



**SAN IGNACIO DE LOYOLA – ESCUELA ISIL**

**TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

**“Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
Bachiller en Dirección de Tecnologías de la Información**

**PRESENTADO POR:**

Villanueva Saldaña, Juan Carlos - Dirección de Tecnologías de la Información

**ASESOR**

Sam Anlas, Carlos Antonio

LIMA, PERÚ

2025

## **ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO**

### **ASESOR:**

Sam Anlas, Carlos Antonio

### **MIEMBROS DEL JURADO**

Cosme Raymundo, Tania Adriana

Espinoza Rua, Celes Alonso

Rojas Aguilar, Claudio Sergio

### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Juan Carlos Villanueva Saldaña Identificado (a) con DNI N° 70185412 perteneciente al Programa de Dirección de Tecnologías de la Información, siendo mi asesor el Sr(a) Carlos Antonio Sam Anlas, identificado (a) con DNI N°: 40789757, y cuyo código ORCID es 0000-0003-1632-7131.

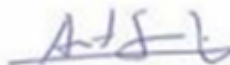
#### DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

- a) Soy el autor del documento académico titulado “Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil “
- b) El trabajo de investigación es original y no ha sido difundido en ningún medio académico; por lo tanto, sus resultados son veraces y no es copia de ningún otro.
- c) El asesor ha revisado minuciosamente el proyecto de investigación, incluyendo las citas a otros autores y las referencias bibliográficas. Este proceso se ha llevado a cabo cumpliendo con las pautas académicas y respetando las normas internacionales.
- d) El trabajo de investigación cumplió con el análisis del sistema TURNITIN, el cual tiene el 13% de similitud.
- e) Declaro conocer las consecuencias legales y/o administrativas que puedan derivar si se verifica la falsedad total o parcial de la presente declaración, de acuerdo con lo previsto en el artículo 411° del código penal, el numeral 34.3 del artículo 34 del Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo 004-2019-JUS y los artículos 14° y 15° de la RVM 049-2022-MINEDU.

Fecha:03-01-2026



Firma del autor



Carlos Antonio Sam Anlas (Asesor)

Firma del asesor

## Índice temático

<b>ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO</b> .....	<b>2</b>
<b>DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD</b> .....	<b>3</b>
<b>Índice temático</b> .....	<b>4</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>6</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>I. Información general</b> .....	<b>12</b>
1.1. Título del proyecto.....	12
1.2. Área estratégica de desarrollo prioritario.....	12
1.3. Actividad económica en la que se aplicaría la innovación.....	12
1.4. Alcance de la solución.....	12
<b>II. Descripción de la innovación</b> .....	<b>13</b>
2.1. Planteamiento del problema.....	13
2.1.1. Problemas de investigación.....	14
2.2. Objetivo general.....	15
2.2.1. Objetivos específicos.....	15
2.3. Justificación.....	15
2.3.1. Justificación teórica.....	15
2.3.2. Justificación metodológica.....	15
2.3.3. Justificación práctica.....	16
2.4. Metodología del proyecto.....	16
2.4.1. Enfoque de proyecto.....	16
2.4.2. Tipo de proyecto.....	17
2.4.3. Diseño de proyecto.....	18
2.4.4. Nivel de proyecto.....	19
2.4.5. Unidad de análisis.....	19
2.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	20
2.4.7. Técnica de procesamiento y análisis de la información.....	21
2.5. Marco referencial.....	22
2.5.1. Antecedentes de investigación.....	22
2.5.2. Marco teórico.....	25
2.6. Glosario de términos.....	28
<b>III. Proyecto</b> .....	<b>29</b>
3.1. Componentes del plan.....	29
3.1.1. Objetivo del proyecto.....	29
3.1.2. Justificación del proyecto.....	30
3.1.3. Beneficios esperados.....	30
3.1.4. Procesos del proyecto.....	30
3.1.5. Plan de implementación de proyecto.....	33

3.1.6.	Flujogramas de procesos del proyecto de mejora .....	34
3.1.7.	Métricas de evaluación de proyecto .....	38
3.2.	Características del Proyecto .....	38
3.2.1.	Consideraciones técnicas de mejora.....	38
3.2.2.	Requerimientos funcionales de proyecto de mejora .....	40
3.2.3.	Características técnicas del aplicativo.....	60
3.2.4.	Matriz de riesgos .....	61
3.2.5.	Mantenimiento correctivo y evolutivo.....	62
3.2.6.	Cronograma completo de proyecto de mejora.....	63
3.3.	Estimación de costos.....	65
<b>IV.</b>	<b>Resultados del proyecto .....</b>	<b>66</b>
4.1.	Diagnóstico .....	66
4.2.	Resultados esperados con la propuesta automatizada .....	68
4.3.	Validación técnica del sistema .....	70
<b>V.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>71</b>
5.1.	Conclusiones.....	71
5.1.1.	Conclusiones generales .....	71
5.1.2.	Conclusión específica .....	72
5.2.	Recomendaciones.....	73
5.2.1.	Recomendaciones generales .....	73
5.2.2.	Recomendaciones específicas.....	74
<b>VI.</b>	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>75</b>
<b>VII.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>77</b>
7.1.	Informe Turnitin .....	77
7.2.	Registro de impacto y resultados.....	78
7.3.	Matriz de consistencia .....	80

## Índice de tablas

Tabla 1 Resultados del diagnostico	35
Tabla 2 Resultados esperados con la propuesta automatizada	40
Tabla 3 Validacion Tecnica del Sistema	42
Tabla 4 Cronograma de implementación de fases de proyecto de mejora	65
Tabla 5 Métricas de evaluación de Proyecto de mejora	68
Tabla 6 Requerimientos funcionales	70
Tabla 7 Matriz de riesgos	72
Tabla 8 Costos estimados de proyecto de mejora	73
Tabla 9 Matriz de Consistencia	80

## Índice de figuras

Figura 1 Proceso del proyecto	33
Figura 2 Procesos de iteración	33
Figura 3 Cronograma de iteraciones	34
Figura 4 Flujograma AS-IS	38
Figura 5 Flujograma TO-BE	39
Figura 6 Interfaz de registro de equipos	44
Figura 7 Interfaz del módulo para generación de reporte de frecuencia	45
Figura 8 Cuadro de caja de rango para generación de reportes de frecuencia	45
Figura 9 Interfaz de exportación de reporte de frecuencia	46
Figura 10 Interfaz de reporte de frecuencia en formato .csv	46
Figura 11 Reporte de frecuencia en formato Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería	47
Figura 12 Interfaz de reporte de segundos faltantes	48
Figura 13 Interfaz de reporte de datos de frecuencia al segundo	50
Figura 14 Rangos de frecuencia por etapas ERACMF	51
Figura 15 Configuración de etapas ERACMF	51
Figura 16 Gráfico de configuración ERACMF	52
Figura 17 Interfaz para reporte de frecuencia en formato Excel	52
Figura 18 Reporte de ocurrencias en formato Excel	54
Figura 19 Datos de frecuencia y tensión cada 15 minutos	55
Figura 20 Datos de frecuencia y tensión cada 30 minutos	56
Figura 21 Reporte de frecuencia durante periodo de evaluación	56
Figura 22 Cumplimiento de carga de datos de centrales	57
Figura 23 Rango de variaciones súbitas	59
Figura 24 Resumen de las transgresiones de la calidad el producto – Frecuencia	60
Figura 25 Transgresiones a la calidad del producto - Frecuencia	60
Figura 26 Reporte oficial de trasgresiones	61
Figura 27 Cronograma completo de Proyecto de mejora	67

## RESUMEN

Introducción. La monitorización y el control de las frecuencias eléctricas en las subestaciones son cruciales para garantizar la estabilidad, la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico. Los informes manuales de frecuencia aumentan la probabilidad de error y limitan la respuesta en tiempo real ante infracciones. Objetivo. El objetivo fue desarrollar e implementar un sistema web automatizado que extraiga automáticamente información de mediciones en tiempo real de las subestaciones eléctricas, calcule transgresiones de frecuencia y genere informes precisos y confiables. Metodología. Para el desarrollo incremental y flexible del sistema se utilizó la metodología Agile Scrum, con sprints de dos semanas de duración para análisis de requerimientos, diseño, programación, pruebas y entregas parciales, asegurando la retroalimentación y adaptaciones constantes del usuario. Resultados. Se desarrolló un sistema web que extrae automáticamente datos en tiempo real, calcula transgresiones de frecuencia y genera reportes accesibles, permitiendo a los usuarios gestionar y consultar la información de forma autónoma, reduciendo errores y optimizando los tiempos de generación de reportes. Proyecto de implementación. Se debe llevar a cabo una reunión inicial para establecer las fases del proyecto, luego desarrollar *sprints* y capacitaciones. Durante la implementación, se establecen entregas parciales y asistencia técnica constante, garantizando la adaptabilidad y el adecuado desempeño del sistema en el ambiente real de operación. Conclusión. El sistema automatizado basado en metodología ágil mejora la gestión de las frecuencias eléctricas, fortaleciendo la confiabilidad del sistema y asegurando el cumplimiento normativo, además reduce la incidencia de errores humanos y mejora la toma de decisiones en tiempo real.

