



TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

**ANÁLISIS DE RIESGOS OPERACIONALES EN EL PROCESO DE
DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA COMISIÓN
FEDERAL DE ELECTRICIDAD SECCIÓN 126, CIUDAD
TUXPAN VERACRUZ**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO(A) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA

FERNANDA OCHOA ORDOÑEZ

DIRECTOR DE TESIS

M.I.I FERNANDO REYES JUÁREZ

CO-DIRECTOR

DR. MIGUEL ÁNGEL LOPÉZ VELÁZQUEZ



DEDICATORIA

A mi madre y padre por apoyarme en mi educación y crecimiento profesional. Cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que tomaron en mi nombre son el fundamento de mi éxito.

A mis hermanos por brindarme su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es de ustedes.

A mi novio por su apoyo incondicional, por ser alguien muy especial en mi vida y por demostrarme que en todo momento cuento con él.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios quien me ha guiado en esta etapa de mi vida y me ha dado la sabiduría e inteligencia para alcanzar esta meta.

A mis padres, Alma Ordoñez y Fernando Ochoa gracias por cada día confiar y creer en mí. Gracias por impulsarme, orientarme y motivarme a lo largo de mi vida, gracias a su apoyo y amor incondicional he logrado concluir este objetivo.

A mis hermanos, gracias por acompañarme en todos mis logros y hacer de mi vida un lugar feliz.

A mi pareja, gracias por estar a mi lado brindándome tu apoyo y tu motivación para salir adelante. En los momentos difíciles, has estado conmigo, y gracias a tu amor y esperanza he encontrado la fuerza y la determinación para seguir adelante. Gracias por tu dedicación, paciencia y por estar siempre ahí para mí.

A mis asesores, el Ing. Fernando Reyes y el Ing. Carlos Rosales por su gran apoyo y motivación para continuar mis estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo, por haberme transmitido los conocimientos obtenidos y haberme ayudado paso a paso con mi aprendizaje.



RESUMEN

Este proyecto se enfoca principalmente en analizar los riesgos operacionales en el proceso de distribución de electricidad en la Comisión Federal de Electricidad. Incluye 5 etapas importantes.

La primera etapa es "Definir el proceso". En esta fase, el proyecto definirá el proceso de distribución de energía eléctrica aplicando el uso de un diagrama de procesos. ¿Cómo se distribuye y de qué partes se compone?. La segunda etapa es "Identificación de los riesgos" operacionales por medio de la metodología HAZOP, la cual nos dará a conocer los posibles riesgos que se presenten el proceso. La tercera etapa es el "Análisis Cualitativo", que tiene como objetivo analizar la gestión de riesgos y oportunidades, así como la prevención de lesiones y problemas de salud en el trabajo. La cuarta etapa es un "Análisis cuantitativo" aplicando un árbol de fallas. La quinta y última etapa es la "Propuesta de Mejora", cuyo objetivo principal es identificar y evaluar los riesgos operacionales para desarrollar propuestas de mejora de los procesos de distribución. El objetivo de este proyecto es aplicar un análisis de riesgos operacionales para prevenir y minimizar los riesgos a los que está expuesto un empleado en el desempeño de sus actividades profesionales, así como fallas de sus equipos y herramientas.

PALABRAS CLAVE: Riesgos, Seguridad, Análisis de Riesgos, Industrial.



ABSTRACT

This project is mainly focused on analyzing the operational risks in the electricity distribution process at the Comisión Federal de Electricidad. It includes 5 important stages.

The first stage is "Define the process". In this phase, the project will define the electric power distribution process by using a process diagram. How is it distributed and what are its parts?. The second stage is the "Identification of operational risks" by means of the HAZOP methodology, which will reveal the possible risks that may arise in the process. The third stage is the "Qualitative Analysis", which aims to analyze the management of risks and opportunities, as well as the prevention of injuries and health problems at work. The fourth stage is a "Quantitative Analysis" applying a fault tree. The fifth and final stage is the "Improvement Proposal", whose main objective is to identify and evaluate operational risks in order to develop proposals for improving distribution processes. The objective of this work is to apply operational risk analysis to prevent and minimize the risks to which an employee is exposed in the performance of his professional activities, as well as equipment and tool failures.

KEY WORDS: Risks, Safety, Risk Analysis, Industrial.



INDICE TEMÁTICO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE TEMÁTICO.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo el estudiante.....	2
1.1.2 Organigrama del Departamento de Distribución.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Justificación.....	5
1.4 Hipótesis.....	6
1.5 Objetivo general.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Conceptos y Definiciones.....	7
2.1.1 Antecedentes del Riesgo.....	7
2.1.2 Riesgo Operacional.....	8
2.1.3 Ventajas y Desventajas del Riesgo Operacional.....	8
2.1.4 Importancia del Riesgo Operacional.....	9
2.2 Gestión del Riesgo Operacional.....	9
2.3 Gestión de Equipos.....	10
2.4 Análisis de Riesgos.....	11
2.4.1 Importancia del Análisis de Riesgos.....	12
2.5 Diagrama de proceso.....	12
2.6 Análisis de Riesgos de Procesos (HAZOP).....	13
2.6.1 Pasos para la implementación de un Análisis de Riesgo de Procesos (HAZOP).....	14
2.7 Análisis de Árbol de Fallas.....	15
3. ESTADO DEL ARTE.....	18



4. METODOLOGÍA	20
4.1 Metodología	20
4.2 Herramientas a utilizar	20
4.2.1 Definir el proceso	21
4.2.2 Identificar los riesgos	21
4.2.3 Análisis Cualitativo	23
4.2.4 Análisis Cuantitativo	24
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
5.1 Definir el proceso de distribución de energía eléctrica	26
5.2 Identificación de riesgos operacionales mediante HAZOP	28
5.3 Evaluación y análisis cualitativo de los riesgos operacionales	32
5.4 Análisis cuantitativo de los riesgos críticos aplicando un árbol de fallas	34
5.5 Propuesta de mejora en el proceso de distribución de energía eléctrica	36
6. CONCLUSIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del Departamento de Distribución	3
Figura 2. Índice de Riesgos	15
Figura 3. Símbolos Árbol de Fallas	16
Figura 4. Ejemplo de un Árbol de Fallas.....	17
Figura 5. Metodología del proyecto.	20
Figura 6. Matriz de evaluación de Riesgos	22
Figura 7. Análisis de riegos en trabajos en altura.....	23
Figura 8. Simbología del árbol de fallas.....	24
Figura 9. Estructura fundamental del árbol de fallas.....	25
Figura 10. Diagrama de procesos	27
Figura 11. Árbol de fallas en el disparo de un circuito en la Distribución de energía eléctrica.....	35
Figura 12. Nuevo Árbol de fallas	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones del personal del Depto. de Distribución.....	4
Tabla 2. Objetivos del Riesgo Operacional	10
Tabla 3. Simbología del diagrama de flujo de procesos.....	13
Tabla 4. Análisis sistemático	14
Tabla 5. Pasos de la metodología HAZOP	14
Tabla 6. Simbología del diagrama de flujo de procesos.....	21
Tabla 7. Pasos de la metodología HAZOP.....	22
Tabla 8. Pasos para gestionar los riesgos	23
Tabla 9. Principales procesos.	26
Tabla 10. Sección 1 "Aplicación de HAZOP"	30
Tabla 11. Sección 1 "Resultados de la aplicación de HAZOP"	32
Tabla 12. Datos de porcentaje de probabilidad	34
Tabla 13. Acciones de mejora	36
Tabla 14. Cálculo del porcentaje de probabilidad	37



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Toda actividad humana lleva un riesgo. Se dice que “En la vida cotidiana o en un día ordinarios, las posibilidades de que algo falle en las actividades humanas están presentes. Cuando alguien se despierta e intenta levantarse de su cama, corre el riesgo de hacer o pisar y lastimarse.” Así mismo “El riesgo significa que no es totalmente seguro que suceda, es decisión de la persona si se arriesga a levantarse o no. Esto se llama aceptar el nivel de riesgo. En la vida cotidiana, se aceptan o rechazan riesgos constantemente.” Por lo tanto esto significa que se analiza “Si se va a aceptar o rechazar el nivel de riesgo que implica la actividad, como cuando se decide esperar la luz roja de un semáforo para cruzar una avenida porque se sabe que si se cruza cuando esta prendida.”

El riesgo que se acepta o rechaza en la industria es más significativo que el que se analiza en la vida cotidiana. (Acosta, 2022)

Teniendo en cuenta que “Si estamos analizando el nivel de riesgo de algo tan básico como levantarse de la cama, es importante analizar el riesgo donde una falla podría causar grandes daños al ambiente, instalaciones y, más importante, perdida de muchas vidas de trabajadores”.

El análisis de riesgos colabora para clasificar todos los aspectos que implican un riesgo de manera sistemática y completa. Además, permite evaluar de manera precoz la probabilidad de que se presente un evento, la gravedad de las consecuencias y, examinando las posibles causas, minimizar el impacto.

Sin embargo en el año 2022 el día 3 de marzo, se presentó un incidente de Caída a diferente nivel, dejando al trabajador con lesiones en la cabeza, por la falta de supervisión en la infraestructura ya que el poste presentaba fisuras en concreto y con varillas expuestas, teniendo un revestimiento de concreto en la parte inferior del mismo.

Debido a esto se realiza un análisis de riesgos para mitigar aquellos riesgos en los que se ve expuesto el trabajador, como también alguna falla en la maquinaria en la que se realizan los trabajos y poder evitar daños.



1.1.1 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo el estudiante

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) “Es una empresa pública de carácter social que provee energía eléctrica, servicio fundamental para el desarrollo de una nación. Es una empresa productiva del Estado, propiedad exclusiva del gobierno federal, con personalidad exclusiva jurídica y patrimonio propio, goza de autonomía” conforme a lo dispuesto en la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

Unos de sus principales objetivos son:

- Incrementar la productividad de la CFE para generar valor económico y rentabilidad al Estado Mexicano, privilegiando la seguridad del suministro eléctrico.
- Mejorar la satisfacción de los usuarios como también la imagen de la empresa ante la sociedad.

Se encuentra ubicada en Av. Independencia Núm. 78 Col. La Ribera, Tuxpan, Veracruz, México, 92870.

Su misión es: Prestar servicios públicos de distribución eléctrica garantizando altos estándares de calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad, creando valor económico y rentabilidad sustentable para la CFE y el Estado mexicano.

