

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS



TRABAJO PROFESIONAL DE GRADUACIÓN

**EL PROCESO DE MONITOREO DE TRANSFORMADORES Y SU EVOLUCIÓN
EN EL NIVEL DE RENTABILIDAD, DE UNA GENERADORA DE ENERGÍA
RENOVABLE DURANTE EL PERIODO 2017 AL 2021, EN MUNICIPIO DE SAN
CRISTÓBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.**



Lic. SIXTO EDUARDO CITALÁN TARACENA

Guatemala, septiembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS



TRABAJO PROFESIONAL DE GRADUACIÓN
EL PROCESO DE MONITOREO DE TRANSFORMADORES Y SU EVOLUCIÓN
EN EL NIVEL DE RENTABILIDAD, DE UNA GENERADORA DE ENERGÍA
RENOVABLE DURANTE EL PERIODO 2017 AL 2021, EN MUNICIPIO DE SAN
CRISTÓBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.

Normativo para elaborar el trabajo profesional de graduación para optar al grado académico de maestro en artes, aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SEPTIMO del Acta No. 26-2015 y ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 de fecha 14 de agosto de 2018.

AUTOR: SIXTO EDUARDO CITALÁN TARACENA

Guatemala, septiembre de 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA**

Decano: Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
Secretario: Lic. Carlos Roberto Cabrera
Vocal I: Dr. Byron Giovanni Mejía Victorio
Vocal II: Msc. Haydee Grajeda Medrano
Vocal III: Vacante
Vocal IV: P.A.E. Olga Daniela Letona Escobar
Vocal V: P.C. Henry Omar López Ramírez

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN DE TRABAJO PROFESIONAL DE
GRADUACIÓN**

Coordinador: Msc. José Ramón Lam Ortiz

Evaluador: Msc. Aníbal Rogelio Sandoval Fabián

Evaluador: Dr. Msc. Edgar Laureano Juaréz Sepúlveda

DECLARACIÓN JURADADA DE ORIGINALIDAD

YO: **Sixto Eduardo Citalán Taracena**, con número de carné: **201314375**.

Declaro que, como autor, soy el único responsable de la originalidad, validez científica de las doctrinas y opiniones expresadas en el presente Trabajo Profesional de Graduación, de acuerdo al artículo 17 del Instructivo para Elaborar el Trabajo Profesional de Graduación para Optar al Grado Académico de Maestro en Artes.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Autor: _____

Lic. Sixto Eduardo Citalán Taracena

CUI 2417290090101



ACTA MA No. FEP-FS-B-03-2022

De acuerdo al estado de emergencia nacional decretado por el Gobierno de la República de Guatemala y a las resoluciones del Consejo Superior Universitario, que obligaron a la suspensión de actividades académicas y administrativas presenciales en el campus central de la Universidad, ante tal situación la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, debió incorporar tecnología virtual para atender la demanda de necesidades del sector estudiantil, en esta oportunidad nos reunimos de forma virtual los infrascritos miembros de la terna designada, el viernes 23 de septiembre de 2022, a las 19:00 horas para evaluar la presentación del informe final del **TRABAJO PROFESIONAL DE GRADUACIÓN II del Licenciado Sixto Eduardo Citalán Taracena**, carné No **201314375**, estudiante de la Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos de la Escuela de Estudios de Postgrado, como requisito para optar al grado de Maestro en Artes. La presentación se realizó de acuerdo con el Instructivo para Elaborar el Trabajo Profesional de Graduación para optar al grado académico de Maestro en Artes, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SÉPTIMO del Acta No. 26-2015 y ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado -SEP- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 de fecha 14 de agosto de 2018.

Cada integrante de la terna evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico profesional de la presentación final realizada por el sustentante, denominado: **"EL PROCESO DE MONITOREO DE TRANSFORMADORES Y SU EVOLUCION EN EL NIVEL DE RENTABILIDAD, DE UNA GENERADORA DE ENERGÍA RENOVABLE DURANTE EL PERIODO 2017 AL 2021, EN MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ."**, dejando constancia de lo actuado en las hojas de factores de evaluación proporcionadas por la Escuela. La presentación del Trabajo Profesional de Graduación fue calificada con una nota promedio de **17/30 puntos**, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante de la Terna. Luego de calificar la presentación la terna hace las siguientes recomendaciones: que el sustentante incorpore las enmiendas sugeridas dentro de los 5 días calendario siguientes de la fecha de la presentación realizada ante la terna.

En fe de lo cual firmamos la presente acta en la Ciudad de Guatemala, a los 23 días del mes de septiembre del año dos mil veintidós.

Msc José Ramón Lam Ortiz
Coordinador

Msc. Anibal Rogelio Sandoval Fabián
Evaluador

Dr. Edgar Laureano Juárez Sepulveda
Evaluador

Lic. Sixto Eduardo Citalán Taracena
Postulante



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ADDENDUM

El Docente del Curso Trabajo Profesional de Graduación II Certifica, que el Lic. SIXTO EDUARDO CITALÁN TARACENA, Carné 201314375 incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro de la Terna Evaluadora dentro del plazo estipulado y obtuvo la calificación siguiente:

Punteo	
Zona:	66
Presentación Trabajo Profesional de Graduación II:	17
Nota final:	83

APROBADO

Guatemala 29 de octubre de 2022.

(f) *Isabel Cristina Oliva Castro*
Dra. Isabel Cristina Oliva Castro
Docente del Curso Trabajo Profesional de Graduación II

AGRADECIMIENTOS

A mi madre	Marivel Taracena por brindarme todo su apoyo y enseñarme la importancia del estudio y superación personal
A mis hermanos	Ángel y Andrea por todo el cariño que nos une.
A Mario Citalán	Por el apoyo brindado a mí y a mi familia.
A mis amigos	Cada uno por nombre, por todo su apoyo, sonrisas y momentos compartidos.
A mis Compañeros	Por todos los momentos de aprendizaje compartidos.
A mis catedráticos	Por toda la sabiduría compartida que me ha forjado como profesional.
La Generadora	Al equipo de La Generadora, brindarme su apoyo y conocimientos durante mi carrera profesional.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas a la educación superior y formarme como un profesional con dedicación y responsabilidad.

Contenido

Resumen	i
Introducción	v
1. Antecedentes	2
1.1 Localización	2
1.2 Ventajas de las generadoras Hidroeléctricas en Guatemala	2
1.3 Antecedentes de Investigación del proceso de monitoreo de transformadores	2
1.4 Antecedentes de investigación del monitoreo de transformadores y su impacto en el nivel de rentabilidad.....	7
2. Marco Teórico	11
2.1 Proyecto.....	11
2.1.1 Proyectos de Inversión	11
2.1.2 Evaluación de un proyecto de Inversión	12
2.1.3 Proyectos Privados	12
2.1.4 Proyectos de Naturaleza Dependiente	12
2.2 Generadoras de Energía	13
2.2.1 Generadoras de Energía Renovable	13
2.2.2 Energía Hidráulica	13
2.2.3 Hidroeléctrica.....	14
2.2.4 Partes esenciales de una hidroeléctrica	14
2.2.5 Sistema de suministro eléctrico	15
2.2.6 Sistema trifásico	15
2.2.7 Sistemas de Transmisión de Energía	15
2.2.8 Tipos de tensiones eléctricas.....	15

2.2.8.1 Alta Tensión:	15
2.2.8.2 Media Tensión	15
2.2.8.3 Baja tensión	16
2.3 Transporte y transmisión de energía eléctrica	16
2.3.1 Líneas de transmisión de Energía	16
2.3.2 Pérdidas de Energía en línea de transmisión	17
2.3.3 Transporte de Energía	17
2.3.4 Distribución de Energía.....	18
2.3.5 Subestaciones	18
2.3.6 Transformadores	18
2.3.7 Calentamiento de Transformadores.....	19
2.4 Sistemas de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación	19
2.4.1 Monitoreo.....	19
2.4.1.1 Monitoreo y Evaluación.....	20
2.4.1.2 Monitoreo de Transformadores.....	20
2.4.1.3 Estadísticas de Fallas de transformadores	20
2.4.1.4 Matriz de Fallas.....	20
2.4.1.5 Monitoreo en Línea	20
2.4.1.6 Monitoreo de Carga	21
2.4.1.7 Monitoreo en tiempo Real.....	21
2.4.1.8 Monitoreo con Fibra Óptica Oscura	21
2.4.2 Seguimiento.....	22
2.4.3 Evaluación de Proyectos	22
2.4.3.1 Evaluación Ex Post.....	22
2.4.3.2 Evaluación Ex Post a corto plazo	22

2.5 Indicadores	22
2.5.1 Indicadores de Proceso (Actividades).....	22
2.5.2 Indicadores de Producto (Resultado).....	23
2.5.3 Indicadores de Impacto.....	23
2.5.4 Ficha técnica del Indicador	23
2.5.5 Indicadores financieros	23
2.5.6 Línea base para indicadores.....	24
2.6 Análisis Financiero.....	24
2.6.1 Costos de producción	24
2.6.2 Costo de Capital	25
2.6.3 Rendimiento de una Inversión	25
2.6.4 Indicadores en la toma de decisiones de inversiones.....	25
2.6.5 Valor Actual Neto.....	25
2.6.5.1 Ventajas del Valor Actual Neto	26
2.6.6 WACC.....	26
2.6.7 Tasa Interna de Retorno	26
2.6.7.1 Criterio de Selección de un proyecto en base a la TIR	27
2.6.8 Periodo de Recuperación de la Inversión	27
2.6.9 Rentabilidad.....	27
2.6.10 Índice de Rentabilidad	28
2.6.11 Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable	28
2.6.12 Tasa de interés interbancaria de equilibrio.	28
3. Metodología	29
3.1 Definición del problema	29
3.2 Objetivos.....	30

3.2.1 Objetivo General	30
3.2.2 Objetivos Específicos.....	30
3.3 Diseño de la Investigación	30
3.3.1 Diseño No Experimental	30
3.3.2. Método Cuantitativo	31
3.3.3 Método Científico	31
3.4 Unidad de Análisis	31
3.5 Periodo Histórico	31
3.6 Ámbito geográfico	32
3.7 Universo y Muestra	32
3.8 Técnicas e instrumentos aplicados	32
3.8.1 Técnicas e instrumentos documentales.....	32
3.8.2 Técnicas e instrumentos de campo	33
3.9 Manejo ético	34
3.10 Análisis	34
3.11 Presentación.....	34
3.12 Resumen del procedimiento aplicado	34
4. Discusión de Resultados	37
4.1 Identificacar el monitoreo actual y la tecnología utilizada en el proceso de monitoreo de transformadores de energía.....	37
4.1.1 Sistema de monitoreo de transformadores actual	37
4.1.2 Tecnología empleada actualmente en el proceso de monitoreo de transformadores.....	38
4.2 Determinar los niveles de transformación energía.....	38
4.2.1 Niveles de Generación de Energía	38
4.2.2 Niveles de transformación de Energía	41

4.3 Identificar las principales causas que inciden en las pérdidas de energía transportada.....	43
4.3.1 Identificación de los niveles generales de pérdidas kwh.....	43
4.3.2 Categorías de pérdida de energía	45
4.4 Determinar el impacto financiero del proceso de monitoreo de transformadores de energía.....	47
4.4.1 Costo por energía perdida	47
4.4.2 Flujo de Caja e indicadores de evaluación financiera	49
4.4.3 Nivel de ventas	56
4.5 Propuesta de mejora al proceso de monitoreo actual.....	57
4.5.1 Segmentación del proceso de Monitoreo.....	57
4.5.1.1 Asignaciones y responsabilidades	58
4.5.2 Matriz de fallas.....	59
4.5.3 Aplicación de criterios SMART en indicadores para la realización de evaluación del sistema de monitoreo.....	60
4.5.3 Aplicación de análisis de los indicadores basado en metodología del marco lógico.	61
4.6 Análisis general de los resultados	62
Conclusiones y Recomendaciones.....	63
Recomendaciones	65
Bibliografía.....	67
Anexos.....	74
<u>Índice de cuadros, tablas, gráficas y figuras.....</u>	100

Resumen

El proceso de monitoreo de transformadores es un sistema empleado por las generadoras de energía para mantener los equipos en un estado óptimo, así mismo este tiene el alcance de disminuir las pérdidas que son causadas por distintos tipos de incidencias. El análisis de este proceso proporciona los datos relevantes para el estudio de los elementos de influencia en la generación, transmisión y venta de energía de una Generadora, con el cual se determina el impacto en la rentabilidad causado por el sistema con el que actualmente cuentan.

La empresa objeto de estudio es una Generadora de Energía Renovable de 5 mwh, para fines del presente documento se referencia solamente cómo “La Generadora”, ha iniciado su operación en el mes de marzo del año 2015. Desde el inicio de su operación se ha identificado un alto nivel de pérdidas de la energía generada en comparación con la energía vendida, el enfoque de la gerencia general es contar con una lectura de los niveles de pérdida, causas y su impacto financiero, así como disminuir el tiempo de respuesta al identificar una incidencia y mejorar los tiempos en reparos.

Ante la situación descrita han surgido las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo evaluar el proceso de monitoreo de transformadores de una Generadora de energía renovable y medir su impacto en la rentabilidad?; ¿Qué impacto en la rentabilidad tiene el proceso de monitoreo de transformadores de energía en una Generadora de energía renovable?; ¿Cómo determinar los niveles de transformación de energía?; ¿Cómo identificar la tecnología utilizada en un proceso de monitoreo de transformadores?; ¿Cuáles son las causas por las que la energía se pierde?; ¿Cómo identificar el tipo de proceso de monitoreo que se utiliza en los transformadores?; ¿Cómo elaborar un plan de monitoreo de transformadores?

Derivado de lo anterior y de la importancia que representa la aplicación de análisis del sistema de monitoreo en una Generadora, fue detectada la necesidad elaborar el trabajo de investigación para determinar el estado del sistema de monitoreo actual en la Generadora y obtener las bases de válidas para proporcionar una propuesta

de plan de monitoreo que contribuya a fortalecer las áreas de mejora de los procesos consecuentes del seguimiento y evaluación, así mismo de los puntos más débiles del proceso principal.

Para abordar la problemática planteada se estableció un objetivo general, el cual se determinó cómo: Evaluar el proceso de monitoreo de transformadores de una Generadora de energía renovable y su impacto en el nivel rentabilidad. Para el cumplimiento del objetivo general se realizó el planteamiento de los objetivos específicos detallados a continuación: Identificar el proceso de monitoreo actual y la tecnología utilizada en el proceso de monitoreo de transformadores de energía. Determinar los niveles de transformación de energía. Identificar las principales causas que inciden en las pérdidas de energía transportada. Determinar el impacto financiero del proceso de monitoreo de transformadores de energía. Proponer un plan de monitoreo de transformadores en el cual se tengan las directrices necesarias para darle continuidad al seguimiento y evaluación de los indicadores en riesgo, considerando la tecnología utilizada actualmente.

La metodología para la realización de la investigación fue basada en un diseño no experimental, transversal descriptivo, esto debido a que él estudió fue trabajado con hechos que ya ocurrieron en la línea de tiempo, los años de análisis son del 2017 al 2021. Así mismo se cuenta con un enfoque cuantitativo ya que fue recopilada información y se realizó el análisis de los datos que fueron obtenidos de la base de datos de informática que resguarda la Generadora, así mismo se aplicaron cálculos matemáticos y financieros. Fue aplicado el método científico en sus tres fases al ser una investigación aplicada en donde participaron todas sus fases, Indagadora, demostrativa y expositiva; también fueron utilizadas técnicas documentales para recopilar información en la Generadora, se utilizó una entrevista estructurada al gerente general para obtener la descripción del sistema de monitoreo actual. Las citas de este informe se han realizado con base a APA en su sexta edición.

Los resultados de la investigación dan respuesta a los objetivos específicos que fueron planteados en la labor de investigación de la siguiente forma:

Para el primer objetivo específico, que responde a la determinación de los niveles de generación de energía eléctrica por parte de la Generadora, y en dicho proceso se ha identificado cual es la temporalidad más productiva del año, siendo los meses del segundo semestre en donde se encuentra la mayor carga pluvial.

En respuesta al segundo objetivo se realizó un proceso en dos fases, de primero el cálculo de los niveles de generación de energía por mes y por año, para así de forma consecuente calcular el nivel de transformación de la energía vendida, el acumulado de generación del año 2017 al 2021 equivale a 86,683,804 kwh, y los niveles de transformación bajo los mismos filtros equivale a 80,859,522 Kwh, con estos datos se determinó que hay una pérdida de energía equivalente a 5,824,282kwh con lo que se demuestra que durante el periodo de estudio existen fallas en los procesos que van desde la generación de energía, su transporte hasta su transformación que equivale a la venta de energía, en estos procesos participa el sistema de monitoreo con el que cuenta la Generadora.

Ya calculado el nivel de pérdida de energía se trabaja con el tercer objetivo, determinando las principales causas de pérdidas de energía, las cuales fueron resumidas en 4 rubros principales, el primero, los mantenimientos a equipos por fallos o ya sea por prevención suman durante el periodo de estudio un monto de 1,923,573 kwh, los cortes en los transformadores de potencia debido al sobrecalentamiento equivalen a 1,173,425 kwh, Restricción de generar arriba de 4.5 mwh suma 2,061,796 kwh y por tormentas y desastres naturales 665,488 kwh. Se destaca que durante el año 2021 con el sistema de monitoreo optimizado se redujo en solamente 88,970 kwh las pérdidas por cortes en transformadores al año y se eliminó la restricción de generar arriba de 4.5 mwh, lo que ha impactado de manera positiva los niveles de venta de energía en el último periodo.

El impacto en la rentabilidad de los niveles de transformación responde al cuarto objetivo, en donde se determinó que en el año 2021 con el sistema de monitoreo optimizado se incrementó el nivel de ventas en un 31% en comparación del

promedio del 2017 al 2020. Así mismo la inversión en compra de equipo para la mejora del sistema es completamente rentable, teniendo un Valor Actual Neto de Q214,252.80, y cumpliendo con todos los indicadores financieros de evaluación, siendo su recuperación luego del primer mes en funcionamiento.

La propuesta para complementar el quinto objetivo se enfocó en dos puntos importantes en donde se encontraron las mayores deficiencias, primero el modelo de segregación de funciones para 3 procesos diferentes, el monitoreo, el seguimiento y la evaluación; cómo segundo el modelo de una matriz de fallas, la cual cuenta con criterios para realizar el registro de incidencias de forma detallada y cronológica lo que permite una mejor evaluación y contribuye a la elaboración de planes de acción para mitigar riesgos e incidencias.

|

Introducción

La unidad de análisis de la presente investigación es una Generadora de energía renovable de 5mwh, la cual para fines del presente trabajo solo se hace referencia como “La Generadora”, desde que entro en fase de operación el proyecto se han detectado pérdidas de generación, lo que se convierte en pérdidas en las ventas. Como consecuencia se ha visto en la necesidad de la implementación de un sistema de monitoreo, el cual ha sido enfocado principalmente al monitoreo de transformadores de potencia, dichos activos son los que más incidencias han demostrado al momento de entrar en funcionamiento. Dicho proceso ha ido en constante cambio, debido a la necesidad de la mejora, así mismo a que el nivel en las ventas tiene un impacto en la rentabilidad que tiene proyectada la Generadora anualmente.

La Generadora entro en fase operativa en el año 2015, habiendo pasado por un proceso de pre-inversión antes de empezar su construcción. El presente trabajo está estructura de la siguiente manera. En el capítulo número uno se detallan los antecedentes, los cuales hacen referencia a estudios nacionales e internacionales relacionados al proceso de monitoreo de transformadores y sus impactos financieros específicamente en compañías relacionadas a la generación, transporte y distribución de energía.

El desarrollo de todo el enfoque teórico y conceptual se encuentra en el capítulo número dos, se detallan todos los análisis de las teóricas que fundamentan esta investigación. Se determinan todos los conceptos cómo guías que brindan un soporte de interpretación de los resultados, en el presente trabajo de graduación los conceptos se relacionan al proceso de monitoreo, la descripción de las partes que participan por parte de la Generadora en dicho proceso y la descripción de los indicadores de evaluación financiera y rentabilidad.

El capítulo número tres, referencia a la metodología que ha sido utilizada para la realización de la investigación y soporta la resolución del problema planteado el cual se enfoca en el proceso de monitoreo de transformadores y su impacto en la

rentabilidad. En esta fase se plantean los objetivos específicos los cuales son la base de respuesta del objetivo general, la justificación de la utilización de un diseño no experimental y la utilización del método científico para la elaboración del documento, así mismo se describen cada una de las técnicas e instrumentos que fueron aplicados para recabar la información a trabajar.

En el cuarto capítulo contiene todos los resultados obtenidos en la investigación, estos son los que dan respuesta a los objetivos específicos. Estos inician con la identificación del sistema de monitoreo que utiliza actualmente la Generadora y la tecnología empleada, se determina el nivel de generación y transformación de energía; así mismo se identifica el nivel de pérdida de energía y cuáles fueron las principales causas, lo cual es equivalente al cambio en el nivel de ventas. Se identifica el impacto que tiene el proceso de monitoreo actual en la rentabilidad de la Generadora con base a los indicadores financieros descritos en la metodología. También se incluye una propuesta de valor al proceso de monitoreo de la Generadora, con ello contribuir a la mejora continua.

Por último, se realizaron las conclusiones sobre los resultados de la investigación y recomendaciones que pueden ser aplicadas a las Generadoras de energía en su proceso de monitoreo; se incluyen anexos en los cuales se encuentra contenido de apoyo al documento.

1. Antecedentes

Los antecedentes tienen como objeto describir los orígenes del trabajo, su realización permite exponer los marcos referenciales teóricos y empíricos que se relacionan con el monitoreo de transformadores y su impacto en la rentabilidad en una Generadora de energía renovable. Se describen los aspectos fundamentales de la unidad de análisis del tema que es sujeto de estudio y la compilación de investigaciones similares que cuentan con un grado de aporte al trabajo que se realiza.

En busca de un desarrollo sostenible, las generadoras de energía que utilizan los recursos renovables han ido en auge a nivel mundial, siendo el sector que utiliza el recurso hidrológico el más participativo.

Con un 32.77% las Plantas Hidroeléctricas representan la mayor participación de la producción de energía eléctrica en Guatemala. (Administrador del Mercado Mayorista, 2020).

El crecimiento de este modelo de negocio en la economía verde busca obtener los mejores resultados, evitando las pérdidas de energía en dos de los más importantes procesos, la generación y el transporte. La infraestructura de un país en desarrollo obliga a los generadores a implementar nuevas tecnologías para poder monitorear el proceso de transporte desde la planta Generadora al comprador.