**Palabras clave:** automatización, reportes de frecuencia, subestaciones eléctricas, sistema web, Scrum.

## ABSTRACT

Introduction. Monitoring and controlling electrical frequency in substations is crucial to ensure the stability, safety, and efficiency of the system. Manual frequency reports increase the likelihood of error and limit real-time response to violations. Objective. The objective was to develop and implement an automated web system that automatically extracts real-time measurement information from electrical substations, calculates frequency violations, and generates accurate and reliable reports. Methodology. For the incremental and flexible development of the system, the Agile Scrum methodology was used, with two-week sprints for requirements analysis, design, programming, testing, and partial deliveries, ensuring constant user feedback and adjustments. Results. A web system was developed that automatically extracts real-time data, calculates frequency violations, and generates accessible reports, allowing users to manage and consult the information autonomously, reducing errors and optimizing report generation times. Implementation project. An initial meeting must be held to establish the phases of the project, followed by the development of sprints and training sessions. During implementation, partial deliveries and continuous technical support are established, ensuring adaptability and proper system performance in the real operating environment. Conclusion. The automated system based on an agile methodology improves the management of electrical frequencies, strengthens system reliability, and ensures regulatory compliance. In addition, it reduces the incidence of human errors and improves real-time decision-making.

**Keywords:** automation, frequency reporting, electrical substations, web system, Scrum

## **Introducción**

La calidad y continuidad del suministro eléctrico dependen de la capacidad del sistema para mantener la frecuencia dentro de los rangos establecidos por la normativa técnica. Cuando este parámetro presenta desviaciones y no se identifica oportunamente, pueden generar afectaciones operativas, inestabilidad en el sistema y pérdidas económicas para los agentes involucrados. En la actualidad, el proceso de elaboración de reportes de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional se ejecuta mediante procedimientos manuales que incrementan el riesgo de errores, retrasan la detección de infracciones y dificultan la disponibilidad de información en tiempo real para la toma de decisiones.

Esta problemática persiste a pesar de que el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería ha definido pautas técnicas y manuales orientados al monitoreo eficiente de parámetros eléctricos. Dichas disposiciones resaltan la necesidad de incorporar sistemas automatizados que permitan registrar, procesar y reportar información con mayor precisión y consistencia operativa. Sin embargo, en las subestaciones gestionadas por la Subdirección de Evaluación (SEV) y la Subdirección de Información (SGI), la generación de reportes continúa dependiendo en gran medida de tareas manuales, lo que evidencia una brecha tecnológica que limita la eficacia del proceso.

Frente a este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema automatizado de generación de reportes de frecuencia que contribuya a mejorar la eficiencia operativa de las subestaciones administradas por la SEV y la SGI del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. La investigación se enmarca dentro de un diseño no experimental de corte transversal, corresponde a un estudio de tipo aplicada y se desarrolla bajo un nivel descriptivo.

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



El desarrollo del proyecto se estructura en cuatro capítulos. El primer capítulo presenta la información general del proyecto. El segundo describe la innovación propuesta. En el tercer capítulo se detalla el proyecto de mejora , y en el cuarto expone los resultados obtenidos del trabajo de campo. El quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis. El sexto compila las referencias bibliográficas utilizadas y, finalmente, el séptimo capítulo reúne los anexos que complementan y sustentan el estudio.

## **I. Información general**

### **1.1. Título del proyecto**

Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencia en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional mediante un sistema web interactivo con enfoque ágil.

### **1.2. Área estratégica de desarrollo prioritario**

El presente proyecto se enmarca en el área estratégica de gestión y control de la calidad de los servicios eléctricos, orientada a optimizar los procesos de monitoreo de frecuencia en las subestaciones eléctricas. Su propósito es fortalecer la eficiencia operativa, garantizar la confiabilidad del suministro eléctrico y contribuir a la sostenibilidad del sistema mediante la incorporación de soluciones tecnológicas de automatización y transformación digital, alineadas con los lineamientos del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional y los estándares establecidos por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

### **1.3. Actividad económica en la que se aplicaría la innovación**

La innovación se aplicará en el sector eléctrico, específicamente en los procesos vinculados a la supervisión, evaluación y control de los sistemas de generación, transmisión y distribución. La automatización de los reportes de frecuencia permitirá reducir errores derivados de la gestión manual de datos, mejorar la trazabilidad de la información supervisada, cumplir con la normativa técnica vigente y elevar la eficiencia técnica y administrativa de las entidades que integran el sistema eléctrico peruano. Este proyecto se articula con los objetivos de modernización y digitalización promovidos por el Ministerio de Energía y Minas y Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

### **1.4. Alcance de la solución**

El alcance del proyecto es de carácter nacional y comprende a las subestaciones eléctricas que reportan datos operativos al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. La automatización del proceso de generación de reportes permitirá incrementar la precisión, rapidez y confiabilidad del monitoreo de frecuencia;

minimizar errores humanos; y facilitar el cumplimiento de las disposiciones técnicas establecidas en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). Asimismo, la solución propuesta será escalable y replicable en otras áreas del sistema eléctrico nacional que requieran fortalecer sus capacidades de supervisión, análisis y control operativo.

## **II. Descripción de la innovación**

### **2.1. Planteamiento del problema**

El proceso de generación de reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas presenta deficiencias operativas debido a la dependencia de procedimientos manuales para la extracción, consolidación y validación de datos. Esta práctica incrementa la probabilidad de errores, retrasa la disponibilidad de información y dificulta la detección oportuna de transgresiones de frecuencia que pueden comprometer la estabilidad del sistema eléctrico.

A nivel internacional, diversos estudios coinciden en que la automatización de los procesos de monitoreo eléctrico es una medida esencial para reducir errores humanos, mejorar la integridad de los datos y fortalecer la continuidad del suministro energético (Smith & Johnson, 2019; Kumar et al., 2021). Estas investigaciones respaldan la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas que garanticen registros precisos y análisis en tiempo real.

En el contexto nacional, tanto el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2021) como Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2020) enfatizan la importancia de implementar sistemas automatizados que permitan cumplir adecuadamente con los criterios establecidos en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). No obstante, gran parte de las subestaciones continúa utilizando métodos manuales de recopilación y reporte de datos de frecuencia, lo que incrementa la vulnerabilidad ante inconsistencias y retrasos en los procesos de supervisión.

En el ámbito institucional, el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional enfrenta una limitación operativa significativa: el registro y consolidación manual de los datos de frecuencia retrasa el envío de información a los organismos reguladores, obstaculiza la detección oportuna de transgresiones y reduce la capacidad de respuesta ante contingencias del sistema eléctrico. Esta situación genera ineficiencias, dependencia excesiva del soporte técnico y mayor probabilidad de que se produzcan errores humanos durante el proceso de reporte.

En síntesis, el problema central radica en la ausencia de un sistema automatizado para integrar, procesar y reportar de manera confiable la información de frecuencia. Esta carencia afecta la eficiencia operativa del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, dificulta la toma de decisiones en tiempo real y compromete el cumplimiento de la normativa técnica vigente en el sector eléctrico peruano.

### **2.1.1. Problemas de investigación**

El presente estudio se desarrolla bajo el enfoque de Proyecto de mejora tecnológica, de acuerdo con lo establecido en la Guía de Desarrollo de Proyectos de Investigación Aplicada e Innovación de ISIL (2024). Este enfoque se orienta a proponer soluciones tecnológicas viables que respondan a problemas reales del entorno profesional, priorizando la aplicación práctica de los resultados sobre la comprobación teórica.

En ese sentido, no se formulan preguntas de investigación, dado que el propósito del proyecto no es contrastar hipótesis, sino plantear un Proyecto de innovación que permita automatizar los procesos manuales actuales de generación de reportes de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. Con este Proyecto se busca optimizar la gestión operativa, reducir errores humanos y garantizar el cumplimiento de las normas técnicas que regulan la calidad del servicio eléctrico nacional.

## **2.2. Objetivo general**

Proponer el desarrollo e implementación de un sistema web automatizado que optimice los procesos de recopilación y reporte de datos de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, reemplazando las tareas manuales actuales para mejorar la eficiencia operativa y garantizar el cumplimiento normativo.

### **2.2.1. Objetivos específicos**

- Identificar los procesos actuales de recopilación y reporte de datos de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
- Diseñar la estructura funcional y técnica del sistema automatizado,
- Presentar un plan de implementación de el Proyecto.

## **2.3. Justificación**

El presente proyecto cuenta con justificación desde tres perspectivas: teórica, metodológica y práctica, las cuales sustentan su pertinencia como Proyecto de mejora tecnológica orientada a la automatización de procesos en el ámbito eléctrico.

### **2.3.1. Justificación teórica**

El control de frecuencia constituye un elemento esencial para mantener la estabilidad, continuidad y calidad del suministro eléctrico (MINEM, 2021). La implementación de sistemas automatizados de generación de reportes, conforme a lo establecido por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), permite estandarizar procesos, reducir la incidencia de errores humanos y fortalecer la confiabilidad operativa del sistema eléctrico peruano. Desde este enfoque, el Proyecto contribuye al desarrollo de conocimiento aplicado en el campo de la automatización y gestión energética, alineándose con los principios de eficiencia y mejora continua del sector.