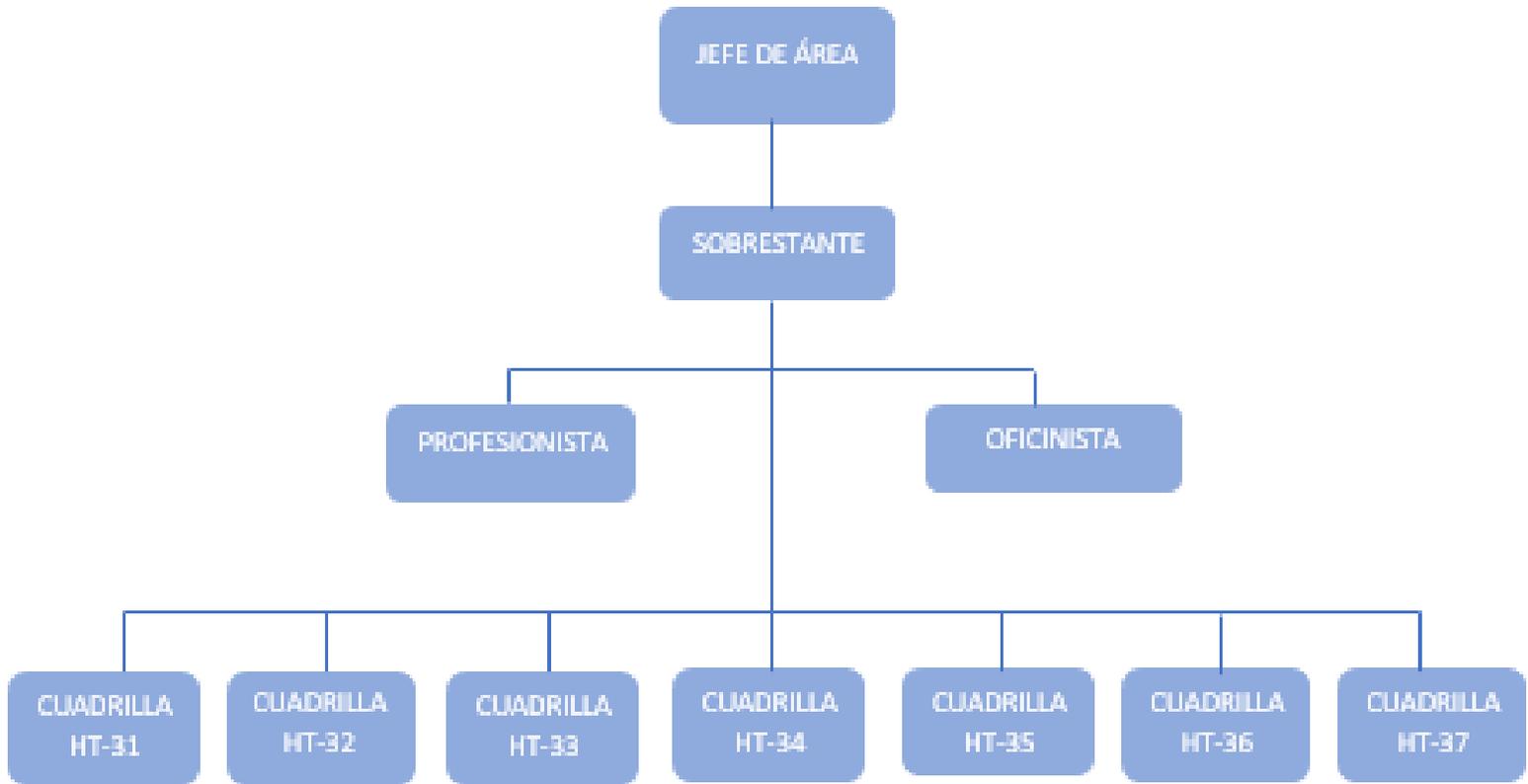
Su visión es: Consolidarse como una empresa energética mexicana líder, sólida técnica y financieramente, comprometida con el fortalecimiento del recurso humano y servicios garantizados.

El proyecto se centra en el área de la distribución eléctrica, el cual distribuye principalmente electricidad con estándares internacionales de calidad, seguridad y confiabilidad a través de los principales procesos:

- Servicio al cliente.
- Medición, conexión y servicios.
- Planeación o construcción.
- Operación y mantenimiento.



1.1.2 Organigrama del Departamento de Distribución





INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 1. Funciones del personal del Depto. de Distribución

FUNCIONES DEL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION	
Jefe de Área	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la eficiencia, continuidad, calidad y seguridad del suministro de energía eléctrica. • Ejecutar la atención de las solicitudes de los usuarios presentados. • Ejecutar los procesos de Planeación y Construcción de la infraestructura eléctrica. • Ejecutar el fortalecimiento de la Capacitación y Seguridad del personal. • Ejecutar el uso eficiente de los recursos.
Sobrestante	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de la planeación de cada una de las actividades de construcción, puesta en servicio, operación y mantenimiento de las RGD. • Organizar los diversos grupos de trabajo a su cargo, así como los equipos y materiales. • Restaurar la energía de las RGD de manera eficiente, efectiva y segura en caso de una emergencia o falla.
Profesionista	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de llevar la productividad y eficiencia de los trabajadores. • Realización del Programa semanal. • Control de transformadores dañados e instalación. • Control de las interrupciones de energía. • Gestionar los oficios de los usuarios.
Oficinista	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de planear, organizar, delegar y plasmar en los formatos proporcionados por la empresa, las actividades del personal de campo, así como llevar el reporte de nómina e informes.
Cuadrillas	<ul style="list-style-type: none"> • Se encargan de dar mantenimiento a las redes generales de distribución.

Fuente: Departamento de Distribución



1.2 Planteamiento del problema

La CFE se dedica a proporcionar servicios públicos de distribución de electricidad, asegurando altos estándares de calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad, creando valor económico y ganancias sustentables.

Sin embargo en el año 2022 se ha presentado un incidente de Caída a diferente nivel, dejando al trabajador con lesiones en la cabeza, por la falta de supervisión en la infraestructura ya que el poste presentaba fisuras en concreto y con varillas expuestas, teniendo un revestimiento de concreto en la parte inferior del mismo. Como también en los últimos meses se han presentado defectos en el equipo de trabajo y su equipo de transporte.

El riesgo presenta varios factores que aceleran la ocurrencia de un accidente de trabajo mortal, estos factores sean errores humanos, propios de la maquinaria o del medio donde se labora, los cuales se pueden controlar y prevenir la ocurrencia de un accidente laboral. Para esto se utiliza un índice de accidentabilidad el cual permite observar la situación del sector y evaluar hasta qué punto se protege a los trabajadores de los peligros y riesgos relacionados con el trabajo.

$$IA = \frac{\text{Número promedio de los trabajadores}}{\text{Accidentes de trabajo}} \times \text{Número promedio anual de los trabajadores}$$

1.3 Justificación

Son muchos los diferentes riesgos que enfrentan los trabajadores al realizar sus actividades laborales, uno de los más importantes es el riesgo eléctrico, que es la posibilidad de que el cuerpo humano quede expuesto a la corriente eléctrica, la electricidad puede ser peligrosa para la salud de los trabajadores como también la realización de trabajos en altura, área de trabajo en malas condiciones, falla en la maquinaria, entre otras.

Se pretende realizar un estudio del proceso de distribución de energía eléctrica con la aplicación de un análisis de riesgos operacionales en el área de distribución en la Comisión Federal de Electricidad sección 126, Ciudad Tuxpan Veracruz, el cual se espera identificar y evaluar riesgos operacionales para el desarrollo e implementación de propuestas para mejorar los procesos de distribución.



1.4 Hipótesis

El análisis detallado de los riesgos operacionales en el proceso de distribución de energía eléctrica revelará áreas críticas de vulnerabilidad que pueden ser mitigadas para disminuir la gravedad de los incidentes.

1.5 Objetivo general

Analizar los riesgos operacionales en el proceso de distribución de energía eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad sección 126, Ciudad Tuxpan Veracruz.

1.5.1 Objetivos específicos

- Definir el proceso de distribución de energía eléctrica a través de un diagrama de procesos.
- Identificar los riesgos operacionales por medio de HAZOP.
- Evaluar los riesgos operacionales cualitativamente.
- Evaluar cuantitativamente los riesgos críticos aplicando un árbol de fallas.
- Desarrollar e implementar una propuesta de mejora en los procesos de distribución de energía eléctrica.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos y Definiciones

Riesgo: “El riesgo es aquella probabilidad de que ocurra un evento negativo y el efecto o impacto de dicho evento presentado, en donde la presencia representa una amenaza (una fuente de peligro) y la vulnerabilidad de la organización a su impacto”. Es decir: riesgos = probabilidad por impacto. (Chavez, 2018)

Riesgo operacional: Corresponde al riesgo de falla operativa por debilidades o errores en los procesos internos, personas, sistemas y controles internos aplicables, o por eventos externos. (Martínez F. , 2019)

Análisis de Riesgos: El análisis de riesgo, también conocido como evaluación de riesgos o PHA por sus siglas en inglés Process Hazards Analysis, es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir. (Tejeda, 2010)

Equipo: Recopilación de materiales, suministros, y equipamientos que se utilizan con fines productivos.

Maquinaria: Conjunto de herramientas y equipos mecánicos que se utilizan para realizar una tarea o proceso específico. (Méndez, 2019)

Programa Diario de Trabajo: Herramienta de gestión de tareas desarrolladas por el personal de ejecución en donde se desglosan las tareas que deben de realizar cada semana. Incluye el tipo de actividad a ejecutar, localización del lugar, duración, cantidad realizadas de maniobras, si se presentaron problemas durante la ejecución, materiales utilizados y observaciones.

2.1.1 Antecedentes del Riesgo

El riesgo se define como una situación imprevisible o un daño inevitable; donde la aleatoriedad se define como la posibilidad de que algo suceda o no, especialmente un problema que surge de manera imprevista. (Chavez, 2018)



Se dice que el concepto de riesgo ha sido moldeado por el pensamiento occidental sobre el capitalismo y la teoría económica; haciendo que la economía sea una de las disciplinas pioneras en el cálculo de riesgos. El término "riesgo" no siempre ha formado parte del vocabulario de la sociedad, remontándose a la antigüedad, según Luhmann (1996), el riesgo se percibe, aunque hasta hace poco la sociedad moderna incluía el término "riesgo" en su vocabulario.

