polímetro para conocer el valor de la potencia que un determinado receptor disipa durante su funcionamiento. Se miden la caída de tensión que se produce en el receptor y la intensidad que recorre el mismo. La potencia se obtiene directamente por aplicación de la ley de Watt. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 47).

Leyes de Kirchhoff

Para Alexander y Sadiku (2013), “la ley de Ohm no es suficiente en sí misma para analizar circuitos. Pero cuando se le une con las dos leyes de Kirchhoff, hay un conjunto suficiente y eficaz de herramientas para analizar gran variedad de circuitos eléctricos”. (p. 32).

“Las leyes de Kirchhoff las introdujo en 1847 el físico alemán Gustav Robert Kirchhoff (1821-1887). Se les conoce formalmente como la ley de corriente de Kirchhoff (LCK) y la ley de tensión de Kirchhoff (LTK)”. (Alexander y Sadiku, 2013, p. 32).

Los circuitos eléctricos nos ayudan a realizar distintas tareas, convirtiendo la energía eléctrica en trabajos operacionales, o cumpliendo funciones en la creación de distintos productos. Para esto existen dos tipos de conexión de los circuitos eléctricos, en serie, paralelo y mixto, cada uno tiene distintas propiedades, y la manera en que se comportan los dispositivos electrónicos y las magnitudes eléctricas que actúan sobre ellos.

Circuitos en serie

“Se forma cuando los receptores se unen de tal modo que forman una única trayectoria para la corriente. Para que esto ocurra es necesario que las cargas se conecten a fuente de alimentación una a continuación de la otra”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 61).

Para Guerrero Sedeño (2011), “un circuito en serie es un arreglo de elementos que cumple con las siguientes condiciones:

Dos elementos solo tienen un punto en común.

El punto común que une a dos elementos no está conectado a otro elemento que transporte corriente. (p. 38).

“La intensidad de corriente eléctrica (I) que circula a través de cualquier resistencia en un circuito en serie es la misma”. (arboledas Brihuega, 2014, p. 64).

“La caída de tensión (V) que se produce en cada una de las resistencias de un circuito en serie es diferente; pero la suma de todas las tensiones coincide con la fem aportada por la pila o batería”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 65).

Circuitos en paralelo

“Decimos que dos o más elementos de un circuito están en paralelo si ambos tienen dos puntos en común”. (Guerrero Sedeño, 2011, p. 43).

Arboledas Brihuega (2014), indica que, “un circuito en paralelo se forma cuando los receptores se unen de tal modo que forman más de una trayectoria para la corriente”. (p. 62).

“En un circuito en paralelo existirán nudos entre los que se repartirá la corriente. Un nudo es, por tanto, un punto de un circuito en el que se unen tres o más conductores”. (Arboledas Brihuega, 2014, p. 62).

“Los elementos en paralelo tienen propiedad de tener el mismo voltaje en sus terminales”. (Guerrero Sedeño, 2011, p. 43).

Subestaciones Eléctricas

Para Mejía Villegas (2003), “una subestación eléctrica es la exteriorización física de un nodo de un sistema eléctrico de potencia, en el cual la energía se transforma a niveles adecuados de tensión para su transporte, distribución o consumo, con determinados requisitos de calidad”. (p. 1).

“Está conformada por un conjunto de equipos utilizados para controlar el flujo de energía y garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección”. (Mejía Villegas, 2003, p. 1).

“Una subestación es una instalación eléctrica con tres funciones principales: i) transformar el nivel de tensión para reducir al máximo las pérdidas en el transporte y la distribución de la energía eléctrica; ii) interconectar líneas para aumentar la fiabilidad del transporte y la distribución de la energía eléctrica, y iii) alojar la aparataje de medida, protección, corte y maniobra”. (Conejo, 2007, p. 107)

“Una subestación puede estar asociada con una central generadora, controlando directamente el flujo de potencia al sistema, con transformadores de potencia convirtiendo la tensión de suministro a niveles más altos o más bajos, o puede conectar diferentes rutas de flujo al mismo nivel de tensión. Algunas veces una subestación desempeña dos o más de estas funciones”. (Mejía Villegas, 2003, p. 1).

Mejía Villegas (2003), define que, “básicamente una subestación consiste en un número de circuitos de entrada y salida, conectados a un punto común, barraje de la subestación, siendo el interruptor el principal componente de un circuito y complementándose con los transformadores de instrumentación, seccionadores y pararrayos, en lo correspondiente a equipo de alta tensión, y con sistemas secundarios como son los de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares”. (p. 1).

Para Mejía Villegas (2003), “la base del desarrollo técnico en el diseño de subestaciones la forman las nuevas tecnologías y los requisitos que imponen las compañías de suministro eléctrico y el usuario final”. (p. 5).

“Para comprender de una mejor manera que son las subestaciones eléctricas se debe empezar desde sus diseños hasta las puestas en servicio o energización de cada uno de sus equipos”. (Mejía Villegas, 2003, p. 5).

Según Mejía Villegas, (2003), “Claramente la construcción de una nueva subestación eléctrica depende de muchos factores ya que se deben tomar en cuenta cada uno de los costos junto con los estudios correspondientes de factibilidad”. (p. 5).

“Así mismo acompañado de estudios de impacto ambiental y otros análisis que permiten conocer el área para la construcción con mayor detalle para tener en cuenta que tipo de subestación debe construirse y con qué equipos de potencia”. (Mejía Villegas, 2003, p. 5).

Mejía Villegas (2003), define que, “la capacidad de soportar esfuerzos impuestos por las condiciones ambientales y de servicio y de cumplir con las demandas funcionales exigidas, forma la base general del diseño. Cualquier cambio en las exigencias será importante para el desarrollo”. (p.5).

“Se estima que los factores relacionados con la seguridad, confiabilidad, rentabilidad, mantenimiento, comunicación “hombre-máquina”, medio ambiente y espacio, aumentan en importancia, conjugándose todo en un análisis sistemático del costo de ciclo de vida de servicio de la subestación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 5).

Mejía Villegas (2003), indica que, “el diseño mecánico y eléctrico integral de las subestaciones presenta una completa gama de problemas al ingeniero diseñador, quien debe tener en cuenta adecuadamente”. (p. 5).

“Selección de la configuración de barrajes, considerando que son muchos los tipos de configuraciones que brindan los diferentes grados de confiabilidad, flexibilidad y

seguridad requeridos por las diferentes subestaciones del sistema”. (Mejía Villegas, 2003, p. 5).

“Presencia de conductores pesados necesarios para transportar las elevadas corrientes que conllevan a la exigencia de estructuras metálicas y obras con mayores sollicitaciones y a mayores pérdidas de energía”. (Mejía Villegas, 2003, p. 5).

“En los equipos de alta tensión la innovación ha estado relativamente limitada en las últimas décadas. Algunos elementos como los interruptores (aire, aceite hacia SF₆), pararrayos (SiC hacia ZnO), transformadores de corriente y tensión (aceite hacia SF₆ y medidores ópticos) han experimentado algunos cambios tecnológicos sin cambios sustanciales en sus dimensiones externas”. (Mejía Villegas, 2003, p. 6).

Según Mejía Villegas (2003), “Consecuentemente, no ha sido posible realizar grandes modificaciones en las disposiciones de las subestaciones, con excepción de las modificaciones introducidas en la década del sesenta del siglo anterior con la tecnología GIS (Gas Insulated Substation)”. (p. 6)

“La cual permitió un gran avance en las condiciones de operación y en los requerimientos de espacio para la subestación en zonas altamente pobladas o en regiones de intensa contaminación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 6).

“Hoy en día es común disponer interruptores de una cámara de interrupción hasta niveles de tensión de 300 kV, dos cámaras para el nivel de tensión de 550 kV y cuatro cámaras para el nivel de tensión de 800 kV.”. (Mejía Villegas, 2003, p. 6).

“Con el aumento de la utilización de autosoplado en estos equipos se ha reducido el requerimiento de energía para operación y, por consiguiente, la confiabilidad

mecánica del interruptor ha aumentado, siendo menor el mantenimiento necesario”. (Mejía Villegas, 2003, p. 6).

Según Mejía Villegas (2003), “actualmente se encuentran en el mercado equipos de protección que requieren muy bajos niveles de energía para las señales análogas y están en consideración equipos que puedan trabajar directamente con señales digitales provenientes de los transformadores de instrumentación ópticos”. (p. 7).

“Los sistemas de control se están complementando con sistemas de información (monitoreo de interruptores, monitoreo de transformadores) con el objeto de disponer de estas mediciones para diagnosticar el estado del equipo y determinar la necesidad de mantenimiento o reparación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 7).

Mejía Villegas (2003), indica que, la unidad planeación de una compañía de producción y transmisión de energía o el ente regulador de la expansión del sistema de transmisión de un país o región, es quien se encarga de determinar el número de circuitos de transmisión y transformación, el número de patios de conexión y la ubicación general de la subestación en el sistema. En el caso de una subestación asociada con una planta generadora, el número de circuitos de generación está determinado por el diseño mismo de la central. (p. 8,9).

Para seleccionar el área determinada para la construcción de una subestación eléctrica se toman en consideración unos puntos muy importantes.

Mejía Villegas (2003), indica que, “bajo esta actividad se lleva a cabo el proceso de selección del sitio para una nueva subestación, para lo cual se parte de unos requerimientos técnicos o restricciones especiales tales como niveles de tensión, tamaño de la subestación, número de circuitos, ampliaciones futuras, etc., hasta llegar a la definición o propuesta final del sitio recomendado”. (p. 11,12).

“Para esto se definen unas condiciones mínimas del sitio, unas restricciones y unas criticidades con sus respectivos pesos, de acuerdo con las diferentes dimensiones del análisis: económica, política, socio-cultural, física, biótica y técnica”. (Mejía Villegas, 2003, p. 12).

Según Mejía Villegas (2003), para “obtener en detalle las características y la información relacionada con el sitio donde será localizada la subestación, requeridas para realizar los respectivos diseños electromecánicos y civiles, es necesario realizar una visita de reconocimiento” (p. 12).

“Y las actividades de recopilación de información relacionada con el sitio, tanto en el lugar como en las entidades públicas y privadas, ubicación y meteorológicos, determinación de la contaminación ambiental presente en el área donde será instalada la subestación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 12).

Para Mejía Villegas (2003), “el mecanismo para elaborar un presupuesto consiste en identificar en la forma más real posible los costos relacionados con la subestación que se está considerando, hacer su discriminación según se trate de desembolsos en moneda nacional o extranjera”. (p. 19).

“Como se comprenderá, es imposible generalizar el proceso, puesto que cada caso constituye una aplicación particular. Sin embargo, a continuación se dan algunas guías que pueden contribuir a hacer claridad sobre los ítems de costo para una subestación cualquiera”. (Mejía Villegas, 2003, p. 19).

Planos y diagramas eléctricos

Para Mejía Villegas (2003), “algunos de los planos y diagramas eléctricos que se deben desarrollar durante el diseño de una subestación son los siguientes” (p. 21):

Mejía Villegas (2003), afirma que, “planos generales, planos de equipos de transformación y compensación, diagramas unifilares y nomenclatura operativa, planos de disposición física, planos de estructuras metálicas, diagramas de servicios auxiliares, diagrama de cableado de control y fuerza, diagramas del sistema de control, diagramas de los sistemas de protección, planos de disposición de gabinetes, otros documentos”. (p. 21, 22).

Planos de obras civiles

Planos de localización general y adecuación del predio, planos de planta general, vías, drenajes, cárcamos y ductos, planos de cimentaciones para pórticos y soporte de equipos, planos de fosos, muros cortafuego y estructuras asociadas, planos de alumbrado exterior, planos de malla de puesta a tierra en patios, planos de edificio de control y otras edificaciones. (Mejía Villegas, 2003, p. 22).

Configuraciones de barras

Mejía Villegas (2003), indica que, “por configuraciones de conexión de barras se entienden aquellas en las cuales cada circuito tiene un interruptor, con la posibilidad de conectarse a una o más barras por medio de seccionadores”. (p. 27).

Según Mejía Villegas (2003), “las conexiones de barras es la forma en la que cada uno de los equipos primarios de cada línea de transmisión y banco de transformación se conectan en dicha barra. Existen distintos tipos de conexión de barras, como las siguientes”. (p.27).

Barra sencilla

Para Mejía Villegas (2003), “es una configuración que cuenta con un solo barraje colector al cual se conectan los circuitos por medio de un interruptor. Es económica, simple, fácil de proteger, ocupa poco espacio y no presenta muchas posibilidades de operación incorrecta”. (p. 27).

“Como desventaja principal puede citarse la falta de confiabilidad, seguridad y flexibilidad teniendo así que suspender el servicio en forma total cuando se requiera hacer una revisión o reparación en la barra colectora”. (Mejía Villegas, 2003, p. 27).

“El seccionamiento del barraje se efectúa con el fin de lograr flexibilidad en la subestación, se requiere un planeamiento muy cuidadoso ya que durante la operación normal no se pueden cambiar los circuitos de una barra a la otra”. (Mejía Villegas, 2003, p. 27).

Para Mejía Villegas (2003), “La barra sencilla se puede utilizar para subestaciones de AT y EAT con muy pocos campos de conexión y exige retirar del servicio todo el campo y su elemento conectado (línea o transformador)”. (p. 28).

“Cuando se va a realizar cualquier trabajo sobre el interruptor u otro de los equipos del campo de conexión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 28).

Mejía Villegas (2003) menciona que, “en EAT por lo general existe interruptor de potencia, mientras que en algunas subestaciones de AT y MT se elimina este y se implementa un sistema de transferencia remota de disparo”. (p. 28).

“Este tipo de subestación se utiliza cuando hay una sola línea de transmisión y un solo transformador o cuando se tiene un transformador conectado en derivación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 28).

Según Mejía Villegas (2003), “adicionalmente requiere una justificación cuidadosa porque el equipo de telecomunicaciones para la transferencia remota de disparo, cuando se utiliza solo para este fin, puede tener costos comparables con el interruptor que se elimina”. (p. 28).

Barra principal y de transferencia

Mejía Villegas (2003), define que, “para mejorar la confiabilidad por falla en interruptores en la configuración de barra sencilla, a ésta se le puede agregar una barra auxiliar o de transferencia”. (p. 29).

“A cada circuito un seccionador (de transferencia) para la conexión a dicha barra y un interruptor (de transferencia) para unir las dos barras, conformándose así a una configuración llamada de barra principal y de transferencia”. (Mejía Villegas, 2003, p. 29).

De acuerdo a Mejía Villegas (2003), Con esta configuración cada circuito se puede conectar por medio del interruptor de transferencia a la barra de igual nombre, conservando en esta forma el servicio del circuito respectivo durante el mantenimiento del interruptor o fallas del mismo. (p. 29).

“siempre y cuando no existan fallas en el circuito, lo que demuestra la buena confiabilidad que la configuración presenta bajo estas circunstancias”. (Mejía Villegas, 2003, p. 29).

Doble barra

Mejía Villegas (2003), indica que, “esta configuración es flexible pues permite separar circuitos en cada una de las barras, pudiéndose así dividir sistemas; además, tiene confiabilidad pero no seguridad por falla en barras y en interruptores”. (p. 30).

“Es posible también hacer mantenimiento en barras sin suspender el servicio y por ello se usa en áreas de alta contaminación ambiental”. (Mejía Villegas, 2003, p. 30).

Mejía Villegas (2003), afirma que, “se adapta muy bien a sistemas muy enmallados en donde es necesario disponer de flexibilidad”. (p. 30).

“Debido a esta flexibilidad se puede usar el acople como seccionador de barras, permitiendo así conectar a una y otra barra circuitos provenientes de una misma fuente sin necesidad de hacer cruce de líneas a la entrada de la subestación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 30)

“Tiene la ventaja adicional, sobre el seccionamiento longitudinal en las configuraciones anteriores, de que la conexión de un circuito a una barra u otra puede ser efectuada en cualquier momento dependiendo de circunstancias o consignas operativas del sistema”. (Mejía Villegas, 2003, p. 30).

Según Mejía Villegas (2003), “en el diseño es necesario considerar que las dos barras deben tener la misma capacidad y a su vez la capacidad total de la subestación”. (p. 30).

“El interruptor de acople hace parte de los barrajes y por lo tanto debe tener la misma capacidad que estos o, por lo menos, la capacidad equivalente a la máxima transferencia posible entre los dos barrajes en cualquier topología de la subestación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 30).

Para Mejía Villegas (2003). “por configuraciones de conexión de interruptores se entienden aquellas en las cuales los circuitos se conectan a las barras o entre ellas por medio de interruptores”. (p. 33).

“Estas configuraciones incluyen la barra sencilla (que ya fue descrita anteriormente), el anillo, el interruptor y medio, el anillo cruzado, y la doble barra con doble interruptor, lo mismo que otras versiones que son poco prácticas y por ello no serán descritas”. (Mejía Villegas, 2003, p. 33).

Anillo

Según Mejía Villegas (2003), “en esta configuración no existe una barra colectora como tal, la conexión de los circuitos se realiza sobre un anillo conformado por interruptores, con los circuitos conectados entre cada dos de ellos”. (p. 34).

“Para aislar un circuito es necesaria la apertura de los dos interruptores correspondientes, abriéndose así el anillo”. (Mejía Villegas, 2003, p. 34).

Según Mejía Villegas (2003), “cuando se quiere aislar un circuito por un periodo largo, se debe abrir el seccionador de conexión del mismo para poder cerrar los interruptores asociados a dicho circuito y así dar continuidad al anillo”. (p. 34).

Interruptor y medio

Para Mejía Villegas (2003), “esta configuración debe su nombre al hecho de exigir tres interruptores por cada dos salidas. Un grupo de tres interruptores, llamado diámetro (bahía en los Estados Unidos de América), se conecta entre los dos barrajes principales”. (p. 35).

“Se puede hacer mantenimiento a cualquier interruptor o barraje si suspender el servicio y sin alterar el sistema de protección; además, una falla en un barraje no interrumpe el servicio a ningún circuito”. (Mejía Villegas, 2003, p. 35).

Mejía Villegas (2003), indica que, “Presentando así un alto índice de confiabilidad y de seguridad tanto por falla en los interruptores, como en los circuitos y en las barras”. (p. 35).

Doble barra con doble interruptor

Mejía Villegas (2003), indica que, “presenta la mayor seguridad, tanto por falla en barras como en interruptores, entre todas las configuraciones y gran libertad para operación, para trabajos de revisión y mantenimiento”. (p. 36).

“Para lograr la mayor seguridad, cada circuito se conecta a ambas barras o sea que la aplicación normal es con todos los interruptores cerrados y las dos barras energizadas”. (Mejía Villegas, 2003, p. 36).

Según Mejía Villegas (2003), “Es la más costosa de todas las configuraciones a expensas de su seguridad desde el punto de vista del suministro, por lo cual su adopción en un caso particular requiere una justificación cuidadosa”. (p. 36).