### **2.3.2. Justificación metodológica**

El proyecto adopta la metodología ágil Scrum, reconocida por el Project Management Institute (2021) como un marco adaptable, iterativo y centrado en la entrega

## **Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



de valor continuo. Este enfoque garantiza flexibilidad, retroalimentación constante y mejora incremental, condiciones necesarias en el desarrollo de soluciones tecnológicas dentro de entornos complejos como el del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. La aplicación de Scrum facilita la interacción continua con los usuarios finales, optimiza la gestión de requerimientos y asegura la calidad del producto final, en concordancia con las buenas prácticas de desarrollo de software promovidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2022).

### **2.3.3. Justificación práctica**

En la actualidad, el proceso de generación de reportes de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional se realiza manualmente, lo que incrementa los tiempos de respuesta y la probabilidad de errores humanos (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023). El Proyecto de automatización permitirá optimizar los procesos de recopilación y validación de datos, mejorar la calidad y disponibilidad de la información, reducir los errores operativos y garantizar el cumplimiento regulatorio exigido por la NTCSE. De esta manera, el proyecto contribuye a fortalecer la eficiencia operativa, la toma de decisiones basada en datos y la sostenibilidad técnica del sistema eléctrico nacional.

## **2.4. Metodología del proyecto**

En esta sección se define el enfoque metodológico del estudio, así como el tipo, nivel y diseño de investigación adoptados. Asimismo, se describe la población y muestra seleccionada, y se detallan las técnicas e instrumentos de recolección de datos que permitirán sustentar el desarrollo de el Proyecto de mejora tecnológica.

### **2.4.1. Enfoque de proyecto**

El presente estudio adopta un enfoque de proyecto aplicada, orientado a proponer una solución tecnológica innovadora que responda a una problemática operativa real del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional . Bajo este enfoque, el proyecto busca aplicar conocimientos técnicos y metodológicos del campo de las Tecnologías de la Información para mejorar la eficiencia operativa y garantizar la confiabilidad de los reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas.


Este enfoque se sustenta en la investigación aplicada con componente de innovación tecnológica, definida por ISIL (2024) como aquella que utiliza herramientas, marcos de trabajo y técnicas específicas para diseñar y validar Proyectos de mejora viables, orientadas a la optimización de procesos institucionales y productivos. En este caso, la automatización de los reportes de frecuencia constituye la base tecnológica que permitirá reemplazar tareas manuales por procesos automatizados, aportando una mejora tangible y medible en la gestión del sistema eléctrico.

Asimismo, el proyecto se apoya en la metodología ágil Scrum, la cual favorece el desarrollo iterativo e incremental de soluciones digitales. Este marco de trabajo posibilita la retroalimentación constante, la entrega progresiva de avances funcionales y la adaptación del sistema a las necesidades reales del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional durante su desarrollo. Por tanto, el enfoque metodológico combina el carácter aplicado de la investigación tecnológica con la flexibilidad operativa que ofrece Scrum, garantizando así la pertinencia y efectividad de el Proyecto.

#### **2.4.2. Tipo de proyecto**

El presente trabajo corresponde a un proyecto aplicado con enfoque de Proyecto de mejora tecnológica. Este tipo de proyecto se orienta a resolver un problema operativo específico mediante el diseño y presentación de una solución tecnológica viable, sustentada en principios científicos y buenas prácticas del desarrollo de software.

De acuerdo con la Guía de Desarrollo de Proyecto de Investigación Aplicada e Innovación ISIL (2024), este tipo de estudios busca aplicar el conocimiento teórico y técnico existente para generar mejoras tangibles en los procesos de una organización. En este caso, el Proyecto se centra en automatizar los reportes de frecuencia del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, optimizando los

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil** 

procedimientos de recopilación, procesamiento y envío de datos que actualmente se ejecutan de forma manual.

El proyecto se ubica dentro de la categoría de Proyectos de innovación tecnológica, ya que integra herramientas de desarrollo web y metodologías ágiles para incrementar la eficiencia, precisión y confiabilidad del proceso de generación de reportes. Por tanto, no busca comprobar hipótesis ni contrastar variables, sino diseñar, estructurar y justificar una solución aplicable que responda directamente a las necesidades operativas del sistema eléctrico nacional.

### **2.4.3. Diseño de proyecto**

El proyecto se desarrolla bajo un diseño no experimental de tipo proyectivo, orientado a proponer una solución tecnológica a partir del análisis de una problemática existente. Este diseño permite describir la situación actual sin manipular variables y formular una alternativa de mejora aplicable al proceso de generación de reportes de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

El sistema automatizado se estructura mediante la metodología ágil Scrum, que organiza el trabajo en ciclos iterativos e incrementales para obtener avances funcionales de manera progresiva. En este proyecto se consideran las siguientes etapas

Fase de diseño: elaboración de la arquitectura funcional del sistema, definición de módulos, flujos de información, requerimientos técnicos y criterios de automatización.

Fase de desarrollo: codificación y construcción de los módulos del sistema utilizando herramientas de desarrollo web, garantizando la integración y el procesamiento automático de datos.

Fase de validación: revisión del cumplimiento de los estándares normativos establecidos por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) y evaluación del funcionamiento del sistema propuesto frente a los requerimientos del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

Fase de documentación y Proyecto final: consolidación de los resultados obtenidos, conclusiones y plan de implementación del sistema automatizado.

Este diseño metodológico permite vincular el análisis teórico con la aplicación práctica, garantizando la coherencia entre la problemática identificada, los objetivos del proyecto y el Proyecto tecnológica desarrollada. Su estructura facilita la evaluación gradual de avances, la reducción de riesgos y la mejora continua del producto final, asegurando la viabilidad técnica y operativa de la solución planteada.

#### **2.4.4. Nivel de proyecto**

El presente trabajo se desarrolla en el nivel aplicativo, ya que busca emplear conocimientos teóricos y metodológicos previamente existentes para diseñar una solución tecnológica práctica que responda a una necesidad operativa concreta dentro del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional .

En este nivel, el propósito principal no es generar nuevo conocimiento científico, sino aplicar y adaptar tecnologías disponibles como el desarrollo web, la automatización de procesos y las metodologías ágiles para mejorar la eficiencia, confiabilidad y oportunidad de los reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas.

El carácter aplicativo del proyecto se evidencia en que el Proyecto integra componentes de innovación tecnológica, con un resultado concreto: el diseño y validación funcional de un sistema web automatizado que sustituye los procesos manuales actuales de registro y reporte de frecuencia. De esta manera, el nivel del estudio se alinea con los objetivos institucionales de la Escuela ISIL, orientados a fortalecer la investigación aplicada con impacto operativo y social.

#### **2.4.5. Unidad de análisis**

El presente proyecto no contempla población ni muestra en sentido estadístico, dado que no se estudia un grupo de individuos o entidades, sino un proceso tecnológico específico dentro del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional .

Por lo tanto, la unidad de análisis corresponde al proceso actual de generación manual de reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. Este proceso constituye el objeto principal de estudio y sobre el cual se plantea el Proyecto de automatización mediante un sistema web interactivo.

El análisis se centra en:

- Los procedimientos operativos de registro y envío de datos de frecuencia.
- Los instrumentos y herramientas tecnológicas actualmente utilizadas.
- Los tiempos de ejecución, errores y limitaciones asociados al sistema manual.

De este modo, el Proyecto se desarrolla sobre una unidad de análisis única, que representa el entorno real donde se busca aplicar la mejora tecnológica, en lugar de una muestra seleccionada.

#### **2.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

En el presente proyecto, las técnicas de recolección de información se orientan al análisis técnico y documental del proceso actual de generación de reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. Dado que se trata de una Proyecto de mejora tecnológica, no se emplean técnicas estadísticas como encuestas o entrevistas, sino herramientas de análisis funcional y revisión técnica que permiten identificar las limitaciones del sistema manual y sustentar el Proyecto de automatización.

Las técnicas empleadas son las siguientes:

Observación técnica directa: se utiliza para examinar el proceso actual de recopilación y consolidación manual de datos de frecuencia. Esta observación permite detectar los puntos críticos, errores recurrentes y tiempos de procesamiento que afectan la eficiencia del sistema.

Revisión documental: se analiza la documentación técnica y normativa relacionada con el control de frecuencia, incluyendo reportes internos del Comité de Operación

Económica del Sistema Interconectado Nacional, procedimientos operativos, y los lineamientos de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) emitida por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Esta técnica respalda la identificación de requerimientos técnicos y normativos que deben ser incorporados en el Proyecto.

Análisis funcional del proceso: se realiza un levantamiento de información sobre los flujos de trabajo, herramientas empleadas, roles involucrados y tiempos de ejecución. Este análisis permite modelar el sistema actual y definir las especificaciones funcionales del sistema automatizado.