2.1.2 Riesgo Operacional

Estos riesgos incluyen una amplia gama de riesgos, desde pérdida de personal clave, interrupciones e incumplimiento de pagos, hasta robo, fallas del sistema y daños a la propiedad.

El riesgo operativo se define como “el riesgo de pérdida debido a debilidades o fallas en los procesos, personas y sistemas internos, o causado por eventos externos”. (Storkey, 2018)

Riesgo humano: gama de errores que una persona o personas pueden cometer al realizar actividades particulares, como hacer trampa, presionar la tecla incorrecta en una computadora, borrar o destruir accidentalmente un archivo o ingresar un valor incorrecto de parámetros en el modelo. (García, 2006)

Riesgo en el proceso: Riesgos relacionados con modelos, transacciones y controles operativos. (García, 2006)

Riesgos en sistemas y tecnología: están asociados con fallas en los sistemas y con errores en la programación, en la información y en las telecomunicaciones, entre otras posibilidades. (García, 2006)

2.1.3 Ventajas y Desventajas del Riesgo Operacional

Una gestión adecuada del riesgo operacional permite a identificar, evaluar, mitigar y controlar los riesgos asociados con sus actividades, teniendo en cuenta las capacidades de nuestra empresa.



Ventajas:

- Aprovecha oportunidades.
- Reducción de pérdidas.
- Está presente en cualquier empresa.
- Tiempo de respuesta

Desventajas:

- Se tiene poco conocimiento u faltan herramientas para su gestión, por ellos es que ha ocasionado grandes pérdidas.
- Pérdida directa en la actividad ordinaria de la empresa.

El riesgo operacional se está convirtiendo en un tema importante en la comunidad financiera internacional debido al colapso de una serie de instituciones financieras y no financieras, en parte debido a problemas operativos.

2.1.4 Importancia del Riesgo Operacional

Incluso el riesgo de sufrir pérdidas debido a procesos, personas o sistemas internos que han fallado o que han sido inadecuados o bien por causa de eventos externos. Así mismo, el riesgo operativo también puede tener un gran impacto directo en los ingresos, las ganancias, la reputación y la capacidad de una empresa para cumplir con sus obligaciones establecidas. Una adecuada gestión del riesgo operativo será un diferenciador y sin duda nos dará una ventaja competitiva.

2.2 Gestión del Riesgo Operacional

La gestión de riesgos operativos (ORM) es una forma de obtener una visión integral de la exposición al riesgo de una empresa a lo largo de su cadena de suministro, donde todos en la organización desempeñan un papel para garantizar la cultura y la mejor seguridad posible. Hoy en día, la gestión del riesgo operativo se ha vuelto mucho más avanzada tecnológicamente, lo que ha llevado al surgimiento del concepto de gestión integrada del riesgo (IRM).



Es decir, la gestión de riesgos es comprender y explotar las oportunidades para generar ganancias y al mismo tiempo reducir las pérdidas mediante la comprensión y la lucha contra las amenazas. La gestión de riesgos incluye la creación de la infraestructura y estructura adecuadas, como también el desarrollo de una cultura organizacional que se centre en la prevención y utilice un enfoque racional y sistemático para lograr el control del riesgo. Entendemos el riesgo operacional como la posibilidad de que ocurran dichos eventos y sus consecuencias que afecten negativamente las operaciones de una organización y la producción de productos o servicios. Suponiendo que no existe un riesgo cero y que el riesgo es inherente a las actividades de una organización, comprender y gestionar el mapa de riesgos de una organización no es sólo un factor para construir una ventaja competitiva sino también una forma de garantizar la estabilidad, la competitividad y el desarrollo de la organización. La Gestión de Riesgos Operacional tiene los siguientes objetivos:

Tabla 2. Objetivos del Riesgo Operacional

- Proteger los activos de la organización.
- Garantizar el éxito de la operación y del servicio.
- Proteger a las personas.
- Proteger la viabilidad competitiva a largo plazo.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Gestión de Equipos

La gestión de grupos de trabajo es aquel conjunto de procesos destinados a organizar y coordinar el trabajo de un grupo de personas dentro de una empresa u organización.

La primera etapa que es la gestión de equipo corresponde al conocimiento de la instalación (equipos, maquinaria, herramientas, instrumentos, etc), por lo que es necesario disponer de un listado organizativo o inventario de la instalación puesto en este. Además, para obtener información útil, la información del inventario debe complementarse con datos que muestren las relaciones entre los diferentes tipos de bienes y sus funciones en el proceso de producción. (García, 2022)

La gestión también asumió el conocimiento de la vida de cada equipo desde su ingreso a la fábrica hasta su alta, conocimiento de todas las funciones y cambios ocurridos dentro de cada



equipo; Vale la pena señalar que cada dispositivo debe tener un código de identificación, lo que lo hace único y también lo vincula a líneas de dispositivos con características similares.

2.4 Análisis de Riesgos

En primer lugar, la importancia del análisis radica en identificar los activos que necesitan ser protegidos o valorados. Por otro lado, la evaluación de riesgos implica también comparar el nivel de riesgo identificado durante el análisis con criterios de riesgo previamente establecidos. Así como también “La evaluación es ayudar a lograr un grado razonable de consenso sobre los objetivos bajo consideración y proporcionar un nivel mínimo que permita el desarrollo de indicadores de desempeño contra los cuales se puedan realizar mediciones y evaluaciones con precisión.”

Los resultados obtenidos del análisis nos permitirán aplicar diversas técnicas de gestión de riesgos, incluyendo identificar el conjunto de opciones de tratamiento de riesgos disponibles, evaluarlas, preparar planes para estos procesos y su implementación.

Análisis cualitativo de riesgo

El análisis cualitativo de riesgos es el proceso de evaluación del riesgo basado en una percepción de su gravedad y probabilidad de consecuencias. El propósito del análisis de riesgos cualitativo es elaborar una lista breve de riesgos que deben priorizarse sobre otros. Se debe realizar un análisis de riesgo cualitativo a medida que cambian las percepciones de riesgo y se identifican nuevos riesgos.

Análisis cuantitativo de riesgo

El análisis de riesgo cuantitativo es el aquel proceso de calcular el riesgo basándose en los datos recopilados. Su propósito es determinar con más detalle los costos que debe soportar una empresa que enfrenta riesgos. Es decir, se basa en un método de trabajo que tiene como objetivo identificar las fuentes de amenazas que ocurren durante las operaciones, así como los riesgos y consecuencias que pueden enfrentar si ocurren.



En análisis, este valor representa una calificación o puntuación de riesgo. El riesgo puede calificarse como bajo o 1, lo que significa que no requiere atención inmediata. Vale la pena señalar que el valor relacionado con el riesgo generalmente se expresa como un porcentaje e indica la probabilidad de que ocurra el riesgo o su impacto negativo específico en los objetivos del proyecto.

2.4.1 Importancia del Análisis de Riesgos

El propósito de una evaluación de riesgos es identificar y considerar los riesgos que enfrentan los sistemas de información, sus activos o servicios, con el fin de identificar y seleccionar medidas de control apropiadas.

Por tal motivo, es importante porque las organizaciones que utilizan la tecnología en sus operaciones diarias y como parte de sus procesos comerciales estarán expuestas a este tipo de riesgos; y así pueden influir en sus propias actividades y ser una fuente de pérdidas y daños importantes.

La seguridad debe incluir la sensibilización de cada una de las partes interesadas de la empresa para prevenir riesgos y encontrar estrategias y así poder alcanzar los objetivos estratégicos de la empresa evitando incidentes. Al mismo tiempo las empresas deben aumentar la protección física, lógica y tener en cuenta el factor humano, en estos aspectos está la tecnología y por lo tanto la información y los activos divulgados deben protegerse en gran medida, protéjase tomando los riesgos adecuados, análisis para evitar fugas de información. Para muchas organizaciones, implementar acciones preventivas como base para la gestión de riesgos y la continuidad del negocio puede no parecer importante, pero su preocupación legítima es reducir las pérdidas y los daños. (Torres, 2018)

2.5 Diagrama de proceso



Un diagrama de flujo de proceso es una representación gráfica que muestra las variaciones y las conexiones entre una serie de acciones y un objetivo común. Con la ayuda de descripciones, rectángulos, rombos, círculos, flechas, prismas circulares y otros símbolos para evaluar visualmente las relaciones secuenciales.

Al usar el proceso, identificar, investigar y observar el proceso será más fácil: determinar los puntos de mejora, detectar bucles repetidos y eliminar todos los tipos de resistencia ineficientes. Para realizar un diagrama de flujo de procesos es necesario implementar la siguiente simbología:

Tabla 3. Simbología del diagrama de flujo de procesos

Símbolo	Descripción	Actividad indicada	Significado
○	Círculo	Operación	Ejecución de un trabajo en una parte del producto.
□	Cuadrado	Inspección	Utilizado para trabajo de control de calidad.
➔	Flecha	Transporte	Movimiento de un lugar a otro o traslado de un objeto.
▽	Triángulo invertido	Almacenamiento	Utilizado para almacenamiento a largo plazo.
D	D grande	Retraso o demora	Cuando no se permite el flujo inmediato de una pieza a la siguiente estación.

Fuente: Elaboración propia

El método de análisis del desempeño funcional (también conocido como HAZOP, de la frase inglesa "Hazard and Operability Study") se define como un método de análisis de riesgos de procesos (PHA) basado en suposiciones de que riesgos, accidentes o problemas funcionales surgen debido a desviaciones del proceso del trabajo normal.

Los estudios HAZOP se realizan cuando se construyen nuevas instalaciones, se implementan nuevos procesos o se introducen cambios. También se utilizan para comprobar los procedimientos de operación y mantenimiento existentes. (González, 2022)

El estudio HAZOP se basa en un análisis sistemático y metódico de:



Tabla 4. Análisis sistemático

- Proceso
- Operación
- Ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones
- Acción humana (de rutina o no)
- Factores externos

Fuente: Elaboración propia

La atención se centra en determinar cómo el proceso puede desviarse de las condiciones normales de funcionamiento, provocando posibles desviaciones.

Campo de aplicación

Puede utilizarse fácilmente en todo tipo de instalaciones, tanto nuevas como existentes, así como en el caso de presentar modificaciones de equipos existentes. Como también instalaciones nuevas, las pruebas se podrán realizar en cualquier etapa de la inversión.