Juan Saldívar (2018) en su trabajo investigativo analiza la importancia de analizar perdidas de energía debido a los transformadores con tecnología antigua que no estaban preparados para la carga que las generadoras producen con la tecnología actual, y su importancia de comparar el costo beneficio de implementar mejoras en los activos.

En su informe los profesionales Pérez, Rómulo & et. al. (2012) resaltan la importancia de implementar nuevas tecnologías en el monitoreo de transformadores de potencia que le permitan a una generadora tomar acciones en tiempo real y así evitar las pérdidas de energía. Este estudio busca analizar el proceso de monitoreo de transformadores de una generadora de energía renovable y la importancia de las nuevas tecnologías y la rentabilidad de su aplicación a los procesos actuales.

1.1 Localización

La Generadora se encuentra ubicada en el municipio de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz, dicho departamento tiene una importante participación en el sistema eléctrico nacional, en el cual se localizan actualmente se ubican 9 generadoras, lo cual representa un 13.79% de las 58 hidroeléctricas habilidades en el País. (Ministerio de Energía y Minas, 2018). El caudal que se utiliza es el río Samuc, el cual es compartido con otra hidroeléctrica.

1.2 Ventajas de las generadoras Hidroeléctricas en Guatemala

Guatemala cuenta con una considerable cantidad de recursos renovables, la construcción de hidroeléctricas es importante para evitar la dependencia de generación, mejorando los precios, además de ser amigables al medio ambiente al no producir gases contaminantes a la atmosfera, no generan residuos sólidos, sus propiedades y sus energías son inagotables. (Ministerio de Energía y Minas Guatemala, 2018)

1.3 Antecedentes de Investigación del proceso de monitoreo de transformadores

En la labor investigativa que se realizó a nivel nacional se encontró a Méndez (2010), quién en su investigación fue realizada en el sector eléctrico del municipio de Purulhá del departamento de Baja Verapaz, tuvo como objetivo el conocer la tecnología que actualmente se utiliza a nivel mundial, para la protección de explosiones e incendios en transformadores de potencia, como también de otras técnicas de monitoreo en línea para la determinación del estado de operación en tiempo real de los transformadores, para esto el estudio se basó su realización en

la Subestación “Las Verapaces”, Se utilizó el monitoreo el línea, el cual es un sistema que permite detectar las posibles fallas en los equipos y con ello programar planes de mitigación en tiempo real.

El sistema de monitoreo de transformadores consta de sensores, sistemas de adquisición de datos, manejos de información y métodos de evaluación de la condición de los transformadores. Los principales resultados muestran las ventajas de los sistemas de monitoreo en línea, como lo es la posibilidad de analizar en conjunto las diferentes variables que afectan al equipo, con lo cual se permite la obtención de información ya compilada y completa sobre las condiciones del funcionamiento y operación, se incrementa la confianza en los resultados y lecturas. Otros beneficios de este sistema de monitoreo que se pueden listar son los siguientes, proporciona información de manera continua sobre la condición de los activos, la facilidad de crear una base de datos, permite llevar a sus límites de carga aceptados de los transformadores sin afectar su vida útil, tener la lectura en tiempo real mientras el transformador esta sobrecargado para regular la carga transmitida y asegurar su funcionamiento en capacidad máxima, cambiar la periodicidad del mantenimiento de los equipos envueltos en el proceso de cambios periódicos a mantenimientos que se basan en el estado de la condición de los equipos, facilitan a la toma de decisiones y acortan el tiempo de estas, reducen el riesgo de fallas y apagados de emergencia disminuyendo los costos.

Cómo conclusión se obtiene de la obtención de datos para realizar el análisis de fallas en transformadores, brinda la facilidad de determinar todas las fallas y con ello planificar los mantenimientos, además de que si es una falla durante el funcionamiento esta puede ser detectada a tiempo y ejecutar un plan de acción en tiempo real.

Otro estudio importante redactado en Guatemala es el de Orozco (2013), el cual ha sido desarrollado en el sector eléctrico de Zunil, Quetzaltenango el cual tiene por objeto realizar la descripción de la instalación de pruebas y puesta en marcha de un sistema de protección y monitoreo de turbinas, generador y transformador de

potencia, esto para garantizar la protección de los equipos y reducir los daños a largo plazo, el estudio es realizado en la Planta Hidroeléctrica Santa María.

Este estudio tiene como objetivo realizar la descripción de cómo se debe realizar la instalación, pruebas y puesta en marcha del sistema de protección y monitoreo de turbina, generador y transformador de potencia en la Generadora de energía, consigo garantizar la protección de los activos y de esa forma reducir al mínimo los daños que estos pueden sufrir a futuro, el instrumento que se utilizará será un plan de contingencia, en el cual se asigna el responsable de la coordinación y segregación de funciones para que se ejecute de manera correcta, otro agregado es un registro de los resultados y los siniestros que se presentan, así como la mejora continua del plan.

Los principales resultados de la investigación muestran en la evaluación del plan de contingencia su relación del beneficio costo que este inhiere para su implementación. La comparación se realiza contra el valor de las pérdidas que se inhiere al no contar con esta planificación, siendo una evaluación económica sino también del bienestar de los trabajadores y el equipo. El resultado da como factible la implementación del plan de monitoreo y protección.

El autor del estudio llega a la conclusión que con el plan de monitoreo y las protecciones puestas en marcha se tendrá rapidez en la respuesta en caso de fallas de los transformadores lo cual alargará su vida útil.

Por otra parte, Noriega (2014), realizó un estudio también relacionado al sector eléctrico en el departamento de Guatemala, municipio de Villa nueva, específicamente en la subestación Guatesur (Guatemala, Sur), el objetivo de dicho trabajo académico es describir los sistemas de monitoreo de condición en línea y la realización de una propuesta que contenga las orientaciones necesarias para la detección de fallas aplicada como método de predicción de mantenimientos, con eso el aumento de las condiciones de confiabilidad y la productividad total en los transformadores de potencia de la subestación.

El instrumento que el autor recomienda usar es el análisis cuantitativo, este se dedica a recoger, procesar y realizar un análisis de los datos contables o numéricos sobre las variables que se han determinado y que se relacionan directamente a los transformadores, las variables a considerar son: Los niveles de calor, vibraciones, los gases, capacidad y corrientes o voltajes.

El documento sugiere que el proyecto de implementar un monitoreo en línea debe contar con una factibilidad económica, esto hace énfasis directamente a los recursos económicos y financieros, los cuales serán invertidos para desarrollar e implementar las actividades de monitoreo. El Análisis de los costos de los equipos para monitorear, la capacitación a los operadores quienes estarán realizando el monitoreo de manera continua y los encargados de evaluar los resultados. Los beneficios deben centrarse en menos horas de capacidad ociosa debido a las horas que no trabaja el transformador por fallas, y el aumento de la vida útil del activo.

Un estudio importante que recarga el diseño virtual de monitoreo es el de Jirón (2016), dicho documento se delimita al sector eléctrico de Guatemala, realizando el estudio para una Subestación en donde se localizan los transformadores de potencia, sus objetivos más importantes se focalizan en realizar el diseño de un sistema de monitoreo virtual que revise los parámetros de un transformador de potencia, con ello ayudar a la mejora de la recopilación de datos y que el mismo sume para el control, este objetivo va de la mano con uno más específico que es monitorear los sensores de temperatura del activo.

Los instrumentos para utilizar con el Ethernet Industrial y Redundancia, el primero se refiere al uso de fibra de Ethernet para reducir los problemas de ruido eléctrico y proporcionar el aislamiento eléctrico para evitar el daño de los activos. Las redes industriales destacan la entrega de los datos de transmisión de energía. La redundancia se comprende por las capacidades de un sistema de comunicación con el cual se detecta un fallo en la red de manera rápida, lo que hace posible llevar a cabo planes de acción en tiempo real para solucionar el incidente de manera eficiente y efectiva, lo que suma a reducir el impacto en de cortes de energía.

Cómo conclusión se toma que en el monitoreo un protocolo de comunicación es el conjunto de normas que dos entidades se comuniquen mediante un sistema o canal de comunicación estructurado, con el cual informa las variaciones que se tienen en el proceso productivo. En el caso de los transformadores de potencia son elementos importantes en los sistemas de distribución de energía. Para diseñar de forma eficiente un sistema de monitoreo es importante tomar en cuenta los protocolos de comunicación y redundancia.

Por otra parte el estudio realizado por Pascual (2019), que se delimita a los departamentos de Guatemala, Escuintla y Sacatepéquez, busca como objetivo la implementación de un sistema de monitoreo remoto en los transformadores de distribución para realizar mejoras en los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica y así contribuir a la eficiencia energética, el autor ha encontrado la necesidad de actualizar el sistema de monitoreo implementando las tecnologías actuales que se usan a nivel internacional.

Para ello se busca realizar la recolección los datos del comportamiento de los transformadores por medio de analizadores de redes que funcionan en línea, los cuales capturan los datos por periodos no mayores a 15 minutos, periodo en el cual se pueden realizar intervenciones para que el equipo trabaje de manera correcta sin sobrecargas.

Se determina la importancia de realizar una base de datos de comparación de pérdidas en el proceso de transporte de energía, y con ello optimizar el uso de transformadores y línea de transmisión, así como la determinación de las fallas por calentamiento en los equipos. Contar con una base del comportamiento de las interrupciones y realizar el análisis de costos para la implementación de las tecnologías de monitoreo remoto.

1.4 Antecedentes de investigación del monitoreo de transformadores y su impacto en el nivel de rentabilidad

Dentro de los trabajos internacionales se encuentra Cañar (2007), quién en su estudio busca calcular las pérdidas técnicas y no técnicas en los transformadores, alimentadores primarios de distribución de energía eléctrica, su estudio se realiza en Ecuador y su sujeto de estudio es la empresa eléctrica Ambato, el instrumento que ha elaborado para obtener la cifra de las pérdidas es la comparación de la energía que se ha facturado vs la que muestran los sistemas de transporte.

Uno de sus principales resultados es crear un plan para llevar el control de las pérdidas, así mismo la realización de una evaluación para determinar la factibilidad financiera de la implementación de métodos de monitoreo de transformadores. La utilización del método del Valor Presente es el que ha elegido el autor, determinando los ahorros que se obtienen gracias a la implementación del proyecto. El estudio concuerda en que la optimización del sistema de monitoreo eléctrico brinda mayor eficiencia e incrementa los ingresos de la compañía.

Así mismo Cajamarca & Sigua (2010), realizan un análisis sobre las pérdidas de energía en los transformadores de potencia, así como la búsqueda de los causantes de que están tengan un incremento y el cómo poder hacer para contrarrestarlas, esto con el fin de obtener el mayor beneficio económico para la empresa, el estudio se realizó en Centrosur Ecuador, realizaron un instrumento llamado “Costo de energía no servida”, en el cual se determina un costo representativo de la energía al no ser transportada, este costo equivale al porcentaje de carga que se encuentra por encima de la capacidad normal del transformador, es decir, el excedente, las variables que utilizaron son el precio por el factor de potencia.

Uno de sus principales resultados es el análisis del método de cálculo de la rentabilidad del proyecto, que toma como línea base el número de horas de producción perdida, así como la vida útil de los equipos debido a la falta de un proyecto de seguimiento, monitoreo y evaluación.

Se concluye que se debe monitorear continuamente las temperaturas de los transformadores para no exceder en el máximo establecido por el fabricante y

realizar una acertada proyección del crecimiento de la demanda que permitirá al planificador elegir el mejor momento para adicionar capacidades nuevas y conseguir el mayor beneficio económico.

En la labor investigativa de Landry (2015), en donde tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de control y monitoreo de transformadores de potencia para la detección de fallas de manera temprana, analiza las pérdidas de la energía, cuáles son los principales causantes de que estas tengan ocurrencia y crecimiento y así realiza el estudio de como contrarrestar estos problemas, todo esto para buscar el beneficio económico de la empresa.

Para el autor el monitoreo en línea de los transformadores de potencia se debe realizar por medio de sensores que funcionan por medio de softwares especializados que miden la salud de los equipos en tiempo real, como resultado muestra el beneficio operativo que se obtendrá con la implementación del proyecto. La clara ventaja de utilizar un sistema de monitoreo en tiempo real utilizando tecnología actual para realizar las lecturas de los transformadores por medio de una red de comunicación LAN o WAN representa beneficios económicos y sociales a la región.

Siguiendo la línea de resultados Maldonado y Cando (2015), en su investigación de la determinación de pérdidas de energía en transformadores, en donde buscan determinar las pérdidas de la energía, el estudio del efecto que tienen sobre las mediciones haciendo uso de herramientas informáticas y modelos matemáticos estadísticos para su medición. Realizaron su estudio en Centrosur Ecuador, en el departamento de control de la medición, calidad y análisis y sistemas geográficos de distribución en 125 perfiles de carga.

Las mediciones económicas de la implementación del monitoreo como medida preventiva en los equipos se tomaron indicadores como el Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación Beneficio costo, y el tiempo de recuperación, todos mostrando un resultado satisfactorio para la implementación del proyecto.

La rentabilidad económica de la inversión en la adquisición de equipos medidores para la compensación de las pérdidas demostró ser recuperable en un plazo menor a los 5 años, y teniendo una vida útil de 15 años demuestra la factibilidad de implementarlos.

A continuación, se detalle un resumen de las investigaciones que fueron consideradas como antecedentes, se separan en cuadro 1 para los documentos nacionales y cuadro 2 para los internacionales.

Cuadro 1

Estudios relacionados Nacionales

año	Autor	Institución	Tema
2010	Walter Orlando Méndez Villeda	Universidad de San Carlos de Guatemala	Fallas en los transformadores de potencia y sistemas auxiliares de prevención, para evitar que el transformador explote
2013	Adolfo Raúl Orozco Fuentes	Universidad de San Carlos de Guatemala	Instalación, pruebas, puesta en servicio del sistema de protección y Monitoreo de las Unidades 1, 2 y 3 y transformador de potencia de la planta Hidroeléctrica Santa María
2014	Javier Orlando Noriega Herrera	Universidad de San Carlos de Guatemala	Diseño de la investigación de los sistemas de monitoreo en línea, como método predictivo para la detección de fallas en transformadores de potencia
2016	Oscar Ernesto Jirón Guardado	Universidad de San Carlos de Guatemala	Diseño de un sistema de instrumentación virtual para monitoreo de parámetros de Transformador
2019	Julio Eduardo Pascual Aj	Universidad de San Carlos de Guatemala	Diseño de investigación para la implementación de monitoreo remoto en transformadores de distribución, para mejorar la calidad del servicio eléctrico y aumento de la eficiencia energética

Elaboración propia 2022 – Con base en compilación de investigaciones científicas.

En el cuadro 1 se detallan cinco investigaciones nacionales, las cuales fueron elaboradas en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se detallan las investigaciones que fueron elaboradas internacionalmente, las cuales han aportado al presente trabajo profesional de graduación.

Cuadro 2

Estudios relacionados Internacionales

año	Autor	Institución	Tema
2007	Santiago Patricio Cañar Olmedo	Universidad Politécnica Nacional Ecuador	Cálculo detallado de pérdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador "Universidad" Perteneciente a la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte, S.A.
2010	Eduardo Agustín Cajamarca Encalada & Xavier Francisco Sigua Maxi	Universidad Politécnica Salesiana -Sede Cuenca- Ecuador	Cargabilidad en transformadores de potencia, incidencia en la vida útil, pérdidas de energía y condiciones operativas
2015	Wilson Rene Landy Viscaíno	Universidad Politécnica Salesiana -Sede Cuenca- Ecuador	Desarrollo de un modelo de sistema de Control y Monitoreo de parámetros Operacionales de un transformador de Potencia, para el diagnóstico y detección temprana de fallas
2018	Juan Carlos Maldonado Chica & Paul Marcelo Cando Naula	Universidad Politécnica Salesiana -Sede Cuenca- Ecuador	Determinación de pérdida de energía en transformadores de distribución mediante algoritmo de compensación en sistemas de medición

Elaboración propia 2022 – Con base en compilación de investigaciones científicas.

Se destaca que las investigaciones internacionales son de origen latinoamericano, lo que demuestra la importancia que el sector de generación de energía eléctrica tiene en el área.

2. Marco Teórico

Como fundamento de una labor de investigación, es preciso realizar la exposición de las teorías y análisis existentes que contribuyen a solucionar el problema planteado y así conseguir alcanzar los objetivos, esta parte de la realización del informe se define como marco teórico. En este capítulo se exponen y se definen todas las teorías, leyes, definiciones, conceptos y opiniones que el investigador considera necesarias según su experiencia.

2.1 Proyecto

Los proyectos nacen debido a la búsqueda de querer satisfacer una necesidad o la solución de un problema, en la parte privada se busca una rentabilidad económica por dicho proyecto y en la parte social se busca un beneficio económico social en la población.

En una descripción generalizada hecha por Baca, Gabriel (2001), define al proyecto cómo a la interrelación de objetivos de forma ordenada que buscan llegar a la mejor solución de manera inteligente a una problemática planteada, principalmente para satisfacer una necesidad humana. Ejemplificando las necesidades más comunes se pueden nombrar a la salud, educación, medio ambiente o recurso naturales, cultura, entre otros.

2.1.1 Proyectos de Inversión

Antes de realizar una inversión, ya sea en un nuevo negocio, la mejora de uno ya existente o la expansión de este, se realizan los estudios necesarios para el inicio de un proyecto.

Este tipo de proyecto es al cual se le asigna un determinado monto de capital, en otras palabras, un presupuesto, y se le proporcionan otra clase de insumos, como capital humano, maquinaria etc. Esto con el fin de producir un determinado bien o servicio que llene una necesidad humana ya sea individual o de forma social en general.

La definición de Sapag, Nassir (2007) indica que para un proyecto de inversión se deben tener diferentes bases para su planteamiento, generar una idea, realizar los estudios previos a la inversión para realizar la medición de su conveniencia económica, luego su inversión e implementación, puesta en marcha y operación.

2.1.2 Evaluación de un proyecto de Inversión

Evaluar los proyectos es fundamental, debido a que en esta fase se define su viabilidad y si se alcanzan los objetivos planteados por sus interesados o patrocinadores.

La forma de evaluar un proyecto de inversión no importa el tipo que sea, tiene como fin fundamental conocer cuál ha sido la rentabilidad, ya sea de forma económica y/o social. Esto de la mano con la solución de las necesidades humanas de forma eficiente y eficaz. Baca, Gabriel (2001) enfatiza que se debe evaluar los proyectos de inversión para asegurar invertir los recursos en la mejor alternativa de solución.

2.1.3 Proyectos Privados

Esta clasificación a los proyectos hace referencia a los proyectos con capital privado, que no tienen relación alguna con capital proveniente del sector público de un país.

Los proyectos productivos privados con aquellos con el fin de producir rentabilidad económica, en otras palabras, su fin es lucrar. Tienen un enfoque empresarial, Industrial, de emprendimiento, entre otros. Editorial Etecé (2021).

También se puede determinar a un proyecto privado en un instrumento de toma de decisión, el cual nos ayudará a escoger la mejor propuesta para obtener la mejor rentabilidad con la mejor optimización de los recursos, se evalúan de forma cualitativa y cuantitativa tanto como sus ventajas, desventajas y riesgos para determinar la inversión al mejor prospecto.

2.1.4 Proyectos de Naturaleza Dependiente

La dependencia de un proyecto se define a la relación que tiene directamente con un proyecto ya en su fase operativa y que necesita de una reinversión en mejora de procesos u expansión.

Para Córdoba, Marcial (2006) un proyecto dependiente es el que necesita de otra inversión para ser realizadas, por ejemplo, el sistema de monitoreo en línea para una generadora de energía renovable, la generadora ya existe y está en funcionamiento, pero la transmisión de energía depende de un buen sistema de monitoreo de transformadores de potencia. Para el caso, esto se define como un proyecto complementario.

2.2 Generadoras de Energía

Se clasifican como plantas generadoras de energía, estas trabajan por medio de uno o varios generadores o turbinas, estos funcionan por medio de la rotación que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen diferentes tipos de fuentes las cuales pueden convertirse en energía eléctrica, están las que funcionan gracias a la combustión de combustibles fósiles como lo es el carbón o fuentes derivadas del petróleo, energía nuclear, o las fuentes de energía renovable, estas últimas pueden utilizar la fuerza del agua, el viento, el sol, entre otros para crear energía.

2.2.1 Generadoras de Energía Renovable

En Guatemala la matriz energética está compuesta principalmente por la generación de energía provenientes de fuentes renovables, estas utilizan recursos se regeneran naturalmente, sin afectar o alterar drásticamente el entorno ecológico.

El Ministerio de Energía y Minas de Guatemala (2018) clasifica a las generadoras de energía renovable son las que utilizan recursos los cuales no se terminan o se renuevan por naturaleza, entre ellas se encuentran las que utilizan la Energía Hidráulica.

2.2.2 Energía Hidráulica

Este tipo de energía es la fuente renovable principal extraída de fuentes renovables en Guatemala, su incremento en el aporte de la matriz energética se debe gracias a la inversión de la empresa privada en el país.

El Instituto nacional de Electrificación de Guatemala (2019) define a la energía Hidráulica se obtiene gracias a los movimientos y fuerzas del agua, esta fuerza

generada se transforma en energía mecánica mediante turbinas especializadas de generación, el agua mueve las aspas de la turbina gracias a su flujo, al realizar esta acción las turbinas dan como resultado la conversión final a energía eléctrica.

2.2.3 Hidroeléctrica

La energía hidráulica se aprovecha de la fuerza que contraen las corrientes de agua, se utilizan la diferencia de altura entre dos puntos del cauce, es decir la fuerza gravitatoria, la planta se localiza en un punto bajo de la corriente a utilizar, en donde es transformada por medio de turbinas que son conectadas a un generador. (Instituto Nacional de Electrificación, 2021)

2.2.4 Partes esenciales de una hidroeléctrica

Una planta o central hidroeléctrica cuenta con una gran parte de componentes, que ayudan a sus 3 fases importantes del ciclo de vida del negocio que es la generación, transporte y distribución, no todas las plantas utilizan los mismos componentes, dependerá de la naturaleza de la inversión y del terreno, un gran número de centrales utiliza embalse para almacenar una cantidad de agua, pero en arquitecturas e ingenierías diferentes existen plantas que no las utilizan.