#### **2.4.7. Técnica de procesamiento y análisis de la información**

El procesamiento y análisis de la información se realizará de manera cualitativa y técnica, enfocándose en la interpretación de los datos operativos y documentales obtenidos durante el diagnóstico del proceso manual de generación de reportes de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

En esta etapa se analizarán los procedimientos observados, los documentos revisados y los requerimientos normativos identificados, con el fin de determinar las causas de ineficiencia, definir los puntos críticos del proceso y establecer los criterios de diseño del sistema automatizado.

El procesamiento de la información se desarrollará en tres fases:

- Organización de la información: clasificación de los registros obtenidos a partir de la observación técnica, revisión documental y análisis funcional. Se agruparán los hallazgos en categorías como: errores recurrentes, tiempos de respuesta, incumplimientos normativos y limitaciones operativas.

- Análisis interpretativo: evaluación de los datos organizados para identificar patrones, causas raíz y oportunidades de mejora. En esta fase se elaborarán diagramas de flujo, mapas de procesos y matrices de comparación que muestren la situación actual frente a el proyecto de automatización.
- Síntesis y formulación del Proyecto: integración de la información analizada en un modelo técnico que permita justificar la arquitectura del sistema web automatizado, alineado con los objetivos del proyecto y las normas técnicas del sector eléctrico.

El análisis de la información permitirá sustentar la viabilidad de la solución del proyecto y asegurar que el diseño del sistema responda efectivamente a las necesidades identificadas, optimizando la eficiencia operativa del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional y fortaleciendo el cumplimiento normativo de los reportes de frecuencia.

## **2.5. Marco referencial**


Dentro de este acápite se incluye la base teórica esencial para el desarrollo y comprensión del proyecto. Está compuesto por el marco teórico y los antecedentes de estudio.

### **2.5.1. Antecedentes de investigación**

Los siguientes antecedentes considerados sirven para contextualizar el problema identificado, indicando como fue abordado anteriormente. Además, orienta el desarrollo de la misma, reconociendo metodologías de investigación útiles y sustentadas.

#### **2.5.1.1. Antecedentes nacionales**

García y Pérez (2020) establecieron como objetivo evaluar la automatización de reportes en sistemas eléctricos para mejorar la precisión en la medición de frecuencias. El estudio fue cuantitativo con diseño descriptivo, con una muestra de 10 subestaciones en Lima. El estudio reveló una reducción del 35% en los errores humanos y una mejora

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil** 

significativa en los tiempos de procesamiento a través de la automatización, lo que indica que la automatización optimiza la eficiencia operativa en la gestión eléctrica peruana.

Rodríguez et al. (2021) realizaron un estudio experimental sobre la eficacia de una aplicación web para la extracción de datos en tiempo real de ocho subestaciones eléctricas en la región andina peruana. Los hallazgos mostraron que el aplicativo redujo el tiempo de generación de reportes en un 40% y mejoró la precisión en los datos recopilados. Concluyeron que la adopción de herramientas digitales facilita el manejo eficiente y confiable de la información en el sector energético nacional.

Santos y Castillo (2022) realizaron un estudio sobre la implementación de metodologías ágiles en proyectos de desarrollo de software en el sector eléctrico. El estudio de enfoque mixto y diseño longitudinal, abarcó cinco proyectos de automatización en Lima y Callao. Determinaron que el uso de SCRUM permite entregas más rápidas y flexibles, así como una mejor gestión de los requisitos cambiantes. Concluyeron que esta metodología aumenta la calidad y la adaptabilidad de las soluciones implementadas en Perú.

Los estudios nacionales destacaron la reducción significativa de errores humanos y tiempos en la generación de reportes en subestaciones eléctricas, como evidencian García y Pérez (2020) con una reducción del 35% en errores y Rodríguez et al. (2021) con 40% menos tiempo en generación de reportes. Estos aportes respaldan la relevancia y viabilidad de automatizar procesos dentro del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, mejorando la precisión y eficiencia operativa en el contexto local.

La investigación de Santos y Castillo (2022) también complementa estos hallazgos incorporando metodologías ágiles en el desarrollo del software aplicado al sector eléctrico, lo que puede favorecer la adaptación flexible del proyecto y mejora continua.

#### **2.5.1.2. Antecedentes internacionales**

Sierra-Fernández et al. (2021) desarrollaron un sistema en línea para el monitoreo de frecuencia que utiliza una tarjeta de adquisición con referencia GPS y un módulo en Python para calcular automáticamente la frecuencia y almacenar los datos en una base de


datos. La información se visualiza en paneles web en Grafana, permitiendo analizar grandes volúmenes de datos y verificar el cumplimiento de la normativa de calidad de energía. Los autores concluyen que la solución es un sistema automatizado eficiente y de bajo costo, con mayor precisión y menores tiempos de cálculo que los métodos convencionales.

Kumar et al. (2021) establecieron como meta evaluar la implementación de metodologías ágiles en proyectos de software para sectores eléctricos en India y Europa. Utilizaron un diseño mixto con análisis comparativo, considerando siete proyectos en ambos continentes. Los hallazgos indicaron que las metodologías ágiles, como SCRUM, promovieron entregas incrementales y mejoraron la satisfacción del cliente. Concluyeron que SCRUM facilita la adaptabilidad y mejora la calidad del software en entornos multiculturales.

Zhang y Lee (2023) desarrollaron un estudio relacionado a la integración de sistemas de monitoreo eléctrico con herramientas de análisis en tiempo real en Corea del Sur. El estudio experimental contó con una muestra de 15 subestaciones con monitoreo activo. Se reveló una reducción del 45% en el tiempo de detección de fallas y una mejor gestión de datos históricos de frecuencia. Concluyeron que la integración tecnológica mejora la resiliencia y operatividad de los sistemas eléctricos en entornos tecnológicos.

A nivel internacional, Kumar et al. (2021) confirman la eficacia de metodologías ágiles como SCRUM en proyectos de software, destacando su capacidad para facilitar entregas incrementales y mejorar la satisfacción del cliente, aspecto vital para la aceptación del sistema automatizado por los usuarios del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. También Zhang y Lee (2023) revelaron beneficios de la integración tecnológica para monitoreo en tiempo real, disminuyendo 45% en el tiempo de detección de fallas, lo que indica que el enfoque tecnológico propuesto puede aumentar significativamente la resiliencia operativa del sistema eléctrico.

A pesar de los avances y las similitudes, aún existen lagunas en el tema actual. Si bien los estudios muestran mejoras en eficiencia y confiabilidad, no se especifican detalles

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil** 

sobre la generación automática y estandarizada de informes de frecuencia según las normas NTCSE peruanas y los requisitos del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. La adaptación de metodologías ágiles a los procesos regulatorios y sistemas críticos en Perú aún requiere mayor profundidad, especialmente en cuanto a escalabilidad y mantenimiento a mediano y largo plazo.

Por otro lado, si bien las investigaciones aplicadas destacan el uso de aplicaciones web y sistemas integrados para la gestión de datos eléctricos, queda un espacio para profundizar en la usabilidad y autonomía de los usuarios finales en la manipulación directa de los reportes sin necesidad de realizarlo de manera manual, aspecto fundamental para la sostenibilidad y aceptación del sistema automatizado en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

En síntesis, estos estudios aportan una base sólida que justifica la automatización de reportes en subestaciones eléctricas bajo un enfoque tecnológico y metodológico moderno y probado. El proyecto busca abordar las brechas relacionadas con la especificidad regulatoria peruana, brindar una interfaz automatizada y fácil de usar para usuarios técnicos e implementar algoritmos de reconocimiento automático de transgresiones legales, contribuyendo a la mejora operativa y administrativa del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

## **2.5.2. Marco teórico**

### **2.5.2.1. Automatización de reportes en sistemas eléctricos en el Perú**

La automatización de reportes en sistemas eléctricos representa una innovación fundamental para la mejora operativa, gestión y supervisión del sector eléctrico. En el contexto peruano, este proceso cobra especial relevancia dado el crecimiento y la complejidad del sistema eléctrico nacional, que demanda una supervisión constante y eficiente de parámetros críticos como la frecuencia y la potencia eléctrica.

El Ministerio de Energía y Minas del Perú (2020) propuso un plan de digitalización para el sector eléctrico del período 2020-2025, con el objetivo de modernizar la infraestructura y los procesos mediante la implementación de tecnologías digitales. El plan

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



busca mejorar la calidad y disponibilidad de la información generada, optimizar la toma de decisiones estratégicas en la gestión del sistema eléctrico y priorizar la automatización de reportes como parte de la agenda tecnológica alineada con el desarrollo sostenible del sector.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2020) ha desarrollado directrices técnicas y manuales para el monitoreo y control eficiente del sistema. Estos documentos enfatizan la importancia del uso de sistemas automatizados para la recopilación, análisis y generación de informes de información sobre parámetros técnicos como frecuencia, transgresiones y potencial. Los sistemas automatizados reducen significativamente los errores humanos, optimizan los procesos y cumplen con la NTCSE, garantizando así la continuidad y la calidad del suministro eléctrico.