2.6.1 Pasos para la implementación de un Análisis de Riesgo de Procesos (HAZOP)

La elección del método de determinación del riesgo de PHA se basa en el propósito del análisis, los resultados deseados, la información disponible, la complejidad de la instalación, la etapa de desarrollo de la instalación y otros factores. (Freedman, 2003). De todas las metodologías, el HAZOP es el método más complejo y riguroso. El análisis de HAZOP se basa en identificar cuatro elementos clave:

Tabla 5. Pasos de la metodología HAZOP

1. Fuente o causa del riesgo.
2. Consecuencia, impacto o efecto resultante de la exposición a este riesgo.
3. Salvaguardas existentes o controles, destinados a prevenir la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas.
4. Acciones que pueden ser tomadas si se considera que las salvaguardas o controles son inadecuados o directamente no existen.

Fuente: Elaboración propia

Probabilidad	Severidad			
	1 (Insignificante)	2 (Marginal)	3 (Crítica)	4 (Catastrófica)
1 (Improbable)	1	2	3	4
2 (Remota)	2	4	6	7
3 (Poco Frecuente)	2	6	7	8
4 (Frecuente)	3	7	8	9

Ranking de Riesgo 1 a 3: Baja Prioridad. Se deberá tomar acción cuando los medios estén disponibles.

Ranking de Riesgo 4 a 6: Media Prioridad. Deben tomarse acciones en un corto período de tiempo.

Ranking de Riesgo 7 a 9: Muy Alta Prioridad. Se deben tomar acciones inmediatas.

Figura 2. Índice de Riesgos

Fuente: (Freedman, 2003)

2.7 Análisis de Árbol de Fallas

FTA es un método cuantitativo que supone que los componentes de un sistema y su entorno están interconectados y que la falla de cualquiera de las partes puede afectar a las demás. Es desarrollado por ingenieros para mejorar la seguridad de los sistemas. Entienden que la mayoría de los accidentes/incidentes provienen de errores del sistema interno. El sistema incluye personas, equipos, materiales y factores ambientales. Este sistema desarrolla tareas específicas utilizando los métodos propuestos. Los componentes del sistema y su entorno están interconectados, y el fallo de uno de ellos puede afectar a los demás. Se pueden utilizar para prevenir errores o detectarlos antes de que ocurran, pero se utilizan más comúnmente para analizar problemas o como herramientas de investigación para identificar errores. Cuando se presenta un accidente o incidente, se puede identificar la causa raíz del evento negativo.

Analizamos cada evento específico preguntándonos: "¿Cómo pudo suceder esto?" Al responder esta pregunta, puede determinar las causas fundamentales y cómo interactúan para provocar el evento no deseado. Este proceso lógico continúa hasta que se identifican todas

las causas posibles. El diagrama de árbol se utiliza durante todo el proceso para registrar los eventos identificados.

Se usan símbolos para representar varios eventos y para describir relaciones:

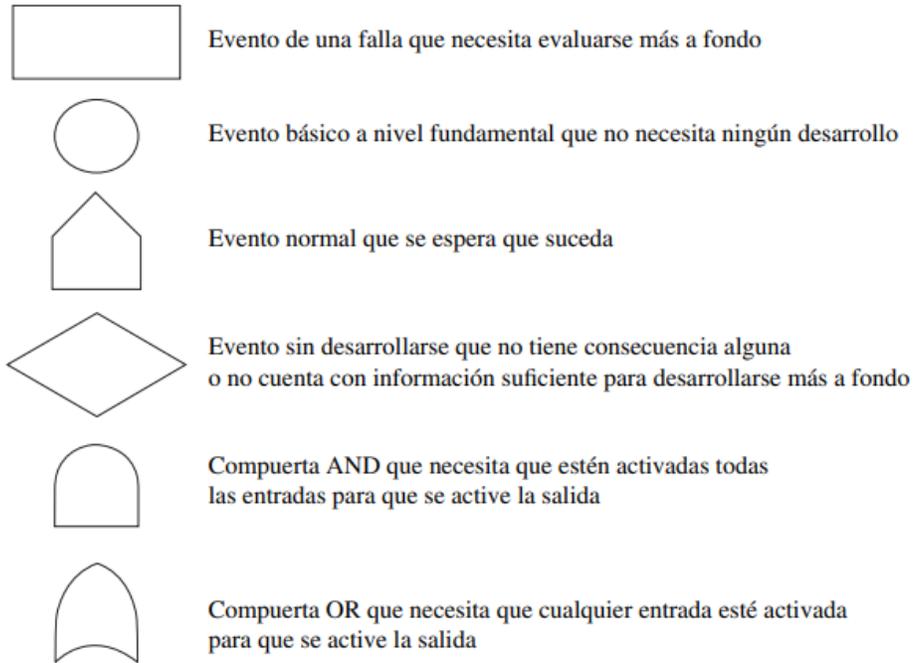


Figura 3. Símbolos Árbol de Fallas

Fuente: (Tovar, 2019)

El evento ocurrirá si solo ocurre uno o cualquier combinación de los eventos de entrada. Hay cinco tipos de íconos de eventos. El árbol debe construirse utilizando los símbolos de eventos anteriores. Esto debería ser sencillo y mantener un formato lógico, consistente y consistente de nivel a nivel. Al escribir el logotipo de tu evento, utiliza un título claro y preciso. Dichas puertas deberán limitarse a “la puerta y” y “la puerta o” y se deberán usar símbolos de restricción solamente cuando sea necesario.

Por ejemplo el uso del símbolo de restricción ovalado para ilustrar la secuencia de eventos que deben ocurrir para que ocurra un evento.

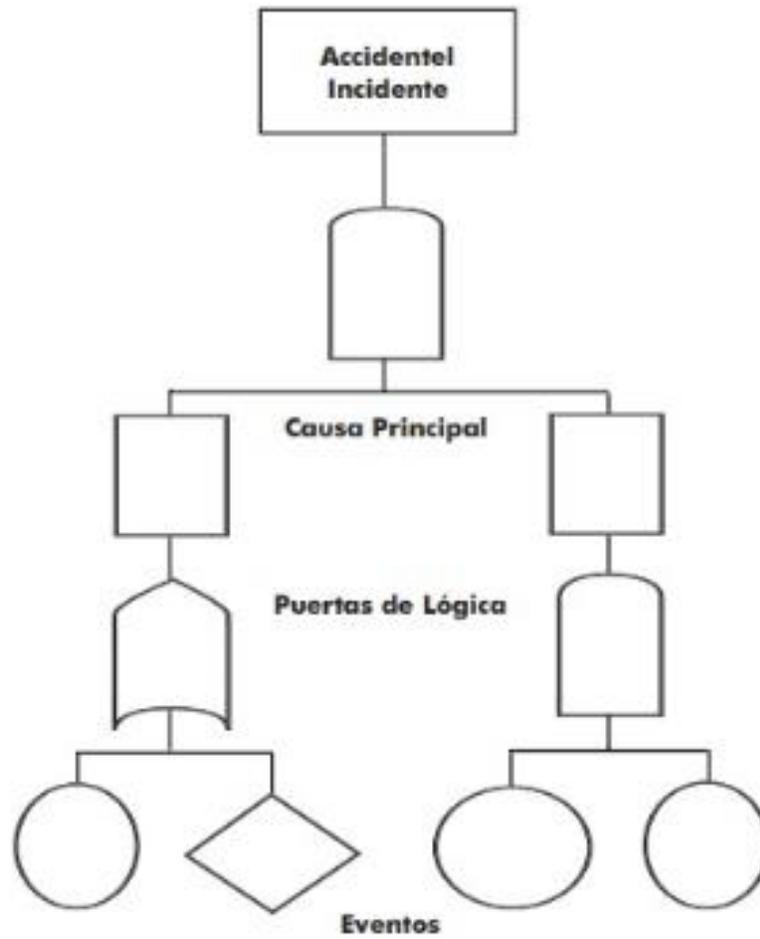


Figura 4. Ejemplo de un Árbol de Fallas

Fuente: (Gonzalez, 2021)



3. ESTADO DEL ARTE

De acuerdo con Trujillo Vaca “La energía eléctrica es un producto de características especiales, que día a día esta en constante mejora por la implementación de elementos confiables al interior de sistemas, esto con el fin de dejar entrar energía eléctrica de calidad al cliente”.

En el cual presenta el método HAZOP (HAZard and OPERability análisis) y el método de Análisis de Árbol de Fallas (FAULT TREE ANALYSIS); estos dos métodos permitirán entender la forma simple de la cuantificación de una falla.

“La electricidad es un producto sinónimo de desarrollo para una sociedad, como tener calidad, por lo tanto es necesario un estudio que permita llegar al consumidor final de manera continua y si ninguna falla para el consumidor y los trabajadores” (Vaca, 2015)

“El complemento de la generación en parte es la distribución y en el medio de etapas se encuentra la Subestación de Distribución, componente del sistema eléctrico de potencia, la que hace posible elevar o disminuir el voltaje de energía eléctrica”. (Vaca, 2015)

Una subestación eléctrica de constituye de equipos y elementos que sirven para controlar y distribuir la energía eléctrica, que está a su vez forma parte de un sistema eléctrico de potencia. Durante la operación en dicha subestación existen factores de riesgo, originados por ejemplo, de un mal mantenimiento, un equipo dañado o por una inadecuada coordinación entre el personal técnico que se encuentra físicamente en la subestación y el personal encargado de realizar las maniobras a distancia desde un puesto de operación, lo cual se puede derivar en accidentes que afectan a los equipos, el suministro de energía eléctrica o peor aún daños físicos al personal que interviene en la subestación eléctrica. (Durán, 2011)

Por su parte (Montoya, 2023) nos menciona que hoy en día para las diferentes organizaciones es fundamental efectuar la planeación estratégica y el análisis de riesgos operacionales para mitigar y/o controlar los desafíos y problemáticas que presenta un mundo cada vez más



cambiante y complejo, aplicando herramientas, métodos y sistemas de gestión en marco de la planeación estratégica y el análisis de riesgos operacionales.

Como Opina Calvajar “El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente y se trata de un método deductivo” de análisis que parte de la previa selección de un suceso no deseado o evento que se pretende evitar, sea este un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame entre otras) o un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre) para averiguar en ambos casos los orígenes (Li, Si, Xing, & Sun, 2014). (Calvajar, 2017)

4. METODOLOGÍA

En este capítulo se discutirá la metodología que se utilizará para realizar de manera efectiva el análisis de riesgos operacionales en el proceso de Distribución de energía eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad.