Según el Instituto nacional de electrificación en Guatemala (2020), una central hidroeléctrica como mínimo consta de las siguientes partes:

- **Embalse:** En donde se acumula el agua de la fuente utilizada.
- **Muro de contención:** Su función es retener el agua del embalse y cuenta con salidas para regular el volumen del agua acumulada.
- **Tubería de Presión:** Enlaza el embalse con la casa de máquinas.
- **Canal de Conducción:** En donde se recolecta el agua de la fuente a utilizar.
- **Canal de Descarga:** Se utiliza para redistribuir el agua en la fuente utilizada.
- **Casa de Máquinas:** Es la porción de obra gris en donde las turbinas, generadores & Transformadores.

2.2.5 Sistema de suministro eléctrico

Este se comprende por los medios y elementos fundamentales para la generación de energía eléctrica, su transporte y distribución. Los componentes e ingenierías del sistema deben ser diseñado según las necesidades y grado de energía a soportar durante su funcionamiento.

2.2.6 Sistema trifásico

Es un sistema de producción de energía eléctrica en conjunto con su distribución y consumo. Se conforma por tres circuitos de corriente alterna monofásica, estas deben ser de la misma corriente, amplitud y frecuencia, deben presentar una diferencia promedio entre ellas de 120 grados eléctricos. (Pepe Energy, 2022)

2.2.7 Sistemas de Transmisión de Energía

Los sistemas de transmisión de energía como mínimo deben contar con estaciones elevadoras, líneas de transmisión, estaciones de maniobra y estaciones transformadoras reductoras de energía. (Rama Estudiantil del IEEE Universidad del Cono Sur de las Américas, 2010).

2.2.8 Tipos de tensiones eléctricas

Los tipos de tensión eléctrica suelen variar dependiendo su naturaleza y uso pueden ser clasificados cómo de alta, media y baja tensión.

2.2.8.1 Alta Tensión:

Principalmente se emplea en el transporte de energía eléctrica a largas distancias, este transporte se realiza desde centrales de generación a las subestaciones en donde se encuentran los transformadores de potencia. La forma en que se realizar este transporte es por medio de cables de grueso calibre, los cables cuelgan y son sujetados por aisladores de gran tamaño los cuales están colocados en grandes torres metálicas diseñadas especialmente para este tipo de trabajo. En detalle de medición, la alta tensión es aquella que supera los 25 kilovoltios (kv).

2.2.8.2 Media Tensión

El uso de este tipo de tensión se utiliza para el transporte de energía entre puntos específicos, este trayecto viene siendo desde las subestaciones en donde se recibe

la energía generada por las generadoras hasta las subestaciones o bancos de transformadores de baja tensión, por medio de los últimos hace la conversión para la distribución a las ciudades. Este tipo de transporte se puede dar de diferentes formas dadas las circunstancias, desde torres metálicas las cuales cuentan con soportes de cemento o madera inclusive, o bajo tierra, siendo soterrado la forma más eficiente para las grandes ciudades y países de primer mundo. En términos de medición, son las tensiones mayores a 1 kv y menores a 25kv.

2.2.8.3 Baja tensión

Según Faletti, Edgardo (s.f), son tensiones por debajo de la medida de 1 kv que por medio de los transformadores de potencia se reducen hasta tensiones de los 110 voltios. La baja tensión es utilizada por la industria a medidas de los 220, 380 y 400 voltios según sea su necesidad, siempre de corriente alterna, y en hogares de América Latina es más utilizado entre los 110 y 120 voltios. Los métodos para la distribución de la baja tensión son por medio de cables especiales que cuelgan de postes de distintos materiales, en Guatemala se pueden ver los más comunes postes de concreto, madera y metálicos.

2.3 Transporte y transmisión de energía eléctrica

Cómo lo menciona área de Tecnología (s.f.), el sistema de suministro eléctrico consta de 3 partes esenciales, generación, transporte y transmisión y la distribución de energía. La segunda fase de este proceso aún cuenta con dependencia de la planta generadora, ya que desde la subestación del generador se transmite la energía a la subestación del distribuidor, en esta parte del proceso entrar a tomar suma importancia los transformadores de potencia, los cuales ajustan los niveles de energía óptimos para que estos recorran las largas distancias en cables especiales y con ello reducir las pérdidas por no utilizar los activos de una manera eficiente.

2.3.1 Líneas de transmisión de Energía

Es uno de los activos más importantes de una central generadora, ya que gracias a ella se transporta la energía desde la subestación hidroeléctrica hasta subestación del distribuidor de energía, así mismo es uno de los componentes más complejos

de monitorear debido a que es muy sensible a los factores externos, principalmente del medio ambiente, al situarse estas en zonas montañosas o selvas.

La Energía generada por una hidroeléctrica o de cualquier otro tipo se transporta en grandes cantidades por medio de las líneas de transmisión, se interconectan por medio de subestaciones que se ubican en los dos extremos de la línea. (Rama Estudiantil del IEEE Universidad del Cono Sur de las Américas, 2010). . Cómo lo indica Checa, Luis (1988) los kilómetros recorridos de una línea son un factor clave en los cálculos de la capacidad de transporte.

En el documento escrito por Mujal, Ramón (2013) explica que el material más utilizado en el cableado de líneas es el cobre, es el más apto en términos generales, pero puede ser suplido con Aluminio o una combinación aluminio-acero, dependiendo de la necesidad y el costo beneficio del proyecto.

2.3.2 Pérdidas de Energía en línea de transmisión

La importancia del monitoreo de la línea de transmisión se debe a lo sensible que es a las pérdidas de energía.

Wayne, Tomasi (2003) explica que de las principales causas de pérdidas de energía se dan por la larga distancia y el grosor del calibre del cable, al acortar la distancia entre transformadores se pierde menos energía, y el utilizar un cableado más grueso delimita la pérdida.

2.3.3 Transporte de Energía

Cómo lo indica Antonio, Fayos (2009) el objetivo del transporte es suministrar energía eléctrica a los diferentes consumidores, ya sean de uso doméstico o industrial. Lo que define Balbás, Javier (2017) el correcto funcionamiento y rendimiento del transporte de energía eléctrica son los materiales utilizados y el diseño elegido. Lo indicado por Thashorras, Jesús (2013). Las Generadoras producen energía con tensión de 10 kv – 20 kv aproximadamente, estas tensiones para poder ser transportadas deben pasar un proceso de aumento en los transformadores de otro modo se perdería mucha energía en el transporte, luego al

llegar a zonas industriales u hogares esta se vuelve a transformar bajando su tensión regularmente a 110 y 220 kv.

2.3.4 Distribución de Energía

La distribución de energía usualmente es externa a la empresa generadora, en Guatemala principalmente las empresas de distribución son las que compran la energía para poder realizar la distribución al usuario final.

En su obra Coto, José (2002) explica que la distribución puede ser por vía aérea o subterránea, a partir de las tensiones altas los transformadores ubicados durante toda la línea reducen el nivel de voltaje para el uso industrial o doméstico.

2.3.5 Subestaciones

Las subestaciones son el lugar en donde se ubican los transformadores de potencia, en el giro del negocio de la energía por lo regular la generadora cuenta con su subestación de donde parte la línea de transmisión de energía que llega hasta la subestación de la distribuidora de energía.

La explicación de García, Rodrigo & et al (2013). sobre las subestaciones transformadoras son las que unen las redes de distribución, estas se encargan de disminuir los valores de corrientes, cuando disminuyen los valores de corriente es menor la posibilidad de pérdida de potencia durante el transporte, luego antes de llegar al usuario final pasan por otro proceso de transformación para elevar la tensión y esta sea la adecuada para el consumo.

En Guatemala el Instituto Nacional de Electrificación cuenta con 68 subestaciones las cuales reciben la energía de las generadoras que luego serán distribuidas al usuario final. (Instituto Nacional de Electrificación, 2021)

2.3.6 Transformadores

Se encargan de transformar la energía que se produce en el generador en una corriente ya sea alta cuando sale para poder transportarla a largas distancias sin pérdidas o bajarlas cuando sea recibida la subestación al final de la línea y transportada al usuario final.

Fayos, Antonio (2009). hace énfasis en que es necesario conectar transformadores y autotransformadores al principio y al final de la línea para que pueda elevar la tensión y de esta manera le permita recorrer todo el trayecto.

2.3.7 Calentamiento de Transformadores

El calentamiento de transformadores puede darse debido a una sobre carga en la generación, cuando la capacidad del transformador está por debajo de la capacidad instalada del equipo, en estos casos existen transformadores que trabajan a ventilación forzada por un límite de tiempo, en caso no se frene o reduzca la producción de energía este puede llegar a explotar.

Para Harper, Enrique (2004) existen dos tipos de ventilación de los Transformadores de energía, ventilación seca, por aire que trabaja por ventiladores, y de aceite, el cual transporta el calor y se enfría por medio de aire del exterior o radiación.

2.4 Sistemas de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación

Una de las definiciones más acertadas para la combinación de estos procesos la tiene Van de Velde, Hernán (2009), este es un componente integrador, debido a que cada uno de los procesos van de forma interrelacionada y llevan un orden en la línea del tiempo, en donde se puede definir que el monitoreo es un proceso a corto plazo, el seguimiento a mediano y la evaluación a largo plazo. A continuación, se detallan cada uno de sus componentes a detalle.

2.4.1 Monitoreo

Un proceso pilar para el sector eléctrico, debe ser realizado de forma constante, las 24 horas de día, debido al riesgo en fallas de equipos y la evaluación de los riesgos ambientales que el negocio conlleva.

La definición de Lauriac, Nathalie (2016) indica que es un proceso esencial para conducir un proyecto de manera a que éste contribuya a un cambio efectivo para los beneficiarios. Sirve para apreciar el avance de un proyecto, para asegurarse de que éste se sitúa sobre el buen camino para alcanzar los resultados esperados, o para observar y comprender las brechas, las dificultades o incluso las nuevas

oportunidades. El monitoreo contribuye a decidir sobre los ajustes que son necesarios para alcanzar el objetivo del proyecto.

2.4.1.1 Monitoreo y Evaluación

El Monitoreo y Evaluación es un proceso de recolección, sistematización y análisis de información basado en los objetivos, resultados, y actividades planificados y ejecutados del proyecto con el fin de mejorar su ejecución y eficacia. Es una herramienta de gestión y aprendizaje que proporciona información crucial sobre el funcionamiento y el éxito del proyecto. (Manejo forestal sostenible de la región Andina, 2012)

2.4.1.2 Monitoreo de Transformadores

En la investigación de López, Alfredo & et al. (2000). Explican que el proceso monitoreo de los transformadores es necesario debido a que están expuestos a esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos. Al no monitorearse puede llegar a situaciones catastróficas.

2.4.1.3 Estadísticas de Fallas de transformadores

Es vital tener un histórico de las fallas que han sufrido los transformadores, utilizando métodos estadísticos para definir las variables más importantes e identificar cuáles han sido los elementos principales por lo cual han fallado los transformadores, se puede soportar los resultados por medio de gráficas.

2.4.1.4 Matriz de Fallas

La significativo el llevar un histórico de las fallas de los sistemas, para poder realizar planes de acción, buscar la causa raíz del problema y solucionarlo.

Para Pérez, Rómulo (2012) Luego de obtener los resultados estadísticos una buena práctica es diagramar los resultados causa efecto por medio de una matriz de fallas que pueda representar la causa y su afectación al transformador de manera porcentual.

2.4.1.5 Monitoreo en Línea

Los avances en la tecnología han permitido la eficiencia del sistema de monitoreo de transformadores, lo que ha llevado esto al punto de poder realizar el monitoreo

de forma remota y en tiempo real, es un beneficio que debe ser aplicado en el negocio actualmente.

La explicación de López, Alfredo & Et al. (2000), indica que el monitoreo en línea consta de sensores, sistemas de datos, manejo de información y métodos para evaluar a los transformadores. Este mismo se mantiene realizando diagnósticos constantes sobre la condición de los transformadores. Todo esto soportándose de los medios digitales.

2.4.1.6 Monitoreo de Carga

El monitoreo de carga consiste en la medición de la condición de operación en relación con las tensiones de las corrientes, la capacidad instalada y la medición de la temperatura, ya que en condiciones de sobre cargas el transformador trabajará a ventilación forzada por un tiempo limitado.

Los dispositivos digitales y sensores tendrán a su disposición el apagado del transformador en caso los sistemas de enfriamiento no sean suficientes por trabajar por un tiempo prologando con cargas superiores a la capacidad instalada, esto mismo para la seguridad del equipo y no llegar a fatalidades. López, Alfredo & Et al (2000).

2.4.1.7 Monitoreo en tiempo Real

Según Galván, José (1997) es esencial la comunicación por medio de fibra óptica, que ayude al monitoreo de la tensión y poder regularla de forma que sea estable, ver los cortes de energía en tiempo real, dando pronta respuesta y acciones para el mantenimiento de la distribución.

2.4.1.8 Monitoreo con Fibra Óptica Oscura

En su entrevista Arimany, Pablo explica que (2021). La mejor opción de monitoreo en tiempo real, para dar respuesta a los problemas que se puedan originar en los transformadores es la fibra óptica oscura, la propiedad de este tipo de conexión es dedicada de punto a punto, en temas de seguridad es una comunicación totalmente privada, y la conectividad es incluso superior ya que solamente se maneja la información del monitoreo sobre ese canal.

2.4.2 Seguimiento

El concepto definido por Rus, Enrique (2021) El seguimiento consiste en comprobar si se van ejecutando las distintas fases del proyecto, en tiempo y forma cada una de ellas. Para hacerlo se utilizan una serie de parámetros y variables que nos permiten averiguar si hay o no desviaciones respecto al plan inicial.

2.4.3 Evaluación de Proyectos

En el documento escrito por Sapag, Nassir & et. al. (2014). La evaluación de proyectos pretende medir objetivamente ciertas variables resultantes del estudio del proyecto, las cuales permiten obtener diferentes indicadores financieros que finalmente sirven para evaluar la conveniencia económica de implementar el proyecto.

2.4.3.1 Evaluación Ex Post

El Ministerio de Desarrollo Social de Chile (2020) define como la evaluación ex post en analizar los resultados logrados una vez que el proyecto termina su ejecución y entra en operación, para medir el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos y obtener lecciones aprendidas.

2.4.3.2 Evaluación Ex Post a corto plazo

Consiste en realizar la evaluación de los impactos de un proyecto en un periodo corto luego de comenzar su operación, Cartes, Fernando (2016), lo define de 1 a 2 años luego de operar, todo depende de lo planteado en la línea base del proyecto.

2.5 Indicadores

Un indicador es una medida cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos, a través de su comparación con períodos anteriores a metas o compromisos. (Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección General de Presupuesto Público, 2015)

2.5.1 Indicadores de Proceso (Actividades)

Estos indicadores miden las actividades (capacitaciones, servicios, educación, tratamientos, intervenciones) que se llevan a cabo con los aportes y desembocan

en la obtención de resultados. Las actividades (procesos) se realizan como parte de la ejecución de un programa con los aportes destinados al mismo.

2.5.2 Indicadores de Producto (Resultado)

Estos indicadores miden el avance hacia el cumplimiento de los objetivos o meta propuestos en una institución o programa.

2.5.3 Indicadores de Impacto

Según indica Chávez, Teresa (2016). Los indicadores de impacto miden las tendencias de las enfermedades, tales como mortalidad, morbilidad, letalidad, que se expresan en tasas de incidencia, prevalencia y mortalidad. También se hace referencia a los indicadores de resultado y de impacto como efectos intermedios, dado que los logros sólo se perciben transcurrido un tiempo y que distintos esfuerzos y factores contribuye a su consecución.

2.5.4 Ficha técnica del Indicador

En el manual de USAID (2018) ejemplifica que En las fichas técnicas el indicador se define de manera precisa y detallada, indicando su forma de cálculo, identificando la fuente que proporcionará la información sobre el avance del indicador, señalando las metas, entre otros aspectos que permitan tener un conocimiento cabal de lo que se está midiendo y cómo se está midiendo.

2.5.5 Indicadores financieros

Los resultados de un proyecto o empresa en funcionamiento deben ser analizados numéricamente para poder realizarle su respectivo análisis con visión financiera.

Para Gitman, Lawrence (2007), los indicadores financieros son una relación entre cifras que se encuentran en los estados financieros de una empresa, lo que permite realizar una evaluación de los resultados y realizar las ponderaciones de una compañía.

Lo publicado por Gerencie (2022), Los indicadores financieros son lo mismo a lo llamado razones financieras, estas sirven para medir la realidad económica de una empresa o proyecto, y medir su capacidad de cumplir con su objetivo económico y social.

Un aporte importante realizado por Soto, Carlos & et. al. (2017), la revisión de los indicadores financieros sirve para poder interpretar en donde y cuando es mejor realizar una inversión para poder maximizar el dinero, de la misma forma realizar el análisis para gestionar la mejor vía de financiamiento.

2.5.6 Línea base para indicadores

El contar con una línea base para la medición de los indicadores es fundamental, ya que estos nos dan un reflejo de la situación con y sin proyecto y poder así realizar las comparaciones sociales y económicas de los pro y contras de este.

La idea de Chávez, Teresa (2016) sobre una línea base es que esta sirve como punto de partida para medir el desempeño de un programa, estrategia implementada y constituye el logro del país o territorio. Son importantes para los indicadores de impacto y de resultado.

2.6 Análisis Financiero

Para poder realizar el entendimiento de la información que reflejan los resultados y los datos en los estados financieros de una empresa es primordial realizar los estudios pertinentes que ayuden a la interpretación de estos, a esto se refiere el análisis de la información financiera.

Lo expuesto por Soto, Carlos & et. al. (2017), considera que el análisis financiero es el estudio que se debe realizar a los registros contables de una empresa, estos se expresan a través de los estados financieros, la cual debe ser interpretada de manera eficaz para exprimir su máximo potencial y con ello tomar su máximo rendimiento.

2.6.1 Costos de producción

La medición de los costos de producción es una fase elemental en el análisis financiero, el resultado de cuanto nos genera la producción de un bien o servicio es fundamental para la colocación de un precio, saber si estamos dentro de los límites del mercado, así mismo con ello se busca medir el incremento de este costo debido a fallos en los procesos productivos o sistemas ineficientes.

La opinión de Colom, Antonio (2009), sobre los costos de producción son el valor los insumos, factores y desgaste de herramientas consumidos en la transformación de un nuevo producto.

2.6.2 Costo de Capital

Lo definido por Ketelhohn, Werner & et. al. (2004). El costo del capital Ordinario se refiere a las acciones comunes, se define como la tasa mínima de rendimiento que la empresa debe obtener sobre un proyecto financiado con fondos propios.

El costo de capital frecuentemente se representa como (k_e) en las fórmulas financieras, define también en el costo en el que incurren los inversionistas para financiar un proyecto.

2.6.3 Rendimiento de una Inversión

Cómo lo explica Savvides, Sawakis (1994). Calcular el rendimiento esperado se basa en la proyección de los flujos de caja, considerando las variables y riesgos, estos se calculan basándose en algún evento del pasado.

Es una herramienta de evaluación con mucha utilidad para conocer qué tan rentable es un proyecto de inversión, en cuanto mayor sea el porcentaje del rendimiento mayor será el resultado del beneficio económico, este beneficio es lo que buscan los inversores, el saber en donde les conviene invertir su capital. En pocas palabras, se define cuando se ganará o perderá en un determinado proyecto.

2.6.4 Indicadores en la toma de decisiones de inversiones

El indicador más acertado para la toma de decisiones de un proyecto basándose en su rentabilidad es el VAN, sin embargo, la TIR es un indicador que funciona perfectamente como información complementaria a este. (Companys Pascual & Corominas Subías, 1988).

2.6.5 Valor Actual Neto

Lo expuesto por Sapag, Nassir (2007). El valor Actual Neto mide la rentabilidad esperada, y muestra si la inversión es recuperada o no en el tiempo de vida operativo que se estimado en un proyecto en el cual se ha invertido.

Cómo criterio de inversión consiste en llevar a valores actuales los cobros y pagos que tendrá una inversión o proyecto, esto con el fin de conocer cuáles serán las ganancias o pérdidas con dicho proyecto. La forma de actualizar consiste en traer los flujos de efectivo al momento presente, siendo descontados al tipo de interés determinado-negociado, con esto se logra medir la rentabilidad que tendrá la inversión en su unidad monetaria.

2.6.5.1 Ventajas del Valor Actual Neto

Cómo lo define Velayos, Victor (2014). Una de sus principales ventajas es la facilidad que tiene para calcularse al momento de querer evaluar un proyecto de inversión, esto nos brinda un panorama útil para predecir los efectos a futuro y el movimiento del valor monetario de la entidad que pondrá en marcha el proyecto. Cuenta con la ventaja de tener cálculos en diferentes vencimientos del flujo de efectivo del proyecto en comparación con la TIR.

2.6.6 WACC

Por sus siglas en ingles se entiende por el costo medio pondera del capital (Weighted Average Cost of Capital). Se define como el costo promedio ponderado de la deuda financiera y patrimonio de la empresa. Gallardo, Delia (2011). Tanto la deuda financiera y el capital propio son los dos tipos de recursos con los que cuenta una empresa. Este indicador se calculó de forma simple, entre la media ponderada y su porcentaje en el valor de la empresa.

Para su cálculo se debe conocer las distintas variables, el costo de la deuda financiera (k_d) y el costo del capital propio (k_e), se debe aclarar que el costo del capital propio es el porcentaje de rendimiento que se le exigirá al proyecto que se vaya a realizar. Ucha, Alberto (2016)

2.6.7 Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno (TIR), es la tasa de rentabilidad que ofrece un proyecto de inversión, o también puede ser visto como su tasa de intereses, así mismo determina la tasa máxima a la cual puede ser exigida una inversión. En otras palabras, se puede definir como el porcentaje de ganancia o pérdidas que tendrá un proyecto. Esta medida se expresa en porcentaje.

Esta medida de evaluación de proyectos está estrechamente relacionada con el Valor Actual Neto (VAN). Con el juego de esta medida se puede determinar la tasa de descuento que hace que el valor actual neto se dé como resultado cero.

2.6.7.1 Criterio de Selección de un proyecto en base a la TIR

Si la TIR es mayor a la tasa de descuento la inversión debe ser aceptada, esto se debe a que el rendimiento de la inversión sobrepasa la tasa exigida tanto por los socios y/o el financiamiento con deuda.

Si la TIR es igual a la tasa de descuento se debe evaluar el fin del proyecto, es el mismo efecto que el VAN 0, el proyecto no generará ganancias más que la tasa exigida, en caso sea un proyecto con financiamiento atado no se obtendrá una ganancia real para los socios de la entidad.

Si la TIR es menor a la tasa de descuento, en definitiva, el proyecto debe rechazarse, no alcanza la rentabilidad mínima exigida por los inversionistas o la tasa de interés de un financiamiento con deuda. Sevilla, Andrés (2014)

2.6.8 Periodo de Recuperación de la Inversión

Conocido también por sus siglas PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión), a indicador se define como el periodo de tiempo necesario para recuperar el capital inicial de un proyecto de inversión, es un método de evaluación.