“También, como en la configuración de interruptor y medio, esta pueda sufrir modificaciones para la conexión de los transformadores directamente a barras (un solo interruptor y un seccionador a modo de transferencia)”. (Mejía Villegas, 2003, p. 36).

Anillo cruzado

Para Mejía Villegas (2003), “las anteriores configuraciones de conexión de interruptores han probado proveer una mayor confiabilidad que las configuraciones de conexión de barras”. (p. 36).

“Debido básicamente a que cada circuito de salida está conectado al resto de la instalación por dos interruptores en “paralelo” (significando esto que estas configuraciones utilizan redundancia de interruptores para asegurar la operación bajo condiciones de contingencia)”. (Mejía Villegas, 2003, p. 37).

“Fundamentalmente pueden distinguirse tres tipos de subestaciones: generación, transformación y maniobra. Las necesidades o requerimientos de cada tipo de subestación se describen a continuación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 41).

Subestación de generación

Mejía Villegas (2003), define que, “se considera subestación de generación aquella que sirve como punto de conexión al sistema de una central generadora. La necesidad

primordial de una subestación de generación es la confiabilidad; la seguridad y la flexibilidad están dadas por la importancia de la subestación y por su ubicación en el sistema”. (p. 41).

“Determinar qué capacidad de la planta es importantes en lo referente a seguridad, es algo que depende de cada situación particular y deberá ser coordinado con el personal de planeación y operación del sistema”. (Mejía Villegas, 2003, p. 42).

Subestación de maniobra

“Una subestación de maniobra es aquella que sirve para interconectar sistemas o, dentro de un sistema, es la que distribuye la energía a subestaciones de transformación. En este caso la necesidad primordial es la flexibilidad; las necesidades adicionales de confiabilidad y seguridad estarán dadas por el papel que desempeña en el sistema”. (Mejía Villegas, 2003, p. 42).

Mejía Villegas (2003), indica que, “con la definición antes mencionada, una subestación de maniobra es un nodo del sistema que recibe energía de circuitos provenientes de centrales generadoras o de sistemas interconectados y la distribuye a subestaciones de carga o a otros sistemas interconectados”. (p. 42).

“Por esto, dicha subestación debe ser capaz de acomodarse a diferentes situaciones, lo que concuerda con lo descrito en la definición de flexibilidad”. (Mejía Villegas, 2003, 42).

Subestación de transformación

Para Mejía Villegas (2003), “la necesidad de la subestación de transformación reductora es primordialmente de confiabilidad, aunque puede llegar a ser importante también la seguridad dependiendo de las necesidades del sistema secundario y de la disponibilidad de transformación”. (p. 43).

Mejía Villegas (2003), indica que, “Esto es, si el sistema secundario tiene más de una alimentación y/o los transformadores están cargados muy por debajo del 100%, la necesidad principal sería la confiabilidad”. (p. 43).

Subestaciones encapsuladas en SF6

Según Mejía Villegas (2003), “subestaciones aisladas en SF6 (Gas Insulated Substations, GIS) fueron introducidas al mercado al final de la década de 1960 y durante el último decenio han llegado a poseer una tecnología ampliamente aceptada, abriendo nuevos caminos para diseño de subestaciones”. (p. 189).

Para Mejía Villegas (2003) “Las primeras subestaciones se diseñaron para tensiones relativamente bajas, normalmente entre 60 kV y 100 kV”. (p. 189).

Mejía Villegas (2003), indica que, “durante los últimos años el número de subestaciones encapsuladas en SF6 de tensiones comprendidas entre 400 kV y 500 kV ha aumentado rápidamente, existiendo también equipo de 800 kV en servicio”. (p. 189).

Para Mejía Villegas (2003), “Es normalmente fácil ampliar una GIS existente cuando se ha previsto desde el principio y se usa equipo del mismo fabricante durante las diferentes fases”. (p. 189).

“Dado que no hay una normalización de dimensiones y disposiciones de las distintas piezas, es más difícil interconectar GIS de diferentes fabricantes”. (Mejía Villegas, 2003, p. 189).

Para Mejía Villegas (2003), “El elemento más importante en la tecnología GIS es el hexafluoruro de azufre (SF6), gas usado como aislante de barras y equipos y también como medio de extinción en interruptores”. (p. 193).

“La norma IEC 60376, *Specifications and acceptance of new sulphur hexafluoride*, trata todos los aspectos relacionados con el gas utilizado en las GIS”. (Mejía Villegas, 2003, p. 193).

El gas SF₆ es un componente que prácticamente permite que las subestaciones encapsuladas existan, la importancia que posee por sus propiedades como un aislante lo hacen un componente útil en las funciones de reducir los arcos eléctricos dentro de los equipos de potencia.

Mejía Villegas (2003), indica que, “la potencia dieléctrica o capacidad de aislamiento en una GIS depende principalmente de la densidad del gas. Las variaciones de presión debidas a variaciones de temperatura no afectan la capacidad dieléctrica mientras la temperatura no baje hasta un grado tal que se produzca condensación”. (p. 194).

“Esto se supervisa con un sensor de densidad, que normalmente consiste en un medidor de presión compensado en temperatura. Estos sensores tienen dos niveles de alarmas diferentes”. (Mejía Villegas, 2003, p. 194).

Mejía Villegas (2003), define que, “para fines de supervisión del gas, el equipo de conexión se divide en varias secciones. Esta división puede adaptarse a los requerimientos especiales”. (p. 194).

“teniendo en cuenta propiedades corrosivas de productos en descomposición debido al arco, el interruptor se instala en compartimientos independientes con su propia supervisión de gas, inclusive con mayor precisión que el resto de los compartimientos para efectos de interrupción del arco”. (Mejía Villegas, 2003, p. 194).

“Los aparatos están diseñados de forma tal que las partes que requieren ser accesibles durante el servicio lo son sin necesidad de desmantelar la envolvente”. (Mejía Villegas, 2003, p. 197).

“Cuando se diseña el arreglo de una subestación debe dejarse el suficiente espacio para estas partes y para el personal de servicio. Esto es de máxima importancia en el caso de los interruptores”. (Mejía Villegas, 2003, p. 197).

Parte importante sobre cada subestación eléctrica es también poseer los equipos primarios adecuados, esto se logra analizando cada uno de los estudios que se realizan con anterioridad.

Para Mejía Villegas (2003), “cuando se trabaja en el diseño de la subestación debe, por lo tanto, considerarse el acceso a la GIS desde los puntos de vista de operación y mantenimiento. Siempre será más difícil obtener una buena visión de conjunto de los diferentes indicadores de los aparatos cuanto más compacta sea la conformación”. (p. 197).

Mejía Villegas (2003), afirma que, “conociendo los resultados de los estudios y considerando la experiencia nacional e internacional en la utilización de cada equipo, se determinan con la ayuda de las normas técnicas pertinentes las características eléctricas”. (p. 226).

Los equipos primarios o de potencia que conforman una subestación eléctrica son los siguientes:

Interruptores de potencia

Para Mejía Villegas (2003), “los interruptores automáticos son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de conducir, interrumpir y establecer corrientes en

condiciones normales, así como de conducir durante un tiempo especificado, interrumpir y establecer corrientes en condiciones anormales, como son las de cortocircuito”. (p. 236).

“Su función básica es conectar o desconectar de un sistema o circuito energizado líneas de transmisión, transformadores, reactores o barrajes”. (Mejía Villegas, 2003, p. 236).

“La extinción del arco eléctrico generado por la separación de los contactos del interruptor está estrechamente relacionada con el paso natural por cero de la corriente y con la naturaleza capacitiva o inductiva del arco”. (Mejía Villegas, 2003, p. 236).

“Los fenómenos que se presentan en el interruptor cuando ocurre la desconexión hacen que una gran parte de las moléculas del medio de extinción se disocie por la alta temperatura que se produce”. (Mejía Villegas, 2003, p. 237, 238).

“Los interruptores se pueden agrupar con base en diferentes criterios como son: el nivel de tensión, el sitio de instalación y las características de diseño externo. Sin embargo, los criterios de clasificación más importantes son el medio y el mecanismo de operación para la interrupción de la corriente”. (Mejía Villegas, 2003, p. 238).

Los interruptores de potencia también son requeridos en base al tipo de subestación, o el nivel de tensión, se les puede clasificar por varias razones algunas de ellas son si se requiere de tanque vivo o tanque muerto, los interruptores de tanque muerto tienen la característica de poseer CT's (transformadores de corriente) internamente contiene donas con los embobinados para tener referencia de las corrientes que fluyen a través del interruptor al momento de estar energizado y cerrado. Así mismo también se puede clasificar a los interruptores por el tipo de interrupción que poseen.

Interruptores de aceite: según Mejía Villegas (2003), “al presentarse un arco eléctrico, el aceite en contacto se vaporiza rápidamente formando una burbuja de gas compuesta en su mayor parte por hidrogeno, el cual es excelente medio de extinción y refrigerante, debido a su baja constante de tiempo de desionización”. (p. 240, 241).

Interruptores de aire comprimido: para Mejía Villegas (2003), “el interruptor de aire hasta la aparición del interruptor de SF6 fue el que opero más satisfactoriamente a altas tensiones; de hecho, en una época fue el único interruptor apropiado para operar a tensiones mayores de 345 kV”. (p. 241).

Mejía Villegas (2003), indica que, “interruptores de hexafluoruro de azufre (SF6): los interruptores de SF6 en su relativa corta existencia ya dominan el mercado de interruptores de alta tensión y en ese proceso han hecho obsoletas las tecnologías del aceite y del aire comprimido”. (p. 242).

Según Mejía Villegas (2003), “el mecanismo de operación es el dispositivo que, por medio de energía almacenada, acciona el interruptor ya sea para abrirlo o cerrarlo”. (p. 242).

“La energía que almacena el mecanismo de operación debe ser suficiente para efectuar las secuencias de operación requeridas por el sistema”. (Mejía Villegas, 2003, p. 242).

“Cabe anotar que el 90% de las fallas de los interruptores son atribuibles a fallas mecánicas originadas en el mecanismo de operación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 242).

Mejía Villegas (2003), indica que, “resortes: en estos mecanismos la energía se almacena cargando resortes, tanto para la apertura como para el cierre del interruptor”. (p. 242).

“La principal ventaja de este tipo de mecanismo de operación es que al efectuarse la operación de cierre del interruptor se carga el resorte de apertura, asegurándose así siempre el disparo del interruptor”. (Mejía Villegas, 2003, p. 242).

“El resorte de cierre es recargado mediante un motor; también es posible recargar manualmente el resorte de cierre en caso de indisponibilidad del motor por medio de una volante que se suministra con el equipo”. (Mejía Villegas, 2003, p. 242).

Neumático: para Mejía Villegas (2003), “en este mecanismo la energía se almacena en forma de aire comprimido. Se usa, lógicamente, en interruptores de aire comprimido con el objeto de aprovechar el aire presurizado utilizado para la extinción del arco”. (p. 242).

“La presión del aire se mantiene constante por medio de un motor-compresor existiendo diferentes alarmas de acuerdo con los niveles de presión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 242).

Hidráulico: según Mejía Villegas (2003), “este tipo de mecanismo es similar al neumático pero, como su nombre lo indica, opera con base en la presión de aceite. Se utiliza cuando se requieren tiempos de operación muy cortos debido a su rápida reacción”. (p. 243).

Hexafluoruro de azufre (SF₆): Mejía Villegas (2003), afirma que, “el interruptor utiliza su propio gas aislante SF₆ bajo presión como acumulador de energía para la maniobra”. (p. 243).

Los interruptores al momento de ser instalados deben ser sometidos a pruebas que corroboren el buen estado interno y de los contactos de potencia junto con las pruebas

para verificar los tiempos de cierre y apertura del mismo, estas pruebas son protocolos que deben realizarse según las normas de cada fabricante.

Seccionadores

Mejía Villegas (2003), afirma que, “los seccionadores pueden desempeñar en las redes eléctricas diversas funciones, siendo la más común la de seccionamiento de circuitos por necesidades de operación o por necesidad de aislar componentes del sistema (equipos o líneas) para realizar su mantenimiento”. (p. 256).

“Este último caso los seccionadores abiertos que aíslan componentes en mantenimiento deben tener resistencia entre terminales a los esfuerzos dieléctricos en tal forma que el personal de campo pueda ejecutar el servicio de mantenimiento en condiciones adecuadas de seguridad”. (Mejía Villegas, 2003, p. 256.).

“Cabe anotar que la correcta selección de los seccionadores está ligada a la selección de la disposición física de la subestación”. (C. F. Ramírez, 1991, p. 256).

Para los seccionadores también existen distintas clasificaciones las cuales nos permiten elegir el seccionador de acuerdo a la función que cumplirá y el tipo de apertura o movimiento que realizará. Por las funciones que realizan están los siguientes.

“Seccionador de maniobra: aislar equipos como interruptores, capacitores, barrajes, transformadores o reactores, generadores o líneas para la ejecución de mantenimiento”. (Mejía Villegas, 2003, p. 257).

“Seccionadores de tierra: poner a tierra componentes del sistema en mantenimiento: líneas de transmisión, barrajes, bancos de transformadores o bancos de condensadores y reactores en derivación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 257).

“Seccionadores de operación en carga: abrir y/o cerrar circuitos en carga: reactores, capacitores o generadores”. (Mejía Villegas, 2003, p. 257).

Seccionadores de puesta a tierra rápida: “en caso de fallas en reactores no maniobrables asociados a líneas de transmisión, o en caso de líneas terminadas en transformador sin interruptor en el terminal de línea del transformador y para protección de generadores contra sobretensiones y autoexcitación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 257).

Por el tipo de movimiento que realizan están los siguientes:

Para Mejía Villegas (2003), “seccionadores de apertura central: originan espaciamientos entre fases mayores que los demás, para mantener la separación fase a fase especificada. Este hecho se hace más crítico cuanto mayor es la tensión de la subestación”. (p. 257, 258).

Seccionadores de doble apertura o rotación central: Según Mejía Villegas (2003), “las cuchillas son muy largas y tienden a sufrir deformaciones, principalmente en los esquemas de maniobra en los que determinados seccionadores operan normalmente abiertos, razón por la cual no son utilizados generalmente para tensiones mayores a 345kV”. (p. 258).

“Seccionadores de apertura vertical: son utilizados en tensiones de la gama II (300 kV a 800 kV) por conllevar reducidos anchos de campo”. (Mejía Villegas, 2003, p. 258).

Seccionadores tipo pantógrafo y semipantógrafo: “presentan la ventaja de la economía de área, los tres polos no necesitan estar alineados como en los desconectores de columnas giratorias, las fundaciones son menores, Eventualmente estos seccionadores pueden presentar mayor frecuencia de mantenimiento para ajuste de articulaciones”. (Mejía Villegas, 2003, p. 258).

“Estos tipos de seccionadores presentan la mayor utilización como seccionadores de *by-pass* o paso directo y como selectores de barra”. (Mejía Villegas, 2003, p. 258).

Transformadores de tensión

Mejía Villegas (2003), indica que, “normalmente en sistemas con tensiones superiores a los 600 V las mediciones de tensión no son hechas directamente en la red primaria sino a través de equipos denominados transformadores de tensión”. (p. 267).

“Los transformadores inductivos pueden ser construidos para conexión fase-tierra (un polo aislado) o para conexión fase-fase (doble polo aislado); estos últimos se utilizan primordialmente en media tensión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 268).

“Los divisores resistivos y mixtos no se utilizan normalmente en sistemas de potencia, sino más bien en circuitos de prueba e investigación en laboratorio”. (Mejía Villegas, 2003, p. 268).

Según Mejía Villegas (2003), “para tensiones comprendidas entre 600 V y 72,5 kV los transformadores inductivos son predominantes”. (p. 268)

“Para tensiones superiores a 72,5 kV y hasta 145 kV no existe preferencia en la utilización, pero en sistemas donde se emplea comunicación por onda portadora, PLC, la utilización del divisor capacitivo se hace necesaria”. (Mejía Villegas, 2003, p. 268).

Transformadores de corriente

“Los transformadores de corriente son utilizados para efectuar las mediciones de corriente en sistemas eléctricos. Tienen su devanado primario conectado en serie con el circuito de alta tensión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 278).

Según Mejía Villegas (2003), “la impedancia del transformador de corriente, vista desde el lado del devanado primario, es despreciable comparada con la del sistema en el cual estará instalado, aun si se tiene en cuenta la carga que se conecta en su secundario”.

“En esta forma, la corriente que circulara en el primario de los transformadores de corriente está determinada por el circuito de potencia”. (Mejía Villegas, 2003, p. 278).

De acuerdo a Mejía Villegas “los transformadores de corriente también tienen clasificaciones, las cuales pueden ser por la construcción eléctrica que poseen o también por la utilización con la cual se requiere. En el caso de su construcción eléctrica podemos identificarlos como”. (p. 278).

Varios núcleos: “transformador de corriente con varios devanados secundarios independientes y montados cada uno en su propio núcleo, formando conjunto con un único devanado primario, cuyas espiras (o espira) enlazan todos los núcleos secundarios”. (Mejía Villegas, 2003, p. 278).

Relación múltiple o multi-relación: “la relación de transformación se puede variar por medio de tomas (*taps*) en las vueltas del devanado secundario, presentan el inconveniente de la disminución de la capacidad en las relaciones más bajas”. (Mejía Villegas, 2003, p. 278).

Por la utilización que se les dé a los transformadores de corriente, tienen la siguiente clasificación:

“Transformadores de corriente para medida: son los transformadores de corriente utilizados para alimentar instrumentos de medida, contadores de energía y otros instrumentos análogos”. (Mejía Villegas, 2003, p. 278).

“Transformadores de corriente para protección: son los transformadores de corriente utilizados para alimentar relés de protección. Dependiendo de las características de su funcionamiento, los núcleos de los transformadores de corriente para protección pueden ser de varios tipos, así” (Mejía Villegas, 2003, p. 279).

Bobinas de bloqueo

Para Mejía Villegas (2003), “normalmente conocidas como trampas de onda, son dispositivos que se conectan en serie en las líneas de alta tensión. Su impedancia a la frecuencia asignada, debe ser despreciable, de tal forma que no perturbe la transmisión de energía”. (p. 301).

De acuerdo a Mejía Villegas (2003), “debe ser relativamente alta para cualquier banda de frecuencia utilizada para comunicación por portadora. Por lo general, el rango de frecuencia utilizado para comunicación por portadora es de 30 kHz – 500 kHz”. (p. 301).

“La selección se realiza de acuerdo con las frecuencias ya usadas por la compañía de servicios y con la longitud de la línea”. (Mejía Villegas, 2003, p. 301).