Estos esfuerzos institucionales constituyen el marco dentro del cual se enmarca el proyecto de automatización de reportes de frecuencia desarrollado para el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, cuyo objetivo principal es implementar una solución tecnológica que permita generar reportes más eficientes y oportunos, alineados con los requerimientos de la NTCSE y las mejores prácticas internacionales. La solución Proyecto se basa en la extracción automática de información de mediciones de frecuencia y potencia y la generación automática de reportes para los involucrados en la operación y supervisión del sistema eléctrico peruano.

En resumen, la automatización de reportes en sistemas eléctricos en el Perú es un paso estratégico para avanzar hacia una gestión más eficiente, reducir riesgos operativos y elevar la calidad del servicio eléctrico, en consonancia con las políticas y normativas vigentes promovidas por las entidades regulatorias y operativas del sector.

#### **2.5.2.2. Control y monitoreo de la frecuencia eléctrica**

La frecuencia eléctrica es un parámetro fundamental en la operación de sistemas potenciales, y mantenerla en límites estables es clave para la estabilidad y calidad del suministro (MINEM, 2020). El monitoreo continuo de dichos parámetros ayuda a identificar desviaciones tales como transgresiones súbitas o sostenidas de frecuencia, que pueden

ocasionar daños en equipos, pérdidas económicas y riesgos en la confiabilidad del sistema

(Centro de Operaciones de Emergencia del Sector Producción, 2023).

El Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional tiene la responsabilidad de supervisar estas condiciones y reportar oportunamente las anomalías, lo que requiere sistemas informáticos que puedan extraer, procesar y mostrar la data en formatos estandarizados para uso de las áreas técnicas del SEV y la SGI. La implementación de aplicativos webs interactivos automatizados que integren datos de sensores y dispositivos PMU (Phasor Measurement Units) de alta resolución (milisegundos) facilitan este proceso (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023).


### **2.5.2.3. Metodologías ágiles para el desarrollo de proyectos de software en el sector eléctrico**

Como los proyectos de desarrollo de software en el sector eléctrico requieren de requisitos cambiantes y requieren una entrega constante de valor, la metodología ágil se ha vuelto una alternativa favorita. El Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional emplea técnicas como SCRUM para proyectos de escalado en los que se persigue una elaboración ágil, adaptable y cooperativa del software, consiguiendo entregas precisas y operativas en cada iteración.

Esta metodología permite que el equipo de desarrollo y los usuarios especialistas puedan trabajar conjuntamente para priorizar funcionalidades, corregir hallazgos y adaptarse a cambios, eliminando largas esperas propias de metodologías tradicionales. Esto genera un producto final más ajustado a las necesidades reales y con mejor calidad.

### **2.5.2.4. Marco técnico para el desarrollo y normativas aplicables**

En el Perú, el desarrollo de sistemas para el sector eléctrico debe seguir estrictos protocolos y estándares técnicos establecidos por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. Estos incluyen procedimientos para el control de tercerización, estándares de programación, desarrollo y base de datos, así como

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**   
mecanismos de autenticación y seguridad de la información (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023).

El desarrollo del software debe realizarse bajo un marco técnico riguroso que asegure la integración armoniosa del sistema nuevo con los sistemas existentes, tales como SICOES, mediante uso de servicios web, garantizando la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de la información para los usuarios autorizados.

#### **2.5.2.5. Beneficios e impacto de la automatización de reportes de frecuencia**

La automatización trae múltiples beneficios para el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional y el sistema eléctrico nacional en general. Entre ellos se destacan la reducción en errores humanos al eliminar procesos manuales, agilización en la generación y entrega de reportes, y un mejor soporte para la toma de decisiones operativas y regulatorias (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023).

Además, el sistema permite a los usuarios de las áreas técnicas generar reportes de forma autónoma, sin necesidad de intermediarios ni solicitudes a mesa de ayuda, aumentando la eficiencia y satisfacción del personal operativo. También se mejora la capacidad de respuesta ante incidencias, contribuyendo a la estabilidad del sistema eléctrico y a evitar pérdidas económicas derivadas de fallas o inestabilidades.

### **2.6. Glosario de términos**

**Automatización de reportes:** Proceso mediante el cual la generación y entrega de informes se realiza de manera automática utilizando sistemas informáticos, reduciendo la intervención humana y aumentando la eficiencia (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023).

**Frecuencia eléctrica:** Parámetro que indica la cantidad de ciclos por segundo (Hz) de la corriente eléctrica, su control es vital para la estabilidad del sistema eléctrico (MINEM, 2020)

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



**Metodología ágil (SCRUM):** Enfoque iterativo e incremental para el desarrollo de software que promueve la colaboración constante, entrega continua de funcionalidades y adaptabilidad al cambio (Project Management Institute, 2021).

**Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE):** Conjunto de estándares y regulaciones que establecen los requisitos mínimos para asegurar la calidad del servicio eléctrico en el Perú (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2020).

**Phasor Measurement Units (PMU):** Dispositivos que miden magnitudes eléctricas en alta velocidad y sincronizadas, proporcionando información detallada en tiempo real para monitoreo y control del sistema eléctrico (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023).

**Transgresiones de frecuencia:** Desviaciones abruptas o sostenidas de la frecuencia eléctrica con respecto a los límites establecidos, que pueden afectar la estabilidad del sistema (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, 2023).

### III. Proyecto

En este capítulo se presenta el proyecto de mejora tecnológica propuesto para automatizar la generación de reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas que reportan al COES. Primero se describen los componentes del plan, el objetivo y la justificación del proyecto, así como los procesos involucrados y el plan de implementación. Luego, se detallan las características técnicas de la solución, los requerimientos funcionales, la arquitectura del aplicativo web, la matriz de riesgos, las actividades de mantenimiento y el cronograma completo de ejecución. Finalmente, se incluye la estimación de costos necesaria para la puesta en marcha del proyecto en el entorno real de operación.

#### 3.1. Componentes del plan

##### 3.1.1. Objetivo del proyecto

Diseñar un sistema digital automatizado que registre, procese y visualice los reportes de frecuencia en las subestaciones eléctricas, mejorando la trazabilidad, reduciendo el error humano y agilizando la generación de reportes en tiempo real.

El Proyecto de mejora se enfoca en optimizar el proceso de generación de reportes de frecuencia para la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE), mejorando la eficiencia, precisión y accesibilidad para los especialistas de la Subdirección de Evaluación (SEV) y Subdirección de Información (SGI), minimizando a la vez la dependencia de procesos manuales y errores humanos.

### **3.1.2. Justificación del proyecto**

El proceso actual de registro y reporte de frecuencias en subestaciones eléctricas presenta una serie de deficiencias que afectan la eficiencia, la seguridad operativa y la integridad de los datos. Entre las limitaciones detectadas se encuentran la dependencia del registro manual, la ausencia de una plataforma centralizada de almacenamiento y la dificultad para consolidar informes precisos en tiempo real. Frente a ello, se propone un Proyecto que busca automatizar el sistema de captura, procesamiento y generación de reportes de frecuencias, con el objetivo de optimizar la operación técnica, minimizar errores y facilitar la toma de decisiones.

### **3.1.3. Beneficios esperados**

- Reducción significativa en tiempos de generación y entrega de reportes.
- Disminución de errores humanos y mejora en la precisión de los datos reportados.
- Mayor autonomía y satisfacción de los usuarios debido a interfaces amigables y funcionalidades de auto-servicio.
- Cumplimiento eficaz y oportuno con la NTCSE y los requerimientos regulatorios de Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- Mejora continua mediante soporte técnico y capacidad de extender funcionalidades conforme a necesidades.

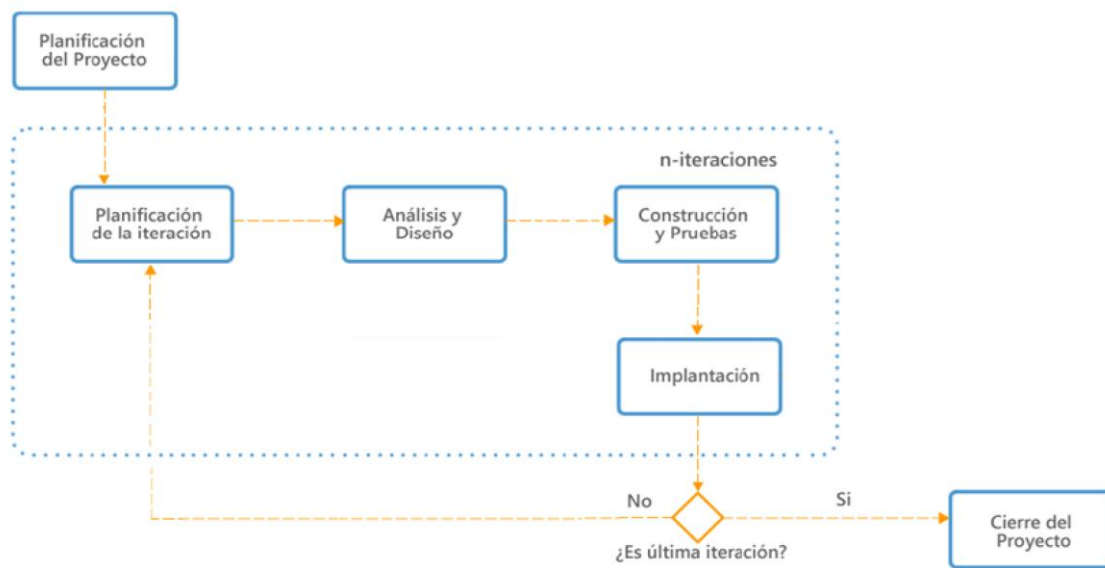
### **3.1.4. Procesos del proyecto**

El desarrollo del Proyecto está compuesto por 6 fases, las cuales están ilustradas en la Figura 3. La primera fase es la planificación del proyecto. Luego se procede a realizar la planificación de iteraciones. Como tercera fase se considera el análisis y diseño acorde a las iteraciones planificadas. Culminada la fase tres, se prosigue con la construcción y

pruebas del sistema automatizado generador de informes de frecuencia. La quinta fase consiste en implantar en el entorno de estudio el sistema automático diseñado con el fin de evaluar posibles mejoras. Sin embargo, antes de pasar a la última fase denominada cierre del proyecto, se debe ejecutar una retroalimentación, con el fin de realizar mejoras constantes.