4.1 Metodología



Figura 5. Metodología del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Herramientas a utilizar

A continuación se describe cada herramienta que se utilizará en cada etapa del proyecto. (Representadas en la Figura 5).



4.2.1 Definir el proceso

En primer lugar se definirá el proceso de distribución de energía eléctrica mediante un diagrama de procesos el cual es una representación gráfica que muestra las variaciones y las conexiones entre una serie de acciones y un objetivo común.

El diagrama de operaciones se elaborará según la información proporcionada por la empresa, así como en base a los siguientes símbolos:

Tabla 6. Simbología del diagrama de flujo de procesos

Símbolo	Descripción
	Círculo
	Cuadrado
	Flecha
	Triángulo invertido
	D grande

Fuente: Elaboración propia.

A través de esta simbología podremos realizar el diagrama de proceso de distribución de energía eléctrica en la CFE. Y usando esta herramienta, podemos identificar el proceso que es la primera fase de este proyecto.

4.2.2 Identificar los riesgos

En la segunda etapa del proyecto es identificar los riesgos los riesgos operacionales que existen en el proceso de distribución de energía eléctrica por medio de la metodología de Análisis Funcional de Operabilidad (HAZOP), Esto permitirá realizar un análisis sistemático y metódico de procesos, trabajos, ubicación de equipos, personal en obra, actividades humanas (regulares o no) y factores externos, además de identificar situaciones de riesgo.

Para realizar la metodología HAZOP se obtiene una serie de pasos

Tabla 7. Pasos de la metodología HAZOP

1. Fuente o causa del riesgo.
2. Consecuencia, impacto o efecto resultante de la exposición a este riesgo.
3. Salvaguardas existentes o controles, destinados a prevenir la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas.
4. Acciones que pueden ser tomadas si se considera que las salvaguardas o controles son inadecuados o directamente no existe.

Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta sugiere que cambiar la dirección del flujo puede resultar en riesgo, básicamente, existen tres tipos de causas: error humano, falla del equipo y eventos externos. Para cada causa planteada se identifican las consecuencias resultantes y las salvaguardas disponibles para prevenir o minimizar la ocurrencia del evento identificado.

		Riesgo		Gravedad				
				Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Riesgo marginal		1,2						
Riesgo Aplicable		3,8						
Riesgo importante		9,12						
Riesgo muy grave		13,25						
Probabilidad	Muy alta	5	5	10	15	20	25	
	Alta	4	4	8	12	16	20	
	Media	3	3	6	9	12	15	
	Baja	2	2	4	6	8	10	
	Muy baja	1	1	2	3	4	5	

Figura 6. Matriz de evaluación de Riesgos

A continuación se muestra un ejemplo:

Fuente: Elaboración propia.

Sabemos que los trabajos en altura suponen un alto riesgo para las personas que se encuentran en determinadas posiciones. Por ello, las empresas que realizan este tipo de trabajos deben prestar especial atención a comprender los tipos de amenazas que ocurren y determinar cómo prevenirlas.



Análisis de riesgos en trabajos de altura						
Causa	Consecuencia	Probabilidad	Gravedad	Nivel de riesgo	Salvaguarda	Recomendaciones
Caidas a distinto nivel.	Heridas, rozaduras, contusiones, torceduras o luxaciones. Fracturas. Lesiones neurológicas.	3	4	12	Control y revisiones periódicas	Adoptar el uso de equipo de protección personal.
Derrumbe de estructuras	Lesiones graves o incluso la muerte.	3	5	15	Realizar inspecciones	Adoptar el uso de equipo de protección personal.
Golpes por caídas de objetos	Lesiones graves o incluso la muerte y daño de un equipo.	4	4	16	Utilizar el equipo adecuado.	No intentar alcanzar objetos lejanos.
Atrapamiento	Lesiones graves, como aplastamiento.	2	3	6	Dispositivos de seguridad.	Conservar las máquinas, equipos y herramientas limpias. Realizar mantenimientos y verificar los dispositivos de seguridad estén en orden.
Contactos eléctricos.	Incendios, explosiones y descargas eléctricas.	2	4	8	Manejar equipos eléctricos adecuadamente	No utilizar, ni manipular cables en mal estado.
Exposición a radiaciones	Supresión de la inmunidad que puede provocar reacción inmunológica	3	4	12	Utilizar equipo de protección personal.	Tener una limitación del tiempo de exposición.
Contactos térmicos en operaciones de soldadura	Irritación de la nariz y ojos, falta de oxígeno.	3	3	9	Utilizar equipo de protección personal.	Tener una limitación del tiempo de exposición.
Sobreesfuerzos	Lesiones dorsolumbares	3	4	12	Utilizar equipo de protección personal.	No sobrepasar el peso superior a 25 kg. La manipulación manual de cargas se realizará por dos personas.
Exposición a temperaturas ambientales	Calambres, deshidratación, insolación o golpe de calor.	2	3	6	Usar medidas preventivas.	Hidratación constantemente, utilización de equipo adecuado.
Caída de fragmentos o partículas	Incrustación en diferentes partes del cuerpo	2	4	8	Usar medidas preventivas.	Utilizar elementos de protección visual adecuado o para todo el cuerpo.

Figura 7. Análisis de riesgos en trabajos en altura

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada la causa, consecuencia, probabilidad, gravedad y nivel de riesgo, se implementarán las medidas de seguridad anteriores para prevenir o minimizar la ocurrencia del evento.

4.2.3 Análisis Cualitativo

En la tercera fase se realizará un análisis cualitativo mediante el método HAZOP. Para ayudar a gestionar riesgos y oportunidades y prevenir lesiones y problemas de salud en el lugar de trabajo.

Identificando varias opciones que le permiten gestionar y manejar los riesgos:

Tabla 8. Pasos para gestionar los riesgos

- Evitar el riesgo.
- Tomar o incrementar el riesgo para perseguir una oportunidad.

- Retirar la fuente de riesgo.
- Cambiar la probabilidad.
- Cambiar las consecuencias.
- Compartir el riesgo con una o varias partes.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Análisis Cuantitativo

En esta cuarta etapa se realizará un análisis cuantitativo, incluyendo el uso de árboles de fallas. Es un análisis sistemático que identifica la causa raíz de los errores mediante diagramas. Un árbol de fallas permitirá diagnosticar la causa raíz de cada uno de los errores, comprender cómo puede fallar el sistema, identificar el riesgo del sistema, identificando medidas de mitigación de riesgos y estimar la frecuencia de los errores.

Para construir un diagrama de árbol de fallas, se utiliza la siguiente simbología como se muestra en la siguiente imagen:

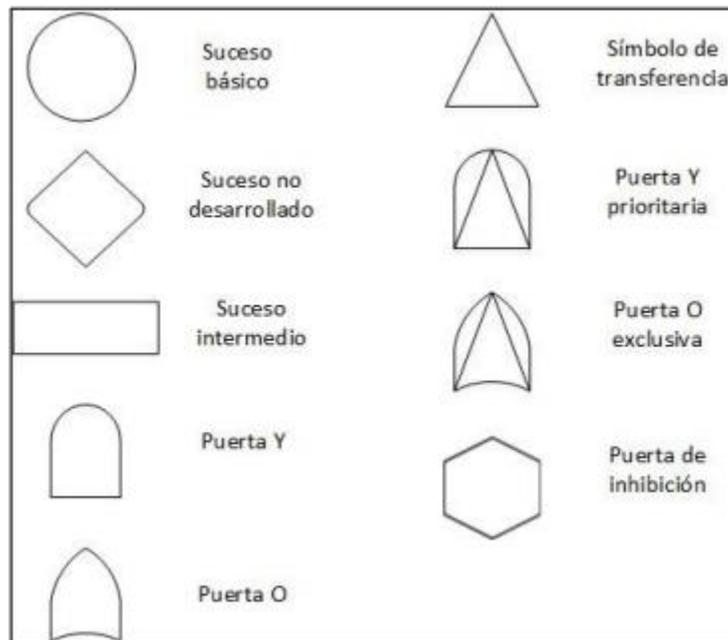


Figura 8. Simbología del árbol de fallas

Fuente: (Seguridad Industrial, 2020)

Una vez que se ha identificado el evento que se está evaluando, la construcción del árbol de fallas continúa paso a paso hacia abajo, utilizando encabezados claros y concisos escritos en notación de eventos. Las puertas lógicas deben limitarse a puertas "y" y "o", y los símbolos de restricción solo deben usarse cuando sea necesario. (Seguridad Industrial, 2020)

Por ejemplo el uso del símbolo de restricción ovalado para ilustrar la secuencia de eventos que deben ocurrir para que ocurra un evento.

La estructura básica del árbol de fallas se muestra a continuación:

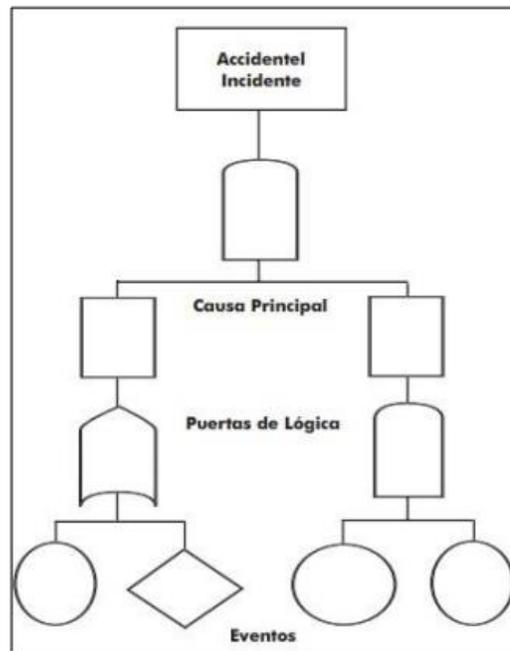


Figura 9. Estructura fundamental del árbol de fallas

Fuente: (Seguridad Industrial, 2020)

En la realización del árbol de fallas se tendrá el apoyo tanto del asesor interno como del externo, quienes ayudaran a corregir errores o mejorar la realización de esta herramienta.

4.2.5 Propuesta de mejora

Por último en esta etapa se espera una mejora en los procesos de distribución de energía eléctrica en la CFE. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada una de las etapas anteriores.