En su artículo científico Vaquiro, José (2010), indica que el Periodo de recuperación de una inversión un instrumento que permite medir la temporalidad que se necesita para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

2.6.9 Rentabilidad

De acuerdo con el análisis hecho por Arching, Cesar (2004), la rentabilidad mide la capacidad de generación por parte de una empresa o proyecto. Es importante realizar este análisis para la toma de decisiones de la viabilidad del negocio.

2.6.10 Índice de Rentabilidad

es un método de valoración de inversiones que mide el valor actualizado de los cobros generados, por cada unidad monetaria invertida en el proyecto de inversión. Analíticamente se calcula dividiendo el valor actualizado de los flujos de caja de la inversión por el desembolso inicial. López, Adrián (2020)

2.6.11 Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable

La tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA), es una tasa que representa una medida de rentabilidad que como mínimo se le exige a un proyecto. Para su cálculo esta considera una prima de riesgo, y según el criterio de el evaluador se puede utilizar la tasa de inflación del país o la tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE).

2.6.12 Tasa de interés interbancaria de equilibrio.

En el caso de Guatemala estas se consideran por las tasas de interés bancarias sobre préstamos en moneda extranjera publicadas por el Banco de Guatemala.

3. Metodología

Se refiere al conjunto de técnicas, procesos y una explicación detallada de cómo y qué se realizó para la resolución del problema. El alcance de los objetivos de la investigación que se relaciona al proceso de monitoreo de transformadores y su impacto en la rentabilidad de una generadora de energía renovable. Su fin ha sido el ser una guía estructurada que se ha trabajado para la realización de la labor investigativa y el análisis de una forma ordenada en una línea de tiempo.

3.1 Definición del problema

En la época lluviosa la generación de energía de las turbinas alcanza su máxima capacidad la cual es superior a la de los transformadores de potencia, los cuales cuentan con un sistema de apagado de emergencia para no incurrir en daños en los equipos, en caso sobrepasen su capacidad instalada. El tiempo que pasan los transformadores apagados tiene una afectación financiera por ello con un sistema de monitoreo se busca reducir el impacto en los niveles de rentabilidad.

Las preguntas que dieron origen a esta investigación son:

- ¿Cómo evaluar el proceso de monitoreo de transformadores de una Generadora de energía renovable y medir su impacto en la rentabilidad?
- ¿Qué impacto en la rentabilidad tiene el proceso de monitoreo de transformadores de energía en una generadora de energía renovable?
- ¿Cómo determinar los niveles de transformación de energía?
- ¿Cómo identificar la tecnología utilizada en un proceso de monitoreo de transformadores?
- ¿Cuáles son las causas por las que la energía se pierde?
- ¿Cómo identificar el tipo de proceso de monitoreo que se utiliza en los de transformadores?
- ¿Cómo elaborar un plan de monitoreo de transformadores?

3.2 Objetivos

Son el propósito que se alcanza con el trabajo profesional, a continuación, se presentan, el objetivo general y específicos de la investigación.

3.2.1 Objetivo General

Evaluar el proceso de monitoreo de transformadores de una Generadora de energía renovable y su evolución en el nivel rentabilidad.

3.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar el proceso de monitoreo actual y la tecnología utilizada en el proceso de monitoreo de transformadores de energía.
- Determinar los niveles de transformación energía
- Identificar las principales causas que inciden en las pérdidas de energía transportada.
- Determinar el impacto financiero del proceso de monitoreo de transformadores de energía.
- Proponer un plan de monitoreo de transformadores en el cual se tengan las directrices necesarias para darle continuidad al seguimiento y evaluación de los indicadores en riesgo, considerando la tecnología utilizada actualmente.

3.3 Diseño de la Investigación

Con la finalidad de realizar la investigación se aplicaron una serie pasos, guías y estrategias para la obtención y filtrado de la información, con ello responder al problema que fue planteado, se han utilizado los siguientes métodos:

3.3.1 Diseño No Experimental

Por la naturaleza de la investigación, se ha utilizado el diseño No Experimental, cómo lo define Hernández & et al (2014) es todo tipo de estudio que se realiza sin manipular de forma deliberada las variables consideradas al problema y en los que solo se aplica la observación a los fenómenos en su ambiente natural.

- Específicamente se utilizará el diseño no experimental transeccional descriptivo ya que solo se realizará la descripción del comportamiento dentro del periodo de tiempo establecido 2017 al 2021.

3.3.2. Método Cuantitativo

Al haber utilizado bases de datos con el registro de la generación transportada durante el periodo de estudio se ha optado por el diseño cuantitativo el cual lo define Alan & el al (2018), es una forma estructura de recopilación de la información y realizar el análisis de los datos que fueron obtenidos haciendo uso de herramientas informáticas, matemáticas y estadísticas para la obtención de resultados.

3.3.3 Método Científico

De manera general, se aplicó el Método Científico en sus tres fases:

- Indagadora
A través de los procesos de recolección de información directamente de las fuentes principales (Entrevista) y secundarias (libros, textos y bases de datos).
- Demostrativa
Con la comprobación de las variables del problema, comparada con los resultados actuales, a través de un proceso de análisis, comparación y diferencias de los elementos teóricos con la experiencia obtenida a través de la investigación documental y de campo.
- Expositiva
Utilizando los procesos de conceptualización y generalización que se exponen a través del informe final.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, como lo menciona Hernández y et al. (2014), se recopilan los datos y se comprueba el problema con base en la medición numérica con el fin de establecer pautas en el comportamiento y probar teorías.

3.4 Unidad de Análisis

Generadora de energía renovable Hidroeléctrica

3.5 Periodo Histórico

2017 al 2021.

3.6 Ámbito geográfico

La investigación se llevará a cabo en Finca Las Pacayas ubicada en el departamento de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

3.7 Universo y Muestra

La obtención y análisis de datos se trabajó con el universo en su totalidad, debido a que se ha realizado el estudio a una sola generadora de energía renovable, además cualquier sesgo en la información hubiera alterado los resultados de manera desfavorable.

3.8 Técnicas e instrumentos aplicados

Para la ejecución de esta investigación se aplicaron técnicas e instrumentos de naturaleza documental y de campo; se detallan a continuación.

3.8.1 Técnicas e instrumentos documentales

Para la realización de la investigación se requirió el uso de las técnicas de investigación documental, se tomó en cuenta lo descrito por Rizo (2015) en su documento ella hace especial énfasis en considerar los medios electrónicos como bases de datos parte de la investigación documental, este trabajo enfocó en el análisis de los documentos clave que se detallan en el cuadro a continuación:

Cuadro 3

Instrumento de Investigación Documental

Técnica	Instrumento	Documento	Elementos por analizar
Análisis de documentos	Guía de análisis de base de datos de generación	1. Generación y transporte mensual de energía	1. Precio de venta 2. Cantidad generada 3. Tiempo de generación 4. Tiempo de cortes
		2. Matriz de fallas	1. Costo de no venta 2. Tiempo de duración 3. Tiempo de respuesta 4. Frecuencia

3. Fichas de Indicadores	de	<ol style="list-style-type: none"> 1. Valor Actual Neto 2. Tasa Interna de Retorno 3. Beneficio Costo 4. Periodo de recuperación 5. Índice de Rentabilidad
--------------------------	----	---

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en datos obtenidos de La Generadora.

3.8.2 Técnicas e instrumentos de campo

Para realizar la fundamentación de la investigación y el cumplimiento de los objetivos específicos que fueron planteados, se realizó la recopilación de datos de la unidad de análisis, a través de las siguientes técnicas:

Cuadro 4

Instrumento de investigación de campo

Técnica	Instrumento	Aspectos importantes
Entrevista	Guía de Entrevista Ver Anexo 3.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las preguntas son abiertas 2. Las preguntas son enfocadas a la forma de ejecución del monitoreo de transformadores y su impacto con la rentabilidad 3. Las preguntas deben estar numeradas para su posterior análisis descriptivo. 4. La entrevista es realizada de manera presencial al gerente general de la Generadora 5. El cuestionario cuenta con una cláusula la cual es leída para acordar el uso ético de los datos obtenidos

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en datos obtenidos de La Generadora.

3.9 Manejo ético

Como mutuo acuerdo de forma verbal entre el investigador y la empresa facilitadora de la información y datos, no se ha publicado el nombre de la Generadora de energía renovable ni el de ninguno de sus empleados, los datos muy puntuales de costos y gastos serán sustentado únicamente por lo conversado en la entrevista, sin exponer documentación fiscal (facturas).

3.10 Análisis

La realización del análisis se trabajó por medio de hojas electrónicas de Microsoft Excel, realizando la tabulación de los datos y luego en análisis por medio del cálculo de los indicadores financieros de la rentabilidad.

3.11 Presentación

La presentación se muestra de manera descriptiva por medio tablas y gráficos, los cuales representan los resultados de la relación entre variables calculadas en el análisis por medio indicadores de la rentabilidad, matriz de fallas y datos de la totalidad de la generación. La presentación de los resultados se realiza en el capítulo cuarto del presente trabajo profesional de graduación.

3.12 Resumen del procedimiento aplicado

Al iniciar la labor investigativa fue necesario determinar el enfoque que este utilizó, como se ha determinado anteriormente, para este trabajo se cuenta con un enfoque cuantitativo, el cual se enfoca en analizar el impacto en la rentabilidad a través de técnicas de evaluación financiera e indicadores de la rentabilidad, lo que permitió la obtención de resultados cuantificables que se han interpretado para brindar una solución al problema que fue planteado.

Así mismo al tomar un enfoque no experimental se ha optado por la rama del diseño transeccional descriptivo, que cómo lo indica Hernández & et al (2014) en su texto este modelo busca indagar en la incidencia de los niveles de las variables de la población cual se está estudiando, es un estudio puramente descriptivo. Este modelo satisface la necesidad de la labor investigativa en la Generadora, debido a que se trabajaran con los datos de la generación y transporte de energía, no se

busca manipular la información o los resultados, si no describir su comportamiento durante el periodo de estudio y con ello realizar el filtrado de los resultados.

Se realizó una investigación aplicada, lo cual se basó en lo descrito por Vargas (2009) en su documento como la utilización de los conocimientos que se han adquirido en la práctica y con ello alcanzar la resolución de los problemas, se aplicaron las diferentes fases del método científico.

- Indagadora
Se cumplió con esta fase a través de la recolección de datos principales por medio de una entrevista al Gerente General de la Generadora de energía renovable, se incluye también la información secundaria recopilada por medio de la base de datos de la Generadora en donde reflejan la data histórica de la generación, cortes y fallas durante el periodo a evaluar.
- Demostrativa
Se evaluó la conexión de los resultados entre variables, que se obtuvieron mediante la aplicación de los indicadores financieros para el análisis de la rentabilidad en conjunto con la teoría que fundamenta la investigación.
- Expositiva
Se culmina con la corroboración y análisis de los resultados que se obtuvieron durante la investigación y filtrado de la información, los cuales se detallaron en el presente Trabajo Profesional de Graduación en su capítulo cuarto según los lineamientos estructurados por la escuela de post grados de la facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para el abordaje de la problemática se definió el objetivo general, este mismo se cumple por medio del alcance de los objetivos específicos los cuales se han fundamentado por medio de la estructuración de los lineamientos teóricos que fueron recopilados por medio de las técnicas documentales. Las técnicas de campo fueron aplicadas por medio del vaciado y análisis de las bases de datos y la entrevista ejecutada.

Se utilizaron los conocimientos adquiridos en la práctica para resolver el problema, el cual se evidencia con el análisis de la rentabilidad por medio de indicadores financieros, como el valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio costo, periodo de recuperación y el índice de rentabilidad, con dichos resultados se realizó una propuesta que contiene los lineamientos para la estructuración de un plan de monitoreo de transformadores.

4. Discusión de Resultados

El presente capítulo engloba los resultados del trabajo investigativo, que se relacionan con el proceso de monitoreo y el impacto que este tiene en la rentabilidad de una Generadora de energía renovable. Se aplicaron diferentes instrumentos, para la identificación del proceso de monitoreo se aplicó una entrevista, y para el análisis de la rentabilidad se utilizó una matriz de fallas y la aplicación de herramientas financieras, esto con el fin de satisfacer la necesidad de dar respuesta a los objetivos específicos que se definieron para la resolución del problema de la investigación, y con ello brindar una propuesta congruente a las necesidades del negocio.

4.1 Identificar el monitoreo actual y la tecnología utilizada en el proceso de monitoreo de transformadores de energía

Para dar respuesta al objetivo de Identificar el sistema de monitoreo de transformadores actual y la tecnología que se emplea en este proceso se ha realizado una entrevista (Ver Anexo 3), la cual fue aplicada al Gerente General de la Generadora, quién es el encargado de la evaluación de los resultados de la generación.

4.1.1 Sistema de monitoreo de transformadores actual

Se identifico que actualmente se cuenta con un proceso de monitoreo de transformadores, el cual ha tenido diversos cambios desde el inicio de operaciones de la Generadora en el año 2015, dicho proceso era menos estructurado, no se había tomado en cuenta la sensibilidad que tiene este proceso a los factores externos, era menos metodológico, y con poca tecnología propia empleada, se utilizaban los datos proporcionados por Energuate y la Administración del Mercado Mayorista, no era preventivo, sino reaccionario a los inconvenientes que se daban.

Desde el año 2019 se ha ido estructurando un sistema de monitoreo de transformadores en línea, con la finalidad de brindar tiempos de respuesta en tiempo real cuando los transformadores se acerquen a temperaturas críticas, arriba de los 140 grados Celsius.

4.1.2 Tecnología empleada actualmente en el proceso de monitoreo de transformadores

La implementación de fibra óptica oscura de conexión entre la Generadora y la subestación de los transformadores del cliente fue finalizada en enero de 2021, con ello la implementación de un software para realizar lecturas remotas del comportamiento de los transformadores. El esfuerzo de la instalación de fibra óptica se realizó en conjunto con una Generadora vecina, debido a que ambas transportan energía a la misma subestación, por ello se vieron en la necesidad de implementar el sistema de manera conjunta, la inversión ha sido dividida en partes iguales.

4.2 Determinar los niveles de transformación energía

Con base a los datos almacenados en los sistemas de la Generadora, se extrajeron los datos de la generación, transporte y transformación de energía, la información diaria se ha resumido a datos anuales para la facilidad del manejo comparativo de los datos, dichos datos se observan en la tabla número 1.

4.2.1 Niveles de Generación de Energía

Antes de realizar el cálculo de los niveles de transformación de energía, se determinó el nivel de generación de la planta, la cual cuenta con dos turbinas, del año 2017 al 2020 se ha visto afectada la producción con una restricción de generación, llegando a ser su capacidad máxima de 4.5 Mwh, en horas pico, de 5 Mwh los cuales cuenta de capacidad instalada la Generadora, la restricción se ha efectuado ya que en días lluviosos de la temporada de invierno en Guatemala, las deficiencias del sistema de monitoreo implicaban un peligro a los transformadores de potencia del distribuidor por una sobrecarga, lo que incluso podía contraer a la pérdida del equipo, estos pueden explotar debido al sobrecalentamiento, esto motivo cliente dueño de la subestación a limitar la cantidad máxima de recepción de energía.

El siguiente cuadro muestra el detalle de la generación por medio de los datos obtenidos de los cuartos de control de las turbinas, las cuales cuentan con un software del registro de generación, se realizó el filtro por año y por mes, pudiéndose notar las altas en la generación de los días lluviosos.

Tabla 1

Resumen de generación eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh

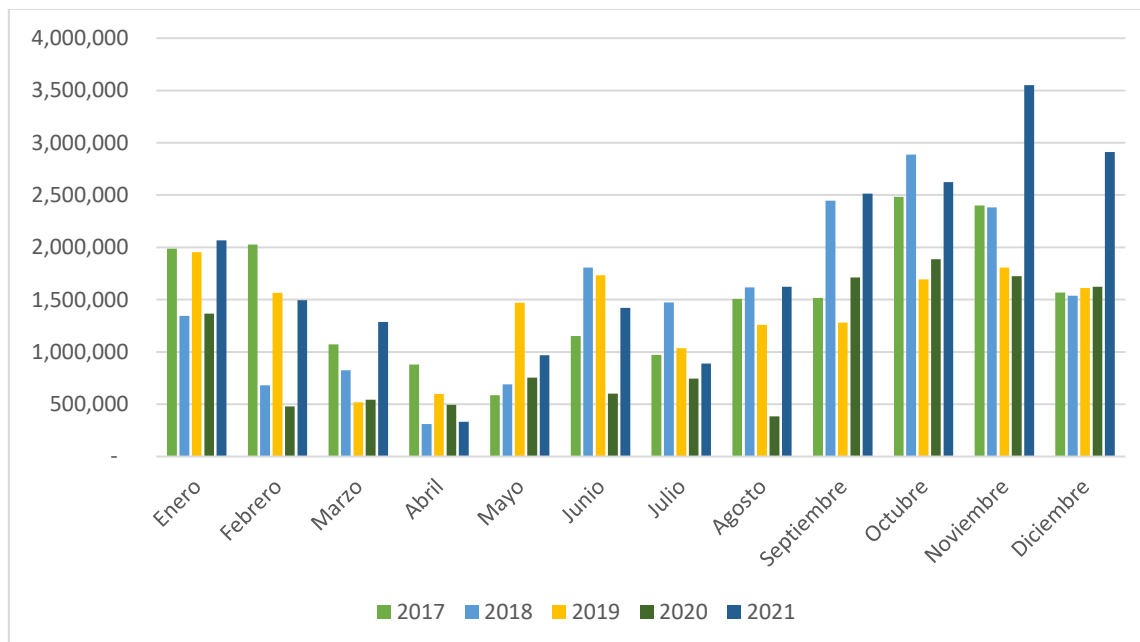
Año	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Enero	1,988,497	1,343,381	1,954,335	1,366,637	2,067,792	8,720,642
Febrero	2,027,939	682,077	1,563,932	478,856	1,494,991	6,247,794
Marzo	1,073,857	824,556	518,780	543,461	1,286,522	4,247,176
Abril	880,964	312,032	596,988	494,135	332,774	2,616,893
Mayo	586,821	690,274	1,470,433	752,959	968,639	4,469,126
Junio	1,152,786	1,805,447	1,733,707	600,651	1,420,824	6,713,415
Julio	972,024	1,472,997	1,035,941	746,668	888,255	5,115,885
Agosto	1,505,771	1,615,831	1,259,872	383,930	1,622,020	6,387,423
Septiembre	1,517,249	2,446,094	1,281,824	1,712,153	2,514,038	9,471,358
Octubre	2,483,142	2,887,905	1,692,772	1,886,968	2,624,355	11,575,142
Noviembre	2,401,338	2,381,630	1,807,811	1,724,268	3,549,921	11,864,968
Diciembre	1,569,741	1,537,799	1,612,550	1,622,097	2,911,795	9,253,982
Total	18,160,129	18,000,023	16,528,945	12,312,784	21,681,924	86,683,804

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base a base de datos de Generación

El segundo semestre es donde se concentran los meses más productivos de la planta, este empieza de junio a diciembre, los datos del comportamiento muestran que el año 2021 se ha incrementado la producción, esto se debe al levantamiento de la restricción del límite de 4.5 Mwh a 5Mwh de generación, este cambio se produjo gracias a la efectividad mostrada por el sistema de monitoreo en sus pruebas preliminares.

Gráfica 1

*Comportamiento de los niveles de generación de energía eléctrica del 2017 al 2021-
Expresado en kwh*



Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base a base de datos de Generación

Los datos de generación de la gráfica 1 no toman en cuenta las pérdidas generadas en el proceso de transporte y transformación de energía, sin embargo, sirve de base para saber el número total que se produjo, y cuál es el impacto que tienen los procesos subsecuentes. Para la comprensión del comportamiento de la generación se observa que los meses del segundo semestre de cada año son los más productivos debido a que aumenta el nivel de las lluvias en la localización de la Generadora; este mismo comportamiento debe replicarse en el comportamiento de la transformación de energía, en caso los números sean menores se determina la existencia de energía perdida.

4.2.2 Niveles de transformación de Energía

Los datos de la tabla 2 muestran los niveles de transformación de energía, es en su totalidad energía que fue recibida en la subestación del cliente, en este filtrado de la información se muestra la existencia de deficiencias de los procesos consecuentes a la generación, los cuales son el transporte de energía y la transformación de esta por medio de los transformadores de potencia, tanto los pertenecientes a la subestación de la Generadora como los ubicados en la subestación del cliente.