**Figura 1**

*Proceso del proyecto*

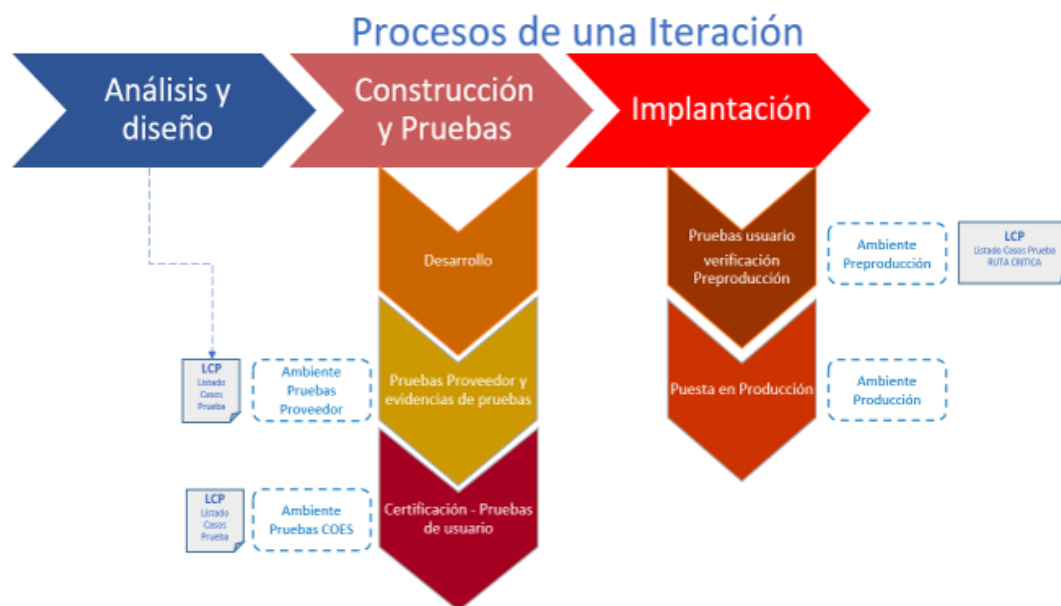


*Nota.* Elaboración propia.

Cada iteración se lleva a cabo mediante un proceso compuesto por tres etapas: el análisis y diseño, la construcción y prueba y la implantación de la misma. El proceso de iteración de manera detallada se muestra en la Figura 1.

Figura 2

Procesos de iteración

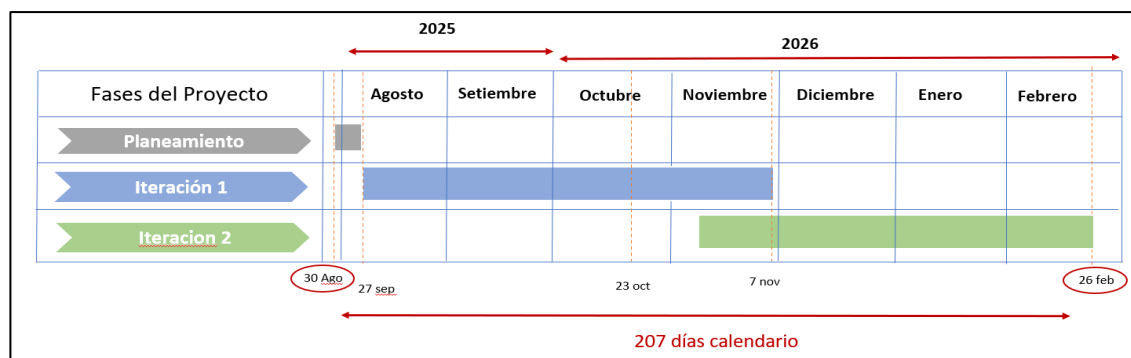


Nota. Elaboración propia.

En la Figura 2 se muestra el cronograma tentativo para desarrollo de iteraciones. Donde la primera iteración inicia en agosto de 2025 y termina en noviembre del mismo año, mientras que la segunda iteración va desde noviembre del 2025 a febrero del 2026.

Figura 3

Cronograma de iteraciones



Nota. Elaboración propia.

La Figura 3 muestra el cronograma de iteraciones del proyecto, organizado en un periodo de aproximadamente 207 días calendario entre agosto de 2025 y febrero de 2026. Se distinguen las fases de Planeamiento, Iteración 1 e Iteración 2, evidenciando la duración y el solapamiento de cada etapa, así como los hitos de inicio y cierre considerados para la implementación de la propuesta.

### 3.1.5. Plan de implementación de proyecto

El Proyecto de mejora de automatización de reportes de frecuencias se alinea al cronograma mostrado en la Tabla 1. El proyecto propuesto contempla un esfuerzo estimado de 1,340 horas/hombre para implementación y soporte, incluyendo 40 horas adicionales para mantenimiento y mejoras. La planificación consta de entregas en iteración 1 y 2, con puesta en producción prevista para el primer grupo de funcionalidades antes del 27/09/2025 y el segundo grupo antes del 07/11/2025, respectivamente.

**Tabla 1**

*Cronograma de implementación de fases de proyecto de mejora*

<b>Fase</b>	<b>Actividades principales</b>	<b>Fecha prevista</b>	<b>Responsable</b>
Planificación de proyecto	Definición de alcance, cronograma, planificación detallada.	Antes de inicio ejecución	Jefatura de ingeniería
Desarrollo Iteración 1	Análisis funcional, diseño, desarrollo primeros módulos, pruebas y capacitación inicial.	Hasta 27/09/2025	Equipo de desarrollo
Desarrollo Iteración 2	Desarrollo módulos restantes, integración final, pruebas de aceptación y capacitación.	Hasta 07/11/2025	Equipo de desarrollo
Análisis y diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar mecanismos de integración y análisis que permitan la captura, procesamiento y reporte automático en tiempo real de frecuencia eléctrica.</li> <li>• Desarrollar una interfaz de usuario amigable, intuitiva y autogestionable que facilite la generación de reportes sin necesidad de soporte técnico.</li> </ul>	Hasta 15/11/2025	Equipo de desarrollo
Construcción y pruebas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que el desarrollo del sistema cumpla con los estándares técnicos, protocolos y normativas vigentes establecidas por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional Implementar algoritmos automatizados para la detección, cálculo y registro de transgresiones de frecuencia.</li> </ul>	15/12/2025	Técnicos de campo
Implantación y soporte	Pase a producción, supervisión inicial, soporte y mantenimiento	Continuo hasta 26/02/2026	Técnicos de campo

La Tabla 4 presenta el cronograma de implementación de las fases del proyecto de mejora, detallando actividades, plazos y responsables. En la planificación del proyecto se define el alcance, cronograma y planificación detallada antes del inicio de la ejecución, a cargo de la jefatura de ingeniería. La fase de desarrollo – Iteración 1 comprende el análisis funcional, diseño, construcción de los primeros módulos, pruebas y capacitación inicial, con un hito previsto hasta el 27/09/2025, mientras que la Iteración 2 considera el desarrollo de los módulos restantes, la integración final y las pruebas de aceptación y capacitación hasta el 07/11/2025, bajo responsabilidad del equipo de desarrollo. Posteriormente, la etapa de análisis y diseño incluye el diseño de mecanismos de integración y análisis, así como el desarrollo de una interfaz de usuario amigable y auto gestionable hasta el 15/11/2025. La fase de construcción y pruebas se orienta a asegurar el cumplimiento de estándares técnicos y normativos DEL Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, e implementar algoritmos automatizados para la detección y registro de transgresiones de frecuencia con fecha objetivo 15/12/2025, a cargo de los técnicos de campo. Finalmente, la fase de implantación, soporte y mantenimiento abarca el pase a producción, la supervisión inicial y el soporte continuo hasta el 26/02/2026, consolidando la puesta en marcha del sistema propuesto.