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se describen los resultados del cumplimiento de los objetivos específicos, el cual se muestra a continuación:

- Definir el proceso de distribución de energía eléctrica.
- Identificar los riesgos operacionales por medio de HAZOP.
- Evaluar los riesgos operacionales cualitativamente.
- Evaluar cuantitativamente los riesgos críticos aplicando un árbol de fallas.
- Desarrollar propuestas para mejorar el proceso de distribución eléctrica.

5.1 Definir el proceso de distribución de energía eléctrica

A continuación se presenta el diagrama de procesos, con el objetivo de poseer un conocimiento general.

El proyecto se encuentra enfocado en el área de distribución de energía eléctrica el cual distribuye principalmente electricidad con estándares internacionales de calidad, seguridad y confiabilidad a través de los principales procesos:

Tabla 9. Principales procesos.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Servicio al cliente.• Medición, conexión y servicios.• Planeación o construcción.• Operación y mantenimiento. |
|--|

Fuente: Elaboración propia

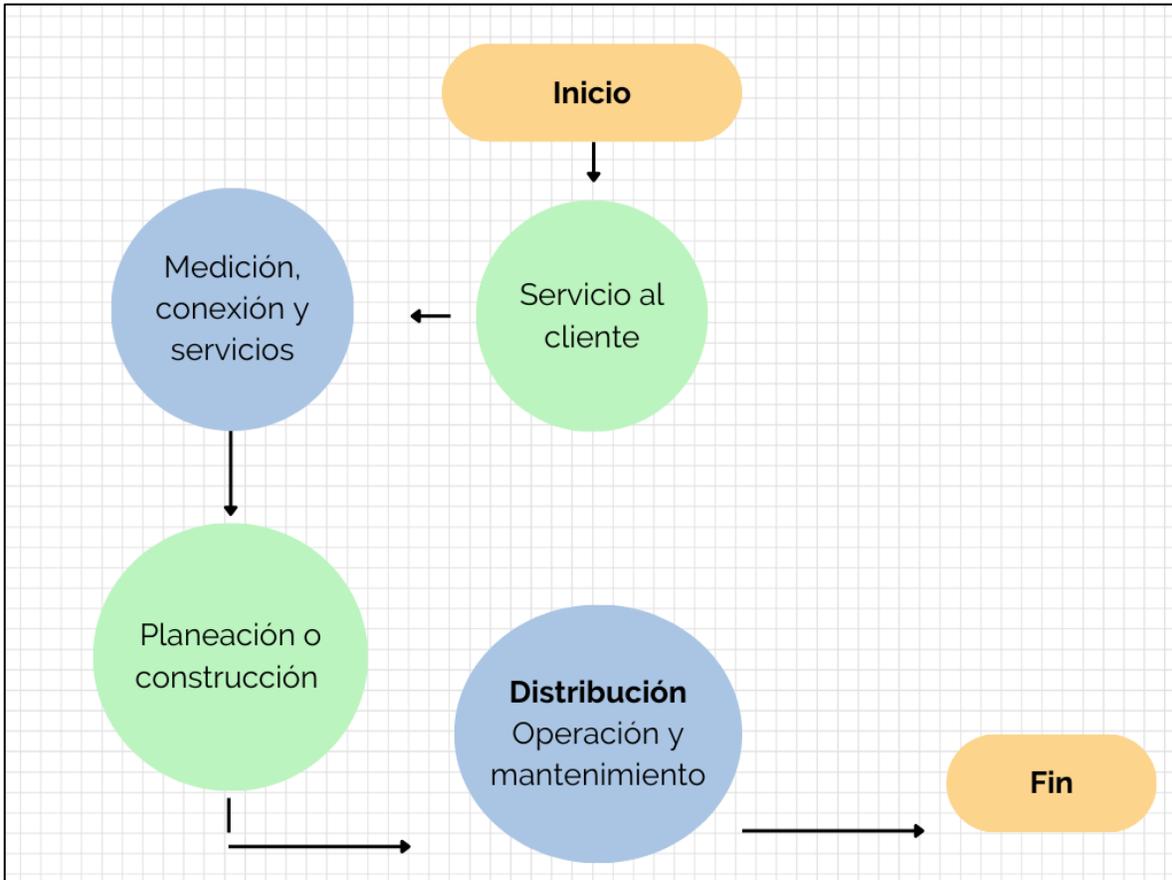


Figura 10. Diagrama de procesos

Fuente: Elaboración propia

El diagrama presentado en la Figura 10, empieza con la primera operación “Servicio al cliente”, es decir se abre una ejecución de trabajo la cual consta de mejorar los procesos de atención y servicio al cliente, aumentando la cobertura y la relación costo/beneficio.

La segunda operación “Medición, conexión y servicios” que se encarga de la medición de la media tensión de almacenes y circuitos y la baja tensión en trabajos en casas.

La tercera operación “Planeación o construcción” la cual realiza los proyectos o planos para aumento de redes y circuitos.

Y por último llegamos a la última operación “Distribución (operación y mantenimiento)”, es la etapa en la que la energía se entrega a los consumidores finales. La red del sistema de distribución transmite electricidad desde la red de transmisión de alto voltaje y la entrega a los consumidores. Esta red está formada por cables de baja tensión y transformadores, que reducen la tensión de la electricidad para que sea segura de usar en los hogares y las empresas.



La electricidad se distribuye a través de los cables de distribución, llegando a los puntos de consumo.

5.2 Identificación de riesgos operacionales mediante HAZOP

Una vez definido el proceso de distribución de energía eléctrica, se identificarán los riesgos operacionales que existen en el proceso de distribución de energía eléctrica por medio de la metodología de Análisis Funcional de Operabilidad (HAZOP), esto le permitirá analizar de manera sistemática y metódica los procesos, el trabajo, la ubicación de los equipos y el personal en el sitio, la actividad humana (regular o no) y otros factores externos.

Se utiliza el método HAZOP, como se puede ver en la siguiente tabla 4.

Se observan y analizan las siguientes causas que pueden presentarse en el proceso de distribución al realizar trabajos, las consecuencias del impacto o impacto resultante de la exposición al riesgo, las medidas preventivas que evitarán la causa o minimizarán el impacto y finalmente las recomendaciones o acciones a tomar si las medidas de protección al ser descubiertas no son suficientes.



Tabla 10. Sección 1 "Aplicación de HAZOP"

Análisis de riesgos								
No.		Riesgo	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Probabilidad	Gravedad	Nivel de riesgo
1	Servicio al cliente	Quejas del cliente por el servicio de atención	Largo tiempo de espera o falta de seguimiento al problema	Mala reputación a la empresa	Realizar capacitaciones al personal cada 6 meses	3	3	9
		Cliente no pago el servicio	No les llega el recibo de luz	Se le corta el servicio al usuario por falta de pago	Descargar aplicación para checar el día de pago.	2	3	6
2	Medición, conexión y servicios	Electricidad	Descargas eléctricas	Lesiones graves o accidentes mortales	Utilizar guantes dieléctricos.	3	3	9
		Que los servicios no se encuentren dentro de las normas	Lidiar con los clientes	No se le da el servicio de energía eléctrica al cliente	Se le pide al cliente ciertos requisitos para poder dar el servicio.	4	2	8
		Extorsión por parte el cliente	Servicios ilícitos	Se le cancela el servicio y se levanta una notificación	Se lleva a cabo un proceso de medición para ver desde que tiempo esta con el servicio ilícito.	3	4	12



3	Planeación o construcción	Mala elaboración de los planos	Falta de revisión en el área de trabajo	No se puede realizar el trabajo	Revisar con anticipación el área de trabajo antes de realizar la planeación.	3	3	9
4	Operación y mantenimiento (Distribución)	Colapso de poste	Choques de vehículos en los postes de luz	Exposición de daños hacia terceros	Mantener una distancia de seguimiento adecuada.	3	5	15
		Descargas eléctricas al trabajador	Tormentas (descargas eléctricas)	Falla en los circuitos	No realizar actividades, hasta que pase la tormenta	3	5	15
		Cortocircuito	Flora (como son arboles, enredaderas, plameras, otates, ect)	Falla en los circuitos	No dejar crecer mucho los arboles	4	4	16
			Personal ajeno a comisión (Telecable)	Sobre tensión en los postes	Colocar retenidas			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4 de la sección 1 de HAZOP:

- Dos causas se encuentran en el nivel de “Riesgo apreciable”, en donde el riesgo no se considera grave y se pretende examinar económicamente si se pueden tomar acciones preventivas para reducir o minimizar el nivel de riesgo, en la información por la Comisión Federal de Electricidad es muy baja la probabilidad de que se presenten dichos riesgos.
- Cuatro causas se encuentran en el nivel de “Riesgo importante”, lo cual requieren medidas preventivas obligatorias para que el riesgo disminuya.
- Tres causas se encuentran en el nivel de “Riesgo muy grave”, en donde los trabajadores se ven expuestos con la energía eléctrica, la cual requiere medidas preventivas urgentes.



5.3 Evaluación y análisis cualitativo de los riesgos operacionales

Una vez determinada los cuatro puntos de la metodología, se puede ver en la tabla 5 de la sección 1 de HAZOP, se refleja una reducción significativa en los indicadores, permitiendo un nivel óptimo de bajo riesgo.