Tabla 2

Resumen de transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh

Año	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Enero	1,936,123	1,172,107	1,750,404	1,350,494	1,864,684	8,073,812
Febrero	1,961,878	675,187	1,482,601	478,831	1,435,403	6,033,899
Marzo	1,056,207	803,359	504,060	543,461	1,259,315	4,166,401
Abril	847,130	294,587	569,923	458,176	332,268	2,502,084
Mayo	471,330	649,172	1,274,448	655,807	838,844	3,889,601
Junio	1,125,995	1,457,847	1,679,995	596,562	1,184,590	6,044,988
Julio	904,170	1,472,997	974,158	705,109	881,227	4,937,661
Agosto	1,440,498	1,615,831	1,213,036	338,549	1,592,800	6,200,712
Septiembre	1,481,699	1,960,411	1,226,223	1,638,134	2,437,181	8,743,647
Octubre	2,471,516	2,420,109	1,672,210	1,732,353	2,584,456	10,880,644
Noviembre	2,328,014	2,188,626	1,642,899	1,677,937	2,620,622	10,458,098
Diciembre	1,547,175	1,496,776	1,606,667	1,408,959	2,868,398	8,927,974
Total	17,571,734	16,207,008	15,596,623	11,584,370	19,899,786	80,859,522

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de subestación

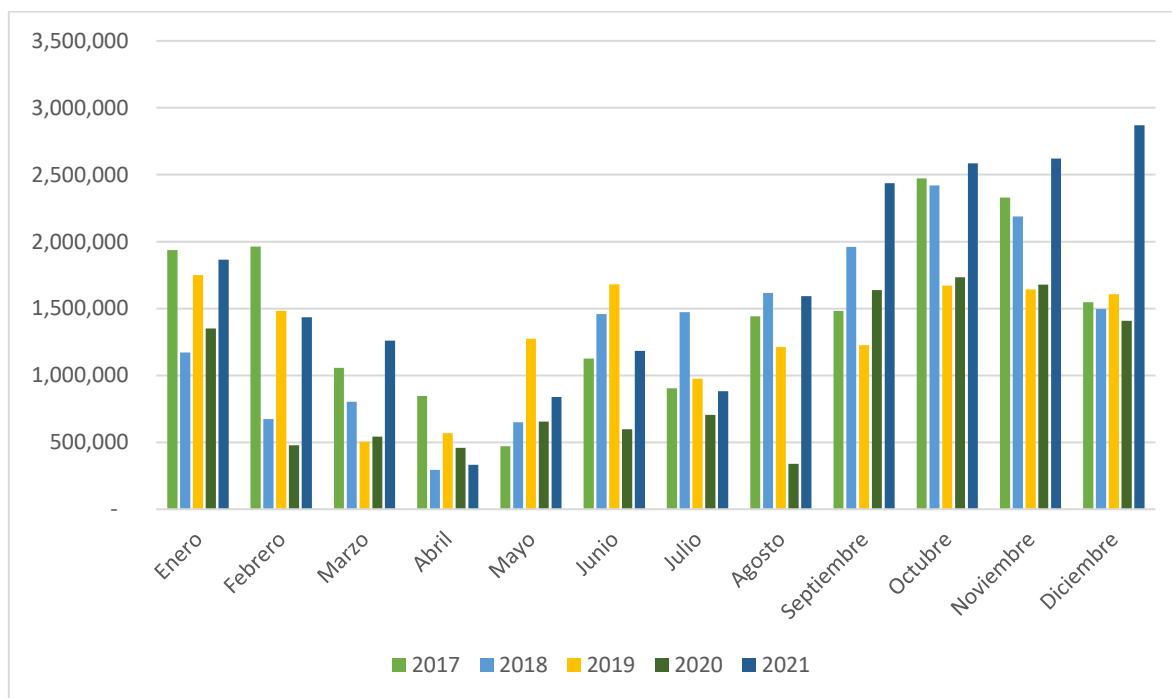
Se ha determinado que los niveles de transformación de energía son sustancialmente menores que los niveles de generación, lo cual indica que existen pérdidas en el intermedio de estos dos procesos en donde el monitoreo de los transformadores entra a ser parte fundamental, ya que alerta sobre los niveles de

riesgo de sobrecarga, así mismo los apagados de emergencia en la subestación del distribuidor.

Los mayores cambios se dan en el segundo semestre del año, en el cual se localizan los meses más productivos para la Generadora, esto se debe a él aumento de los niveles de lluvias en el sector, lo que satura al transformador de potencia, el cual recibe la carga energética de dos Generadoras.

Gráfica 2

Comportamiento de los niveles de transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh



Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de subestación

La Gráfica 2 brinda un panorama más sencillo a la lectura sobre el comportamiento de transformación de energía, se hace el énfasis de que los datos son de la subestación, la cual recibe la energía de la Generadora. Los picos más altos están ubicados en el segundo semestre del año calendario, considerado cómo la época lluviosa en la región; se corrobora que la cantidad de energía que es recibida tiene el mismo comportamiento que la generada por la planta.

4.3 Identificar las principales causas que inciden en las pérdidas de energía transportada

El primer paso fue determinar el total de pérdidas por mes y año, para luego determinar las principales causas, en la entrevista realizada al Gerente General se indicó que el proceso de identificación de las pérdidas no ha sido realizado a detalle, más bien a grandes rasgos, debido a que solamente se catalogó en la base de datos la razón del corte, sin embargo no se describió cual fue la solución al problema. Por ello se determinó que no se cuenta con una matriz de riesgos y fallas estructurada, el proceso ha sido eficientizado en el año 2021, gracias a la nueva tecnología empleada, la cual costa de la implementación de fibra óptica como canal de comunicación más veloz y un software para lecturas remotas de los indicadores de los transformadores de potencia.

4.3.1 Identificar los niveles generales de pérdidas kwh

La base del cálculo para determinar las pérdidas mensuales y anuales han sido los datos filtrados en los cuadros 1 y 2 los cuales determinan el nivel de generación de las turbinas y el nivel de energía recibida por los transformadores de potencia.

Se detalla el cálculo de energía perdida:

Formula:

PERDIDA DE ENERGIA

$$pe = eg - et$$

eg = Energía generada

et = Energía transformada

Tabla 3

Niveles de pérdida en el transporte y transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh

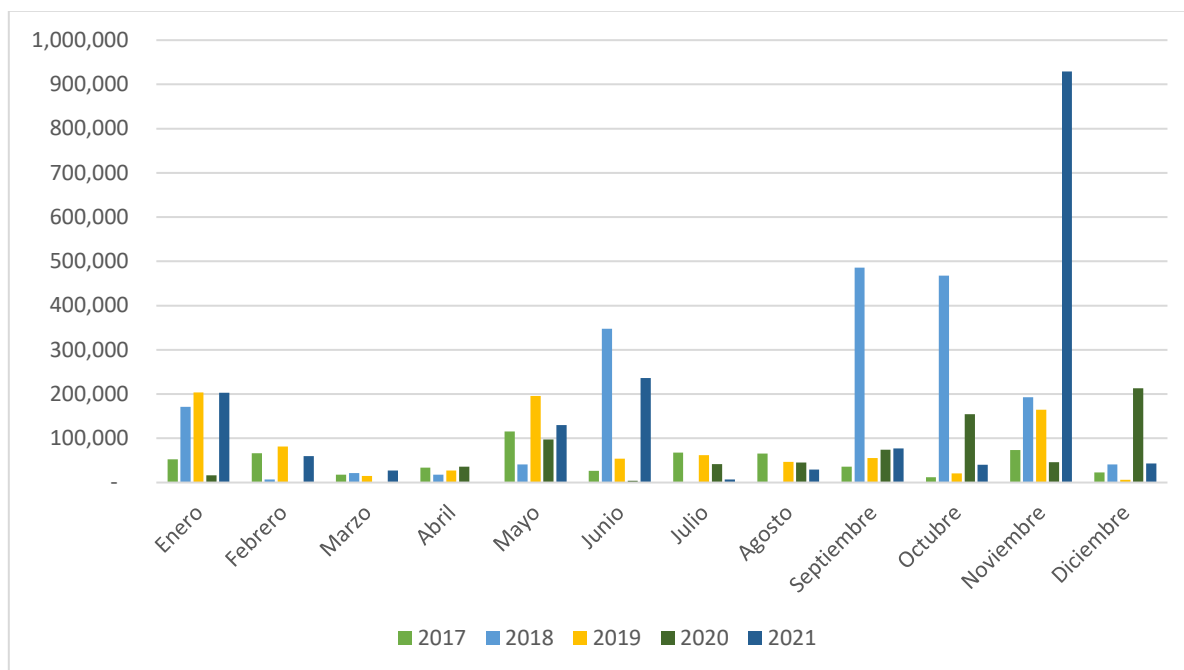
Año	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Enero	52,374	171,274	203,931	16,143	203,109	646,830
Febrero	66,061	6,889	81,331	26	59,588	213,895
Marzo	17,651	21,197	14,720	-	27,207	80,775
Abril	33,834	17,446	27,065	35,959	506	114,809
Mayo	115,490	41,102	195,985	97,152	129,795	579,525
Junio	26,791	347,600	53,712	4,089	236,234	668,427
Julio	67,854	-	61,783	41,559	7,028	178,224
Agosto	65,273	-	46,836	45,382	29,220	186,710
Septiembre	35,550	485,683	55,601	74,019	76,857	727,711
Octubre	11,626	467,796	20,562	154,615	39,899	694,498
Noviembre	73,324	193,004	164,911	46,331	929,299	1,406,870
Diciembre	22,566	41,023	5,884	213,139	43,397	326,008
Total	588,395	1,793,015	932,322	728,413	1,782,138	5,824,282

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación y subestación

Los datos en la tabla 3 muestran 3 meses (junio 2018, agosto 2018 y marzo 2020), en donde no se perdió generación, esto se debe a que la hidroeléctrica vecina que también utiliza la subestación estuvo trabajando a la mitad de su capacidad por fallas en una de sus turbinas, a pesar de que el año 2021 se implementó el proceso de monitoreo nuevo, este cuenta con un registro alto de pérdidas de energía. Así mismo se determinó que los meses del segundo semestre de cada año las pérdidas fueron más significativas, debido a que el aumento de energía en la generación saturó el transformador de potencia, lo que conllevó al apagado de emergencia del equipo para evitar que explote.

Gráfica 3

Comportamiento del nivel de pérdida en el transporte y transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh



Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación y subestación

La Gráfica 3 ofrece una vista más simple del comportamiento de las pérdidas de la energía, en donde se observa que durante el año 2021 en el mes de noviembre las pérdidas sobrepasaron los 900,000 kwh, ello a pesar de las mejoras aplicadas al proceso de monitoreo, así mismo se corrobora que los meses con mayor abundancia pluvial son los que presentan mayor representatividad en las pérdidas de energía.

4.3.2 Categorías de pérdida de energía

Los principales factores que inciden en pérdidas de la energía generada son los mantenimientos, los cuales del año 2017 al 2020 no se tiene mayor detalle para el caso de la razón de los mantenimientos por cortes en la línea de transmisión, de ellos únicamente al revisar los datos contables se cuenta con una descripción poco estructurada, lo cual no sirve para estructurar planes de acción, según entrevista con el Gerente General las principales causas de mantenimientos se dan por caídas de ramas y árboles en la línea de transmisión de energía, así mismo los cortes por

el apagado de emergencia de los transformadores de energía, al ser dos hidroeléctricas las que se conectan a la subestación del distribuidor sobrecargan la capacidad máxima, es en este momento donde se activa el sistema de emergencia, así mismo al filtrar la información se detalló la restricción de generar por arriba de los 4.5 Mwh y su estado de perdida por no generación.

En el año 2021 el alto número de pérdidas de energía se debió a una tormenta que afecto especialmente el sector, rompiendo cables de la línea de transmisión de energía, caída de árboles y ramas sobre la línea; caída de tierra, árboles y rocas sobre el canal de conducción de agua, por ese motivo se tuvo que parar la producción, tanto para la reparación y mantenimiento de los activos, como para prevenir daños a las turbinas.

Tabla 4

Categorías de pérdidas de energía eléctrica del 2017 al 2017 – expresado en Kwh

Año	Mantenimientos	Cortes Transformadores	Restricción 0.5 Mwh	Tormenta	Total
2017	228,006	212,408	147,981	-	588,395
2018	326,802	315,098	1,151,115		1,793,015
2019	153,491	290,430	488,401		932,322
2020	188,340	266,519	273,554		728,413
2021	1,026,934	88,970	745	665,488	1,782,138
Total	1,923,573	1,173,425	2,061,796	665,488	5,824,282

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación y subestación

La tabla 4 muestra el rendimiento del nuevo sistema de monitoreo al año 2021, los cortes a consecuencia de la sobrecarga de transformadores de potencia han disminuido, así mismo se ha mitigado el costo por la restricción de generación, la cual limitaba un 0.5 Mwh de la capacidad instalada de generación.

La vista general del anexo 6, que da continuidad al tema, indica la participación que tuvo la restricción de generación de 0.5 Mwh en los años del 2017 al 2020 y cómo fue anulado en el año 2021, el comportamiento de los cortes por el apagado de los transformadores disminuyó pero no fue mitigado al 100%, lo que indica que aún existen temas de mejora en el proceso; por último el alto grado en el nivel de pérdidas del año 2021 se derivó de las averías causadas por tormentas lo que se relaciona directamente con la mayor frecuencia de paros por mantenimiento a los activos.

4.4 Determinar el impacto financiero del proceso de monitoreo de transformadores de energía

La determinación del impacto financiero del proceso de monitoreo da como respuesta al objetivo de la medición de este sistema en la rentabilidad de la Generadora, para ello se han tomado en cuenta los precios de venta, el cual ha sido fijado de forma contractual, así mismo se han considerado los datos obtenidos en la tabla 4 de los niveles de pérdidas de energía.

4.4.1 Costo por energía perdida

La determinación del impacto financiero se ha calculado con base al detalle de pérdidas de energía por categoría en kwh, la Generadora cuenta con un PPA por sus siglas en inglés (Power Purchase Agreement), el cual es un acuerdo entre el comprador de la energía (cliente) y la Generadora, lo que asegura la venta de lo generado por un periodo de tiempo establecido de manera contractual.

El comportamiento de las pérdidas es el mismo que el detalle en kwh, en donde se hace notar el año 2018, el cual tuvo una pérdida de USD 114,881 por la restricción de generar por arriba de los 4.5 kwh en horas pico de generación, así mismo, en el año 2021 la pérdida monetaria ha sido elevada, esto se debe a tiempo de paro de operaciones por riesgo en los equipos, así mismo por mantenimientos y reparaciones por daños en los equipos causados por la tormenta.

Al implementarse la nueva tecnología para el monitoreo de transformadores en el año 2021 las pérdidas monetarias por concepto de la restricción y cortes por el apagado de seguridad de transformadores ha disminuido. Debido a que la respuesta

de bajar los niveles de generación es más rápido, debido a que el canal de comunicación de lectura de los indicadores de los transformadores de potencia se convirtió en un proceso de monitoreo en tiempo real, sin atrasos en la transmisión de datos.

Se detalla el cálculo del costo por energía perdida:

Formula:

$$\text{Precio PPA} * \text{Pérdidas en Kwh año } n$$

Precio PPA: USD 0.0998

Tabla 5

Costo de Pérdidas por categoría de siniestro – expresado en USD

Año	Mantenimientos	Cortes Transformadores	Restricción 0.5 Mwh	Tormenta	Total
2017	22,755	21,198	14,768	-	58,722
2018	32,615	31,447	114,881	-	178,943
2019	15,318	28,985	48,742	-	93,046
2020	18,796	26,599	27,301	-	72,696
2021	102,488	8,879	74	66,416	177,857
Total	191,973	117,108	205,767	66,416	581,263

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación, subestación y PPA.

La aplicación de la formula

- El mayor costo por la energía perdida es la restricción en la generación, ha afectado monetariamente en ingresos por USD 205,767.
- El segundo rubro lo tienen los mantenimientos a equipo y maquinaria, estos se dan principalmente por siniestros ambientales.

- El corte de energía por sobrecarga de los transformadores es un rubro importante, refleja una pérdida de USD 117,108 durante el periodo de estudio.
- A pesar de que el año 2021 es el segundo año con más pérdidas registradas, estas se deben a desastres naturales causados por una tormenta que afectó el área durante la época lluviosa, al mismo tiempo se puede notar en los comportamientos la baja en los cortes de energía por sobrecargas de transformadores, así mismo el ingreso extra por el levantamiento de la restricción de generación al contar con un sistema eficiente.

En el anexo 7 se identifica los años con mayores niveles de pérdidas monetarias, en el cual el año que más afectado por el monitoreo deficiente fue el 2018, en donde se perdió la oportunidad de generar arriba de 100,000 kwh debido a la restricción de la generación. Los factores externos, cómo los cambios naturales tuvieron una participación importante durante el año 2021.

4.4.2 Flujo de Caja e indicadores de evaluación financiera

Se considero el estudio de cuanto fue rentable fue la mejora del proceso de monitoreo de transformadores de potencia, para ello se ha considerado la inversión, de la cual solo se han considerado la porción pagada por la Generadora sujeta a este estudio, la línea de fibra óptica fue instalada en conjunto con la Generadora vecina.

El rendimiento de la inversión se planteó por un año, con un rendimiento esperado de los inversionistas del 25.42% anual, el cual se dividió en 12 meses para hacer posible la evaluación de los flujos de fondos actualizados. A continuación, se presenta el cálculo de la tasa de descuento por medio de la fórmula de la TREMA.

➤ Cálculo de la tasa de descuento

El cálculo de la tasa de descuento fue basado en la TREMA, en donde se utilizó la fórmula que utiliza las Tasas de Interés Interbancarias TIIE, en el caso de Guatemala se han obtenido estos datos de las de interés bancarias sobre préstamos en moneda extranjera publicadas en el banco de Guatemala. La otra variable de participación que es la prima de riesgo se ha obtenido de las tasas ofrecidas en el Standar & Poor's 500, debido a que la Generadora cuenta con capital extranjero. Se presentan los datos de cálculo.

➤ Cálculo de la prima de riesgo

La prima de riesgo se calculó con base a los rendimientos proporcionados por rendimientos mostrados en el Standard & Poor's 500 de los años 2016 al 2020, los cuales corresponden a los 5 años anteriores a la inversión en mejoras al sistema de monitoreo.

Tabla 6

Cálculo de prima de riesgo aceptada – expresado en porcentajes

Standard & Poor's 500	
2020	18.4%
2019	31.29%
2018	-4.45%
2017	21.69%
2016	11.8%
Promedio 5 años	15.75%
Exigencia Superior del 25%	3.94%
Total, de prima de riesgo aceptada	19.68%

Fuente: Elaboración Propia 2022 – Con base en datos obtenidos de S&P portal.

La exigencia para aceptar la prima de riesgo por parte de los inversionistas fue tener un excedente del 25% sobre el promedio Standard & Poor's de los 5 años anteriores a la inversión del sistema de monitoreo (15.75%), por lo que luego del cálculo se determinó el 25% que representa un 3.93% y dando un dato final de prima aceptada de 19.68%.

➤ **Cálculo de Tasas de Interés Interbancarias**

Se tomaron como base los datos publicados por el Banco de Guatemala (2022) correspondientes a tasas de interés bancarias en moneda extranjera para el rubro de explotación de minas y canteras, en el cual se calculó el promedio de los años 2016 al 2020.

Tabla 7

Cálculo de tasa de interés interbancaria– expresado en porcentajes

Tasas de Interés Bancarias s/préstamos ME	
2020	6.03%
2019	5.76%
2018	5.64%
2017	5.40%
2016	5.82%
TIIE Promedio 5 años	5.7338372

Fuente: Elaboración Propia 2022 – Con base en datos obtenidos del Banco de Guatemala.

Se determinó una tasa de Interés interbancaria TIIE del 5.73%, el cual servirá para el cálculo de la tasa de rendimiento mínima aceptable de la inversión.

➤ **Cálculo de la tasa de rendimiento mínima aceptable TREMA**

A continuación, se presenta la formula del cálculo de la tasa de rendimiento mínima aceptable con base en las tasas de interés interbancarias.

Forma de cálculo de TREMA

Fórmula de cálculo de la tasa de rendimiento mínima aceptable

Base TIIE

$$Trema = TIIE + Prima de Riesgo$$

Tabla 8

Cálculo de TREMA basado en TIIE – expresado en porcentajes

Cálculo de TREMA	
Base TIIE	
TREMA = TIIE + Prima de Riesgo	
TREMA = 5.73% + 19.68%	
TREMA anual	25.42%
TREMA mensual	2.12%

Fuente: Elaboración Propia 2022 – Con base en datos obtenidos del Banco de Guatemala y S&P portal.

La información que se presenta en la tabla 9 corresponde al valor de la inversión de la implementación de la mejora del sistema de monitoreo por un total de USD 24,000.00, dicha inversión incluye la compra de fibra óptica, componentes varios, software y mano de obra utilizada para su instalación. Mantenimiento preventivo anual por USD 3,500. Para el ingreso se calculó el excedente de generación de la situación antes de la implementación de las mejoras y después de las antes mencionadas, lo cual se detalla en la tabla no. 10

Tabla 9

Datos para elaboración de Flujo de fondos

Datos Flujo Neto de Fondos	
Egresos USD	27,500.00
Inversión Inicial	24,000.00
<i>Fibra óptica</i>	<i>15,500.00</i>
<i>Componentes</i>	<i>3,500.00</i>
<i>Software</i>	<i>3,500.00</i>
<i>Mano de obra</i>	<i>1,500.00</i>
Mantenimiento	3,500.00
Ingresos	465,053.25
<i>Excedente de energía eléctrica promedio anual</i>	465,053.25

Fuente: Elaboración Propia 2022 – Con base en datos obtenidos en entrevista.

Los ingresos del Flujo neto de fondos se han considerado como el excedente en la generación luego de puesto en marcha el nuevo sistema de monitoreo, para se calculó el promedio de la generación del año 2017 al 2020 y comparado con el nivel de energía efectiva durante el año 2021.

Formula:

Generación promedio anual 2017 al 2021 - Generación anual 2021

*Excedente = **gpa 2017 al 2020 – ga 2021***

Tabla 10

Cálculo de excedente de generación de energía eléctrica promedio del 2017 al 2020 en comparación con año 2021 – Expresado en kwh

Año	2017	2018	2019	2020	Promedio	2021	Excedente
Enero	1,936,123	1,172,107	1,750,404	1,350,494	1,552,282	1,864,684	312,401
Febrero	1,961,878	675,187	1,482,601	478,831	1,149,624	1,435,403	285,778
Marzo	1,056,207	803,359	504,060	543,461	726,772	1,259,315	532,543
Abril	847,130	294,587	569,923	458,176	542,454	332,268	-210,186
Mayo	471,330	649,172	1,274,448	655,807	762,689	838,844	76,155
Junio	1,125,995	1,457,847	1,679,995	596,562	1,215,100	1,184,590	-30,510
Julio	904,170	1,472,997	974,158	705,109	1,014,108	881,227	132,881
Agosto	1,440,498	1,615,831	1,213,036	338,549	1,151,978	1,592,800	440,821
Septiembre	1,481,699	1,960,411	1,226,223	1,638,134	1,576,617	2,437,181	860,564
Octubre	2,471,516	2,420,109	1,672,210	1,732,353	2,074,047	2,584,456	510,408
Noviembre	2,328,014	2,188,626	1,642,899	1,677,937	1,959,369	2,620,622	661,253
Diciembre	1,547,175	1,496,776	1,606,667	1,408,959	1,514,894	2,868,398	1,353,504
Total	17,571,734	16,207,008	15,596,623	11,584,370	15,239,934	19,899,786	4,659,852

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación, subestación y PPA.

Se determinó un excedente total de 4,659,852 Kwh de producción después de implementadas las mejoras del sistema de monitoreo en el año 2021 en comparación con el promedio de los años antecesores.

Para finalizar la determinación del ingreso se ha multiplicado la sumatoria del excedente por el precio del PPA y dividido a 12 meses

Formula:

$$\frac{\text{Excedente 2021} * \text{Precio PPA}}{12 \text{ meses}}$$

➤ **Flujo neto de fondos**

Debido a la necesidad de evaluar el impacto financiero de la inversión en un sistema de monitoreo de transformadores de potencia mejorado, se optó por realizar un flujo neto de fondos con una tasa de descuento del 2.12%, apoyado en el cálculo de la TREMA. La tasa mensual se debió a la necesidad de evaluar el proyecto a un máximo de un año, esto a razón de que los inversores deseaban una recuperación menor a dicha cantidad de tiempo.