Según Mejía Villegas (2003), “la función principal de estos equipos es bloquear las señales transportadas en la portadora para que solo pasen al equipo de comunicaciones y prevenir el paso de estas señales a la subestación”. (p. 301).

Las trampas de onda como también se les conocen a estos equipos cumplen una función fundamental en el tema de las comunicaciones entre subestaciones, ya que al ser un enlace podemos transportar frecuencias para el servicio de telefonía, disparos transferidos, mandos y señales remotas a equipos primarios.

“Los requerimientos de bloqueo de la bobina están definidos por la impedancia característica de la línea de transmisión en la cual se instala el equipo de comunicaciones”. (Mejía Villegas, 2003, p. 301).

Pararrayos

Mejía Villegas (2003), indica que, “los pararrayos son los elementos de protección de los equipos de las subestaciones contra sobretensiones. Inicialmente los pararrayos se fabricaban con descargadores y resistencias no lineales de carburo de silicio (SiC), pero en los últimos años han sido desplazados por pararrayos construidos con resistencias no lineales de óxido de zinc (ZnO) sin descargadores”. (p. 310).

Tipo de conductores

Para Mejía Villegas (2003), “para las conexiones en subestaciones se pueden considerar conductores de cobre, aluminio, aleación de aluminio o ACSR, los cuales deben garantizar condiciones mecánicas adecuadas para los vanos de instalación”. (p. 321).

“Soportar los esfuerzos electrodinámicos presentes en las subestaciones y proveer un medio de transporte de corriente de capacidad adecuada de acuerdo con los niveles de potencia que puedan considerarse en los sistemas de alta y extra alta tensión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 321).

“Es de anotar que, en subestaciones de alta y extra alta tensión, es muy limitado el uso de conductores de cobre”. (Mejía Villegas, 2003, p. 321).

Barraje de campo

“El calibre de los conductores que conforman el barraje de campo depende del límite térmico del circuito de interconexión asociado (máxima cantidad de potencia que

puede transportarse por el circuito sin que los niveles de tensión caigan por debajo de niveles deseados)". (Mejía Villegas, 2003, p. 336).

Barrajes colectores

Según Mejía Villegas (2003), "es imposible generalizar la capacidad de los barrajes colectores de una subestación debido a que cada una de ellas es un caso diferente con respecto al flujo de corrientes en sus barras y circuitos". (p. 336).

"Por este motivo, cada subestación deber ser estudiada separadamente, previéndose todas las etapas de su crecimiento, así como el flujo de cargas en sus circuitos durante circunstancias normales y durante contingencias del sistema". (Mejía Villegas, 2003, p. 336).

"Un sistema de control se define como un conjunto formado por dispositivos o funciones de medida, indicación, registro, señalización, regulación, control manual y automático de los equipos y los relés de protección, los cuales verifican, protegen y ayudan a gobernar un sistema de potencia". (Mejía Villegas, 2003, p. 405).

Según Mejía Villegas (2003), "actualmente existen dos conceptos de control: el convencional y los sistemas automatizados de subestaciones (SAS); siendo la tendencia en las subestaciones nuevas implementar este último y, en las existentes, el realizar la modernización de los sistemas convencionales". (p. 405).

Para Mejía Villegas (2003), "la función principal de un sistema de control es supervisar, controlar y proteger la transmisión y distribución de la energía eléctrica". (p. 405).

"Durante condiciones anormales y cambios intencionales de las condiciones de operación, el sistema de control deberá, hasta donde sea posible, asegurar la

continuidad de la calidad del servicio de energía eléctrica”. (Mejía Villegas, 2003, p. 405).

“El diseño de los sistemas de control para cada proyecto y subestación puede variar de acuerdo con las políticas de manejo, los criterios de operación de la empresa involucrada, su experiencia y las reglamentaciones de operación de los sistemas de transmisión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 405).

Un sistema de control se puede obtener de distintas maneras, como las siguientes definiciones:

“Control local; consiste en la maniobra y/o control directo sobre un equipo.

Control remoto; es el control de un equipo desde un lugar distante.

Supervisión; función en la cual todas las indicaciones de estado de la subestación y equipos asociados se administran en una o varias estaciones maestras.

Monitoreo; consiste en realizar la adquisición de variables de la subestación para las funciones de supervisión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 405).

Scada – Supervisory Control and Data Acquisitions System: “trabaja sobre redes de comunicación para la supervisión y adquisición de datos de las diferentes subestaciones, plantas de generación y líneas de transmisión del sistema interconectad, las cuales se encuentran distribuidas geográficamente y, generalmente, muy distantes unas de otras”. (Mejía Villegas, 2003, p. 406).

Mejía Villegas (2003), define que, “debido al avance de sistemas de supervisión y de recolección de datos, el control de subestaciones ha evolucionado rápidamente desde sistemas completamente manuales de operación loca, o convencionales, a sistemas completamente automáticos de operación remota, con varias etapas intermedias”. (p. 410).

Sistemas de protección

“Los sistemas de protección se clasifican de acuerdo con el equipo principal que protegen: transformadores de potencia, reactores, condensadores, barrajes y líneas”. (Mejía Villegas, 2003, p. 449).

Para Mejía Villegas (2003), “los sistemas de protección deben contar con:

Confiabilidad: probabilidad de no tener disparo incorrecto.

Fiabilidad: probabilidad de no tener omisión de disparo.

Seguridad: probabilidad de no tener una operación indeseada. La seguridad tiende a ser afín con la estabilidad y la selectividad pero compromete la fiabilidad”. (p. 449).

Según Mejía Villegas (2003), afirma que, “el objetivo de un sistema de protección, consiste en reducir la influencia de una falla en el sistema, hasta tal punto que no se afecte su funcionamiento o se produzca daños relativamente importantes en él”. (p. 449).

“Esto solo se puede conseguir cubriendo de una manera ininterrumpida los sistemas de potencia mediante el uso de esquemas de protección y relés que hayan sido diseñados con la atención requerida”. (Mejía Villegas, 2003, p. 450).

Para Mejía Villegas (2003), “de tal forma que se remueva del servicio algún elemento del sistema cuando sufre un cortocircuito o cuando empieza a operar de manera anormal. Las protecciones trabajan en asoció con los interruptores los cuales desconectan el equipo luego de la “orden” del relé””. (p. 450).

“Por esto, frecuentemente se involucra el interruptor como parte del sistema de protecciones”. (Mejía Villegas, 2003, p. 450).

Mejía Villegas (2003), indica que, “otra función importante de los sistemas de protección consiste en proveer la mayor información posible sobre el evento”. (p. 450).

“Fecha y hora (frecuentemente con precisión de ± 1 ms), localización, tipo de falla, variables involucradas y su magnitud, y tiempos de operación de los mismos relés y de los interruptores”. (Mejía Villegas, 2003, p. 450).

“Su importancia radica en aportar los datos para estimar las causas, si existió la falla o se trata de un disparo erróneo, si es temporal o definitiva y si se reconecta o no el equipo desconectado antes de hacer más pruebas”. (Mejía Villegas, 2003, p. 450).

“Los sistemas de protección de líneas pueden ser de diferentes tipos. Los más comunes son protección de distancia, comparación de fases, protección diferencial longitudinal y protección por comparación direccional”. (Mejía Villegas, 2003, p. 486).

Protección de distancia (21): para Mejía Villegas (2003), “la protección de distancia es una protección relativamente selectiva, lo cual significa que la selectividad se alcanza sin una comparación del extremo remoto y así, no requiere ningún sistema de telecomunicación para su función básica”. (p. 486).

“Es por ello que el ajuste de impedancia y tiempo son muy importantes. Una protección de distancia tiene varias zonas, mínimo tres y comúnmente cinco”. (Mejía Villegas, 2003, p. 486).

Sistemas de protección por comparación de fase (78): según Mejía Villegas (2003), “el principio está basado en la medida de la diferencia del ángulo de fase de la corriente entre los terminales de la línea protegida”. (p. 491).

“Si el ángulo es pequeño se trata de una falla externa de corriente de carga y si el ángulo es grande existe una falla interna”. (Mejía Villegas, 2003, p. 491).

Sistema de protección diferencial longitudinal (87L): Mejía Villegas (2003) define que, “las protecciones diferenciales son sistemas absolutamente selectivos. El principio consiste en la medida de la magnitud y del ángulo de las corrientes que entran en el área de protección. Durante condiciones normales (sin falla) la suma es cero”. (p. 491).

Este sistema de protección requiere telecomunicación entre los terminales de línea. (Mejía Villegas, 2003, p. 492).

La fibra óptica es el enlace de comunicación comúnmente utilizado para la funcionalidad de los equipos con protección diferencial.

Bancos de transformación 138/69 kV

“El transformador funciona según el principio de inducción mutua entre dos (o más) bobinas o circuitos acoplados inductivamente”. (Kosow, 1972, p. 593).

Para Chapman (2000), “un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común”. (p. 61).

“Estas bobinas no están (usualmente) conectadas en forma directa. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común que se encuentra dentro del núcleo”. (Chapman, 2000, p. 61).

Según Chapman (2000), “uno de los devanados del transformador se conecta a una fuente de energía eléctrica alterna y el segundo (y quizás el tercero) suministra energía eléctrica a las cargas. El devanado del transformador que se conecta a la fuente de potencia se llama devanado secundario o devanado de salida”. (p. 61).

“Si hay un tercer devanado en el transformador, ese se llama devanado terciario”. (Chapman, 2000, p. 61).

Chapman (2000), afirma, “la invención del transformador y el desarrollo simultáneo de las fuentes de potencia alterna eliminaron para siempre las restricciones referentes al rango y el nivel de los sistemas de potencia”. (p. 62).

“Un transformador cambia, idealmente, un nivel de voltaje alterno a otro nivel de voltaje sin afecta la potencia que está suministrándose”. (Chapman, 2000, p. 62).

“En un transformador, las bobinas del primario y del secundario están físicamente enrolladas una sobre la otra; la bobina de menor voltaje está situada en la parte interna. (más cerca del núcleo)”. (Chapman, 2000, p. 63).

Según Chapman (2000), “los transformadores de potencia reciben variedad de nombres, dependiendo de su utilización en los sistemas de potencia. Un transformador conectado a la salida de un generador utilizado para elevar el voltaje hasta niveles de transmisión (110kV y mayores)”. (p. 63).

“El transformador situado en el otro extremo de la línea de transmisión, que reduce el voltaje de los niveles de transmisión a los niveles de distribución (desde 2.3 a 34.5 kV), se denomina transformador de subestación”. (Chapman, 2000, p. 63).

“El transformador que reduce el voltaje de distribución al voltaje final a que se utiliza la potencia (110, 208, 220 V, etc.) es llamado transformador de distribución. Todos

estos dispositivos son, en esencia, el mismo; la única diferencia entre ellos es la utilización que se les da”. (Chapman, 2000, p. 63).

Para Mejía Villegas (2003), pueden ser “bancos monofásicos o unidades trifásicas, autotransformadores o transformadores de devanado completo y su diseño en termino generales puede ser tipo *Shell* (tendencia originada en Estados Unidos)”. (p. 465).

“O tipo *core* (tendencia europea), lo cual afecta la forma en la que se producen los esfuerzos dinámicos cuando ocurren los cortocircuitos”. (Mejía Villegas, 2003, p. 465).

Tomas (TAPS) y regulación de voltaje en el transformador

Según Chapman (2000), “los transformadores de distribución tienen una serie de tomas (taps) en los devanados para permitir pequeños cambios en la relación de vueltas del transformador después de haber salido de fábrica”. (p. 108).

“Una instalación típica podría tener cuatro tomas demás del valor nominal, con intervalos entre estas de 2.5% del voltaje a plena carga”. (Chapman, 2000, p. 108).

Las tomas de un transformador permiten que este se pueda ajustar para acomodarse a las variaciones de los voltajes de las localidades, sin embargo, estas tomas normalmente no se pueden cambiar mientras el transformador está suministrando potencia, sino cuando se encuentre sin carga. (Chapman, 2000, p. 109).

Para Chapman (2000), “A veces un transformador se utiliza en una línea de potencia cuyo voltaje varía ampliamente con la carga”. (p. 109).

“Tales variaciones de voltaje podrían ser ocasionadas por una alta impedancia de la línea entre los generadores del sistema de potencia y esa carga en particular (quizá se encuentre localizada lejos)”. (Chapman, 2000, p. 109).

De acuerdo a Chapman (2000), “una solución al problema es utilizar un transformador llamado especial llamando *transformador conmutador de tomas bajo carga (TCUL) o regulador de voltaje*. Básicamente un transformador TCUL es aquel que tiene posibilidad de cambiar las tomas mientras se está suministrando potencia”. (p. 109).

“Un regulador de voltaje es un transformador TCUL con un circuito sensor de voltaje incorporado que cambia automáticamente las tomas para mantener constante el voltaje del sistema. Tales transformadores especiales son muy comunes en los sistemas de potencia modernos”. (Chapman, 2000, p. 109).

El autotransformador

En algunas ocasiones es deseable cambiar los niveles de voltaje únicamente en una pequeña cantidad. Por ejemplo, puede necesitarse cambiar el voltaje de 110 a 120 V o de 13.2 a 13.8 kV. estos pequeños incrementos pueden ser necesarios debido a las caídas de voltaje que ocurren en sistemas de potencia alejados de los generadores. En estas circunstancias, es demasiado costoso elaborar un transformador con dos devanados completos independientes dimensionados para casi el mismo voltaje. En su lugar, se utiliza un transformador especial llamado autotransformador. (Chapman, 2000, p. 109).

Según Chapman (2000), en sistemas de potencia, es una práctica común utilizar autotransformadores siempre que dos voltajes que sean muy cercanos en su nivel necesiten transformarse ya que, cuanto más cercanos sean estos voltajes, mayor es la ventaja en la potencia obtenida del autotransformador. También se utilizan como transformadores variables, donde la toma de baja tensión se mueve hacia arriba y hacia

abajo en el devanado. Esta es una forma muy conveniente de obtener un voltaje ac variable. (p. 115).

“Los autotransformadores tienen una desventaja adicional comparados con los transformadores convencionales”. (Chapman, 2000, p. 116).

“Es un hecho que la impedancia efectiva por unidad del autotransformador, comparada con la de un transformador conectado de manera convencional, es menor en un factor igual al inverso de la ventaja en potencia de la conexión como autotransformador”. (Chapman, 2000, p. 116).

Transformadores trifásicos

De acuerdo a Chapman (2000), casi todos los principales sistemas de generación y distribución del mundo actual, son sistemas trifásicos de corriente alterna. Puesto que los sistemas trifásicos juegan tan importante papel en la vida moderna, es necesario entender cómo se utilizan los transformadores en ellos. (p. 117).

Los transformadores para circuitos trifásicos se suelen construir de dos maneras. Una de estas consiste simplemente en tomar tres transformadores monofásicos y conectarlos en banco trifásico. Otra alternativa es construir un transformador trifásico que consta de tres conjuntos de devanados enrollados sobre un núcleo en común. (Chapman, 2000, p. 117).

Servicios auxiliares en subestaciones eléctricas

Mejía Villegas (2003), indica, “normalmente, en las subestaciones se disponen sistemas de servicios auxiliares de corriente alterna y de corriente continua”. (p. 602).

“El primero, para alimentar las cargas de mayores consumos, tales como ventilaciones y bombas de equipos de patio y transformación, sistemas complementarios de la subestación: iluminación, sistemas contraincendios, instalaciones eléctricas de edificios, sistemas de seguridad, aire acondicionado, bombas, etc., así como fuente para los sistemas de corriente continua”. (Mejía Villegas, 2003, p. 602).

“Estos últimos, utilizando las baterías como respaldo, son un sistema de mayor confiabilidad, encargado de alimentar los sistemas secundarios de la subestación: protección, control, medida y comunicaciones”. (Mejía Villegas, 2003, p. 602).

“En los sistemas de corriente alterna también es frecuente hablar de cargas denominadas esenciales y de cargas no esenciales. Las primeras, como su nombre lo indica, son cargas vitales para la operación de la subestación y requieren una continuidad de alimentación alta en el suministro”. (Mejía Villegas, 2003, p. 602).

Para Mejía Villegas (2003), “los servicios auxiliares de las subestaciones en operación normal se caracterizan por tener consumos relativamente pequeños y cuya demanda no tiene grandes fluctuaciones en función de la carga”. (p. 604).

“Para la selección de las configuraciones de los servicios auxiliares de los sistemas de media y baja tensión en corriente alterna y corriente continua, se deben tener en cuenta la importancia y la incidencia que tienen dichos sistemas en el funcionamiento de la subestación, ya sea de media, alta a extra alta tensión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 606)

“Se deben aplicar criterios de confiabilidad, flexibilidad, simplicidad, costos, importancia de la subestación en el sistema, configuración y nivel de tensión”. (Mejía Villegas, 2003, p. 606).

Suárez (2022), indica, “es importante diseñar de forma adecuada el sistema de servicios auxiliares (SSAA) con los equipos, la disposición de los mismo, protecciones, cargas presentes y futuras”. (p. 11).

“Teniendo en cuenta los requerimientos del sistema y requerimientos de los clientes, para tener las condiciones necesarias para la operación de la subestación”. (Suárez, 2022, p. 11).

“Para el diseño se requiere realizar: diagramas unifilares, diagramas de principio, señales necesarias de control y funcionamiento, como la realización de detalle del SSAA”. (Suárez, 2022, p. 11).

Para Montesino Aguayo (2014), “se contemplan las siguientes fuentes de alimentación de corriente alterna para los servicios auxiliares de la subestación” (p. 48).

Para Montesinos Aguayo (2014), “Devanado terciario del Transformador Principal: para dar servicio a todos los elementos que componente la instalación de servicios auxiliares en Baja Tensión, se tomara el devanado terciario de uno de los Transformadores Principales de la propia subestación”. (p. 48).

“Del cual se tomará la alimentación principal para el suministro de energía”. (Montesinos Aguayo, 2014, 48).

Grupo electrógeno: “se instalará un grupo electrógeno de 200 kVA, 400/230 V, 1.5000 r.p.m., 50Hz y régimen de cuatro tiempos. Tendrá capota insonorizada para instalación en intemperie, dispuesto sobre bancada, con conexión a la red de canales de cables del parque”. (Montesinos Aguayo, 2014, p. 48).

“Línea de M.T. de respaldo: se derivará de una línea de distribución en M.T. próxima a la zona una de las líneas para dotar Servicios Auxiliares (principales o redundantes) a la subestación”. (Montesinos Aguayo, 2014, p. 48).

Según Mejía Villegas (2003), “los grupos electrógenos de emergencia se utilizan como fuente auxiliar de suministro de potencia para garantizar la correcta operación del sistema de servicio auxiliares”. (p. 637).

“La alimentación principal se tomará del primer módulo de celdas de M.T. alimentado por el transformador de AT/AT, y la alimentación redundante o de respaldo se tomará de la línea de M.T. instalando un centro de transformación dentro del entorno de la subestación”. (Montesinos Aguayo, 2014, p. 48).