Tabla 11. Sección 1 "Resultados de la aplicación de HAZOP"

Análisis de riesgos												
No.		Riesgo	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Probabilidad	Gravedad	Nivel de riesgo	Recomendaciones	Probabilidad	Gravedad	Nivel de riesgo
1	Servicio al cliente	Quejas del cliene por el servicio de atención	Largo tiempo de espera o falta de seguimiento al problema	Mala reputación a la empresa	Realizar capacitaciones al personal cada 6 meses	3	3	9	Seguir implementando las capacitaciones en el tiempo establecido para brindar un buen servicio al cliente.	2	3	6
		Cliente no pago el servicio	No les llega el recibo de luz	Se le corta el servicio al usuario por falta de pago	Descargar aplicación para checar el día de pago.	2	3	6	Informar a los usuarios sobre los métodos de pago que se pueden implementar	2	1	2
2	Medición, conexión y servicios	Electricidad	Descargas eléctricas	Lesiones graves o accidentes mortales	Utilizar guantes dieléctricos.	3	3	9	Realizar trabajos de acuerdo al capítulo 100 y al catálogo de maniobras.	2	3	6
		Que los servicios no se encuentren dentro de las normas	Lidiar con los clientes	No se le da el servicio de energía eléctrica al cliente	Se le pide al cliente ciertos requisitos para poder dar el servicio.	4	2	8	Seguir con las normas establecidas por comisión	2	1	2
		Extorsión por parte el cliente	Servicios ilícitos	Se le cancela el servicio y se levanta una notificación	Se lleva a cabo un proceso de medición para ver desde que tiempo esta con el servicio ilícito.	3	4	12	Verificar que los medidores tengan sellos.	3	3	9



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

3	Planeación o construcción	Mala elaboración de los planos	Falta de revisión en el área de trabajo	No se puede realizar el trabajo	Revisar con anticipación el área de trabajo antes de realizar la planeación.	3	3	9	Sepervisar que se cumplan los trabajos de acuerdo a lo establecido	2	3	6
4	Operación y mantenimiento (Distribución)	Colapso de poste	Choques de vehículos en los postes de luz	Exposición de daños hacia terceros	Mantener una distancia de seguimiento adecuada.	3	5	15	Ajustar su velocidad a las condiciones de la carretera, especialmente en áreas con curvas y pendientes pronunciadas.	3	4	12
		Descargas eléctricas al trabajador	Tormentas (descargas eléctricas)	Falla en los circuitos	No realizar actividades, hasta que pase la tormenta	3	5	15	Se deberán colocar retenidas, para que el poste se mantega fijo.	3	4	12
		Cortocircuito	Flora (como son arboles, enredaderas, plameras, otates, ect)	Falla en los circuitos	No dejar crecer mucho los arboles	4	4	16	Realizar podas en las lineas.	3	4	12
			Personal ajeno a comisión (Telecable)	Sobre tensión en los postes	Colocar retenidas				No retencionar mucho los postes.			

Fuente: Elaboración propia



5.4 Análisis cuantitativo de los riesgos críticos aplicando un árbol de fallas

Después del análisis cualitativo, se realizará un análisis cuantitativo utilizando árboles de fallas. Lo primero que debemos hacer es identificar el evento o encontrar errores existentes.

La realización consta a partir del evento principal que en este caso es “Falla de la operación y mantenimiento de la distribución de energía” y por lo tanto, los porcentajes de probabilidad se presentan a continuación:

Tabla 12. Datos de porcentaje de probabilidad

SÍMBOLO	EVENTO	PROBABILIDAD	
T	Falla en el proceso de operación y mantenimiento	0.4591712	46%
A	Riesgo eléctrico al trabajador	0.09693	10%
A1	Mal uso del EPP	0.02	2%
A2	Personal no capacitado	0.05	5%
A3	Trabajar en estado inconveniente	0.03	3%
B	Cortocircuito	0.37	37%
B1	Causante flora	0.3	30%
B2	Daños de terceros	0.1	10%
B3	Colapso de poste	0.0494	5%
B31	Accidente vehicular	0.03	3%
B32	Mal estado de poste	0.02	2%

Fuente: Elaboración propia

Donde los porcentajes para los valores T, A, B y B3 se calculan mediante la fórmula obtenida por el método específico:

- $A = 1 - (1 - A1) (1 - A2) (1 - A3) = 1 - (1 - 0.02) (1 - 0.05) (1 - 0.03) = 0.09693 = 10\%$
- $B = 1 - (1 - B1) (1 - B2) = 1 - (1 - 0.3) (1 - 0.1) = 0.37 = 37\%$
- $B3 = 1 - (1 - B31) (1 - B32) = 1 - (1 - 0.03) (1 - 0.02) = 0.0494 = 5\%$
- $T = 1 - (1 - A) (1 - B) (1 - B3) = 1 - (1 - 0.09693) (1 - 0.37) (1 - 0.0494) = 0.4591 = 46\%$ Donde es la expresión final o éxito del sistema.

Se utiliza el software Excel para determinar los porcentajes, lo que ayuda a obtenerlos de forma rápida y precisa.

Una vez que se han calculado todos los datos, se crea un árbol de fallas.

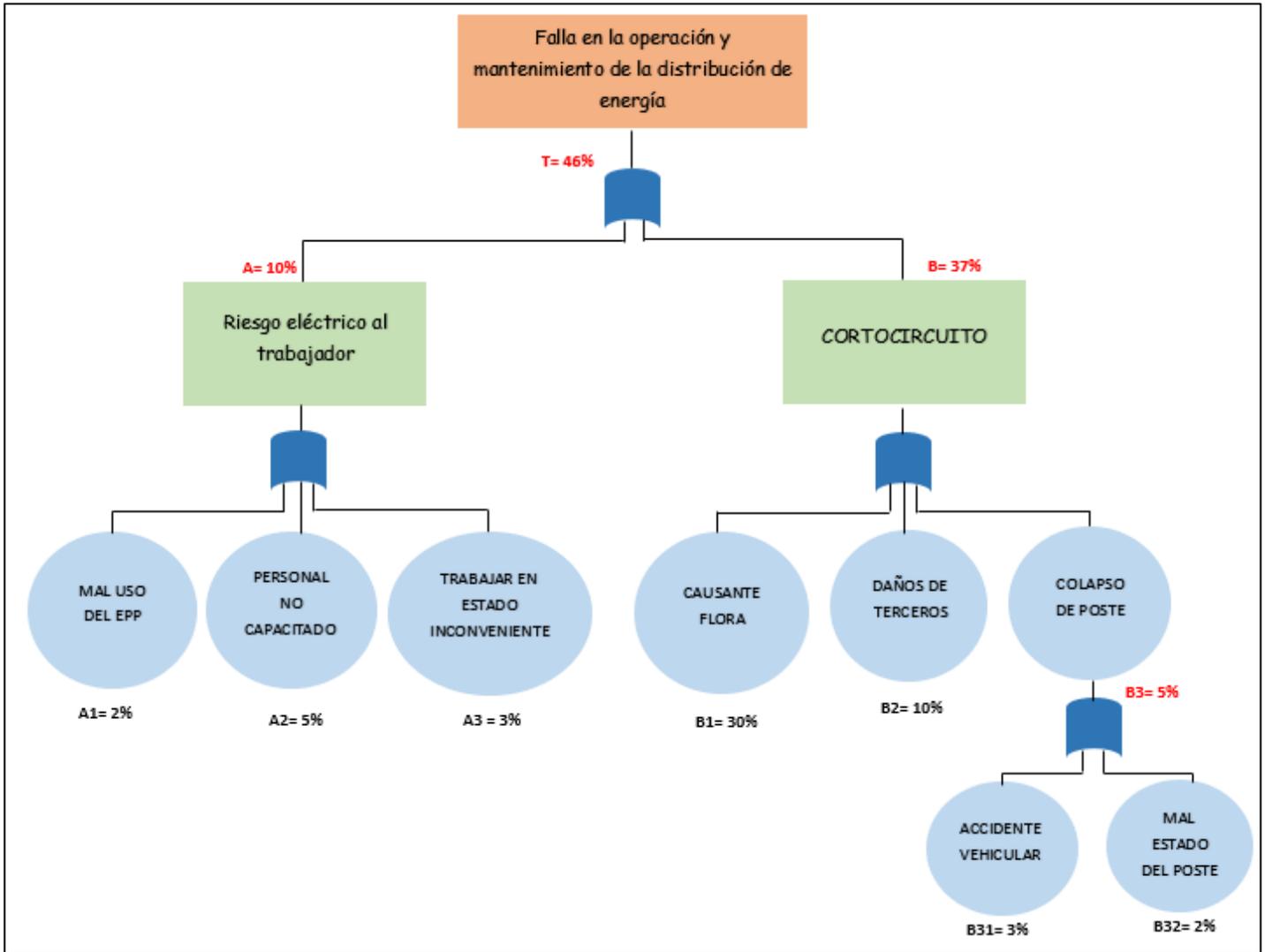


Figura 11. Árbol de fallas en el disparo de un circuito en la Distribución de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados del árbol de fallas, se puede ver en la Figura 11 que puede presentarse en la “Falla de la operación y mantenimiento de la distribución de energía” un 46%, esto quiere decir que la probabilidad se encuentra en un porcentaje medio, por tal motivo se debe considerar implementar nuevamente la metodología para poder disminuir



dicho porcentaje y así poder lograr una mayor eficiencia en los procesos de distribución de energía eléctrica.

5.5 Propuesta de mejora en el proceso de distribución de energía eléctrica

La propuesta de mejora de este proyecto es aplicar medidas o acciones que se deben tener en cuenta para prevenir o minimizar riesgos para no afectar el proceso de distribución de energía eléctrica en la CFE. En el cual el evento principal fue “Falla de la operación y mantenimiento de la distribución de energía” dando un porcentaje del 50%.

El uso de un nuevo árbol de fallas, donde mediante operaciones de mejora se han cambiado sus valores para dar un menor porcentaje de probabilidad de riesgo.

A continuación se presentan las acciones de mejora:

Tabla 13. Acciones de mejora

RIESGO	ACCION DE MEJORA
Mal uso del EPP	Gestionar y detectar las necesidades del EP Personal y EP Grupal
Personal no capacitado	Implementar cursos o capacitaciones que tengan como propósito incrementar la productividad y eficiencia en sus actividades de trabajo.
Trabajar en estado inconveniente	Preguntar sobre el estado de salud del trabajador antes de que vaya a realizar sus actividades, y deberá acudir a una cita médica.
Causante flora	Llevar acabo un control de cada uno de los reportes presentados por los usuarios y aplicar una T06(PODA).
Daños de terceros	En caso de que el usuario cuente con un servicio ilícito, se le cancelara el servicio de energía y se levantara una sanción.
Accidente vehicular	Fabricar postes con materiales de alta calidad, así como también aplicar las normas establecidas para la colocación del poste: El poste llevara una profundidad del 10% y se deberán colocar retenidas para que se mantenga fijo el poste.
Mal estado de poste	Inspeccionar los postes antes de realizar algún trabajo

Fuente: Elaboración propia



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Una vez implementadas las acciones de mejora se procede a aplicar nuevamente la metodología anteriormente mencionada, el cálculo del porcentaje de probabilidad se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Cálculo del porcentaje de probabilidad

SÍMBOLO	EVENTO	PROBABILIDAD	
T	Falla en el proceso de operación y mantenimiento	0.1548231	15%
A	Riesgo eléctrico al trabajador	0.0248005	2%
A1	Mal uso del EPP	0.005	1%
A2	Personal no capacitado	0.01	1%
A3	Trabajar en estado inconveniente	0.01	1%
B	Cortocircuito	0.0975	10%
B1	Causante flora	0.05	5%
B2	Daños de terceros	0.05	5%
B3	Colapso de poste	0.0397	4%
B31	Accidente vehicular	0.03	3%
B32	Mal estado de poste	0.01	1%