La base para el cálculo de los indicadores financieros exigidos por parte de los interesados es el flujo neto de fondos, el cual aportó en el cálculo de los siguientes rubros:

- ❖ Valor Actual Neto – VAN
- ❖ Tasa Interna de retorno – TIR
- ❖ Relación Beneficio Costo – B/C
- ❖ Índice de rentabilidad – IR
- ❖ Tiempo de recuperación de la inversión – PRI

En la tabla 11 se muestran los datos que arrojo el flujo neto de fondos con una tasa de rendimiento mínima del 2.12% mensual, a 12 meses, expresado en dólares americanos USD.

Tabla 11

*Flujo neto de fondos de implementación de mejora de sistema de monitoreo –
Expresado en USD*

Flujo neto de fondos - Mejora de sistema de Monitoreo							
Meses	Egresos	Ingresos	Flujos	Acumulados	Rendimiento 2.12% Mes	VAN Ingresos	VAN Egresos
0	- 24,000.00	-	- 24,000.00	- 24,000.00	1	0	-24000
1	-291.67	38,754.44	38,462.77	14,462.77	0.9792590	37,950.63	-285.617
2	-291.67	38,754.44	38,462.77	52,925.54	0.9589482	37,163.50	-279.693
3	-291.67	38,754.44	38,462.77	91,388.31	0.9390587	36,392.69	-273.892
4	-291.67	38,754.44	38,462.77	129,851.08	0.9195817	35,637.87	-268.211
5	-291.67	38,754.44	38,462.77	168,313.85	0.9005087	34,898.71	-262.648
6	-291.67	38,754.44	38,462.77	206,776.62	0.8818312	34,174.87	-257.201
7	-291.67	38,754.44	38,462.77	245,239.40	0.8635412	33,466.05	-251.866
8	-291.67	38,754.44	38,462.77	283,702.17	0.8456305	32771.93	-246.642
9	-291.67	38,754.44	38,462.77	322,164.94	0.8280913	32092.21	-241.527
10	-291.67	38,754.44	38,462.77	360,627.71	0.8109159	31426.59	-236.517
11	-291.67	38,754.44	38,462.77	399,090.48	0.7940967	30774.77	-231.612
12	-291.67	38,754.44	38,462.77	437,553.25	0.7776263	30136.47	-226.808
Total, USD	- 27,500.00	465,053.25	437,553.25			406,886.31	- 27,062.23

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación, subestación y PPA.

El flujo neto de fondos fue positivo, denotando un alto grado de rendimiento de la inversión del sistema de monitoreo de transformadores mejorado, consigo, se han calculado los siguientes indicadores financieros, valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio costo, índice de rentabilidad, y tiempo de recuperación de la inversión, los cuales se muestran en la tabla 12 para una mejor lectura del resultado financiero del proceso de monitoreo de transformadores.

Tabla 12

Indicadores de evaluación financiera de la implementación de mejora de sistema de monitoreo

Indicadores de rentabilidad		
Valor Actual Neto	Q379,824.07	<i>Las mejoras al proceso de monitoreo fueron rentables al tener un VAN mayor a cero</i>
Tasa Interna de Retorno	160.26%	<i>La TIR fue mayor al rendimiento esperado</i>
Relación Beneficio / Costo	15.04	<i>La inversión fue rentable al ser mayor que 1</i>
Índice de Rentabilidad	16.83	<i>Por cada unidad monetaria se cuenta con un excedente del 15.83</i>
Tiempo de recuperación	1 mes	<i>El periodo de recuperación ha sido casi inmediato considerando la depreciación de los equipos</i>

Todos los indicadores reafirman que la mejora al proceso de monitoreo ha sido beneficiosa, a pesar de que el año 2021 registra un alto número de pérdidas por temas climáticos, el impacto en el incremento en el nivel de ventas es claro.

4.4.3 Nivel de ventas

La última corroboración del impacto en la rentabilidad del proceso de monitoreo se detalla con el cálculo del incremento del nivel de ventas, para este cálculo simple se ha realizado la comparación del promedio de 2017-2020 contra las ventas generadas en el año 2021 que cuenta con el proceso optimizado, para ello se ha utilizado la siguiente formula:

Formula:

$$\text{Excedente} / \text{Promedio 2017-2020}$$

Tabla 13

Incremento en el nivel de ventas – Expresado en kwh

2017-2020	2021	Excedente	Incremento
15,239,933.96	19,899,786.16	4,659,852.20	31%

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación, subestación y PPA.

Cómo se muestra en la tabla 13 las ventas se han incrementado, lo que supone un incremento en los ingresos por venta ya con el sistema de monitoreo optimizado, impactando positivamente en la rentabilidad,

4.5 Propuesta de mejora al proceso de monitoreo actual

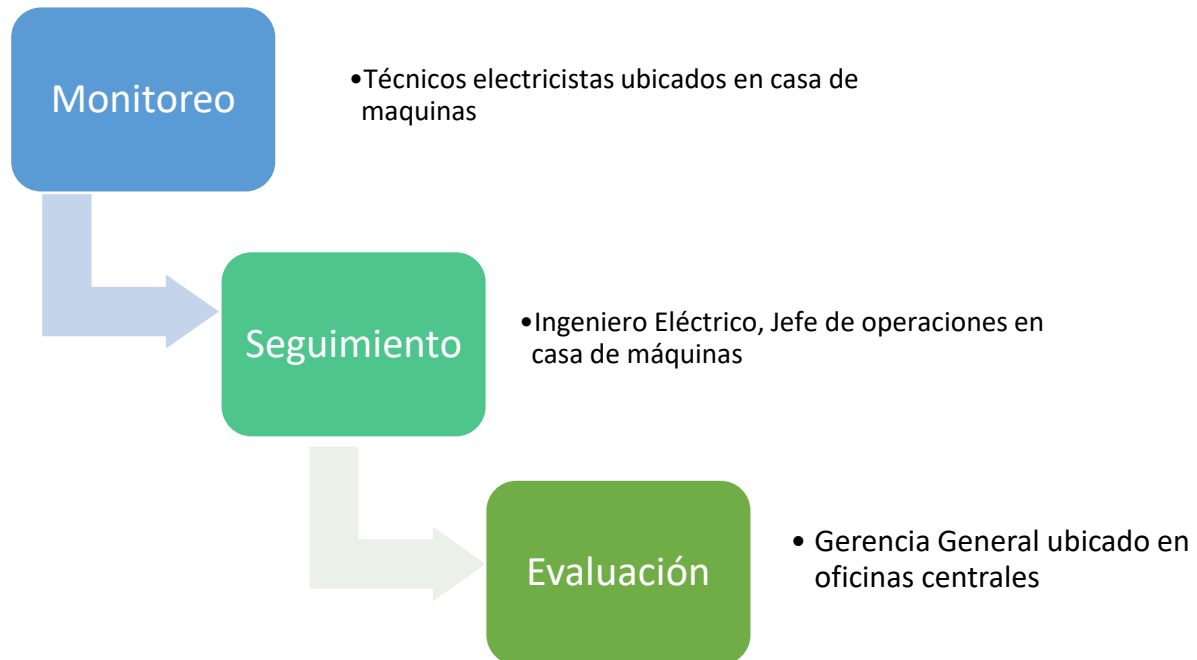
Para asegurar la continuidad del sistema de monitoreo de transformadores de la Generadora de energía renovable es necesario implementar medidas de control, no solamente en el monitoreo, también en el continuo seguimiento y evaluación de los resultados, riesgos y fallas encontradas; así mismo el mejoramiento continuo. El plan de Seguimiento, Monitoreo y Evaluación SM&E se detalla en el Anexo 7, tiene como fin ser el primer paso y una guía en el proceso de mejora continua en la entidad, documento del cual se hará un resumen de los temas más importantes que deben ser implementados a la brevedad posible.

4.5.1 Segmentación del proceso de Monitoreo

Actualmente el proceso de Monitoreo es realizado por el Gerente General en conjunto con su asistente, limitados por el tiempo en el cual laboran, sumando a ello el tiempo que toman en sus demás tareas administrativas asignadas, para ello se ha encontrado la oportunidad de realizar una segmentación y distribución de responsabilidades para incrementar el nivel de efectividad, ya que se cuenta con el personal necesario sin incurrir en mayores costos por incremento del mismo o el aumento de turnos de trabajo, en la figura 1 se detalla la recomendación del funcionamiento de segmentación de las funciones durante el proceso de SM&E

Figura 1

Segmentación de funciones para aplicación en el sistema de monitoreo, seguimiento y evaluación de la Generadora.



Elaboración propia 2022.

4.5.1.1 Asignaciones y responsabilidades

Las asignaciones y responsabilidades para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación se han dividido en 3 grupos de control, los cuales se detallan por el grado de responsabilidad.

➤ **Técnicos electricistas asistentes de Casa de maquinas**

Encargados del proceso de monitoreo de la generación y transmisión de energía eléctrica en turnos rotativos para abarcar las 24 horas del día, se realizan las lecturas por medio de la comunicación de Casa de Maquinas a Subestaciones a través de una línea de fibra óptica oscura, con lo cual se prepara la reportería diaria de la transmisión, así mismo la respuesta en tiempo real al sobrecalentamiento de subestaciones en horas pico por sobrecarga.

➤ **Ingeniero Eléctrico en Casa de Maquinas**

Encargado del proceso de seguimiento a los resultados de las lecturas del monitoreo ejecutado por los técnicos electricistas, comparación con datos de AMM y del transformador del cliente, encargado de realizar la mejora continua del proyecto, así como encontrar los posibles problemas desde la causa raíz.

➤ **Gerencia General**

Encargado del proceso de Evaluación del plan de SM&E a largo plazo, verificando los indicadores propuestos a un inicio, enfocado al análisis de la rentabilidad del proyecto, medición del impacto y el logro de los objetivos; tomando juicio del funcionamiento general de la planificación y decidiendo la continuidad, mejora o discontinuación de este.

4.5.2 Matriz de fallas

La importancia de tener un detalle de las fallas que se presentan por día, el tiempo de corte, el costo que la falla ha repercutido, brindará un historio el cual brinda una vista de los problemas más recurrentes, los cuales deben ser mitigados por medio de planes de acción, esta se considera en primera fase como parte del monitoreo a cargo de los técnicos en casa de máquinas, el seguimiento mensual de los resultados deben ser ejecutados por el Ingeniero de planta para así al final del periodo ser evaluados por gerencia general, y con ellos saber si se han ejecutado los planes de mitigación de manera efectiva.

Se adjunta en el Anexo 4 el ejemplo de matriz de fallas, así mismo se detallan los rubros los cuales se deben incluir:

- Fecha en el cual se está efectuando el registro, este debe ser ingresado en número para su facilidad de filtrado en hojas electrónicas.
- Día en el cual se ha identificado el siniestro.
- Generación efectiva del día para realizar la comparación “energía efectiva/perdida”

- Tiempo de corte, este punto es importante ya que brinda el dato de cuánto tiempo estuvo la falla activa y el tiempo de reacción para corregir el error
- Kwh perdidos, se detalla cuanta producción se perdió durante el corte de generación-transmisión.
- Precio, este debe ser equivalente al del PPA, que es el precio de venta efectivo y autorizado.
- Costo, es la relación Kwh perdidos por el precio, con ello logramos indicar cuanto nos ha costado el dejar de vender por una falla
- Razón, en este rubro se explica a detalle cual fue el problema para realizar su correcta localización en la clasificación de errores, sirve fundamentalmente para dar un seguimiento de la recurrencia de fallas comunes y con ello realizar planes de mejora continua para mitigar riesgos.

4.5.3 Aplicación de criterios SMART en indicadores para la realización de evaluación del sistema de monitoreo

Por sus siglas en inglés los criterios SMART hacen referencia a criterios de específico, medible, apropiado, realista y temporal, Además se agrega el criterio de simple, a continuación, se detalla el cómo se debe aplicar los criterios en la siguiente tabla.

Tabla 14

Descripción de criterios SMART para la formulación de indicadores de evaluación

Criterio	Descripción
Simple	El indicador debe ser fácil de entender
Específico	Debe ser explícito respecto al objetivo que se quiere medir
Medible	Cuantitativo en relación de las fuentes de datos existentes
Apropiado	Verificar si cuantifican y dimensionan los resultados esperados
Realista	Debe ser posible de medir con los recursos disponibles
Temporal	Debe delimitarse a una o varias temporalidades

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en datos de USAID 2018

4.5.3 Aplicación de análisis de los indicadores basado en metodología del marco lógico

Sí el proyecto fue bien diseñado, tendrá un alto grado de cumplimiento de las metas fijadas para su evaluación ex post. Para la llevar a cabo el análisis es necesario contar con la información necesaria para comparar el comportamiento del proceso de monitoreo de transformadores.

Teniendo en cuenta lo estipulado por la metodología del marco lógico se incorporan aspectos físicos y de calidad, para ellos se elabora un diseño cualitativo de evaluación con criterios cómo muy satisfactorio, satisfactorio, insatisfactorio, muy insatisfactorio. Se propone el siguiente cuadro para la clasificación de los indicadores y con ello aplicar los criterios antes mencionados.

Tabla 15

Tabla de comparación de indicadores para evaluación cualitativa según Metodología del Marco Lógico.

Indicador	Proyectado	Efectivo	Año 1	Año 2	Año 3	Año n	Evaluación
1							
2							
3							
4							
5							

Muy satisfactorio
Satisfactorio
Insatisfactorio
Muy insatisfactorio

Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en datos del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)

4.6 Análisis general de los resultados

El sistema de monitoreo tiene un fuerte impacto en la rentabilidad de la Generadora de energía, su relación es directamente con nivel de ventas, este funciona para accionar inmediatamente a los posibles riesgos en la transformación de energía, no obstante al ser un proceso nuevo está sujeto a tener mejoras, se ha determinado que el invertir en este proceso es rentable, además existen otros procesos que se han descubierto que necesitan de un sistema similar, la línea de transmisión de energía tiene serios problemas con la caída de árboles, se debe trabajar en un diseño que cubra las necesidades para el monitoreo, seguimiento y evaluación de dicho proceso.

La segmentación de las funciones de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación ayudarán a la efectividad del proceso, y poder alimentar la información de manera más rápida y efectiva.

La importancia del proceso de comparación de generación de las turbinas entre lo procesado por los transformadores de manera mensual y anual es trascendental para determinar el porcentaje de la energía que se está perdiendo durante el proceso de transporte de energía.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se detallan las conclusiones a las que se ha llegado con base a los objetivos planteados en este documento y los resultados obtenidos en el capítulo IV con el filtrado y análisis de la información.

1. El sistema de monitoreo con el que cuenta la Generadora actualmente ha sido mejorado por medio de canales de comunicación de fibra óptica, para la lectura de los indicadores de los transformadores de potencia en tiempo real, la optimización entro en vigor en el año 2021 con una inversión de USD 24,000.00.
2. Se identificaron perdidas en el proceso de transformación y transporte de energía, la mayor cantidad de perdidas ocurre en los meses de mayor carga pluvial que corresponden al segundo semestre de cada año, siendo el mes de noviembre el que representa más pedidas de energía del 2017 al 2021 con un total de 1,406,870 kwh perdidos.
3. Las principales causas de pérdida en los niveles de generación y transformación de energía se pueden clasificar en dos grupos, causas internas y causas externas. En las causas internas bajo responsabilidad de la generadora se encuentran los mantenimientos a equipos, cortes de transformadores y la restricción de la generación que equivale a 0.5 Mwh; es dentro de estos 3 rubros en el cual el sistema de monitoreo entra en acción directamente para optimizar los niveles de transformación y funcionamiento óptimo de los activos.
4. Se ha disminuido el nivel de pérdidas financieras con la implementación del sistema de monitoreo mejorado, el rango del año 2017 al 2020 se encuentra entre los USD \$36,000 – \$146,000, para el año 2021 el total de pérdidas monetarias fue de USD \$8,963 lo cual representa una baja el impacto financiero negativo.

5. La implementación de la nueva tecnológica utilizada en el sistema de monitoreo es rentable, debido a su corto tiempo de recuperación de la inversión, la cual se recupera en un mes, esto se comprueba con el incremento del nivel de ventas en un 31% en el primer año luego de su puesta en marcha.

6. El sistema de monitoreo que actualmente se maneja en la generadora carece de instrumentos de evaluación, así mismo de un plan para su seguimiento, monitoreo, evaluación y discusión de resultados así mismo lecciones aprendidas.

Recomendaciones

A continuación, se presentan las recomendaciones a la Generadora de energía para poder eficientizar el sistema de monitoreo actual e impactar de manera positiva en la rentabilidad.

1. Se recomienda realizar los mantenimientos preventivos al equipo tecnológico que es empleado en el proceso de monitoreo, con ello mantener optimizado el tiempo de respuesta a los indicadores de riesgo de la generación y transformación de energía.
2. La comparación de los niveles de generación contra los niveles de venta de energía deben ser realizados de manera mensual, es importante segmentar el proceso y el llevar un seguimiento en donde se identifiquen los meses que más pérdidas reflejan, sus causas y enfocar en análisis para la creación de planes de acción de prevención de cortes de energía.
3. Se debe realizar la implementación de una matriz de fallas, en donde se pueda identificar de forma diaria la razón del corte de energía, la causa, el tiempo de duración, el tiempo de respuesta, y estimar el coste que la incidencia tuvo y así al final de cada mes identificar cuáles fueron las causas más repetitivas, esto servirá para la creación de planes de respuesta ante incidencias más rápidas y eficaces.
4. Para reducir el impacto de las pérdidas causadas por los factores externos a la Generadora, cómo lo pueden ser las caídas de árboles y ramas en la línea de transmisión a causa de tormentas, se recomienda realizar la evaluación de la compra de árboles en los perímetros de riesgo y ejecutar su tala, así evitar que estos corten los cables de la línea transmisión y se reflejen cómo pérdidas financieras para la Generadora.
5. Se recomienda realizar el estudio financiero del impacto en la rentabilidad del proceso de monitoreo en los próximos años, siendo evaluaciones de mediano y largo plazo, con ello tener datos más amplios y comprobar que el sistema ha beneficiado a la Generadora. Al mismo tiempo incluir los estudios de cada una de

las mejoras que se vayan realizando durante la vida útil del proyecto, a manera de corroborar si se impacta de manera positiva o negativa en los niveles de venta de energía.

6. El implementar un plan de monitoreo, seguimiento y evaluación es uno de los primeros puntos con los que se debe continuar para mejorar el proceso actual; dicho documento debe incluir los lineamientos para segregar las funciones de cada proceso, así mismo dar una explicación clara de los instrumentos a utilizar en cada uno de los procesos, con ello se facilitará la búsqueda de información y la evaluación en la toma de decisiones.

7. Se recomienda por parte de la gerencia general en conjunto con los colaboradores asignados de los procesos de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación realizar la revisión del Plan de SM&E y Matriz de fallas adjuntos en los Anexos 4 y 5; así mismo efectuar las correcciones que se consideren necesarias para ajustar dichos documentos a las necesidades actuales de la Generadora y poder comenzar con su implementación en el siguiente año calendario.

Bibliografía

- Aguilar, A., Duarte, L., & Orratia, E. (14 de febrero de 2011). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/uabcpsique/diseos-no-experimentales-transversales-transversales-descriptivos-y-exploratorios>
- Alan Neill, D., & Cortez Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la investigación científica*. Machala: UTMATCH.
- Arboleda Vélez, G. (2001). *Proyectos formulación, evaluación y control*. Calí: Cargraphics S.A. .
- Arimany , P. (9 de febrero de 2021). Monitoreo de Línea de transmisión y transformadores. (S. Citalán, Entrevistador)
- Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de Proyectos*. México D.F.: McGraw Hill.
- Balbás García, J. (2017). *Sistemas de energía Eléctrica en Alta Tensión* (Primera ed.). Cantabria: Editorial Universitaria Cantabria.
- Cajamarca, E., & Sigua, X. (2010). *Cargabilidad en transformadores de potencia, incidencia en la vida útil, pérdidas de energía y condiciones operativas*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana -Sede Cuenca-.
- Cañar, S. (2007). *Cálculo detallado de perdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador "Universidad" Perteneciente a la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte, S.A*. Quito: Universidad Politécnica Nacional.
- Cartes Mena, F. (18 de abril de 2016). *Observatorio de Planificación CEPAL* . Obtenido de https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/session/CHILE_Fernando_Cartes.pdf

- Chavez, M. T. (2016). *Plan de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación a la Gestión Territorial de las Enfermedades No transmisibles y la Salud Mental*. Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social.
- Checa, L. M. (1988). *Líneas de transporte de Energía* (Tercera ed.). Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Colom Gorgues, A. (2009). *Evaluación de la rentabilidad de proyectos de inversión*. (Primera ed.). Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida.
- Companys Pascual, R., & Corominas Subías, A. (1988). *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales* (Primera ed.). Barcelona: Marcombo.
- Congreso de la República de Guatemala. (15 de noviembre de 1996). Ley General de Electricidad . *Decreto 93-96*. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala: Diario de Centro America .
- Congreso de la República de Guatemala. (2 de abril de 1997). Reglamento de la Ley General de Electricidad. *Acuerdo Gubernativo 256-97*. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala: Diario de Centro América.
- Congreso de la República de Guatemala. (1 de junio de 1998). Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista. *Acuerdo Gubernativo 299-98*. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala: Diario de Centro América.
- Cordoba, P. M. (2006). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Coto Aladro, J. (2002). *Análisis de sistemas de energía Eléctrica* (Primera ed.). Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Dzul, M. (s.f.). *Universidad autónoma del estado de Hidalgo*. Recuperado el 6 de Junio de 2022, de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf

- Editorial Etecé. (05 de agosto de 2021). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/proyecto/>
- Faletti, E. (s.f.). *Postes de baja y torres de alta tensión*. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.
- Fayos Alvarez, A. (2009). *Líneas Eléctricas y Transporte de Energía Eléctrica* (Primera ed.). Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Gallardo, D. (2011). *Metodología para el cálculo del WACC y su aplicabilidad en la valoración de inversiones de capital, en empresas no cotizantes en bolsa*. Calí: Universidad ICESI.
- Galván, J. L. (1997). *Transporte de la energía eléctrica* (Primera ed.). Madrid: Universidad Pontificia Comillas de Madrid.
- García, R., & Morales, J. (2013). *Sistemas y circuitos Eléctricos* (Primera ed.). Madrid: Ediciones paraninfo, S.A.
- Harper, E. (2004). *El libro práctico de los Generadores, Transformadores y Motores eléctricos* (Primera ed.). México D.F.: Limusa Noriega Ediciones.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw Hill.
- Instituto Nacional de Electrificación. (29 de septiembre de 2019). *INDE*. Obtenido de <http://www.inde.gob.gt/blogs/que-es-la-energia-hidraulica/>
- Instituto Nacional de Electrificación. (29 de septiembre de 2020). *Instituto Nacional de Electrificación*. Obtenido de <http://www.inde.gob.gt/blogs/que-es-la-energia-hidraulica/>
- Instituto Nacional de Electrificación. (2021). *Instituto Nacional de Electrificación*. Recuperado el 2021 de marzo de 23, de <http://www.inde.gob.gt/la-ruta-de-la-energia/>
- Instituto Nacional de Electrificación. (2021). *Instituto Nacional de Electrificación*. Obtenido de Instituto Nacional de Electrificación

- Jirón, O. (2016). *Diseño de un sistema de instrumentación virtual para monitoreo de parámetros de Transformador*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ketelhohn, W., Marin, N., & Montiel, E. (2004). *Inversiones* (1era ed.). Bogotá: Norma.
- Landy, W. (2015). *Desarrollo de un modelo de sistema de Control y Monitoreo de parámetros Operacionales de un transformador de Potencia, para el diagnóstico y detección temprana de fallas*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana -Sede Cuenca-.
- Lauriac, N. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo*. Zurich: Terre des hommes.
- Lopez Tagle, A., Equilhua Tapia, H., Liñan Garcia, R., Pascacio de los Santos, A., & Núñez Domínguez, A. (Enero de 2000). *Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias México*. Obtenido de <https://www.ineel.mx/electr2000/aplica.pdf>
- López, A. (25 de Noviembre de 2020). *DISEÑO, EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS*. Obtenido de [https://proyectosuntref.wixsite.com/proyectos/post/___ir#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Rentabilidad%20\(IR,inversi%C3%B3n%20por%20el%20desembolso%20inicial](https://proyectosuntref.wixsite.com/proyectos/post/___ir#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Rentabilidad%20(IR,inversi%C3%B3n%20por%20el%20desembolso%20inicial).
- Maldonado, J. (2018). *Determinación de pérdida de energía en transformadores de distribución mediante algoritmo de compensación en sistemas de medición*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana -Sede Cuenca-.
- Manejo forestal sostenible de la región Andina. (2012). *Guía de Monitoreo y Evaluación de Proyectos*. Andina: Ministerio de asuntos exteriores de Finlandia.