De acuerdo Mejía Villegas (2003), “para los sistemas de corriente continua (en forma ilustrativa para este capítulo se seleccionaron 125 Vcc y 48 Vcc) se indican varias configuraciones, las cuales pueden ser un único sistema para toda la subestación (sistema centralizado)”. (p. 616).

Cuando es un sistema distribuido, en el edificio de control puede localizarse el sistema de corriente continua para los sistemas de comunicaciones asociados a la subestación (que puede ser 48 Vcc) y en cada caseta de control se ubica un sistema de corriente continua para los sistemas de control, protección y medida (que puede ser 125 Vcc.), que incluso puede utilizarse para alimentar los equipos de comunicación asociados a la teleprotección en circuitos de línea, si estos se instalan en las casetas de control. En todos los casos se sugiere la utilización de un único banco de baterías en cada sitio como respaldo al sistema. (Mejía Villegas, 2003, p. 616).

Según Mejía Villegas (2003), “el sistema de 125 Vcc (que igualmente podría ser 110Vcc) se utiliza para alimentar aquellas cargas que implican maniobras en los

equipos de patio como, por ejemplo, las bobinas de apertura y cierre de interruptores, motores de accionamiento de seccionadores y en algunos casos de interruptores”. (p. 616).

“También se utiliza para alimentar relés de protección, equipos de registro de fallas, tensión de control, etc.”. (Mejía Villegas, 2003, p. 616).

El sistema de 48 Vcc se utiliza básicamente para alimentar aquellas cargas como inversores, equipos de comunicaciones, equipos de control, etc. En ocasiones este sistema se implementa con el polo positivo a tierra, debido a que los fabricantes de equipos, como es el caso de los de comunicaciones, los suministran para operar con una tensión de -48 Vcc (esta operación reduce las interferencias electromagnéticas en el equipo de telecomunicaciones). (Mejía Villegas, 2003, p. 618).

“Este sistema se utiliza para alimentar las cargas de corriente alterna más críticas de la subestación, tales como; equipos de cómputo, algunos equipos de comunicaciones y de control, las cuales son indispensables para que la subestación, en una situación de contingencia, no quede aislada”. (Mejía Villegas, 2003, p. 618).

De acuerdo a Mejía Villegas (2003) “los niveles de tensión de 208 Vca, 125 Vcc, 48 Vcc y 120 Vca regulado se deben establecer con base en diseños de sistemas específicos (tales como iluminación, aires acondicionados, circuitos de control, protección y comunicaciones, etc.)”. (p. 623).

Para Mejía Villegas (2003), “la carga que alimenta el sistema inversor, desde el cual se conectan equipos de control y comunicaciones, se calcula sumando cargas individuales con su factor de potencia, para obtener el consumo de barra de corriente alterna 120 Vca regulada”.

“Una vez obtenida esta carga se determina la potencia que exigirá el inversor al sistema de corriente continua”. (Mejía Villegas, 2003, p. 626).

De acuerdo a Mejía Villegas (2003), “ciclo de trabajo de un banco de baterías: es el régimen de demanda de energía que se exige a un banco de baterías conformado por cargas permanentes, no permanentes y momentáneas que éste alimenta, lo cual determina su capacidad”. (p. 626).

Mejía Villegas (2003), indica que, “la instalación de sistemas de corriente continua ha llegado a ser una práctica normal de ingeniería para asegurar un suministro de energía adecuado e ininterrumpido para el control y la operación de una subestación o central de generación”. (p. 629).

“En la práctica, la batería y el cargador se conectan en paralelo a la barra de corriente continua, siendo la batería un respaldo del cargador, alimentando la carga durante la pérdida del alimentador principal del sistema”. (Mejía Villegas, 2003, p. 629).

De acuerdo a Mejía Villegas (2003), para determinar la corriente asignada de los cargadores de baterías se considera que, después de una falla en la alimentación, cada cargador de baterías debe ser capaz de alimentar la totalidad de los consumidores y de entregar una corriente tal al banco de baterías, que sea suficiente para recargarlo en un lapso no superior al tiempo deseado para la recarga. (p. 634).

Fallas eléctricas

Para Stevenson y Grainger (1996), “una falla en un circuito es cualquier evento que interfiere con el flujo normal de corriente”. (p. 358).

“La mayoría de las fallas en líneas de transmisión de 115 kV, o mayores, son originadas por las descargas atmosféricas (rayos), que dan como resultado el flameo de aisladores”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 358).

“La alta tensión o voltaje, entre un conductor y la torre aterrizada que lo sostiene, origina la ionización que provee de una trayectoria a tierra para la carga inducida por la descarga atmosférica”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 358).

Según Stevenson y Grainger (1996), “una vez que se establece la trayectoria ionizada a tierra, la baja impedancia a tierra resultante permite el flujo de corriente de potencia desde el conductor hasta la tierra y, a través de la tierra, al neutro aterrizado de un transformador o generador, y se completa de esta forma el circuito”. (p. 358).

“Las fallas línea a línea que no involucran a la tierra son menos comunes. La apertura de los interruptores, para aislar la porción de la línea que ha fallado del resto del sistema, interrumpe el flujo de corriente en la trayectoria ionizada y permite que se presente la desionización”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 358).

Para Mejía Villegas (2003), “un evento no planeado puede ocurrir en cualquier sistema de potencia. Es imposible diseñar económicamente un sistema libre de fallas. Las principales causas de las fallas varían de sistema y entre niveles de tensión”. (p. 450).

De acuerdo a Stevenson y Grainger (1996), “las fallas permanentes son causadas por líneas que caen a tierra, por cadenas de aisladores que se rompen debido a las cargas de hielo, por daños permanentes a las torres y por fallas de los apartarrayos”. (p. 358).

“La experiencia ha mostrado que entre 70 y 80% de las fallas en líneas de transmisión son fallas monofásicas a tierra (o línea a tierra), que se originan en flameo de una línea a la torre y a tierra”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 358).

“Aproximadamente en 5% de las fallas intervienen las tres fases”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 358).

“Otros tipos de fallas en líneas de transmisión son las fallas línea a línea en las que la tierra no interviene y las fallas línea a línea y a tierra (o doble línea a tierra)”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 358).

“Las líneas de transmisión, como los demás equipos asociados al sistema de potencia, están expuestos a fallas que pueden ser producidas por diferentes causas”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 293).

Descargas atmosféricas

Para Ramírez Castaño (2003), “producen sobretensiones en las líneas y a su vez en el equipo de la subestación, capaces de perforar el aislamiento y/o el deterioro del equipo de patio e inclusive de control y protección. Son producidas por el medio ambiente”. (p. 293).

“Existen zonas de alto nivel de isoceráunico donde se presentan con mayor frecuencia. El nivel isoceráunico da el número de días al año en los que se presentan tormentas que involucran descargas eléctricas”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 293).

Conejo Navarro (2007), indica que, “el rayo crea dos ondas de sobretensión en los dos tramos de la línea y las ondas se propagan por la línea hasta llegar a los postes donde están los aisladores”. (p. 173).

“Si las ondas de sobretensión son mayores que la rigidez dieléctrica de los aisladores, el rayo se descarga a tierra a través de los postes”. (Conejo Navarro, 2007, p. 173).

En caso contrario, “las ondas siguen propagándose por la línea hasta amortiguarse completamente o hasta encontrar un transformador que, como se ha establecido en el apartado anterior, se comporta de manera análoga a un circuito abierto y refleja la onda de tensión”. (Conejo Navarro, 2007, p. 173).

Cortocircuitos

“Producen altas corrientes que se manifiestan por el calentamiento excesivo de los conductores que se dilatan y por tanto, van a presentarse acercamientos con tierra y con las otras fases. Estas corrientes también circulan por el equipo de patio asociado, deteriorando el mismo debido a los efectos dinámicos y térmicos”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 293).

Sobrecargas

“Producen sobrecorrientes que conllevan a calentamiento de los conductores cuando estas son sostenidas también pueden averiar el aislamiento en el equipo asociado de la subestación”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 294).

“Si el deterioro del aislamiento es severo y progresivo puede producir un arco eléctrico provocando incendio, destruyendo total o parcialmente el equipo involucrado”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 294).

De acuerdo a Ramírez Castaño (2003), “es necesario que cuando una de las fallas mencionadas anteriormente suceda, sea despejada, aclarada o aislada lo más rápidamente posible, por los interruptores involucrados en las fallas, para ello, se debe proveer la línea con adecuado sistema de protección”. (p. 294).

Para Mejía Villegas (2003), “fallas propias al sistema de potencia: son fallas que involucran un equipo primario (transformador, línea, etc.) y que requieren su desconexión, ya que tiene asociada una condición anormal como una sobrecorriente, sobre o baja tensión o frecuencia”. (p. 450).

“Combinación de fallas serie-paralelo. Si una falla tipo derivación ocurre en diferentes puntos de la red, la condición combinada se llama falla a campo traviesa (*cross country fault*). (Mejía Villegas, 2003, p. 451).

“Si ocurren varios disparos o fallas y recierres secuenciales como consecuencia de una causa inicial única, se asocian designándolos como una sola perturbación”. (Mejía Villegas, 2003, p. 451).

Fallas ajenas al sistema de potencia. Para Mejía Villegas (2003), “Son disparos no deseados y que ocurren en ausencia de una falla propia del sistema de potencia, es decir, que antes del disparo no había condiciones anormales de corriente, tensión, etc.”. (p. 452).

Sus causas principales son fallas en el cableado o en los elementos secundarios (relés, indicadores, etc.), ajustes indebidos o errores humanos”. (Mejía Villegas, 2003, p. 452).

Fallas impredecibles: “aquí se pueden considerar los movimientos telúricos de gran magnitud que superan las directrices de los códigos para diseño sísmo resistente; rayos con magnitudes de corrientes superiores a 200 kA en las vecindades de las instalaciones”. (Mejía Villegas, 2003, p. 452).

Sistemas de protección de líneas de transmisión

Ramírez Castaño (2003) indica que, “para proteger las líneas y equipo en la subestación contra fallas ocasionadas por descargas atmosféricas (sobretensiones), se utilizan los pararrayos y un buen sistema de puesta a tierra que incluya la malla de tierra de la subestación, buenas puestas a tierra de las torres y cables de guarda”. (p. 294).

“Además, se recomienda la puesta a tierra de todo el equipo de la salde control y en general, de todas las partes metálicas para garantizar la protección humana y del equipo mismo”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 294).

Según Ramírez Castaño (2003), “para la protección contra cortocircuitos (producidos por fallas entre fases y fallas fase-fase), se utilizan en las líneas, relevadores de distancia y relevadores de sobrecorriente (direccionales y no direccionales)”. (p. 294).

“Para protección contra sobrecargas sostenidas, se utilizan relevadores de sobrecorriente”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 294).

“La protección de sobrecorriente es la más sencilla y la más barata, la más difícil de aplicar y la que más rápido necesita reajuste o reemplazo a medida que cambia el sistema”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 296).

“Se le usa por lo general para protección contra la falla fase-fase o fase a tierra, en los circuitos de servicios propios de la subestación, en los circuitos de distribución y en los sistemas industriales”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 296).

Según Conejo Navarro (2007), “Las protecciones primarias deben actuar en los tiempos establecidos y eliminar la falta aislando la mínima parte posible de sistema. Si una protección primaria falla o tarda en eliminar la falta, entonces debe intervenir una protección de apoyo”. (p. 194).

Para Izquierdo Franco (2002), “las fallas pueden ser modeladas mediante elementos pasivos de valor apropiado, los cuales se incorporan en las matrices nodales usadas en el análisis del sistema”. (p. 88).

Para Stevenson y Grainger (1996), “las corrientes que fluyen en las diferentes partes de un sistema de potencia inmediatamente después de que ocurre una falla difieren de aquellas que fluyen en unos ciclos más tarde justo antes de que los interruptores sean llamados a abrir la línea en ambos lados de la falla”. (p. 359).

“Todas estas corrientes también difieren ampliamente de las corrientes que fluirían en las condiciones de estado estable, si no se aislara la falla del resto del sistema cuando operan los interruptores”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 359).

“En el análisis de fallas se calculan los valores de esas corrientes para los diferentes tipos de fallas en varios puntos del sistema”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 359).

“Los datos que se obtiene de los cálculos de fallas sirven para determinar los valores de operación de los relevadores que controlan los interruptores”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 359).

Fallas asimétricas

“Uno o dos conductores abiertos dan como resultado fallas asimétricas a través de la ruptura de uno o dos conductores o bien, de la acción de fusibles u otros mecanismos que no puedan abrir las tres fases simultáneamente”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 441).

“El método de las componentes simétricas es útil en un análisis para determinar las corrientes y voltajes en todas las partes del sistema después de que ha ocurrido la falla,

porque cualquier falla asimétrica da origen a que fluyan corrientes desbalanceadas en el sistema”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 441).

“Para Stevenson y Grainger (1996), la falla monofásica de línea a tierra (que es el tipo más común de falla) es originada por las descargas atmosféricas o por los conductores al hacer contacto con las estructuras aterrizadas”. (p. 453).

Stevenson y Grainger (1996), “indica, cuando se abre una fase de un circuito trifásico balanceado se crea un desbalance y fluyen corrientes asimétricas. Un tipo similar de desbalance ocurre cuando cualquier par de las tres fases se abre mientras la tercera fase permanece cerrada”. (p. 477).

“Estas condiciones de desbalance tienen su origen cuando, por ejemplo, uno o dos conductores de fase de una línea de transmisión se rompen físicamente a causa de un accidente o una tormenta”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 477).

“Debido a las corrientes de sobrecarga pueden operar, en otros circuitos, los fusibles u otros mecanismos de interrupción en uno o dos conductores y pueden fallar al abrir otros conductores”. (Stevenson y Grainger, 1996, p. 477).

Para Ramírez Castaño (2003), “los circuitos de secuencia positiva, negativa y cero que llevan las corrientes I_1 , I_2 e I_0 respectivamente, son conectados juntos en un arreglo particular para representar una condición dada de falla desbalanceada”. (p. 32).

“Consecuentemente, para calcular los niveles de fallas usando el método de componentes simétricas, es esencial determinar las impedancias individuales de secuencia y combinarlas para construir los circuitos de secuencia correctos”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 32).

De acuerdo a Ramírez Castaño (2003), “impedancia fuente. Es la impedancia vista hacia atrás (por la falla) en el sistema de suministro de un circuito de potencia o de distribución. Dependiendo de la información disponible, existen varios métodos para encontrar la impedancia fuente”. (p. 37).

Método A. en casos donde el sistema de distribución es alimentado mediante un sistema de transmisión radial simple con un generador en el otro extremo, la impedancia fuente se puede calcular usando el sistema p.u.”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 37).

“Donde la impedancia de secuencia positiva de la fuente es la suma de las impedancias de secuencias positiva de todos los componentes del sistema desde la barra de la subestación de distribución de bajo voltaje aguas arriba incluyendo el generador”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 37).

“Método B. del estudio de cortocircuito del sistema de transmisión, se pueden obtener los valores p.u. de la corriente de falla para una falla trifásica, una falla línea-línea y una falla línea-tierra en la barra de alto voltaje de una subestación de distribución”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 38).

“Método C. usado cuando solo se conocen los kVA de la falla trifásica disponible en la barra de alto voltaje”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 38).

Método D. “cada generador es representado por voltaje en serie con reactancia de la maquina (X''_d o X'_d), las conexiones shunt (capacitores a tierra) son ignoradas, todos los transformadores se ajustan en su tap nominal y se toma la tierra como referencia”. (Ramírez Castaño, 2003, p. 39).

Floyd (2007), indica, “los transformadores son dispositivos confiables cuando operan dentro de su rango especificado. Fallas comunes en transformadores son aberturas en el devanado primario o en el secundario. Una causa de semejantes fallas es la operación del dispositivo en condiciones que sobrepasan sus parámetros”. (p. 587).

“Normalmente, cuando falla un transformador, es difícil de reparar y, por consiguiente, el procedimiento más simple es reemplazarlo”. (Floyd, 2007, p. 587).

De acuerdo a Mejía Villegas (2003), “en los mercados abiertos de transmisión y generación es cada vez más preocupante la responsabilidad ante las fallas que aparecen en las instalaciones”. (p. 452).

“Sobre todo las que causan interrupciones e indisponibilidades mayores de tres minutos y por esto resulta importante establecer la raíz de una falla”. (Mejía Villegas, 2003, p. 452).

Sistema de Mejora Continua

De acuerdo a Carrera Endara (2019), “Mejora, en todos los campos, de las capacidades del personal, eficiencia de los recursos, de la relación con el público, entre los miembros de la organización, con la sociedad y cuanto se le ocurra a la organización”. (p. 35).

“La mejora continua implica tanto la implantación de un sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación activa de todas las personas”. (Carrera Endara, 2019, p. 36).

“De igual forma como producto de los cambios sociales y culturales, en las empresas todos tienen el deber de poner lo mejor de sí para el éxito de la organización”. (Carrera Endara, 2019, p. 36).

Según Bonilla (2010), “mejora continua de los procesos es una estrategia de la gestión empresarial que consiste en desarrollar mecanismos sistemáticos para mejorar el desempeño de los procesos y, como consecuencia, elevar el nivel de satisfacción de los clientes internos o externos”. (p. 30).

“La mejora continua se fundamenta en una cultura organizacional sólida de profundos valores, donde el primordial de aquellos es el enfoque al cliente; es también vital contar con un liderazgo de alta dirección que apoye y reconozca las iniciativas”. (Bonilla, 2010, p. 31).

De acuerdo a Bonilla (2010), “desde el punto de vista sistemático, una empresa competitiva atraviesa periodos de innovación, cambiando el statu quo en forma profunda y sobre esta realidad aplica la mejora continua Kaizen”. (p. 31).

“Desde el punto de vista de la participación jerárquica, la alta dirección establece la visión, los objetivos estratégicos, las políticas, y proporciona el apoyo material y reconocimiento para que las metas Kaizen se logre”. (Bonilla, 2010, p. 31).

“La administración media despliega las metas estratégicas y las convierte en metas de proceso a fin de orientar a los supervisores y trabajadores”. (Bonilla, 2010, p. 31).

“Así mismo, proporciona adiestramiento y capacitación para desarrollar habilidades en el uso de metodologías y herramientas para el mejoramiento, también debe motivar la participación y la creatividad”. (Bonilla, 2010, p. 31).

Para Bonilla (2010), “los supervisores y trabajadores que de manera natural opten por participar en el proceso de mejoramiento continuo pueden conformar equipos de mejora para desarrollar oportunidades de mejora identificadas en su proceso o área de trabajo”. (p. 31).