Fuente: Elaboración propia

Dando como resultado el siguiente árbol de fallas:

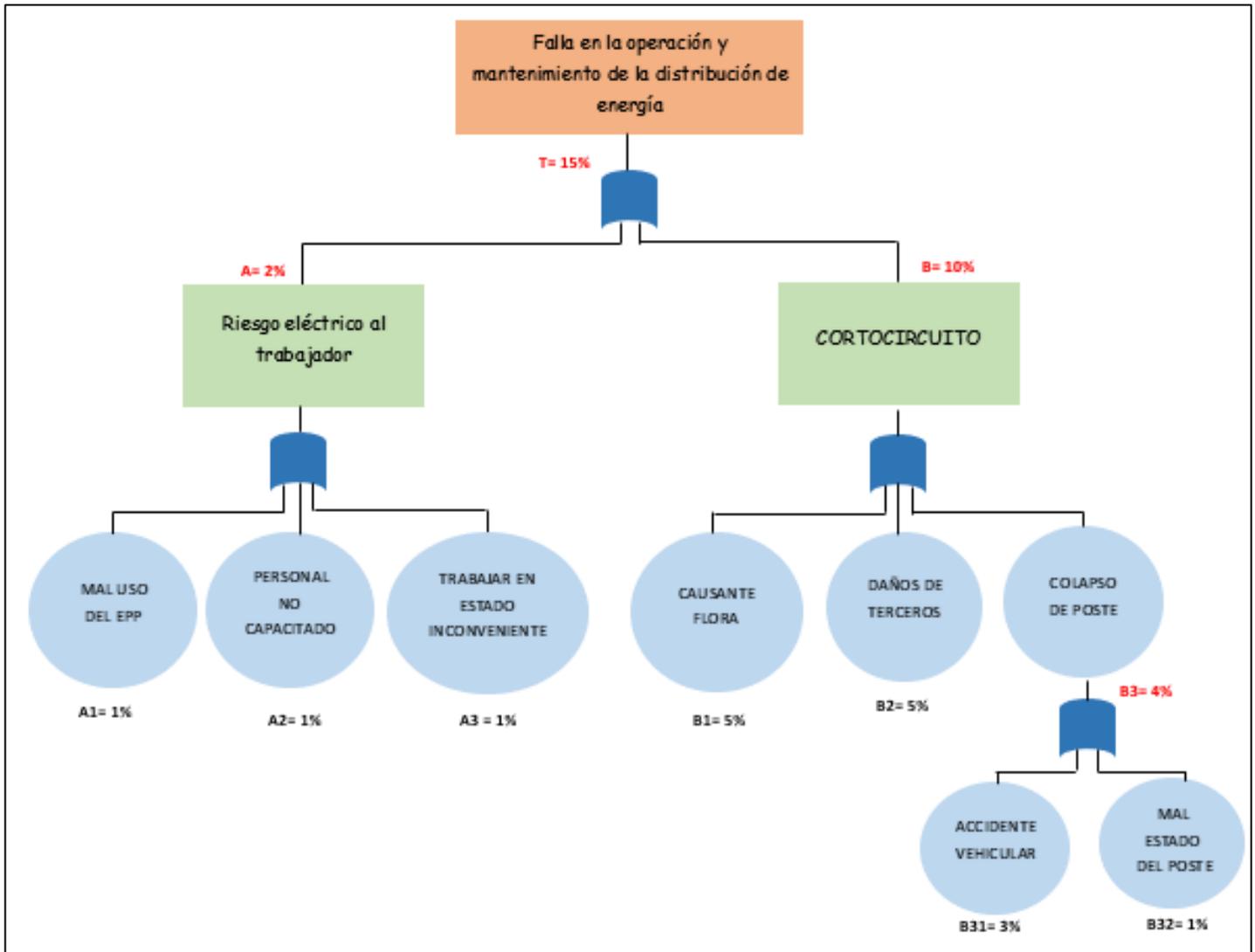


Figura 12. Nuevo Árbol de fallas

Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado el nuevo árbol de fallas como se puede ver en la Figura 12., se puede apreciar que el nivel de riesgo disminuye dando un total del 15%, donde el riesgo es menor o muy bajo. Gracias a esta metodología y a la propuesta de mejora se pudo identificar y reducir el riesgo para el proceso de distribución de energía eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad sección 126, Ciudad Tuxpan Veracruz.



Comprobación de Hipótesis

Se realiza la siguiente prueba de hipótesis tomando los datos correspondientes aplicando la formula indicada a continuación:

$$z = \frac{\rho - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}}$$

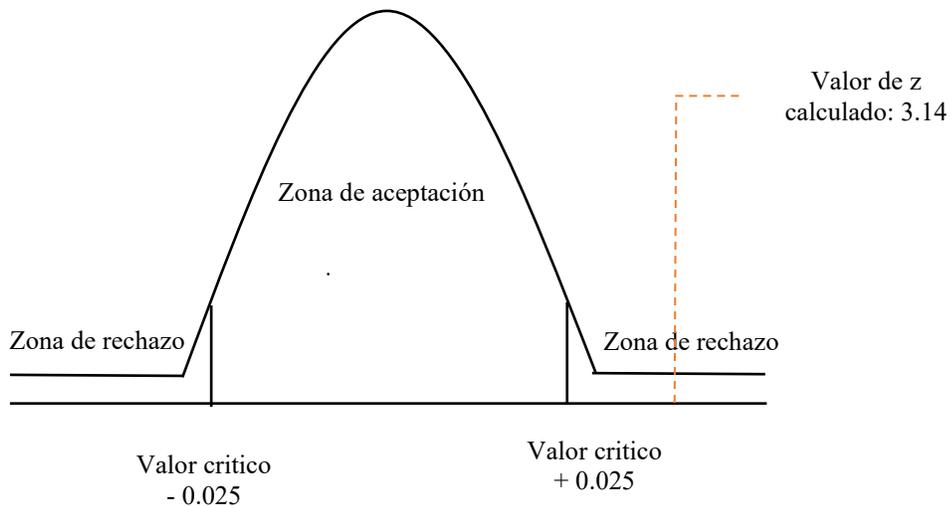
Se indican las hipótesis nula y alterna:

$$H_0: p = 0.15\%$$

$$H_1: p \neq 0.15\%$$

Sustituyendo la formula:

$$z = \frac{0.571 - 0.15}{\sqrt{\frac{0.15(1-0.15)}{7}}} = \frac{0.421}{\sqrt{\frac{0.1275}{7}}} = \frac{0.421}{\sqrt{0.0182}} = \frac{0.421}{0.134} = 3.14$$



El estadístico de prueba es mayor que el valor critico cayendo en la zona de rechazo por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Quedando la Hipótesis alterna: El análisis detallado de los riesgos operacionales en el proceso de distribución de energía eléctrica no revelará áreas críticas de vulnerabilidad que pueden ser mitigadas para disminuir la gravedad de los incidentes



6. CONCLUSIONES

El Análisis de riesgos operacionales en el proceso de distribución de energía eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad Sección 126, Ciudad Tuxpan Veracruz, fue de gran importancia para poder identificar los posibles riesgos que pueden presentarse, así como también permitió pronosticar las amenazas que pueden afectar el proceso de distribución de energía eléctrica, tomando medidas preventivas para la empresa.

El desarrollo de la investigación tuvo como propósito el dar a conocer los riesgos a los que está presente el factor humano en cada una de las actividades del proceso de distribución de energía eléctrica, como prevenir diversos riesgos a los que están expuestos, estos mientras desempeñan las actividades de trabajo.

Lo más adecuado es que la empresa continúe realizando este tipo de análisis y al mismo tiempo implemente las acciones preventivas necesarias, así como capacitación en este tema para que los empleados estén informados y sepan qué hacer si ocurre un problema.

En términos generales, la realización de un análisis de riesgos en una empresa es muy importante porque es una herramienta muy útil y necesaria para visualizar, minimizar y prevenir riesgos, errores o accidentes en la producción. Proporcionando resultados del mundo real que ayudan a implementar acciones preventivas y procedimientos de control.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, V. G. (2022). Riesgos asociados a actos inseguros en el trabajo.
- Andrés, S. (2019). Conceptos de seguridad operacional aplicados a centros de control de enegía. *Seguridad Operacional*, 33.
- Ardanuy, T. P. (2000). NTP 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores". *Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.*, 9.
- Calvajar, G. A. (03 de 10 de 2017). Árbolde fallo como herramienta para la mejora de procesos. *Árbolde fallo como herramienta para la mejora de procesos.*, pág. 12.
- Freedman, P. (2003). HAZOP como metodologia de analisis de riesgos. *Universidad de Buenos Aires*, 25.
- García, E. (2006). Tipos de Riesgos Operacional. *Identificación de peligros potenciales*, 10.
- Garzón, J. S. (2021). Metodología de evaluación de riesgos para la identificación de fallas en redes eléctricas de distribución primarias. *Identificación de Fallas*, 125.
- González, C. (2022). Hazop. *Metodología HAZOP*, 15. La transmisión y distribución eléctrica.
- Martínez, D. H. (2015). Analisis de seguridad en la red de distribución electrica del centro de la ciudad de Guayaquil. *Análisis de Seguridad*, 18.
- Montoya, D. A. (2023). Aplicación de herramientas, métodos y sistemas de gestión en marco de la planeación estratégica y el análisis de riesgos operacionales en el sector de generación de energía eléctrica de Colombia. 42.
- Piqueras, V. Y. (2021). Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos.
- Plaut, R. (2020). Análisis de riesgo. Alcance y limitaciones para el administrador de salud. *Organización Panamericana de la Salud.*, 11.
- Storkey, I. (2018). Gestión del Riesgo Operacional . *Departamento de Finanzas Públicas*, 36.
- Torres, C. (2018). LA IMPORTANCIA DE REALIZAR UN ANÁLISIS DE RIESGO EN LAS EMPRESAS. *Gestión de Riesgos*, 7.
- Tovar, G. (2019). ANÁLISIS DE FALLA EN COMPONENTES DE LA INGENIERIA. *Depto de Ingeniería Mecánica Cento de Innovación y Desarrollo Tecnológico*, 9.