- Mendéz, W. (2010). *Fallas en los transformadores de potencia y sistemas auxiliares de prevención, para evitar que el transformador explote*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Metodología de la Investigación*. (2014). México D.F.: McGraw Hill.
- Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección General de Presupuesto Público. (2015). *Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección General de Presupuesto Público*. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección General de Presupuesto Público.
- Ministerio de Energía y Minas Guatemala. (25 de julio de 2018). *Generación Hidroeléctrica*. Obtenido de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Generaci%C3%B3n-Hidroel%C3%A9ctrica.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas Guatemala. (11 de julio de 2018). *Ministerio de Energía y Minas*. Recuperado el 2021 de marzo de 24, de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADas-Renovables-en-Guatemala.pdf>
- Mujal Rosas, R. M. (2013). *Cálculo de líneas y redes eléctricas* (Primera ed.). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital.
- Noriega, J. (2014). *Diseño de la investigación de los sistemas de monitoreo en línea, como método predictivo para la detección de fallas en transformadores de potencia*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Orozco, A. (2013). *Instalación, pruebas, puesta en servicio del sistema de protección y Monitoreo de las Unidades 1, 2 y 3 y transformador de potencia de la planta Hidroeléctrica Santa María*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pascual, J. (2019). *Diseño de investigación para la implementación de monitoreo remoto en transformadores de distribución, para mejorar la calidad del*

servicio eléctrico y aumento de la eficiencia energética. Guatemala:
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Peiro Ucha, A. (26 de junio de 2016). *Economipedia*. Obtenido de
<https://economipedia.com/definiciones/coste-medio-ponderado-del-capital-wacc.html>

Pepe Energy. (2022). *PepeEnergy*. Recuperado el 27 de enero de 2022, de
<https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-sistema-trifasico/#:~:text=Un%20sistema%20trif%C3%A1sico%20es%20aquel,entre%20ellas%20de%20120%C2%BA%20el%C3%A9ctricos.>

Pérez, R., Torrez, H., Fernández, E., & Fernández, S. (2012). *Sistema de monitoreo en tiempo real para el diagnóstico de transformadores de potencia en una empresa de energía eléctrica*. Latin American and Caribbean Conference. Panamá: Latin American and Caribbean Conference. Obtenido de
<http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP069.pdf>

Rama Estudiantil del IEEE Universidad del Cono Sur de las Américas. (Diciembre de 2010). *Rama Estudiantil del IEEE Universidad del Cono Sur de las Américas*. Obtenido de
<https://ramaucsa.files.wordpress.com/2010/12/resumen-lc3adneas-de-transmisi3b3n-elc3a9ctric1.pdf>

Rizo Maradiaga, J. (2015). *Técnicas de Investigación Documental*. Matagalpa: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA.

Rus Arias, E. (07 de enero de 2021). *Economipedia*. Obtenido de
<https://economipedia.com/definiciones/seguimiento-de-un-proyecto.html>

Sapag Chaín, N. (2007). *Proyectos de inversión formulación y evaluación* (Primera ed.). México D.F.: Person Educación México.

Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. México D.F.: McGraw Hill.

- Savvides, S. (Marzo de 1994). Risk Analysis in Investment Appraisal. *Project Appraisal*, 9(1), 3-18.
- Serrano, J. (2011). *Matemáticas Financieras y evaluación de proyectos*. Bogotá: Alfaomega.
- Sevilla Arias, A. (15 de julio de 2014). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Trashorras Montecelos, J. (2013). *Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- USAID. (2018). *Elaboración de Plan de Monitoreo y Evaluación*. Lima: IMSERGRAF E.I.R.L.
- Valdivielso, A. (31 de Julio de 2022). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-y-como-funciona-central-hidroelectrica>
- Van de velde, H. (2009). *Sistemas de evaluación, Monitoreo, Seguimiento y Evaluación de Proyectos Sociales*. Estelí: ISNAYA.
- Vargas Cordero, Z. (2009). La Investigación Aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* , 155-165.
- Velayos Morales, V. (15 de junio de 2014). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). México: Prentice Hall.
- Yolima, A. (2018). *Evaluación de la salud de los activos de los transformadores de potencia de las busestaciones del área metropolitana del Valle de Aburrá* . Medellín: Universidad EAFIT.

Anexos

El presente apartado engloba los accesorios e información que complementan los temas expuestos en el presente documento, se incluyen: Acrónimos, Tablas y un plan de monitoreo.

1. Acrónimos y Abreviaturas

Se detallan los acrónimos utilizados en el presente informe para mejor entendimiento del lector.

AMM:	Administrador del Mercado Mayorista
CPH:	Costo por hora
IR:	Índice de Rentabilidad
Kw:	Kilovatio
Kwh:	Kilovatio hora
M&E:	Monitoreo y Evaluación
Mw:	Megavatio
Mwh:	Megavatio hora
PMS&E:	Plan de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación
PPA:	Contrato de compraventa de energía. (Power Purchase Agreement).
PRI:	Periodo de Recuperación de la Inversión
SM&E:	Seguimiento Monitoreo y Evaluación
TIR:	Tasa Interna de Retorno
VAN:	Valor Actual Neto

2. Definiciones

Se detallan definiciones técnicas utilizadas en el presente informe para mejor entendimiento del lector.

Casa de Maquinas: Es donde se ubican las máquinas (turbinas-alternadores, turbina hidráulica, eje y generador eléctrico) y los elementos de regulación y comando.

Generación de Energía: Es el proceso de generar energía eléctrica en plantas o centrales de generación, esto a partir de fuentes de energía primaria, las cuales pueden ser por recursos naturales, hidráulica, eólica, solar etc. Y fuentes no renovables como el carbón, petróleo y gas natural.

Líneas de transporte: Cableado para transmitir la electricidad producida. (Valdivielso, 2022)

Transmisión de Energía: Se refiere al servicio de transporte de energía eléctrica por medio de redes de alta tensión, los cuales forman parte de los servicios de conexión nacional.

Transformadores: Son dispositivos eléctricos que sirven para aumentar o disminuir la tensión de un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia.

Turbinas hidráulicas: Se encarga de aprovechar la energía del agua que pasa a través para producir un movimiento de rotación mediante su propio eje.

Pérdidas de energía: Referencia a la diferencia entre la cantidad de energía eléctrica que es ingresada a las líneas de transmisión y la que es entregada como producto final.

3. Guía de Entrevista

Se presenta la guía de entrevista utilizada para la recolección de datos en la Generadora, la cual fue aplicada al gerente general.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
 INSTITUTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO
 EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN
 DE PROYECTOS

PROGRAMA DE GRADUACION PROFESIONAL

GUÍA DE ENTREVISTA

Empresa

Nombre del puesto:

Nombre del entrevistador:

Cláusula de confidencialidad: su oportuna colaboración es de suma importancia ya que la información recabada será utilizada con fines académicos, como parte del proceso de investigación. La información obtenida será estrictamente confidencial y el uso es exclusivamente del entrevistador.

Objetivo: la presente entrevista tiene la finalidad de identificar como se realiza el proceso de monitoreo de transformadores actualmente en la entidad.

- 1- ¿Cuentan con un sistema de monitoreo para los transformadores actualmente y cómo lo aplican?
- 2- ¿Qué tecnología se emplea actualmente para el monitoreo?
- 3- ¿Cuáles son las principales causas de pérdidas en la transmisión de energía?
- 4- ¿Cuáles son los principales problemas que reflejan los transformadores de potencia?

- 5- ¿Con que frecuencia se tienen cortes en la transmisión de energía?
- 6- ¿Cuál es el impacto en la rentabilidad de los cortes en la transmisión de energía?
- 7- ¿Se ha eficientico el proceso de monitoreo desde el inicio de operaciones de la Generadora?
- 8- ¿Qué procesos son los más importantes en un sistema de monitoreo?
- 9- ¿Cuál es el tiempo de respuesta al detectar que un transformador se ha apagado?
- 10- ¿Qué beneficio económico contrae el tener un sistema de monitoreo de transformadores?

4. Matriz de fallas

La matriz de fallas para el filtrado de la información obtenida por medio de la base de datos de la Generadora.

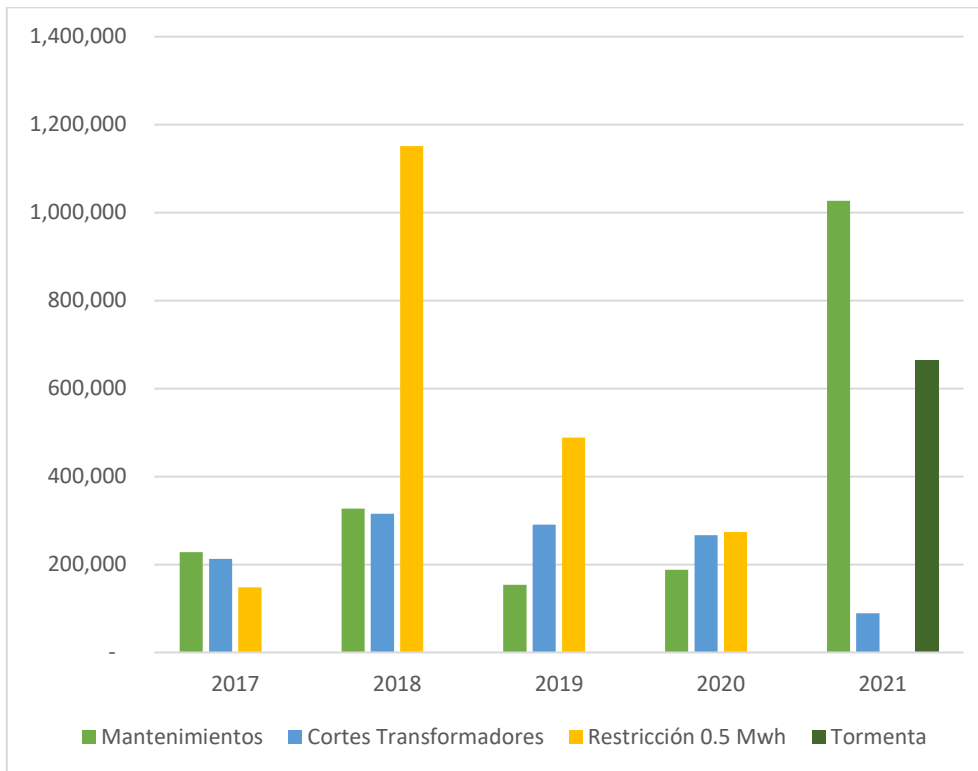
MATRIZ DE FALLAS		Iniciales
Empresa	Realizado Por:	SM&E
Fecha de elaboración:	Revisado Por:	SECT
Fecha de actualización:	Autorizado Por:	PFAS

No.	Fecha de Incidencia	categoría de Incidencia	Descripción	Tiempos		Pérdidas		Controles de la Administración	Impacto			Respuesta		Recurrente	Planes de Acción	Fecha de Seguimiento
				Duración	Respuesta	Energía	Monetaria		Alto	Medio	Bajo	Mitigar	Aceptar			

Elaboración Propia

5. Gráfica de categoría de pérdidas

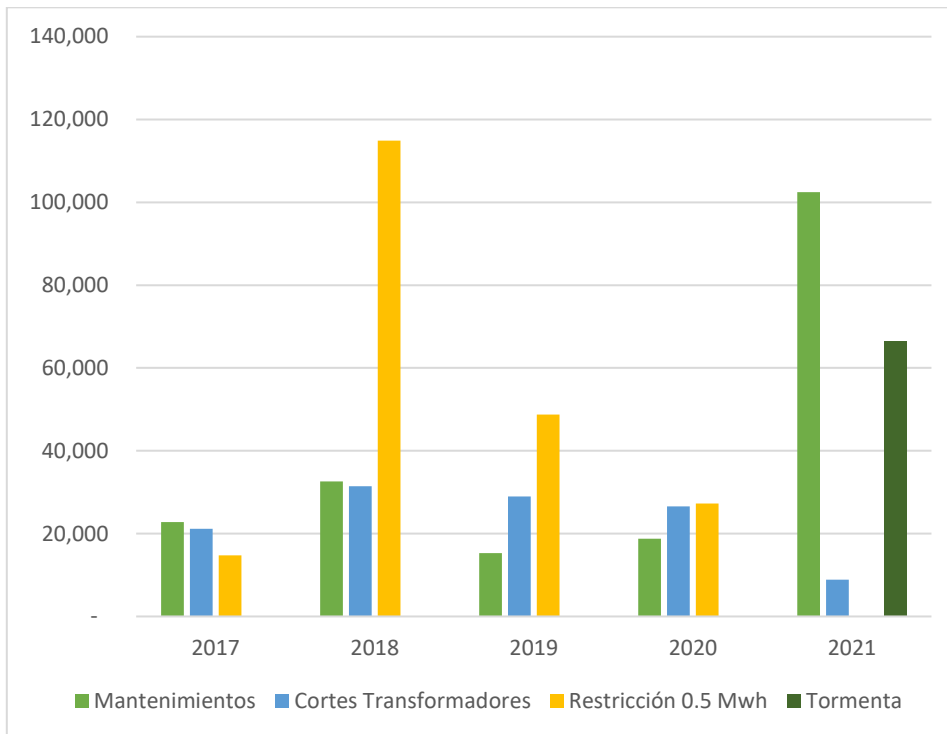
Categorías de pérdidas de energía eléctrica del 2017 al 2017 – expresado en Kwh



Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación y subestación

6. Gráfica de participación de las pérdidas

Costo de Pérdidas por categoría de siniestro



Fuente: Elaboración propia 2022 – Con base en base de datos de generación, subestación y PPA.

7. Plan de seguimiento, monitoreo y evaluación

A continuación, se presenta el documento elaborado como propuesta a la Generadora de energía renovable para ser implementada con base al sistema de monitoreo actual, se ha mantenido solamente la información más relevante para muestra en el presente informe.



Plan de SM&E

Monitoreo, seguimiento y evaluación por medio de línea oscura para lecturas de transformadores de potencia y fallas en la línea de transmisión.

2022

Sixto Eduardo Citalán Taracena



- Plan de Seguimiento, Monitoreo y Evaluación: “Proyecto de Implementación de línea oscura para el monitoreo de transformadores de potencia –

Presentada por:

-Sixto Eduardo Citalán Taracena-

Aprobado por:

2022

Introducción

El plan de Seguimiento, Monitoreo y Evaluación es la herramienta por la cual se mide el grado de avance y corroborar el logro de los resultados planteados en un proyecto; Esta herramienta sirve para realizar la planificación y gestión de los procesos de SM&E; La información que se obtendrá con este proceso servirá para la toma de decisiones, la distribución de los recursos, retroalimentación y el comienzo del aprendizaje y la resiliencia del proyecto.

Las constantes pérdidas de energía consecuencia de sobrecargas de los transformadores de potencia del cliente de la Hidroeléctrica sujeto de estudio, a llevado consigo la necesidad de mejorar el proceso de monitoreo por medio de la implementación de una red de fibra óptica oscura la cual dará la oportunidad de respuesta en tiempo real; dicho proceso será vital en las horas de mayor producción de la época lluviosa en Guatemala, en donde las turbinas de generación funcionan a máxima potencia y lleva consigo la regulación del transporte de energía para no caer en apagados automáticos de seguridad de las subestaciones lo cual incurre en horas de transporte energía perdida.

El monitoreo de este proyecto es esencial para evaluar a corto, mediano y largo plazo los resultados, estos medidos por indicadores de impacto y resultados que evalúan en diferentes ámbitos y fases al proyecto, así mismo son ejecutados y analizados por diferentes líneas de responsabilidad las cuales serán detalladas en el presente documento.

1. Objetivos

Los objetivos del plan de monitoreo se dividen en objetivos General y específicos los cuales se presentan a continuación

1.1 Objetivo General

Facilitar el análisis, la obtención y uso de la información relacionada con el seguimiento, monitoreo y evaluación de la gestión de la transmisión de energía transportada por medio de la línea de transmisión, a las acciones planteadas en las líneas operativas y la correcta gestión del riesgo.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la existencia de reducción de las pérdidas en la generación
- Analizar los tiempos de respuesta para la toma de decisiones
- Evaluar la eficacia de la implementación de la fibra oscura
- Brindar seguimiento a las mejores prácticas para que el monitoreo sea eficaz
- Determinar los indicadores adecuados para la evaluación del proyecto

2. Alcance

Este documento describe los procesos que se han establecido para realizar el Seguimiento, Monitoreo y Evaluación (SM&E) al proceso de la implementación del proyecto de mejora de transporte de energía por medio de una línea de transmisión desde una Hidroeléctrica a los transformadores de potencia del comprador de la generación, dicho proyecto busca implementar una línea de fibra óptica oscura para monitorear en tiempo real las horas pico de energía y no sobrecargar la subestación.

3. Asignaciones y responsabilidades

Las asignaciones y responsabilidades para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación se han dividido en 3 grupos de control, los cuales se detallan por el grado de responsabilidad.

➤ Técnicos electricistas asistentes de Casa de maquinas

Encargados del proceso de monitoreo de la generación y transmisión de energía eléctrica en turnos rotativos para abarcar las 24 horas del día, se realizan las lecturas por medio de la comunicación de Casa de Maquinas a Subestaciones a través de una línea de fibra óptica oscura, con lo cual se prepara la reportería diaria de la transmisión, así mismo la respuesta en tiempo real al sobrecalentamiento de subestaciones en horas pico por sobrecarga.

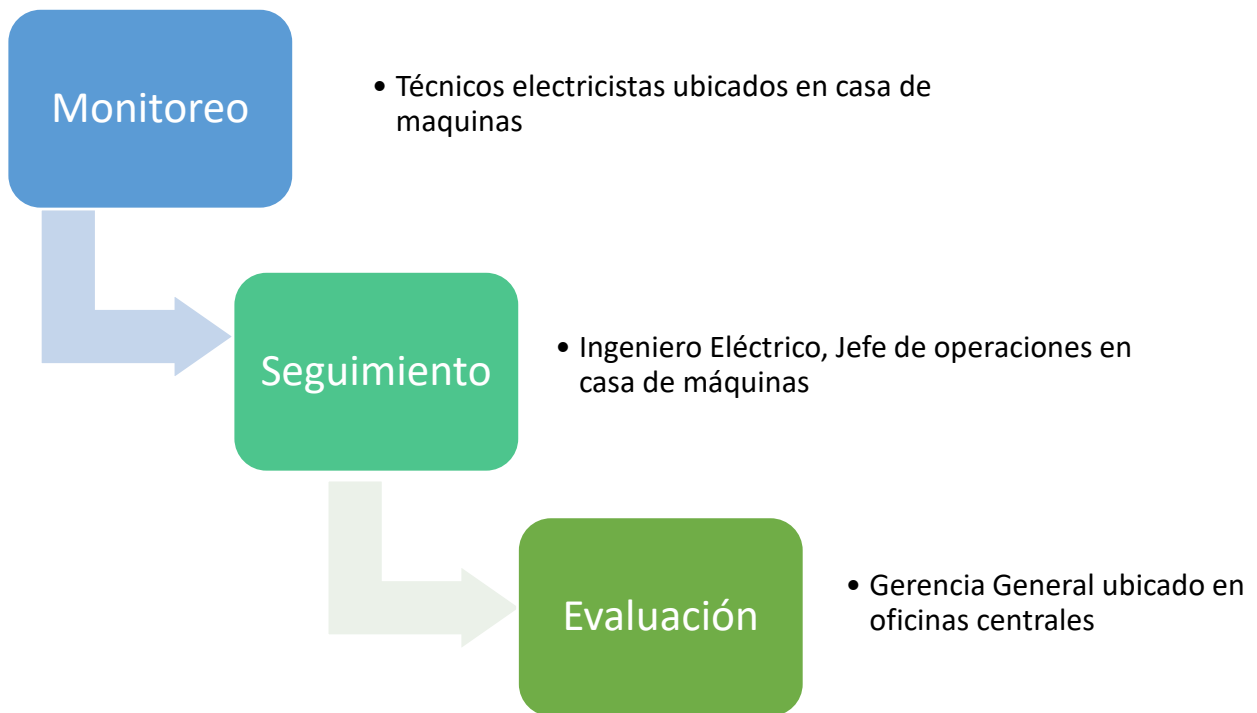
➤ Ingeniero Eléctrico en Casa de Maquinas

Encargado del proceso de seguimiento a los resultados de las lecturas del monitoreo ejecutado por los técnicos electricistas, comparación con datos de AMM y del transformador del cliente, encargado de realizar la mejora continua del proyecto, así como encontrar los posibles problemas desde la causa raíz.