El Proyecto integral presentado garantiza una solución robusta, eficiente y alineada con las necesidades del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, permitiendo automatizar el proceso de generación de reportes de frecuencias conforme a la normativa y expectativas de los usuarios. Esta mejora impactará positivamente en la gestión de la calidad del servicio eléctrico, reduciendo tiempos, errores y facilitando la toma de decisiones basadas en información confiable y oportuna.

### **3.1.6. Flujogramas de procesos del proyecto de mejora**

En la Figura 4 se muestra el flujograma AS-IS del proceso actual de elaboración de reportes de calidad de frecuencia, Mientras que en la Figura 5 se visualiza la representación

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



visual del mismo proceso, pero con la implementación del sistema automático de informes de frecuencia. El proceso de elaboración de reporte de calidad de frecuencia es generado con el fin de enviarlo a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería el día 5 de cada mes, cumpliendo la normativa NTCSE.

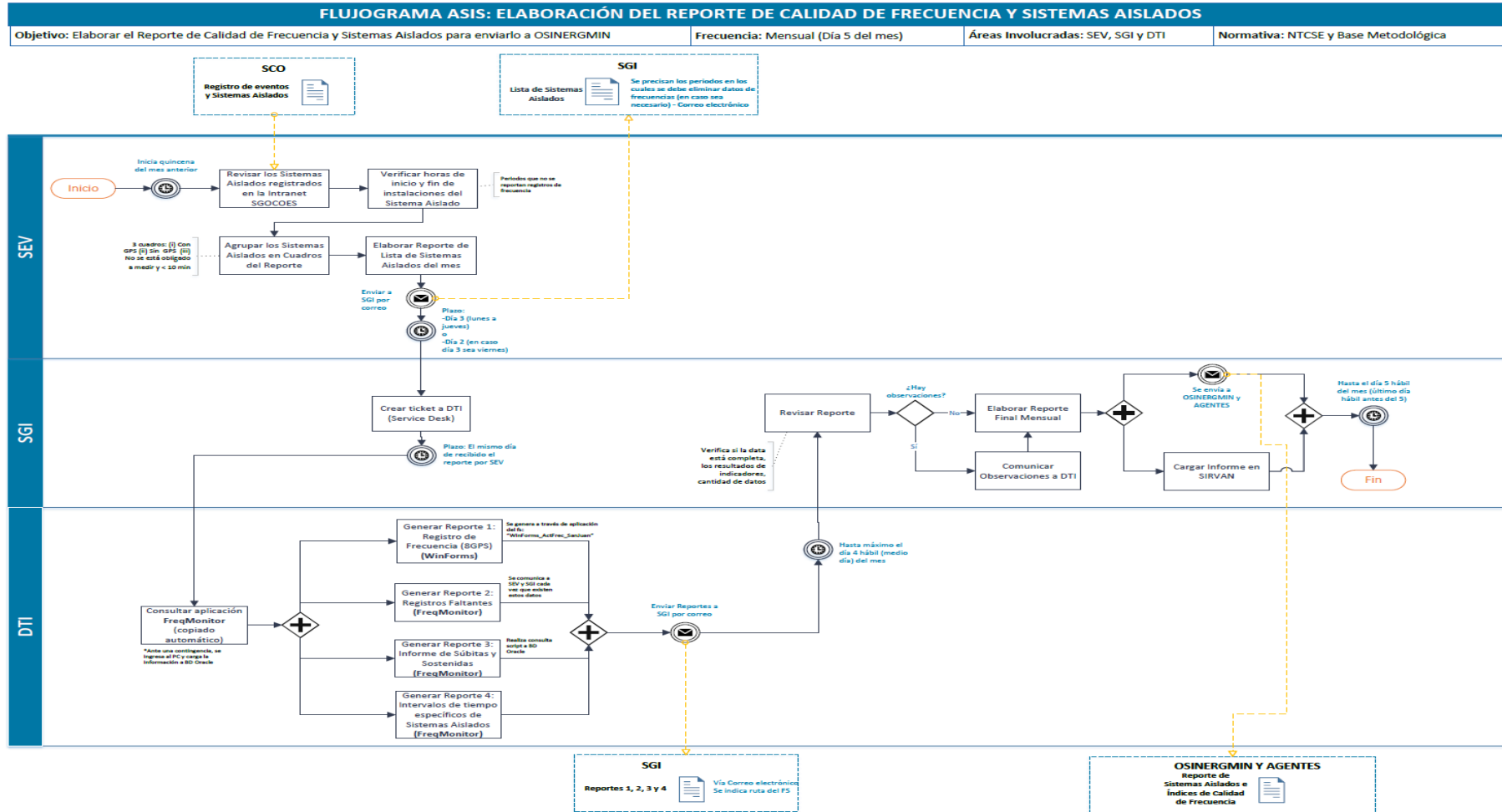
Las áreas involucradas de este proceso son la Dirección de Evaluación (SEV), el Sistema de Gestión de Información (SGI) y la Dirección de Tecnología de la Información. Se observa que en el flujograma TO-BE se eliminaron todas las actividades de la DTI, donde tras la mejora en dicha sección solo se realiza actividades de solución de problemas y fallas. Asimismo, en el flujograma TO-BE las actividades del SGI con relación a la generación de reportes, ahora se ejecuta de manera automática, sin necesidad de crear ticket enviados al DTI, como se observa en el flujograma AS-IS.

Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil



Figura 4

Flujograma AS-IS



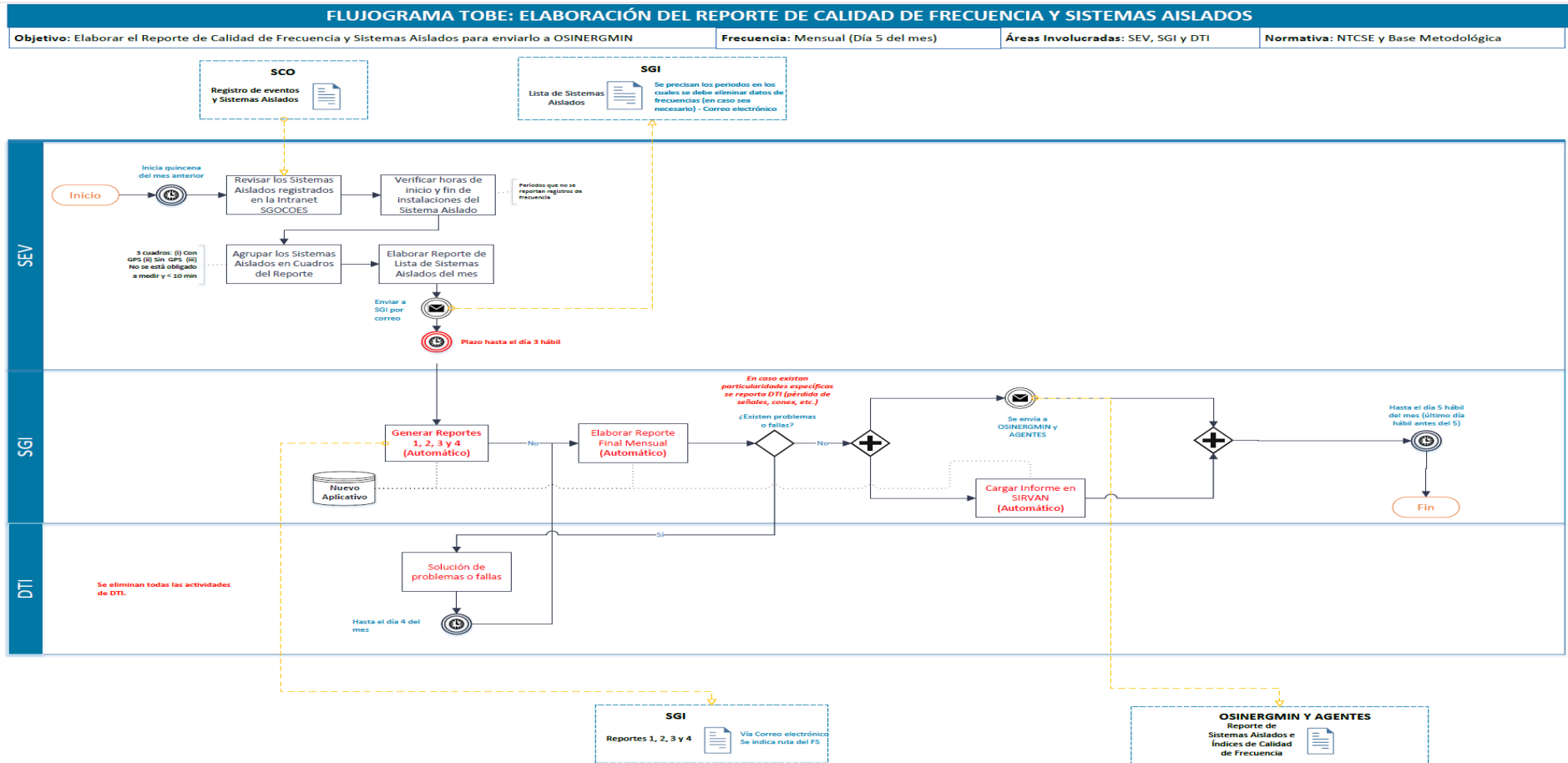
Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil



Nota. Elaboración propia.