Bonilla (2010), indica que, “en cuanto a la innovación, el proceso suele estar dirigido por la alta dirección y compromete a la dirección media en su desarrollo, sin que ello signifique eximir a los supervisores y trabajadores de su participación”. (p. 31).

Para Bonilla (2010), “este proceso tiene un enfoque más sistemático y su desarrollo requiere del mediano o largo plazo, a diferencia de la mejor continua Kaizen, que se basta con el corto plazo”. (p. 31).

“Las técnicas utilizadas para el proceso de innovación suelen ser más complejas, como en el caso del rediseño de procesos o la técnica del Six Sigma”. (Bonilla, 2010, p. 31).

De acuerdo a Sevilla (1999), “se utiliza la investigación referencial (es decir, investigar la manera en que otros han manejado un asunto similar al nuestro), técnicas de rediseño de proceso y el uso de nuestra experiencia personal y conocimientos para sugerir soluciones”. (p. 19).

“Dicha ejecución debe ir acompañada de sesiones de evaluación periódica del proceso de implantación, para analizar causas de variación y tomar medidas preventivas y correctivas durante todo el proceso”. (Sevilla, 1999, p. 20).

“Esta etapa comprende también la evaluación de los resultados obtenidos. En caso de que no se hayan conseguido las metas propuestas, deben realizarse las acciones correctivas necesarias para lograr el resultado esperado”. (Sevilla, 1999, p. 20).

Según Sevilla (1999), “como lo hemos comentado una y otra vez en la revisión de los enfoques de calidad, nos interesa que las mejoras que se hayan realizado sean permanentes”. (p. 20).

“Para tal caso y cuando la situación así lo permita, se diseñan mecanismos para aumentar la probabilidad de que los logros obtenidos se mantengan en el futuro”. (Sevilla, 1999, p. 20).

Para Sevilla (1999), “los proyectos de mejora continua requieren de cuatro tareas relacionadas con el manejo de la información” (p. 25).

Recabar información. “A través de las herramientas para recabar información, podemos obtener datos o ideas útiles, con base en un objetivo predeterminado”. (Sevilla, 1999, p. 25).

Para Sevilla (1999), “una técnica para obtener información procedente de la experiencia y de la percepción personal o de un grupo, es la Tormenta de ideas. La recopilación de información de “hechos” expresados en datos, se realiza a través de hojas de verificación”. (p. 31).

Tormenta de ideas: “la finalidad de esta técnica es promover la participación grupal, ante un tema o situación específica; mediante la creatividad y las aportaciones individuales, en un clima adecuado para la producción de ideas”. (Sevilla, 1999, p. 31).

Clasificar información. “Este tipo de herramientas permiten ordenar la información de tal forma que se pueda realizar inferencias con ella”. (Sevilla, 1999, p. 25).

“Por medio de estas herramientas, la información se organiza para facilitar su análisis y hacer inferencias que ayuden a identificar problemas y algunas de sus causas, así como priorizar o generar soluciones”. (Sevilla, 1999, p. 43).

“Dentro de este grupo de herramientas tenemos las siguientes: histograma, diagrama de Pareto, estratificación y diagrama de afinidad”. (Sevilla, 1999, p. 43).

De acuerdo a Bonilla (2010), “Histograma: es la representación gráfica de la tabla de la frecuencia; en ella observamos la forma de la distribución de datos, la localización o tendencia central y la dispersión o expansión”. (p. 140).

Sevilla (1999), indica, como ya se ha estudiado, la variabilidad es un fenómeno inherente a todos los eventos que existen en la naturaleza. Aunque esperemos resultados estandarizados siempre existirá un grado de variabilidad en los mismos. (p. 43).

Para Sevilla (1999), “la variabilidad asociada con los datos nos proporciona información sobre los procesos, que podemos utilizar para tomar decisiones”. (p. 43).

Para Sevilla (1999), “el principio de Pareto fue propuesto por el economista italiano Wilfredo Pareto, por lo cual lleva su nombre, este plantea que un 20% de las causas ocasionan el 80% de los efectos en una situación determinada”. (p. 51).

“A este principio también se le conoce como la regla del 80/20 debido a que hay factores que son prioritarios o más relevantes en cada una de las situaciones. (Sevilla, 1999, p. 51).

Según Sevilla (1999), “la estratificación consiste en clasificar datos de grupos con características diferentes, permite analizar aquellos casos en los cuales la información muestra situaciones distintas a los hechos reales”. (p. 56).

De acuerdo a Sevilla (1999), el diagrama de afinidad “como su nombre lo indica sirve para organizar la información por grupos afines, es decir en categorías de análisis. Es una herramienta similar a la estratificación, con la diferencia de que esta se utiliza cuando la información hace referencia a ideas y opiniones más que a datos”. (p. 60).

Diagnosticar causas. “Las herramientas de diagnóstico permiten identificar las posibles causas que originan los efectos o resultados que estamos analizando”. (Sevilla, 1999, p. 25).

Según Sevilla (1999), “las herramientas de diagnóstico son mecanismos útiles para identificar las causas de los problemas o lo que origina una determinada situación. En este apartado se presentan las siguientes herramientas”. (p. 67).

Investigación del nivel de cumplimiento a las necesidades y expectativas de los clientes: “esta herramienta nos permite conocer si lo que estamos haciendo es de utilidad para los clientes y en qué grado estamos cumpliendo con sus necesidades y expectativas”. (Sevilla, 1999, p. 67).

Sevilla (1999), afirma que, “la aplicación del diagrama causa-efecto permitirá tomar decisiones correctas y resolver los problemas de raíz, eliminando las causas y no solo atacando el síntoma”. (p. 72).

“Este diagrama fue desarrollado en 1950 por el profesor Kaoru Ishikawa, de ahí que se le conozca también como Diagrama de Ishikawa”. (Sevilla, 1999, p. 72).

Análisis de FODAS: “esta herramienta sirve para hacer un análisis tanto de elementos internos como externos de una situación, sistema u organización, identificando los aspectos que favorecen y los que limitan la obtención de resultados”. (Sevilla, 1999, p. 77).

“Todas las actividades que realizamos siguen un proceso para su elaboración. La mejora de las mismas, depende de la mejora de dichos procesos”. (Sevilla, 1999, p. 82).

“En la actualidad no podríamos hablar de mejorar la calidad, sin considerar el entendimiento y mejora de los procesos como un aspecto substancias. El diagrama de flujo de procesos es una herramienta que ayuda al logro de éste”. (Sevilla, 1999, p. 82).

Análisis del proceso del cliente: “una herramienta útil para mejorar la calidad de lo que hacemos, es investigar como el cliente utiliza lo que nosotros le entregamos y que problemas le ocasiona, si es que esto ocurre”. (Sevilla, 1999, p. 87).

Generar soluciones. “Las herramientas para generar soluciones, facilitan la identificación de acciones que propicien la solución de un problema”. (Sevilla, 1999, p. 25).

Otro tema importante dentro de la mejora continua es:

Según Carrera Endara (2019), Reingeniería. “Este método analiza el proceso, lo observa completo desde que se reciben los primeros insumos hasta una salida que, por principio básico, debe tener valor para un cliente”. (p. 43).

III.COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

La investigación se realizó en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, con la finalidad de comprobar la hipótesis. A continuación, se presentan los cuadros y graficas obtenidas en el campo de trabajo por el investigador para comprobar la hipótesis; “El riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua” por lo que fue necesario realizar dos censos, debido a que la población es menor a 35 integrantes, uno para comprobar la variable dependiente (Y) o efecto principal y otro para comprobar la variable independiente (X) o causa principal.

Del cuadro y grafica 1 al cuadro y grafica 5 se presentan los datos relacionados para la comprobación de la variable dependiente o efecto principal “Riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años” del cuadro y grafica 6 al cuadro y grafica 10 se presentan los datos relacionados para la comprobación de la variable independiente o causa principal. “Inexistencia de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala”.

Para la comprobación de la variable dependiente o efecto se realizó censo a un grupo de 16 personas, el cual estuvo conformado por las jefaturas involucradas en los mantenimientos programados a los bancos de transformación 138/69 kV.

Las preguntas para la comprobación de la variable independiente o causa principal fueron contestadas por 5 personas, las cuales son los Jefes de Área y Jefe de Sistema de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala.

Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o efecto principal.

Cuadro 1

Personas que opinan sobre existencia de riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	16	100
No	0	0
TOTAL	16	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 1

Personas que opinan sobre existencia de riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: De acuerdo al cuadro y grafico anteriores, el total de los entrevistados opinan que existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable dependiente.

Cuadro 2

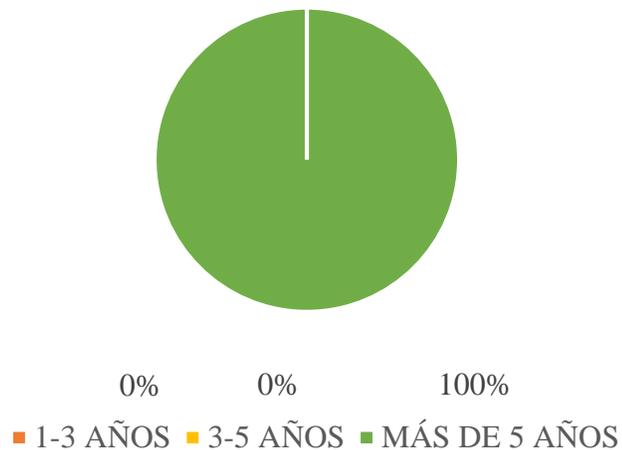
Personas que opinan desde hace cuánto tiempo existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1-3 años	0	0
3-5 años	0	0
Más de 5 años	16	100
TOTAL	16	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 2

Personas que opinan desde hace cuánto tiempo existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: Las personas involucradas en la encuesta afirman que hace más de 5 años existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable dependiente.

Cuadro 3

Personas que consideran que se puede reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	16	100
No	0	0
TOTAL	16	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 3

Personas que consideran que se puede reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: De acuerdo a la interrogante, el total de personas encuestadas consideran que se puede reducir riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable dependiente.

Cuadro 4

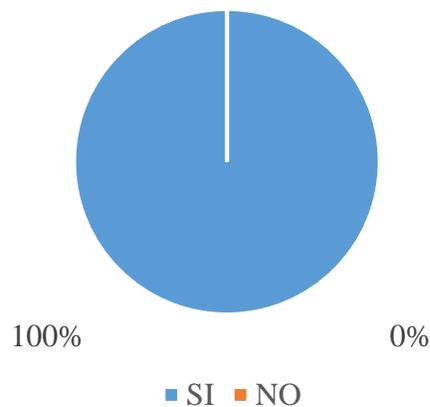
Personas que opinan si es importante reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	16	100
No	0	0
TOTAL	16	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 4

Personas que opinan si es importante reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: Todas las personas que fueron encuestadas, afirman que, si es importante reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable dependiente.

Cuadro 5

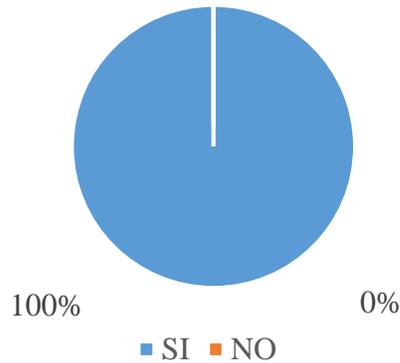
Personas que consideran necesario limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	16	100
No	0	0
TOTAL	16	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 5

Personas que consideran necesario limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: De acuerdo al cuadro y grafico anterior, las personas involucradas en la encuesta consideran necesario limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable dependiente.

Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente (X) o Causa.

Cuadro 6

Personas que opinan sobre existencia de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
TOTAL	5	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, Septiembre 2022.

Grafica 6

Personas que opinan sobre existencia de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, Septiembre 2022.

Análisis: Conforme a la respuesta a la interrogante anterior, el total de los entrevistados confirman que no existe Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable independiente.

Cuadro 7

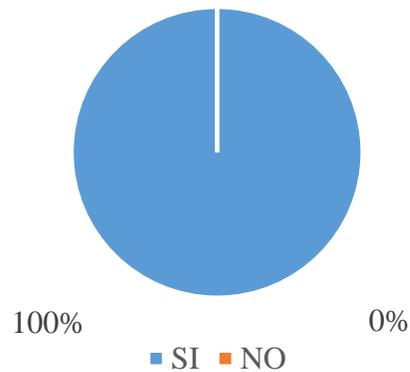
Personas que apoyarían la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
TOTAL	5	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 7

Personas que apoyarían la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: En base al cuadro y grafica anterior, el total de personas encuestadas apoyarían la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable independiente.

Cuadro 8

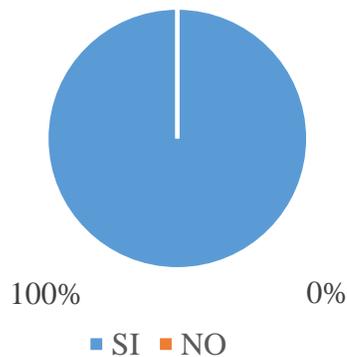
Personas que consideran necesaria la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
TOTAL	5	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 8

Personas que consideran necesaria la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: De acuerdo a la interrogante, las personas encuestadas consideran necesaria en su totalidad la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable independiente.

Cuadro 9

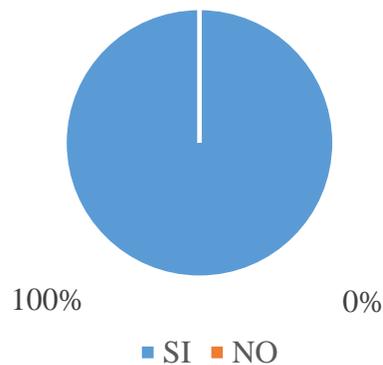
Personas que estarían de acuerdo con la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
TOTAL	5	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 9

Personas que estarían de acuerdo con la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable independiente.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: El total de personas que contestaron la encuesta, estarían de acuerdo con la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Cuadro 10

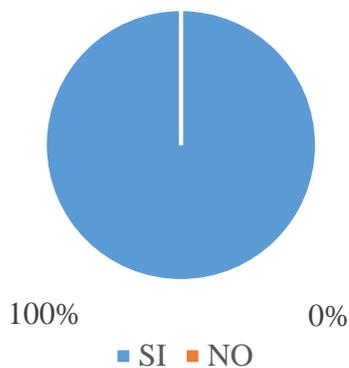
Personas que consideran importante la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
TOTAL	5	100

Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Grafica 10

Personas que consideran importante la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.



Fuente: información proporcionada por colaboradores de Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Septiembre 2022.

Análisis: Todos los encuestados, consideran importante la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, lo cual comprueba la variable independiente.

IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis “El riesgo de pérdidas económicas en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV. para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua”.
2. Existe el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
3. Existe hace más de 5 años el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
4. Existe la consideración para la reducción del riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
5. Existe la importancia de reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
6. Existe la necesidad de limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
7. No existe Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

8. Existe el apoyo para la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

9. Existe la necesidad de implementar Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

10. Existe en su totalidad estar de acuerdo con la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional De Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

11. Existe la importancia para la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

IV.2 Recomendaciones

1. Implementar Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

2. Disminuir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

3. Reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, luego de 5 años.

4. Estudiar la consideración para la reducción del riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

5. Apoyar la importancia de reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
6. Apoyar la necesidad de limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
7. Implementar Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
8. Fortalecer el apoyo para la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
9. Apoyar la necesidad de implementar Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.
10. Efectuar la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional De Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, ya que el personal está de acuerdo.
11. Apoyar la importancia para la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

BIBLIOGRAFIA

1. Alcázar Ortega, M. Cañas Peñuelas, C. S. & Escrivá Escrivá, G. (2019). Generación, transporte y distribución de energía eléctrica. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/111740>
2. Alexander, C. & Sadiku, M. (2013). Fundamentos de circuitos eléctricos. Quinta edición. México: McGraw-Hill. Recuperado de: <https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/electrotecnia/Fundamentos%20de%20circuitos%20el%C3%A9ctricos,%205ta.%20Edici%C3%B3n%20-%20Charles%20K.%20Alexander.pdf>
3. Arboledas Brihuega, D. (2014). Electricidad básica. RA-MA Editorial. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/106570>
4. Arenas Sicard, G. (2008). Electricidad y magnetismo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/127752>
5. Barrales Guadarrama, R. Barrales Guadarrama, V. R. & Rodríguez Rodríguez, M. E. (2016). Circuitos eléctricos: teoría y práctica. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/39433>
6. Bernal Noreña, Á. & Ortiz Flórez, R. (2013). Sistema de información para la operación remota de plantas de generación de energía hidroeléctrica. Programa Editorial Universidad del Valle. <https://programaeditorial.univalle.edu.co/gpd-sistema-de-informacion-para-la-operacion-remota-de-plantas-de-generacion-de-energia-hidroelectrica-9789587650501-633252e4e1b06.html>
7. Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F. & Noriega, M. T. (2010). Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas. Universidad de Lima, Fondo Editorial. Recuperado de: https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10832/Bonilla_Diaz_kleeberg_Noriega_Mejora_continua.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Carrera Endara, C. F., Manobanda Cuito, W. G., Castro Loor, D. S. & Vallejo Herrera, H. V. (2019). Mejoramiento continuo de procesos de calidad. Grupo

Compás. Recuperado de:
<http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/487/3/listo%20MEJORAMIEN TO%20CONTINUO.pdf>

9. Chapman, S. J. (2000). Maquinas Eléctricas. Tercera edición. México: McGraw-Hill

10. Conejo Navarro, A. J. (2007). Instalaciones eléctricas. McGraw-Hill España. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/50121>

11. Floyd, T. L. (2007). Principios de circuitos eléctricos. Octava edición. México: Pearson Educación. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/qdownload/principios-de-circuitos-electricos-floyd-pdf-pdf-free.html>

12. García Alarcón, C. J. García Martín, T. & Sarasúa Moreno, J. I. (2011). Saltos hidroeléctricos: conceptos básicos y aplicaciones. Delta Publicaciones. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/170208>

13. González González, M. J.; Pérez Zabaleta, A.; Castejón Montijano, R.; Méndez Pérez, E.; Martínez Merino, J. L.; Gómez Barroso, J. L.; Mochón Sáez, A. (2009). Introducción a la economía. Editorial Person Educacion, S.A. Recuperado de: http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3181/introduccion_economia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

14. González Navarrete, J. (2012). Conceptos básicos de electricidad y magnetismo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/127751>

15. Guerrero Sedeño, J. (2011). Análisis de circuitos eléctricos: estado estable. Universidad del Norte. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/70053>

16. http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/maquinas2/subir/5.Bibliografia/1.Chapman,Stephen_Maquinas_Electricas_3ra_ed.pdf

17. Izquierdo Franco, J. (2002). Estudio de flujos de potencia y análisis de fallas en sistemas eléctricos de distribución radial. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/5155/1/1020147516.PDF>