➤ Gerencia General

Encargado del proceso de Evaluación del plan de SM&E a largo plazo, verificando los indicadores propuestos a un inicio, enfocado al análisis de la rentabilidad del proyecto, medición del impacto y el logro de los objetivos; tomando juicio del funcionamiento general de la planificación y decidiendo la continuidad, mejora o discontinuación de este.

Figura 1



Elaboración: Propia

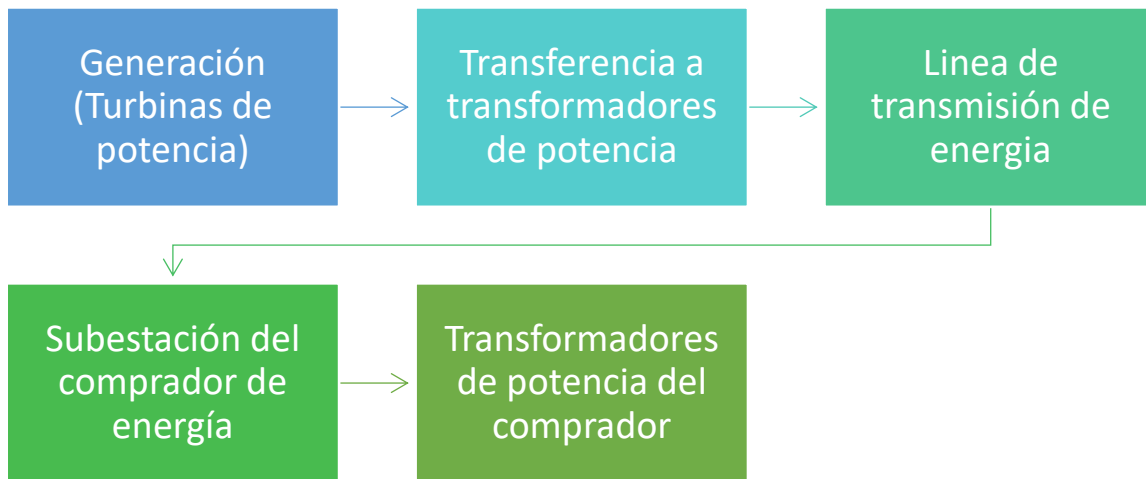
4. Marco Conceptual

5. Metodología de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación

La metodología para realizar el monitoreo, seguimiento y evaluación consiste en diferentes fases, empezando en el M&E que es realizar la observación del transporte de energía por medio de los técnicos de casas de máquinas, los cuales están a cargo de analizar desde la producción de las turbinas hasta su transporte a los primeros transformadores de potencia que luego transfieren la energía a la línea de transmisión para terminar su trayecto en la subestación del comprador, este

proceso es fundamental, debido a que en horas picos el transformador se puede sobre calentar y activar el apagado automático de emergencia, con lo cual se perderían horas importantes de generación y lo respecta a la pérdida económica. A continuación, se detalla un poco acerca del proceso.

Figura 2



Fuente: Elaboración propia.

El proceso de monitoreo también requiere de un plan de acción, al detectar que la energía generada sobrepasa los límites del transformador de potencia, se debe tomar un plan de acción determinado, el cual ha sido el apagado de una turbina y trabajar a media capacidad, que se ha estudiado que es más factible a perder un día entero de transporte.

Figura 3



Fuente: Elaboración propia

6. Indicadores

Para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación se tendrán en cuenta los indicadores construidos por los involucrados en cada fase del proceso de transmisión de energía.

El monitoreo se realizará en tiempo real, baso en el indicador de “Porcentaje de cortes de transmisión de energía”, el cual busca medir el número de tiempo de transmisión efectiva y el porcentaje de cortes que ha tenido el proceso; en cuestión de tiempo los reportes estarán divididos por horas, esto debido a la necesidad según la naturaleza del negocio, ya que se tiene una producción las 24 horas del día los 7 días de la semana, está siendo ininterrumpida a menos que exista algún problema o riesgo dentro del margen de producción.

El proceso de seguimiento será realizado por el ingeniero de planta en casa de máquinas, se realizará de forma diaria, semanal y mensual con base al indicador de “Generación transportada exitosamente“, dicho indicador nos brinda una visión del porcentaje de energía transportada con éxito tanto como la porción que ha sido perdida. debido a la naturaleza del negocio de producción continua, en este proceso se analizarán los planes de acción, los resultados del proceso de monitoreo y se analizarán los planes de mejora continua al proceso, el resultado del proceso de seguimiento se reportará de forma mensual.

Figura 4

Ficha Técnica del Indicador			
<u>Nombre del Indicador</u>	<u>Porcentaje de cortes de transmisión de energía</u>		
Objetivo	Medir el número de tiempo de transmisión efectiva y el porcentaje de cortes que ha tenido el proceso en cuestión de tiempo		
Fórmula de cálculo	Horas de generación de energía dividido al número de horas de funcionamiento del proceso de transmisión	Numerador	Horas generadas por las turbinas de potencia
		Fuente de los datos (Numerador)	Base de datos casa de maquinas
		Denominador	Horas de funcionamiento del proceso de transmisión de energía
		Fuente de los datos (Numerador)	Base de datos casa de máquinas
Unidad de medida	Porcentaje %	Periodicidad de medición	Cada hora
Responsable de la medición	Técnicos de monitoreo de casa de maquinas		
Meta	Medir la eficiencia del proceso de transmisión de energía		
Rango de Tolerancia	Excelente	Regular	Malo/Alerta
Análisis de la medición del Indicador	Disminuir el tiempo de cortes de transmisión de energía		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5

Ficha Técnica del Indicador			
<u>Nombre del Indicador</u>	<u>Generación transportada exitosamente</u>		
Objetivo	Medir el porcentaje de energía que ha sido transportada de forma exitosa		
Fórmula de cálculo	Se comprende por el total de Megatios generados por la hidroeléctrica dividido al número de megavatios recibidos por la subestación	Numerador	Megavatios generados por la Hidroeléctrica
		Fuente de los datos (Numerador)	Base de datos de monitoreo de casa de Maquinas
		Denominador	Megavatios recibidos por la subestación
		Fuente de los datos (Denominador)	Datos del sistema de monitoreo
Unidad de medida	Porcentaje %	Periodicidad de medición	Mensual
Responsable de la medición	Ingeniero Eléctrico Casa de Maquinas		
Meta	Medir el grado de disminución de la pérdida en el transporte de energía		
Rango de Tolerancia	Excelente	Regular	Malo/Alerta
Análisis de la medición del Indicador	Si el porcentaje de pérdida de energía transportada mayor será el impacto en la rentabilidad del negocio		

Fuente: Elaboración propia.

7. Fuentes de Información

Con el fin de recopilar la información necesaria que será de utilidad para la evaluación de los indicadores a continuación se presentan las fuentes de información primarias y secundarias a utilizar.

➤ Fuentes de información Primarias

Se obtendrá el historio desde la base de datos obtenida de los sistemas de casa de máquinas, los encargados de recopilar los datos de manera continua serán los técnicos electricistas ubicados en casa de máquinas, así mismo se obtendrán dos fuentes de datos, los que serán:

- ❖ La energía generada por las turbinas de generación
- ❖ Los datos de los transformadores de potencia locales; los cuales recopilan la información de la energía que será transportada a la línea de transmisión y llegará a los transformadores de potencia del cliente.
- ❖ Detalle de cortes y tiempos de respuesta transcritos en la Matriz de Fallas

➤ Fuentes de Información Secundaria

Esta información será recopilada a través de las bases de datos de la AMM, quien se encarga de la interconexión eléctrica en Guatemala, en esta encontraremos los datos de la Generadora sujeta de estudio, del cliente y el detalle de cortes de energía, en donde se identificará que cortes se ocasionaron por sobrecargas en la subestación, lo cual se busca mitigar con el proyecto y es el objeto de estudio del Plan de SM&E.

8. Análisis de los Indicadores y reportes

El análisis de los indicadores se dará por medio de una tabla de registro del comportamiento de los indicadores, en donde se evaluará de forma mensual a los indicadores de resultados y anual a los indicadores de impacto, en dicha tabla se hará la comparación de los datos en línea base contra lo real.

Figura 6

Indicador	Línea Base		Objetivo planteado	Año 1	
	LB	Real		Objetivo	Real
Porcentaje de cortes de transmisión de energía			Baja en un 90% de cortes debido a sobrecarga de transformadores de potencia del cliente		
Generación transportada exitosamente			Eficientizar al 95% el transporte de energía generada		

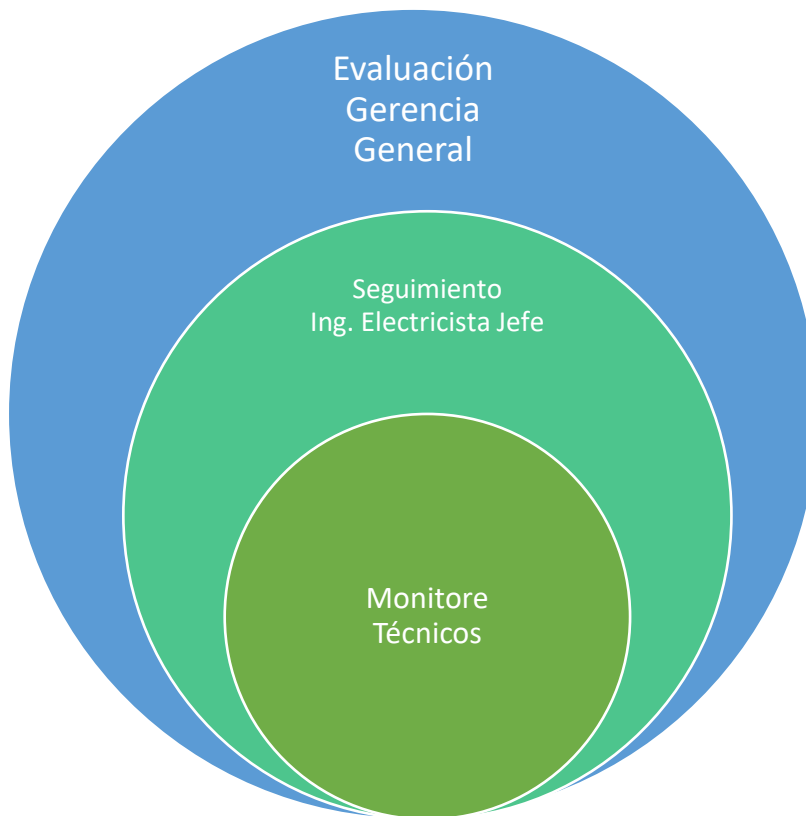
Fuente: Elaboración propia

Los reportes se prepararán al concluir el análisis de los indicadores, para los indicadores de resultados de forma mensual, y de impacto de manera virtual, estos serán presentados a los interesados del proyecto.

9. Control de Calidad

El control de calidad se hará de forma escalonada, de manera que el trabajo realizado por los técnicos electricistas que consiste en el monitoreo será revisado por el electricista jefe de casa de máquinas quien es el encargado del seguimiento, y de igual forma los resultados del seguimiento serán revisados por la gerencia general.

Figura 7



Fuente: Elaboración propia

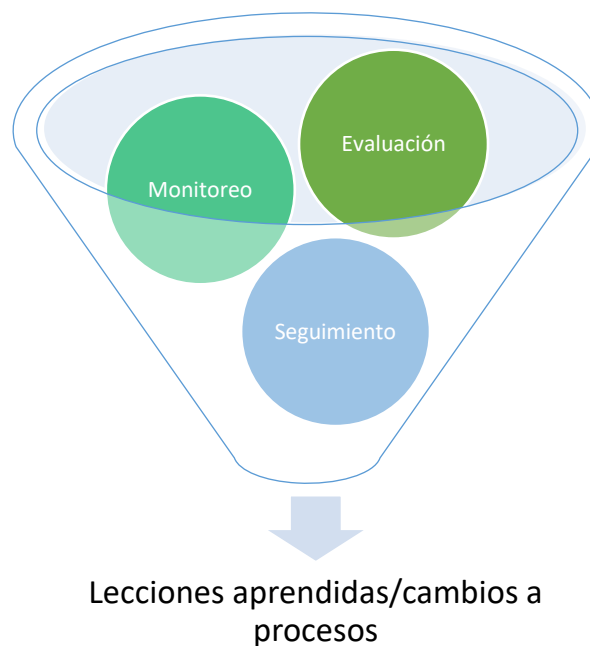
10. Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas serán programadas una semana después de realizado el análisis de los indicadores, al presentar los reportes se sacarán conclusiones sobre el comportamiento del SM&E.

Del mismo modo, se agendará una reunión de manera trimestral para realizar el análisis y conclusiones de las lecciones aprendidas, teniendo el comportamiento de un periodo de 3 meses brindará resultados más confiables, debido a que el giro del negocio depende del medio ambiente la fluctuación de la energía y variables climatológicas que afecten la transmisión pueden variar.

Los involucrados en este proceso serán las personas a cargo de SM&E, independientemente de que fase se encuentren, acompañado de un representante de los interesados con mayor grado de poder.

Figura 8

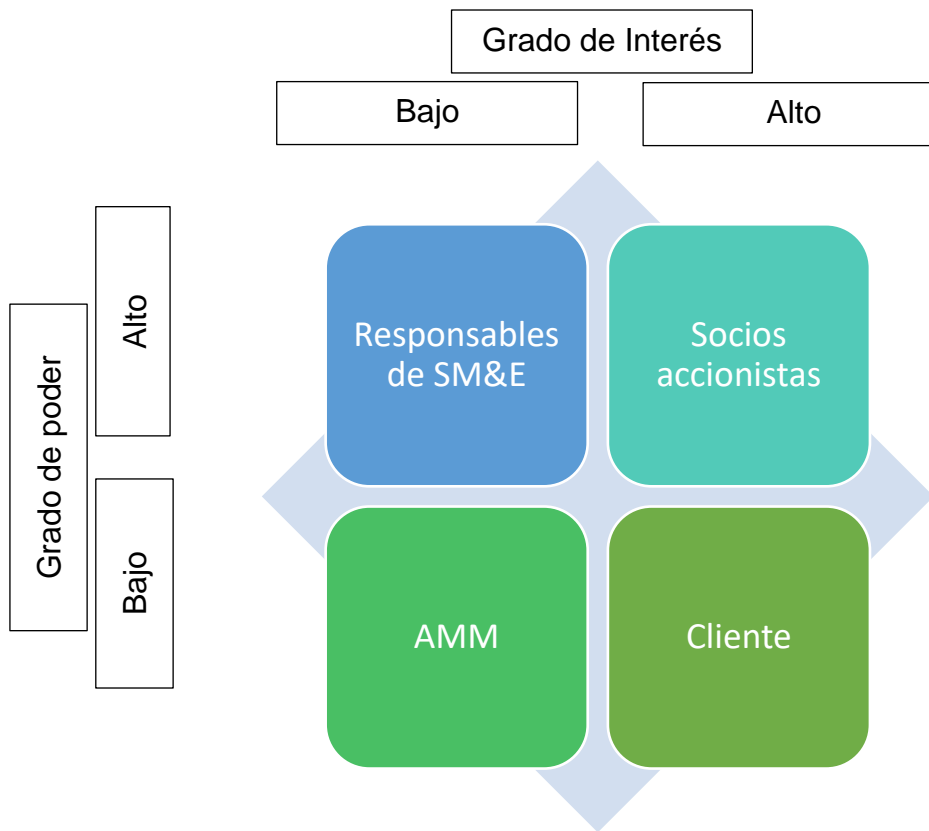


Fuente: Elaboración propia.

11. Determinación de los interesados del Plan de SM&E

Los interesados de seguimiento, monitoreo y evaluación del proyecto serán los que obtengan el beneficio económico del negocio, al ser un proyecto de carácter privado, en donde la rentabilidad es el factor primordial para los interesados. Todo informe llegará al interesado según su grado de interés y necesidad de información, Socios accionistas del proyecto, responsables del SM&E y el cliente.

Figura 9

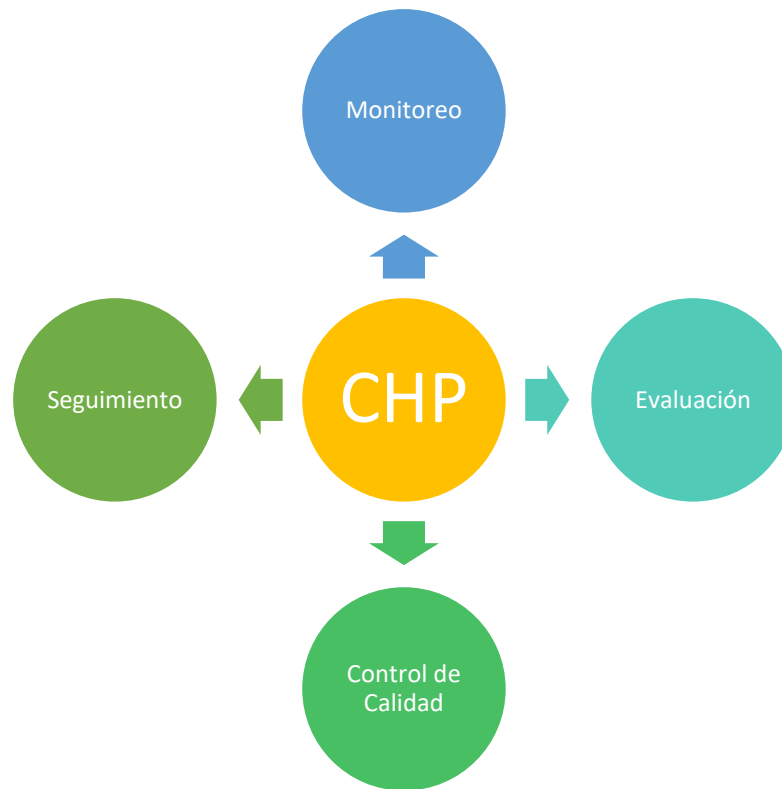


Fuente: Elaboración propia

12. Determinación de los costos

Los costos serán obtenidos con base al Costo por hora (CPH), este será determinado por el número de horas que invierte el personal de la generadora, en el monitoreo los técnicos electricistas, en el seguimiento el Ingeniero Eléctrico en jefe y la Evaluación por la Gerencia General, esto debido a que no se incurrirá en contratación de personal, si no se utilizará el ya existente.

Figura 10

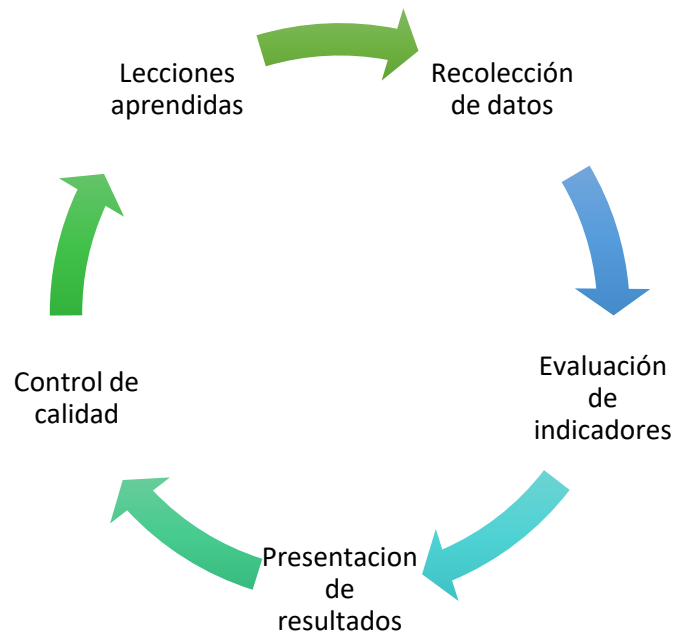


Fuente: Elaboración propia

13. Cronología

Los tiempos de evaluación se dividirán en 2 partes, los indicadores de resultados serán medidos de manera mensual, y los indicadores financieros serán evaluados de manera anual. Las lecciones aprendidas se realizarán de forma mensual y trimestral y los controles de calidad serán monitoreados de manera interna mensualmente y externa semestralmente. La recolección de los datos de fuentes primarias y secundarias se hará de forma mensual debido a su gran facilidad de alcance.

Figura 11



Fuente: Elaboración propia

Índice de cuadros, tablas, gráficas y figuras

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Estudios relacionados Nacionales.....	9
Cuadro 2 Estudios relacionados Internacionales.....	10
Cuadro 3 Instrumentos de investigación documental.....	32
Cuadro 4 Instrumentos de investigación documental.....	33

Índice de Tablas

Tabla 1 Resumen de generación eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh...39	39
Tabla 2 Resumen de transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh	41
Tabla 3 Niveles de pérdida en el transporte y transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh.....	44
Tabla 4 Categorías de pérdidas de energía eléctrica del 2017 al 2017 – expresado en Kwh.....	46
Tabla 5 Costo de Pérdidas por categoría de siniestro – expresado en USD.....	48
Tabla 6 Cálculo de prima de riesgo aceptada – expresado en porcentajes.....	50
Tabla 7 Cálculo de tasa de interés interbancaria– expresado en porcentajes	51
Tabla 8 Cálculo de TREMA basado en TIIE – expresado en porcentajes.....	52
Tabla 9 Datos para elaboración de Flujo de fondos.....	52
Tabla 10 Cálculo de excedente de generación de energía eléctrica promedio del 2017 al 2020 en comparación con año 2021 – Expresado en kwh.....	53
Tabla 11 Flujo neto de fondos de implementación de mejora de sistema de monitoreo – Expresado en USD.....	55
Tabla 12 Indicadores de evaluación financiera de la implementación de mejora de sistema de monitoreo.....	56
Tabla 13 Incremento en el nivel de ventas – Expresado en kwh	56
Tabla 14 Descripción de criterios SMART para la formulación de indicadores de evaluación.....	60
Tabla 15 Tabla de comparación de indicadores para evaluación cualitativa según Metodología del Marco Lógico.	61

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Comportamiento de los niveles de generación de energía eléctrica del 2017 al 2021- Expresado en kwh.....	40
Gráfica 2 Comportamiento de los niveles de transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh.....	42
Gráfica 3 Comportamiento del nivel de pérdida en el transporte y transformación de energía eléctrica del 2017 al 2021 – Expresado en kwh.....	45

Índice de Figuras

Figura 1 Segmentación de funciones.....	58
---	----