18. Kosow, I. L. (1972). Máquinas eléctricas y transformadores. Editorial Reverté. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/172175>
19. Mejía Villegas, (2003). Subestaciones de alta y extra alta tensión segunda edición. Impresiones Graficas Ltda. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/9056129/subestaciones-de-alta-y-extra-altatension>
20. Menéndez Martínez, A. (2015). Fundamentos de tecnología electrónica. Volumen I: la corriente continua. Editorial Tébar Flores. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/51973>
21. Montesinos Aguayo, D. (2014). Ingeniería básica de una subestación eléctrica de 400 KV. Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/44309624.pdf>
22. O'Kean, J. M. (2013). Economía.. McGraw-Hill España. 1.ra Edición. <https://1library.co/document/qm6klm9y-economia-o-kean-j-2013-1a-ed-espana.html>
23. Pastor Gutiérrez, A. & Ortega Jiménez, J. (2014). Circuitos eléctricos. Vol. I.. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/48745>
24. Pinto, R. E. (2020). Calidad de la energía eléctrica. Jorge Sarmiento Editor - Universitas. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/174425>
25. Ramírez Castaño, S. (2003). Protección de sistemas eléctricos. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7094/samuelramirezcastano.2003.pdf?sequence=1>
26. Sevilla, C. (1999). Calidad total II aseguramiento y mejora continua. México. Editorial Limusa. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/qdownload/libro-calidad-total-ii-aseguramiento-y-mejora-continua-celina-alvearpdf-pdf-free.html>
27. Stevenson, W. D. & Grainger, J. J. (1996). Análisis de sistemas de potencia. México: McGraw-Hill Recuperado de: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/sep/wp->

content/uploads/sites/20/2020/03/An%C3%A1lisis-de-Sistemas-de-Potencia-Grainger-Stevenson.pdf

28. Suárez, S. (2022). Diseño de servicios auxiliares en subestaciones eléctricas de alta tensión. Universidad de Antioquia. Colombia. Recuperado de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/31806/5/SuarezSantiago_2022_ServiciosSubestacionesElectricas.pdf

29. Vargas, L. Haas, J. & Reyes, L. (2020). Generación de energía eléctrica con fuentes renovables. 1. Editorial Universitaria de Chile. <https://elibro.net/es/lc/urural/titulos/221694>

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de Investigación y Proyectos: Dominó

F-30-07-2019-01

Modelo de investigación y proyectos: Dominó

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

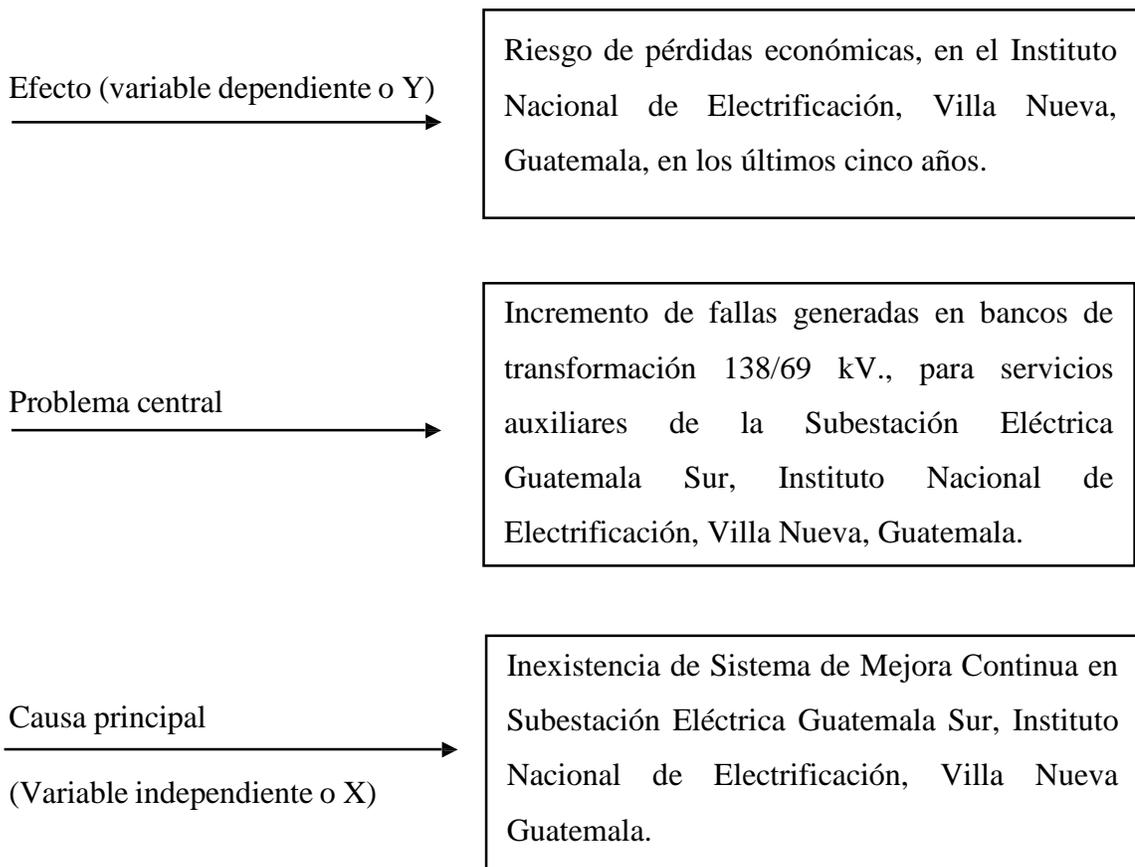
Elaborado por: José Ramiro Pons García Para: Programa de Graduación, Universidad Rural de Guatemala Fecha: 15-03-2023

Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años.	4) Objetivo general Reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: al quinto año de ejecutada la propuesta, se reduce el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, y se soluciona en 60% el efecto identificado. Verificadores: reportes de la Unidad Ejecutora. Supuestos: la Gerencia General brinda toda la colaboración para implementar la propuesta.
2) Problema central Incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	5) Objetivo específico Disminuir las fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: al quinto año de ejecutada la propuesta, se disminuyen las fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, y se soluciona en 80% el problema identificado. Verificadores: reportes de la Unidad Ejecutora. Supuestos: la Gerencia General brinda toda la colaboración para implementar la propuesta.
3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	6) Nombre PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.	
7) Hipótesis El riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua.	12) Resultados o productos R1. Fortalecimiento de la Unidad Ejecutora. R2. Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. R3. Programa de capacitación a colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	
8) Preguntas clave y comprobación del efecto 1) ¿Existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala? Sí ___ No ___ Dirigido a: Jefes de Inveledas en los mantenimientos programados a los bancos de transformación 138/69 kV., Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Boletín 16. Población censal.	13) Ajustes de costos y tiempo (por separado) N/A	
9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal 1) ¿Existe Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala? Sí ___ No ___ Dirigidas a: Jefes de Área y Jefe de Sistema de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. Boletín 25. Población censal.	14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias Forma de presentar resultados: El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades: R1. Fortalecimiento de la Unidad Ejecutora. A1 R2. Programa de capacitación a colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. A1 R3. Programa de capacitación a colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala. A1	
10) Temas del Marco Teórico - Pérdidas económicas. - Energía eléctrica. - Subestaciones eléctricas. - Bancos de transformación 138/69 kV. - Servicios auxiliares en subestaciones eléctricas. - Fallas eléctricas. - Sistema de Mejora Continua.		
11) Justificación El investigador debe de evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.		


Carlos Moisés Hernández González
 INGENIERO AGRÓNOMO
 COLEGIADO 2288

Anexo 2: Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

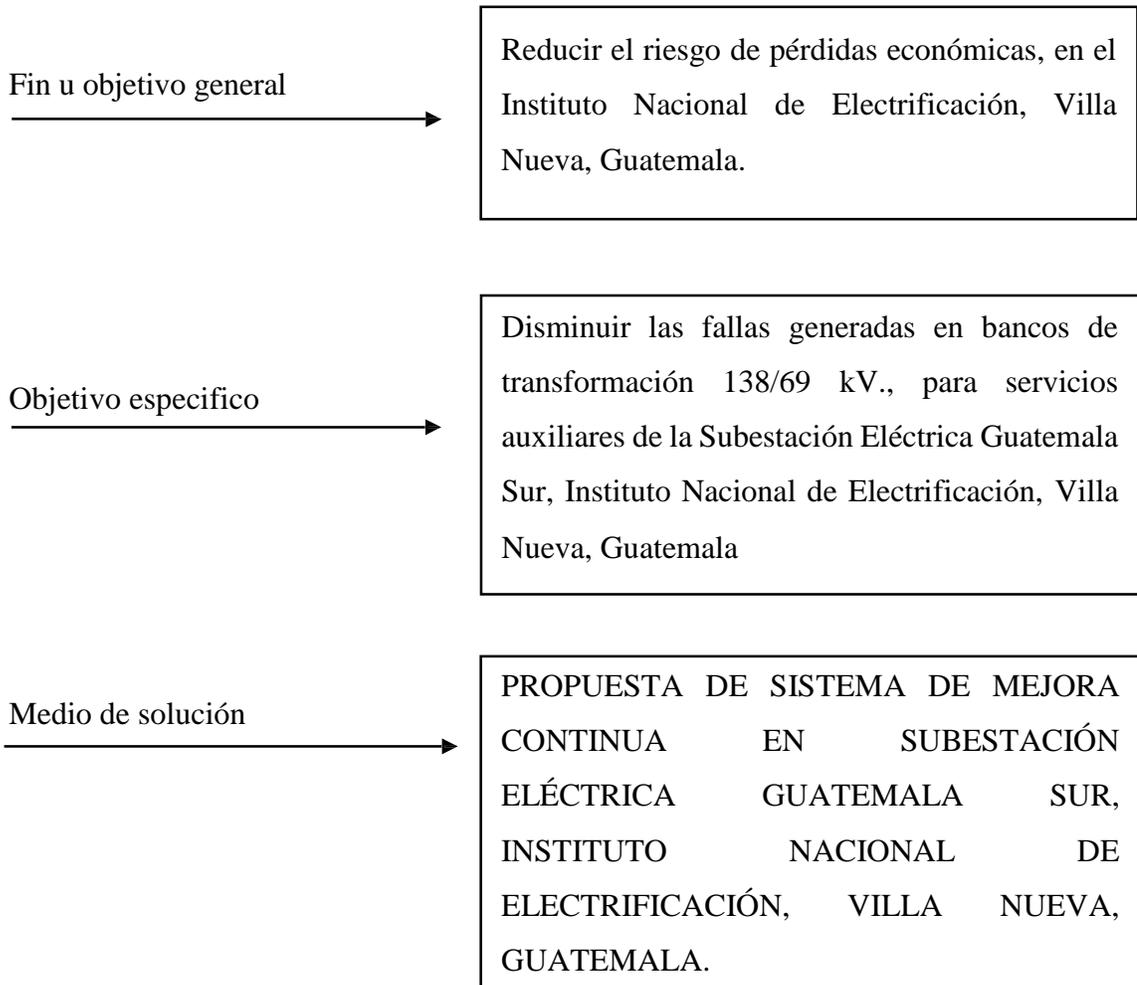
Tópico: Incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala



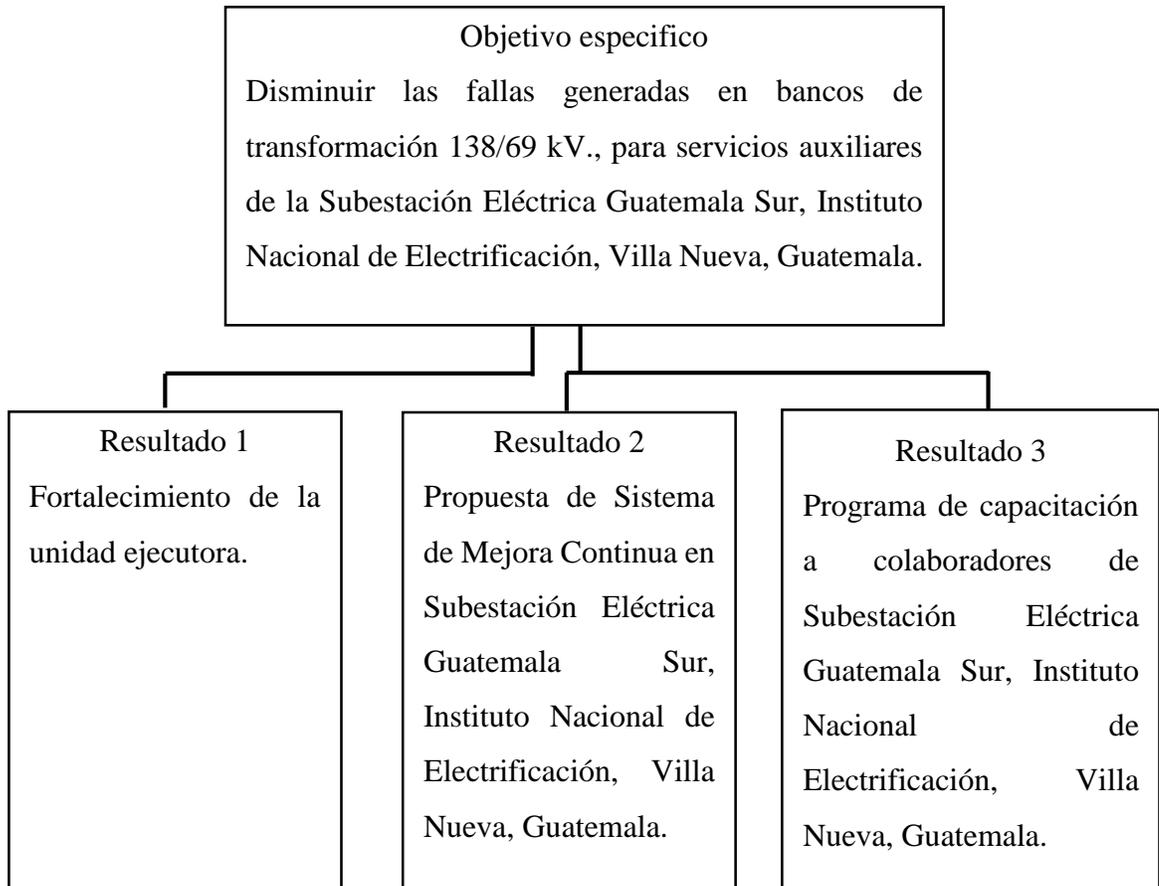
“El riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua.”

¿Será la inexistencia de Sistema de Mejora Continua, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV. para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, la causante del riesgo de pérdidas económicas en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años?

Árbol de objetivos



Anexo 3: Diagrama del medio de solución de la problemática



Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: La siguiente boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente: “Riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años.”

Instrucciones: A continuación, se le presentan una serie de preguntas, a las que deberá responder con una “X” la respuesta que considere correcta.

1) ¿Existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

2) ¿Desde hace cuánto tiempo existe riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional De Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

1-3 años____ 3-5 años____ Más de 5 años____

3) ¿Considera que se puede reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

4) ¿Será importante reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

5) ¿Considera necesario limitar el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

Anexo 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: La siguiente boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente: “Inexistencia de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala”

Instrucciones: A continuación, se le presentan una serie de preguntas, a las que deberá responder con una “X” la respuesta que considere correcta.

1) ¿Existe Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

2) ¿Apoyaría la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

3) ¿Considera necesaria la implementación de Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

4) ¿Estaría de acuerdo con Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

5) ¿Será importante Sistema de Mejora Continua, en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala?

Si____ No____

Anexo 6: Anexo metodológico sobre el cálculo de la muestra.

Para la comprobación de efecto y causa, se utilizó la técnica de censo con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error, debido a que son población finita cualitativa menor de 35 personas, entre las cuales se consideró a jefes de área y Jefe de Sistema de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Anexo 7: Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

El fin de realizarlo es determinar la correlación que existe entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla, con esto podemos determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Nuestro calculo muestra que el coeficiente de correlación es igual a 0.94 indicándonos que si existe un comportamiento lineal.

Para determinar que el coeficiente de relación es lineal entre dos variables, nuestro resultado debe estar entre las cifras ± 0.80 a ± 1 .

A continuación, se presentan los datos obtenidos en nuestros cálculos de correlación junto con cada una de sus fórmulas.

Calculo de coeficiente de correlación.

Año	X	Y	XY	X ²	Y ²
	(# de Años)	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2017	1	3724.22	3724.22	1	13869814.61
2018	2	5287.63	10575.26	4	27959031.02
2019	3	5877.77	17633.31	9	34548180.17
2020	4	12945.64	51782.56	16	167589595.01
2021	5	13479.81	67399.05	25	181705277.64
Totales	15	41315.07	151114.40	55	425671898.44

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	151114.4
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	425671898.44
$\sum Y=$	41315.07
$n\sum XY=$	755572
$\sum X*\sum Y=$	619726.05
Numerador=	135845.95
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	2128359492.22
$(\sum Y)^2=$	1706935009.10
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	421424483.1
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	21071224155.73
Denominador:	145159.31
r=	0.94

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección lineal

Utilizamos la proyección lineal para identificar el comportamiento de nuestra problemática.

El cálculo se realizó tomando en cuenta la información histórica de nuestra problemática, es decir consideramos 5 años atrás, sin tomar en cuenta el año en que hicimos la investigación.

Se debe recordar que el coeficiente de relación es lineal entre dos variables, si nuestro resultado está entre las cifras $+0.80$ a $+1$.

A continuación, podremos observar cada uno de los cálculos junto con sus tablas que muestran los datos que varían conforme los años y el impacto que tendrá nuestro medio de solución.

Calculo de proyección lineal.

Año	X	Y	XY	X ²	Y ²
	(# de Años)	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2017	1	3724.22	3724.22	1	13869814.61
2018	2	5287.63	10575.26	4	27959031.02
2019	3	5877.77	17633.31	9	34548180.17
2020	4	12945.64	51782.56	16	167589595.01
2021	5	13479.81	67399.05	25	181705277.64
Totales	15	41315.07	151114.40	55	425671898.44

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	151114.4
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	425671898.44
$\sum Y=$	41315.07
$n\sum XY=$	755572
$\sum X*\sum Y=$	619726.05
Numerador de b:	135845.95
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	2716.919
Numerador de a:	
$\sum Y=$	41315.07
$b * \sum X =$	40753.785
Numerador de a:	561.285
a=	112.257

Formulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Situación sin propuesta		
X		y = a + bx
No. De año	Año	Riesgo de pérdidas económicas en Q.
6	2022	16413.77
7	2023	19130.69
8	2024	21847.61
9	2025	24564.53
10	2026	27281.45

Porcentajes propuestos para la situación con propuesta				
Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Riesgo de pérdidas económicas en Q.
	2021			
	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2022	13479.81	12%	1618	11862.23

Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Riesgo de pérdidas económicas en Q.
	2022			
	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2023	11862.23	12%	1423	10438.8

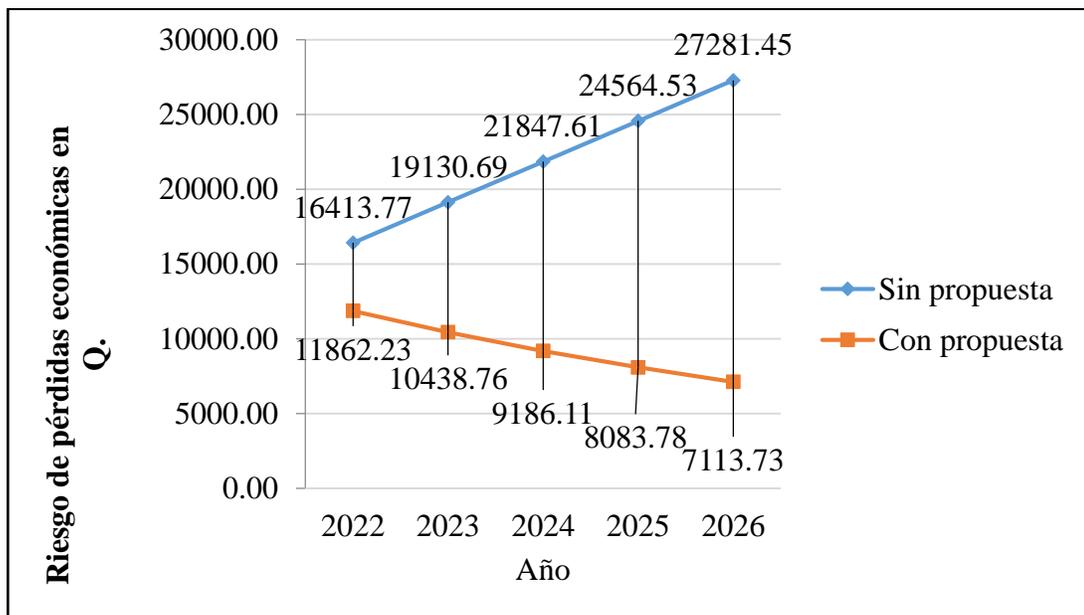
Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Riesgo de pérdidas económicas en Q.
	2023			
	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2024	10438.76	12%	1253	9186.1

Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Riesgo de pérdidas económicas en Q.
	2024			
	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2025	9186.11	12%	1102	8083.8

Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Riesgo de pérdidas económicas en Q.
	2025			
	Riesgo de pérdidas económicas en Q.			
2026	8083.78	12%	970	7113.7

Análisis comparativo con y sin propuesta.		
Año	Riesgo de pérdidas económicas en Q.	
	Sin propuesta	Con propuesta
2022	16413.77	11862.23
2023	19130.69	10438.76
2024	21847.61	9186.11
2025	24564.53	8083.78
2026	27281.45	7113.73
Sumatoria	109238.05	46684.62

Grafica comparativa de situación sin proyecto y con proyecto



Análisis: Con los datos de la gráfica se puede interpretar que en el año 2022 si no se implementa el Sistema de Mejora Continua las pérdidas económicas en la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, estarán en los Q. 16,413.77 con un gran riesgo a que en 5 años esto aumente a Q. 27,281.45 mientras que, llevando a cabo la implementación del Sistema de Mejora Continua, el año 2022 solo tendría pérdidas de Q. 11,862.23 y que en 5 años esto disminuirá a tan solo Q. 7,113.73

José Ramiro Pons García

TOMO II

PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE
ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.



Asesor(a) General Metodológico(a):

Ingeniero Agrónomo Carlos Moises Hernández González

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2023

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE
ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

José Ramiro Pons García

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado
en Ingeniería Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2023

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA GUATEMALA SUR, INSTITUTO NACIONAL DE
ELECTRIFICACIÓN, VILLA NUEVA, GUATEMALA.



Rector de la Universidad

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano(a) de la facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2023

Esta tesis fue presentada por el Autor, previo a obtener el título Universitario de Licenciado en Ingeniería Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables.

PROLOGO

La siguiente investigación se realizó, de acuerdo a los estatutos y reglamentos internos de la Universidad Rural de Guatemala, para optar al título de Ingeniero Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables con el grado de Licenciado.

La energía eléctrica forma parte de nuestro diario vivir, en nuestros hogares y los lugares donde laboramos, de una manera u otra se ha vuelto indispensable. Puede ser generada de varias formas, centrales hidroeléctricas, centrales geotérmicas, centrales solares, parques eólicos, centrales termoeléctricas de ciclo convencional. Luego de ser generada la energía eléctrica hace un recorrido a través de las distintas subestaciones eléctricas ubicadas en distintos puntos del país, uno de estos puntos es la subestación eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala, encargada de brindar la energía eléctrica a las distintas subestaciones distribuidoras de 13.8kV. por tal razón es importante contar con un Sistema de Mejora Continua que tenga una constante evaluación en las protecciones adecuadas para los equipos de transformación en la subestación eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala.

El propósito del trabajo de investigación fue identificar el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, que provocaban aperturas no programadas en los equipos de transformación de 138/69 kV. una vez identificados tratar de disminuirlos con un constante control preventivo y predictivo que fácilmente se puede obtener con un Sistema de Mejora Continua.

La falta de un control adecuado a los equipos de transformación 138/69 kV. y los servicios auxiliares que estos proveen, ponen en riesgo el correcto funcionamiento de

los mismos, dejando el sistema eléctrico vulnerable a las aperturas no programadas las cuales pueden significar pérdidas económicas para la Subestación Eléctrica Guatemala Sur.

PRESENTACIÓN

El siguiente trabajo de investigación Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, tiene como objetivo la implementación del sistema antes mencionado debido a la falta del mismo. Es necesario tener un control adecuado en cada uno de los equipos de la subestación y el Sistema de Mejora Continua ofrece estos controles, llevando un informe detallado sobre cada uno de los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos que los equipos conllevan, la subestación eléctrica Guatemala Sur es de suma importancia no solo para el sistema eléctrico de la ciudad de Guatemala, sino que también para todo el sector industrial que se encuentra a los alrededores.

La presente investigación se realizó por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

La finalidad del trabajo de investigación es proporcionar una solución a las distintas problemáticas que genera el tener un funcionamiento adecuado en los equipos de transformación de 138/69 kV., los cuales brindan el servicio de 13.8 kV. Energía utilizada en cada una de las secciones de la subestación (equipo de cómputo, equipo utilizado para pruebas de parametrización, aire acondicionado, iluminación, maquinas industriales de corte y perforación), debido a esto es importante contar con la protección correcta de los circuitos de 13.8 kV., por lo cual el trabajo de investigación se denomina Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

El trabajo de investigación lo conforman cuatro capítulos:

Capítulo I: la manera en que se planteó el problema, hipótesis, objetivos, justificación y metodologías.

Capitulo II: está conformado por los temas agregados en el marco teórico los cuales están desarrollados para comprender de una mejor manera la investigación.

Capitulo III: este capítulo contiene cuadros y graficas obtenidas de la comprobación de la causa y efecto por medio de una encuesta.

Capitulo IV: Este capítulo está conformado por los datos finales en el cual se detalla si se comprobó o no la hipótesis.

INDICE

No.	Contenido	Pág.
I.	RESUMEN	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7
	ANEXOS	

I. RESUMEN

El trabajo de investigación fue enfocado en Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, debido al incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

La finalidad de nuestro trabajo de investigación es reducir las pérdidas económicas derivadas del incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, las cuales afectan todo el sistema eléctrico del país, dañando muchas veces los equipos de potencia de la subestación eléctrica de una manera permanente, así mismo genera fallas en la distribución de la energía eléctrica, que se refleja en paros parciales en las grandes industrias del país o incluso en los hogares de los guatemaltecos.

Planteamiento del problema

Es importante contar con las protecciones eléctricas adecuadas para las unidades de transformación en una subestación eléctrica, en el caso de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, no cuenta con las protecciones eléctricas adecuadas para el suministro de energía eléctrica que corresponde a los servicios auxiliares de dicha subestación.

Esto pone en riesgo el sistema eléctrico de Guatemala, ya que una falla en el suministro de la energía eléctrica para servicios auxiliares provocaría una apertura no programada en uno de los dos bancos de transformación 138/69 kV., generando pérdidas económicas para el Instituto Nacional de Electrificación.

Hipótesis

El riesgo de pérdidas económicas en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua.

¿Sera la inexistencia de Sistema de Mejora Continua, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV. para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, la causante del riesgo de pérdidas económicas en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años?

Objetivos

General

Reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Específico

Disminuir las fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Justificación

Es importante analizar y entender el riesgo de las fallas eléctricas en los transformadores 138/69 kV. que pueden provocar el riesgo de pérdidas económicas

en la subestación eléctrica Guate Sur, Villa Nueva, Guatemala, debido a la inexistencia de un Sistema de Mejora Continua.

Al implementar un Sistema de Mejora Continua se garantiza tener un mejor control y análisis de cada una de las unidades de transformación 138/69 kV., tanto en lo preventivo como en lo predictivo, disminuyendo la cantidad de mantenimientos correctivos que se realizan constantemente al momento de una apertura no programada.

Las fuentes de información utilizadas en el trabajo de investigación son de nivel primario por lo cual son datos reales, obtenidos en la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, a través de algunos colaboradores de dicha empresa.

Metodología

Para que el trabajo de investigación tenga validez y el soporte adecuado se utilizaron métodos y técnicas establecidas por el programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala y el autor del trabajo de investigación verificando así la problemática.

Métodos y técnicas utilizadas en la formulación de la hipótesis.

- Método deductivo: este método nos ayuda a partir de lo general a lo particular dándonos a conocer algunos aspectos importantes dentro del área donde se realiza la investigación.

- Método del marco lógico: nos permite dar un mayor enfoque a lo que es la variable dependiente e independiente de nuestra hipótesis, nos ayuda a planificar el tiempo que requiere cada proceso de nuestra investigación.

- Método científico: método utilizado para la obtención del punto de nuestra investigación a través de observación, hipótesis, procedimientos, objetivos, evaluaciones numéricas para reforzar nuestros datos reales.

- Modelo de investigación dominó: es una técnica que se utiliza para resolver la problemática, propuesta y evaluación por medio de este modelo se resume el trabajo de investigación.

- Observación directa: la recolección de los datos se realizó con los colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, enfocándonos en la importancia de las mejoras que se obtendrán con nuestra propuesta.

- Investigación documental: esta técnica se utilizó a manera de evaluar los documentos existentes sobre la problemática, considerando no realizar un trabajo de investigación que ya exista y así mismo se procedió a obtener información de libros, bibliotecas para reforzar los conceptos que abarca nuestra investigación.

- Entrevista: la técnica de entrevista es utilizada con el personal que posee un conocimiento sobre la problemática.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

-Método de análisis: funciona para la interpretación de los datos tabulados obtenidos en los censos realizados a los colaboradores de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, en valores absolutos y relativos con el fin de corroborar la causa y efecto de nuestra investigación.

-Método estadístico: funciona para la interpretación de los datos tabulados obtenidos en los censos realizados a los colaboradores de la Subestación Eléctrica Guatemala

Sur, en valores absolutos y relativos a fin de corroborar la causa y efecto de nuestra investigación.

- Entrevista: para la realización de la entrevista se procedió a diseñar boletas con el fin de comprobar la variable dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada.

- Determinación de la población a investigar: para el trabajo de investigación se realizó un censo debido a la cantidad de colaboradores que podían brindar información detallada sobre la problemática

Técnicas

Para el caso de la formulación de la hipótesis se utilizaron la observación directa, la investigación documental y en el caso de la comprobación fueron utilizadas la entrevista y la determinación de la población a investigar.

El tomo II está compuesto por la propuesta que utilizaremos para resolver la problemática, misma que contiene 3 resultados con 4 actividades en cada una.

Resultado 1: Fortalecimiento de la unidad ejecutora.

Actividad 1. Espacio físico.

Actividad 2. Material y equipo.

Actividad 3. Personal técnico.

Actividad 4. Gestión de recursos económicos.

Resultado 2: Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Actividad 1. Evaluación financiera y proyección para compra e instalación de interruptor de potencia en circuito terciario.

Actividad 2. Realización de términos de referencia para licitación de la compra e instalación del interruptor de potencia.

Actividad 3. Planificación y supervisión de las etapas de trabajo para la instalación y puesta en servicio de interruptor de potencia.

Actividad 4. Recepción final de contrato por compra e instalación de interruptor de potencia.

Resultado 3: Programa de capacitación a colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Actividad 1. Taller de Sistema de Mejora Continua.

Actividad 2. Taller sobre mantenimientos preventivos, deductivos y correctivos adecuados a mecanismos de interruptores de potencia.

Actividad 3. Taller de pruebas rutinarias de aislamiento en interruptores de potencia.

Actividad 4. Taller para protocolo de pruebas electromecánicas a interruptores de potencia.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a cada uno de los datos obtenidos, se detallan la conclusión y recomendación principal de nuestro trabajo de investigación, las cuales son las siguientes:

Conclusiones

Se comprueba la hipótesis “El riesgo de pérdidas económicas en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, en los últimos cinco años, por el incremento de fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV. para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, es debido a inexistencia de Sistema de Mejora Continua”.

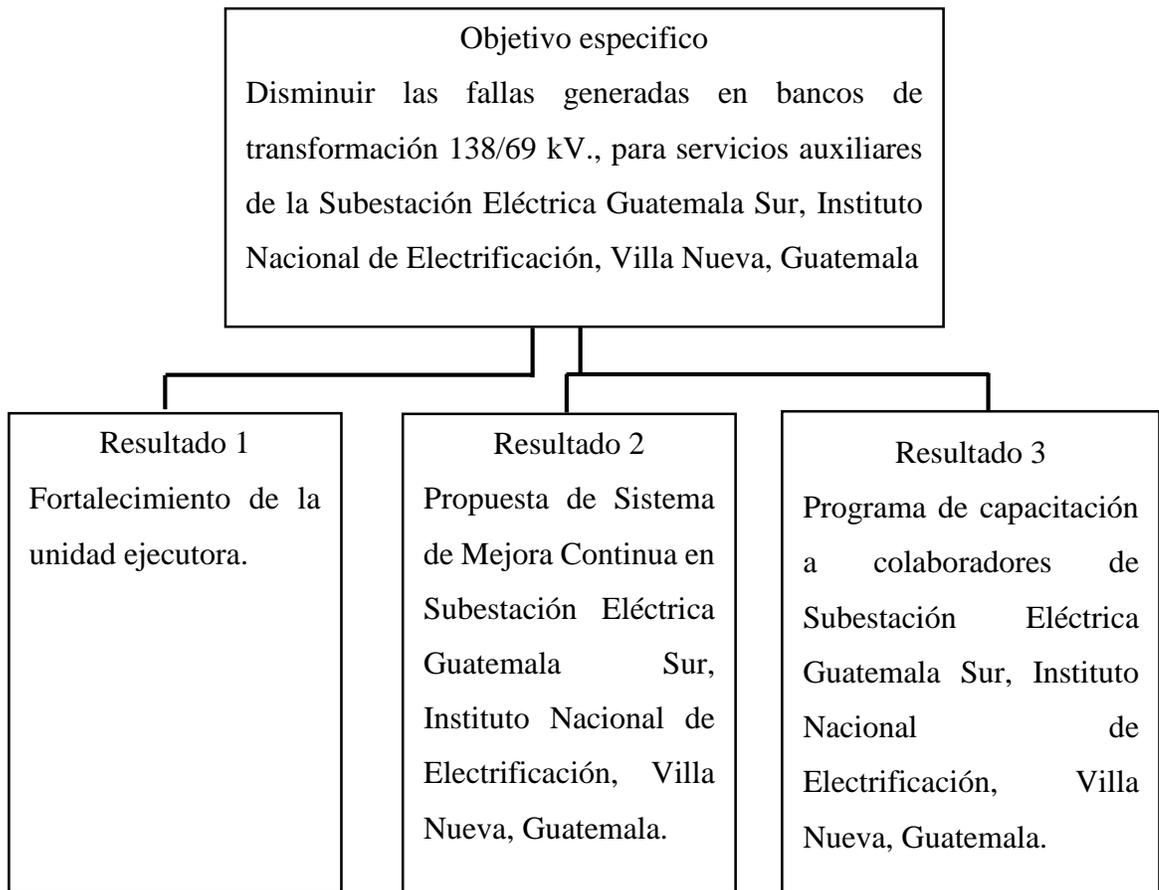
Recomendaciones

Implementar Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática.

Diagrama del medio de solución de la problemática



Introducción

A continuación, se detalla la información sobre los resultados encontrados derivados de nuestra investigación, para obtener una solución a la problemática planteada, se cuenta con 3 resultados y cada uno contiene 4 actividades.

Resultado 1: Fortalecimiento de la unidad ejecutora.

Actividad 1. Espacio físico. Se debe contar con una oficina destinada para el apoyo de la implementación del Sistema de Mejora Continua, la cual debe tener las siguientes dimensiones; 7mts² dentro de las instalaciones de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala.

Actividad 2. Material y equipo. 1 computadora de escritorio, 1 computadora portátil, 1 silla convencional, hojas papel bond, 1 impresora, 1 kit de herramientas, 1 escalera, 1 vehículo, 1 teléfono celular, 1 radio de comunicación, 1 casco, 1 chaleco reflectivo, 2 pares de botas industriales dieléctricas, 2 pares de lentes industriales, 2 pares de guantes dieléctricos, 1 maleta de pruebas para interruptores de potencia marca OMICRON Cibano500, 1 maleta de pruebas MULTI-ANALYSER sf6.

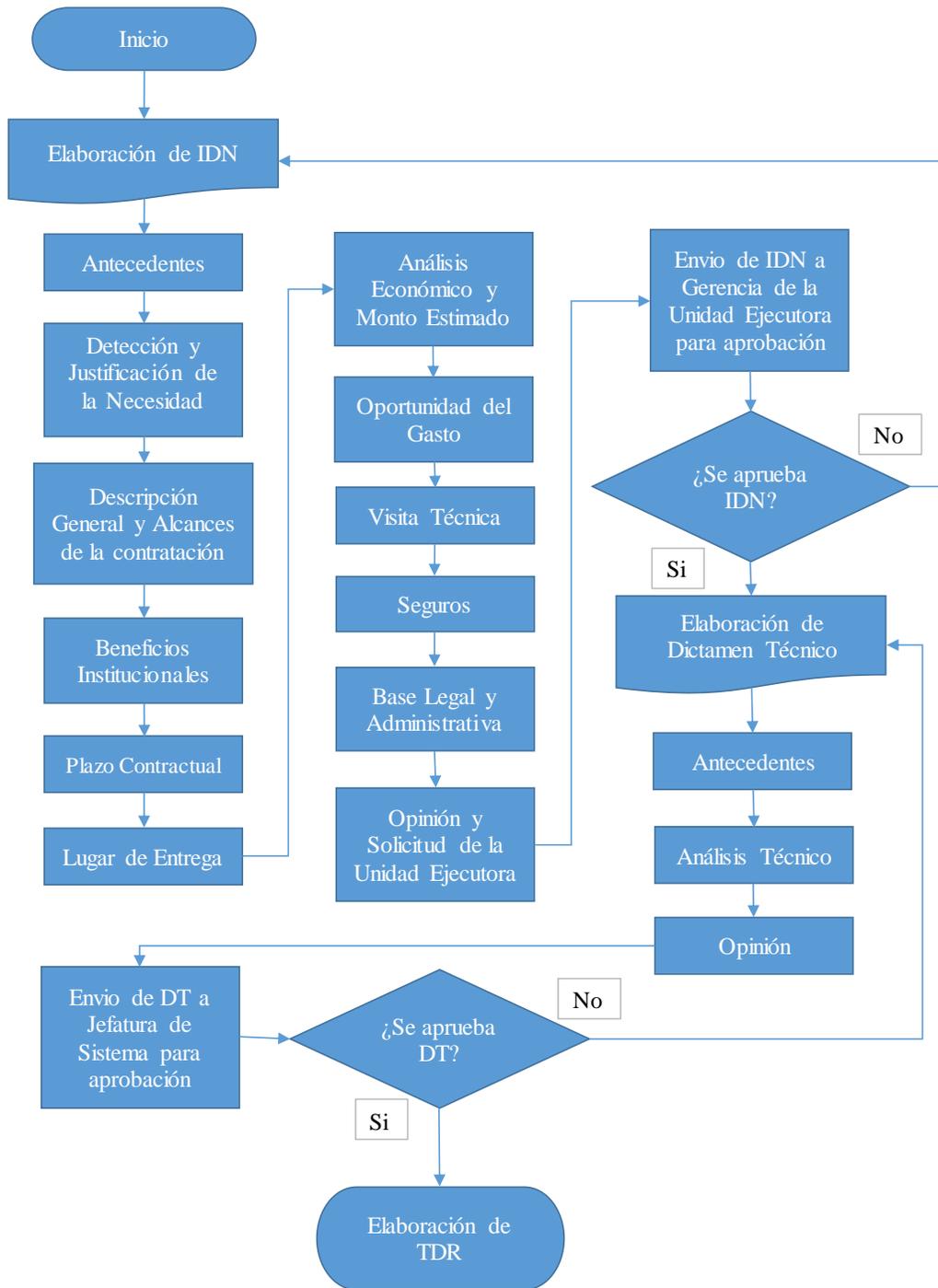
Actividad 3. Personal técnico. El personal adecuado para el fortalecimiento de la unidad ejecutora debe contar con 3 plazas, las cuales deben ser, 1 plaza profesional jefe de Sección II (Ingeniero Industrial o Ingeniero Eléctrico), y dos plazas técnicas, Electricista III (bachiller industrial y perito en electrónica o electricidad) y Auxiliar de profesional I (bachiller industrial y perito en electrónica o electricidad). Las personas que ocupen los puestos antes mencionados serán los encargados de mantener un control adecuado y verificar que se desempeñe el Sistema de Mejora Continua dentro de las instalaciones de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala.

Actividad 4. Gestión de recursos económicos. La Gerencia junto con la jefatura de Sistema de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala., será la encargada de proporcionar los recursos necesarios para el funcionamiento de la Unidad Ejecutora.

Resultado 2: Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Actividad 1. Evaluación financiera y proyección para compra e instalación de interruptor de potencia en circuito terciario.

Se genera un informe de detección de necesidades (IDN) el cual abarca la cantidad monetaria que alcanzara la realización del proyecto. Se realiza una proyección lineal para verificar la reducción de las pérdidas económicas provocadas por las aperturas no programadas de los bancos de transformación 138/69 kV., derivadas de la falta de un interruptor de potencia en la salida del devanado terciario (13.2 kV) de los bancos de transformación antes mencionados. Se realiza una evaluación financiera para conocer los gastos que conllevaran realizar la compra de un interruptor de potencia, tomando en cuenta cada uno de los factores involucrados, costo del equipo, costo de materiales necesarios para la instalación del equipo de potencia, equipos de control, costos de obra civil, costo de mano de obra requerida (puede ser el personal del Instituto Nacional de Electrificación o personal de empresas externas, dependiendo de los términos de referencia), costos por mantenimientos programados.



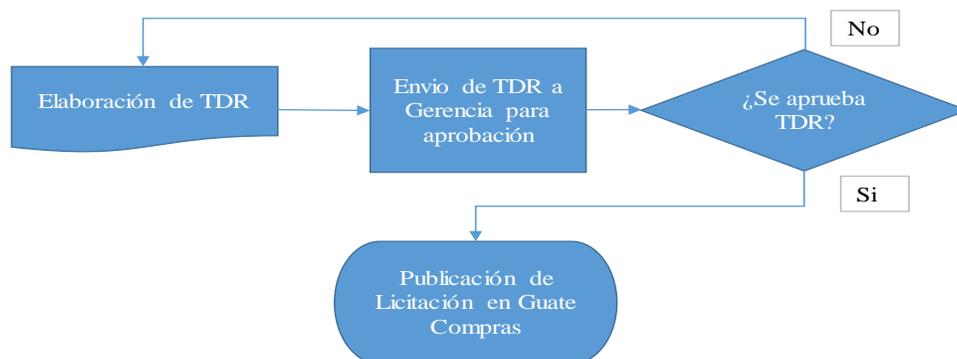
Actividad 2. Realización de términos de referencia para licitación de la compra e instalación del interruptor de potencia.

Para realizar la compra e instalación del interruptor de potencia deben considerarse varios aspectos dentro de los términos de referencia:

- Tiempo estipulado para la realización del contrato; 4 meses.
- Garantía sobre el interruptor de potencia y cada uno de sus componentes; la garantía ante cualquier falla en los circuitos o equipos deberá ser de 1 año.
- Tipo de interruptor de potencia; tripolar, de tanque vivo.
- Nivel de voltaje; 13.8kv.
- Normas aplicables. IEC 60056, IEC 60060, IEC 60267, IEC 60376.
- Sistemas de accionamiento y mandos.
- Elementos para conducción de corriente.
- Tipos de mecanismos para interrupción del arco eléctrico; deben ser capaces de abrir y cerrar el circuito hasta el punto de corriente nominal detallado en los TDR.
- Tipos de aislamientos; cerámica.
- Mecanismo general; de apertura y cierre (el interruptor debe tener la capacidad para ser configurado con recierre)
- Tipo de voltaje para los circuitos de control; el voltaje utilizado será 125 VCC.
- Contador de operaciones.
- Tipo de aislante utilizado para la extinción del arco eléctrico; gas SF6.
- Contactos auxiliares; debe contar con 12 contactos normalmente abiertos (NO) y 12 contactos normalmente cerrados (NC).
- Resistencia mecánica; el interruptor debe ser capaz de soportar esfuerzos mecánicos provocados por fallas de cortocircuito, de origen sísmico, cargas por el viento.
- Materiales para la estructura de soporte del interruptor de potencia; acero galvanizado, pernos de anclajes, cantidad necesaria que soporte los esfuerzos mecánicos del interruptor de potencia.

- Herramientas para el uso del interruptor; manivelas necesarias para tensar o destensar el resorte del interruptor de potencia, manómetros para la medición de la presión de la cámara de aislamiento con gas SF6.
- Señalizaciones; estado del interruptor (abierto o cerrado, para el caso del estado abierto debe de señalizarse con color verde y el estado cerrado con color rojo), estado del resorte (si esta tensado o destensado), presión de la cámara de aislamiento con gas SF6, contador de operaciones.
- Accesorios; herramienta necesaria para el llenado de gas SF6, manivelas para tensar o destensar el resorte, placa con la información del interruptor de potencia, pernos de anclaje.
- Pruebas de rutina; de operaciones mecánicas, medición de la resistencia eléctrica del circuito principal, simultaneidad de fases.
- Pruebas tipo; dieléctricas para verificar el nivel de aislamiento, tiempos de operación de apertura y cierre, pruebas de elevación de temperatura, pruebas de tiempos para verificar la operación mecánica y de impacto al medio ambiente.
- Diagramas, planos, manuales; se deberán entregar 2 ejemplares de planos eléctricos, 2 ejemplares de planos de obra civil, y los manuales que entregue fábrica.

Luego de terminar los términos de referencia se procede a enviarlos a gerencia para que sean aprobados y puedan ser publicados en Guate compras.



Actividad 3. Planificación y supervisión de las etapas de trabajo para la instalación y puesta en servicio de interruptor de potencia.

Conforme a el tiempo estipulado en los términos de referencia, el contrato debe finalizarse en un plazo de 4 meses.

Se programa un cronograma para especificar los trabajos que se realizaran cada semana del plazo de 4 meses.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO DE INTERRUPTOR DE POTENCIA PARA SALIDA DE DEVANADOS TERCARIOS DE BANCOS DE TRANSFORMACION 138/69KV.																	
Actividades	Responsables	1.er Mes				2.do Mes				3.er Mes				4.to Mes			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Reconocimiento del área de trabajo	Empresa contratada/colaboradores de INDE	■															
Levantamiento de planos de obra civil	Empresa contratada/colaboradores de INDE	■	■														
Levantamiento de planos eléctricos	Empresa contratada/colaboradores de INDE		■														
Construcción de cimientos y trincheras para nuevo interruptor de potencia	Empresa contratada			■	■												
Montaje de interruptor de potencia	Empresa contratada					■											
Instalación de tableros de control y comunicación	Empresa contratada						■										
Tendido de cableados de control	Empresa contratada							■	■								
Conexión y etiquetado de cableados	Empresa contratada								■	■							
Pruebas electromecánicas	Empresa contratada/colaboradores de INDE									■							
Pruebas de aceptación y rutinarias	Empresa contratada/colaboradores de INDE										■						
Tendido de cableados de potencia	Empresa contratada											■					
Conexión de cableados de potencia	Empresa contratada												■				
Puesta en servicio	Empresa contratada/colaboradores de INDE													■			
Pruebas de nivel 0,1 y 2	Empresa contratada/colaboradores de INDE														■		
Pruebas de apertura bajo carga	Empresa contratada/colaboradores de INDE															■	
Revisión de señalización y etiquetado de cableados	Empresa contratada/colaboradores de INDE															■	
Revisión de señalización de equipos de control y comunicación	Empresa contratada/colaboradores de INDE															■	
Verificar que no existan trabajos pendientes de realizar	Empresa contratada/colaboradores de INDE															■	
Entrega de Planos de obra civil, eléctricos y manuales	Empresa contratada																■
Finalización de trabajos																	■

Actividad 4. Recepción final de contrato por compra e instalación de interruptor de potencia.

Luego de revisar que cada punto de los términos de referencia se haya completado, se debe proceder a dar por concluido el contrato, esto se realizará con la redacción de un informe el cual especifique que se realizaron todas las pruebas y revisiones que incluía el proyecto para que pueda ser redactada el acta final y se notifique a gerencia, mencionando que se está satisfecho con los trabajos realizados.

La implementación de Sistema de Mejora Continua, se utilizará en la planificación y organización para los mantenimientos programados al interruptor de potencia, de manera que los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos posean un orden estructurado en base a los distintos métodos utilizados en la mejora continua.

SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN INTERRUPTOR DE POTENCIA				
Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA)				
Tipo de mantenimiento	Etapas			
	Planificar (Plan)	Hacer (Do)	Verificar (Check)	Actuar (Act)
Preventivo	Planteamiento de los trabajos que pueden tomarse en cuenta dentro de este tipo de mantenimiento (pruebas Tipo, engrase de mecanismos, nivelación de Gas SF6)	Realizar las pruebas correspondientes en cada mantenimiento programado	Tener un registro de las pruebas y trabajos que se logran realizar en cada mantenimiento programado	Tener un monitoreo constante en base a las observaciones y comentarios en cada mantenimiento proporcionadas por los colaboradores involucrados en los mantenimientos
Predictivo	Planteamiento de los trabajos que pueden tomarse en cuenta dentro de este tipo de mantenimiento (pruebas Electromecánicas)	Realizar las pruebas correspondientes en cada mantenimiento programado	Tener un registro de las pruebas y trabajos que se logran realizar en cada mantenimiento programado	Tener un monitoreo constante en base a las observaciones y comentarios en cada mantenimiento proporcionadas por los colaboradores involucrados en los mantenimientos
Correctivo	Tener los repuestos adecuados en caso de; Falla en mecanismos de operación, falla por presión baja de gas SF6, falla por arqueo eléctrico derivado de contaminación en el gas SF6, falla por sobrevoltaje o voltajes prolongados, falla de la protección antibombeo, falla en apertura por transitorios.	Reemplazar piezas o mecanismos que tengan un desgaste o sobreesfuerzo mecánico a simple vista, torque de tornillería	Tener un registro de las piezas o mecanismo que suelen presentar fallas en el interruptor	Tener un monitoreo constante sobre las observaciones y comentarios en cada mantenimiento proporcionadas por los colaboradores involucrados en los mantenimientos

Imagen 1: Ejemplo de Interruptor de potencia en Banco de Reactores de 13.8 kV. en S-E Guatemala Norte.



Fuente: tomada en Subestación Eléctrica Guatemala Norte, Guatemala, Guatemala.

Imagen 2: Ejemplo de Interruptor de potencia en Banco de Transformación de 230/69 kV. en S-E Guatemala Sur.



Fuente: tomada en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Villa Nueva, Guatemala.

El sistema de mejora continua será una herramienta para tener un control óptimo de acuerdo a cada tipo de mantenimiento, guiándonos a través del método de ciclo PHVA obteniendo así un progreso sucesivo con pequeñas mejoras cada vez que finalice un mantenimiento programado.

Resultado 3: Programa de capacitación a colaboradores de Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Actividad 1. Taller de Sistema de Mejora Continua.

La importancia de este taller es tratar de involucrar a la mayor cantidad de colaboradores posibles, tomando en cuenta cada opinión e incluso realizando lluvia de ideas para que cada punto sea retroalimentado por las personas que están directamente involucradas en los trabajos de mantenimientos.

El taller de Sistema de Mejora Continua deberá ser impartido a cada colaborador involucrado para los trabajos programados, este mismo deberá ser impartido por los jefes de áreas, ya que las jefaturas son las que partes que concentran toda la información de los equipos de potencia. El taller se realizará en la sala de capacitaciones de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Los temas de este taller serán los distintos métodos aplicables a una mejora continua;

- ¿Qué es un Sistema de Mejora Continua?

- Herramientas para un Sistema de Mejora Continua.

- Método de Kaizen.

- Six Sigma abarcando los métodos DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar).

El taller será impartido cada inicio de mes y se deberá anunciar con 3 días de anticipación.

Actividad 2. Taller sobre mantenimientos preventivos, deductivos y correctivos adecuados a mecanismos de interruptores de potencia.

Las inducciones sobre mantenimientos preventivos, deductivos y correctivos adecuados a mecanismos de interruptores de potencia deberán ser impartidos a cada colaborador involucrado en los trabajos programados, siendo impartido por ingenieros

expertos en los temas, ya sea por parte de personal profesional del Instituto Nacional de Electrificación o personal contratado para impartir este tipo de cursos.

Las inducciones serán realizadas en la sala de capacitaciones de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.

Los temas que deberán exponerse en estas inducciones pueden ser los siguientes;

- ¿Que son los mantenimientos predictivos?
- ¿Que son los mantenimientos preventivos?
- ¿Que son los mantenimientos correctivos?
- Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo.
- Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.
- Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.
- Diferencias entre los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos.

Estas inducciones deberán ser realizadas dos veces cada mes.

Actividad 3. Taller de pruebas rutinarias de aislamiento en interruptores de potencia.

El Taller de pruebas rutinarias de aislamiento en interruptores de potencia será impartido a personal del área llamada Metrología, la cual es la encargada de realizar los protocolos de pruebas a los equipos de potencia en las subestaciones eléctricas, se deberá contratar a profesionales certificados para realizar el taller (de preferencia personal profesional que cuente con certificaciones de las marcas de equipos con los que cuenta la sección de metrología).

Los talleres deberán realizarse en campo, contando con un interruptor de potencia para realizar las siguientes pruebas;

- Gas SF₆.
- Pruebas de pureza y humedad.

Estos talleres deberán ser impartidos dos veces cada mes.

Actividad 4. Taller para protocolo de pruebas electromecánicas a interruptores de potencia.

El Taller para protocolo de pruebas electromecánicas a interruptores de potencia será impartido a personal del área llamada Metrología, la cual es la encargada de realizar los protocolos de pruebas a los equipos de potencia en las subestaciones eléctricas, se deberá contratar a profesionales certificados para realizar el taller (de preferencia personal profesional que cuente con certificaciones de las marcas de equipos con los que cuenta la sección de metrología).

Los talleres deberán realizarse en campo, contando con un interruptor de potencia para realizar las siguientes pruebas;

- Pruebas de corrientes de bobina de motor.
- Resistencia dinámica.
- Resistencia estática.
- Tiempos de operación de cierre y apertura.

Estos talleres deberán ser impartidos dos veces cada mes.

Anexo 2. Matriz de la Estructura Lógica

La Matriz de Estructura Lógica, es un instrumento que sirve para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la propuesta, después de desarrollarla.

COMPONENTES DEL PLAN	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
Objetivo general. Reducir el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.	Al quinto año de ejecutada la propuesta, se reduce el riesgo de pérdidas económicas, en el Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala, y se soluciona en 60% el efecto identificado.	Reportes de la Unidad Ejecutora.	La Gerencia General brinda toda la colaboración para implementar la propuesta.
Objetivo específico. Disminuir las fallas generadas en bancos de transformación 138/69 kV., para servicios auxiliares de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto	Al quinto año de ejecutada la propuesta, se disminuyen las fallas generadas en bancos de transformación 138/69 Kv., para servicios auxiliares	Reportes de la Unidad Ejecutora.	La Gerencia General brinda toda la colaboración para implementar la propuesta.

<p>Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala</p>	<p>de la Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala., y se soluciona en 80% el problema identificado.</p>		
<p>Resultado 1. Fortalecimiento de la Unidad Ejecutora.</p>			
<p>Resultado 2. Propuesta de Sistema de Mejora Continua en Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.</p>			
<p>Resultado 3. Programa de capacitación a colaboradores de</p>			

Subestación Eléctrica Guatemala Sur, Instituto Nacional de Electrificación, Villa Nueva, Guatemala.			
---	--	--	--