Figura 5

Flujograma TO-BE



Nota .Elaboración propia.

### 3.1.7. Métricas de evaluación de proyecto

Con el fin de evaluar el éxito de la implementación del sistema automatizado de generación de reportes de frecuencias se consideraron las siguientes métricas de evaluación, mostradas en la Tabla 2.

**Tabla 2**

Métricas de evaluación de Proyecto

Métrica	Descripción
Errores de generación	Porcentaje de reportes generados sin errores
Entrega de reportes	Tiempo promedio de entrega de reportes (antes vs después)
Calidad de reportes	Porcentaje de reportes generados sin intervención de soporte técnico
	Porcentaje de conformidad de reportes según revisión técnica
Entregas funcionales	Número de entregas funcionales en cada sprint
Ajustes de sistema	Frecuencia de ajustes en requerimientos durante desarrollo


*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 2 presenta las métricas definidas para evaluar el proyecto. Se consideran los errores de generación, medidos como el porcentaje de reportes emitidos sin errores; la entrega de reportes, a través del tiempo promedio de entrega antes y después de la implementación; y la calidad de los reportes, evaluada por el porcentaje generado sin intervención de soporte técnico y el grado de conformidad según la revisión técnica. Adicionalmente, se incluyen las entregas funcionales, medidas por el número de entregas en cada sprint, y los ajustes de sistema, que registran la frecuencia de cambios en los requerimientos durante el desarrollo.

## 3.2. Características del Proyecto

### 3.2.1. Consideraciones técnicas de mejora

Con el desarrollo del sistema automático generador de informes se busca mejorar diversos puntos dentro del procesos analizados, como la automatización completa de

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil** 

extracción y procesamiento de datos, la generación personalizada de informes, además de la interfaz del sistema y el soporte técnico.

### **3.2.1.1. Automatización completa de la extracción y procesamiento de datos**

- **Integración directa con fuentes de datos:** Configurar conexiones automáticas con las bases de datos y sistemas de medición (incluyendo PMUs que proporcionan datos milisegundo a milisegundo) para la captura continua y en tiempo real de información relevante de frecuencias y potencias PR21, sin necesidad de interacción manual.
- **Cálculo automatizado de transgresiones:** Implantar algoritmos integrados para el cálculo rápido y eficiente de las transgresiones de frecuencia súbitas y sostenidas, garantizando cumplimiento con los estándares normativos y asegurando alta precisión en los reportes.

### **3.2.1.2. Generación Dinámica y Personalizada de Reportes**

- **Reportes configurables:** Permitir a los usuarios generar reportes personalizados mediante filtros y criterios definidos, adaptando la información a necesidades específicas (p.ej., intervalos de tiempo, zonas geográficas, tipos de transgresión).
- **Formatos estándar y exportación múltiple:** Ofrecer generación de reportes en formatos compatibles como Excel, PDF, CSV, facilitando la distribución y análisis posterior, y con capacidad de automatizar la entrega vía correo electrónico a áreas solicitantes (SGI, SEV).

### **3.2.1.3. Interfaz Usuario Amigable y Soporte Técnico**

- **Diseño UX/UI intuitivo:** Desarrollar una interfaz gráfica clara, accesible y fácil de usar que permita tanto a usuarios técnicos como funcionales realizar operaciones sin necesidad de soporte constante.
- **Capacitación y documentación completa:** Implementar un plan de capacitación para usuarios líderes y técnicos que incluya manuales de usuario, tutoriales y sesiones prácticas reforzando el uso efectivo del sistema.

- **Servicio de soporte postimplementación:** Garantizar soporte técnico y mantenimiento por un mínimo de 12 meses postentrega, incluyendo hasta 40 horas de mejoras o ajustes, para asegurar la estabilidad y evolución continua.

#### 3.2.1.4. Gestión y Control del Proyecto

- **Iteraciones controladas:** Realizar el desarrollo en fases iterativas con entregables claros (análisis funcional, casos de uso, pruebas, manuales) y control de cambios para asegurar calidad en cada etapa y respuesta rápida ante observaciones.
- **Pruebas exhaustivas y aseguramiento de calidad:** Aplicar procesos rigurosos de pruebas funcionales, de integración y aceptación de usuarios para minimizar defectos y asegurar cumplimiento con los requerimientos.

#### 3.2.2. Requerimientos funcionales de proyecto de mejora

Los requerimientos funcionales del sistema de mejora se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Requerimientos funcionales*

<b>Código</b>	<b>Requerimiento funcional</b>
REQ001	Implementar una interfaz de mantenimiento de los equipos de registro de frecuencia
REQ002	Generar Reporte de frecuencias de consultas por GPS en rango de fecha establecida y para envío a ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA.
REQ003	Generar reporte de segundos faltantes.
REQ004	Nuevo módulo intranet “Reporte de Frecuencia” del SGO COES hacia la intranet.
REQ005	Nueva opción para cargar información de los “GPS Virtuales” a partir de datos de frecuencia distintos a los GPS COES.
REQ006	Implementar una interfaz para calcular las transgresiones de calidad Mensual del producto NTCSE
REQ007	Implementar interfaz para completar (copiar) información entre GPSs.
REQ008	Implementar módulos y opciones que permita extraer datos de frecuencia de los GPS COES al <b>milisegundo</b> de rangos de tiempo de eventos específicos.

---

REQ009	Implementar análisis de información de los datos de frecuencia del día anterior
--------	---

---

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 3 presenta los requerimientos funcionales del sistema propuesto para la automatización de los reportes de frecuencia. Se incluyen funcionalidades orientadas al mantenimiento de los equipos de registro de frecuencia (REQ001) y a la generación de reportes de frecuencia por GPS en rangos de fecha definidos para envío a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (REQ002), así como la emisión de reportes de segundos faltantes (REQ003) y la incorporación de un nuevo módulo intranet de “Reporte de Frecuencia” integrado al SGOCOES (REQ004). Además, se contemplan opciones para cargar datos de “GPS virtuales” a partir de otras fuentes de frecuencia (REQ005), una interfaz para el cálculo de transgresiones de calidad del producto NTCSE (REQ006) y mecanismos para completar o copiar información entre distintos GPS (REQ007). Finalmente, se requiere la implementación de módulos que permitan extraer datos de frecuencia de los GPS COES al milisegundo para eventos específicos (REQ008) y realizar análisis de la información de frecuencia del día anterior (REQ009), con el fin de apoyar la gestión operativa y el cumplimiento regulatorio.

### **3.2.2.1. Entregables de requerimiento 001**

En primer requerimiento se enfoca en implementar una interfaz para realizar el mantenimiento (crear, modificar y eliminar) de la tabla de registro de los GPSs. Dentro de la interfaz se podrá registrar dos tipos de equipos, los cuales se describen a continuación:

- Físicos: donde existe equipos 1133<sup>a</sup> de registro de frecuencia.
- Virtuales: puntos de sistemas aislados donde no se tiene equipos de registro de frecuencia.

Los campos que se visualizan en la interfaz de registro de equipos son el código GPS, el nombre del punto de registro (SSEE), la empresa donde se encuentra instalado el GPS, la oficialidad de reporte a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería y la designación físico o virtual del equipo. En la Figura 6 se muestra la interfaz mencionada.

Figura 6

Interfaz de registro de equipos

Equipos GPS

#	Codigo	Empresa	NOMBRE	Oficial	Equipo Fisico/Virtual
1	20		Chiclayo	Si	Físico
2	99		Datacentercoes	Si	Físico
3	36		Dolorespata	Si	Físico
4	25		Huancayo	Si	Físico
5	51		Paramonga	Si	Físico
6	54	0	Paramonga 2	Si	Físico
7	41		Piura	Si	Físico
8	50		Pto maldonado	Si	Físico
9	38	2	Pucallpa (antiguo - no en uso)	Si	Físico
10	53	0	Pucallpa isa	Si	Físico
11	26		Puno	Si	Físico
12	34		San gaban	Si	Físico
13	7	1	San juan ccr backup	Si	Físico
14	1		San juan ccrespaldo	Si	Físico
15	30		Socabaya	Si	Físico
16	11	2	Tumbes	Si	Físico
17	52	0	Tumbes enosa	Si	Físico

Nota. Elaboración propia.

**3.2.2.2. Entregables de requerimiento 002**

El segundo requerimiento abarca la generación de reportes de frecuencias de consultas por GPS en rango de fecha establecida para envío a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Se requiere implementar un interfaz que permita generar los reportes de frecuencia (información de datos por segundo) de todos los puntos GPS físicos y virtuales seleccionados en la base de datos y también deberá tener un filtro de los GPS que se envían a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

La composición del módulo se muestra en la Figura 7.

**Figura 7**

*Interfaz del módulo para generación de reporte de frecuencia*



*Nota.* Elaboración propia.

Cuando se aplique botón marrón de reemplaza rangos por Null aparecerá el cuadro de caja en rango (ver Figura 8), donde se tendrá un registro de las veces que se ingresó tabla para reemplazar valores NULL, este registro podrá ser visto y exportado en archivo mensual y separado por registros GPS.

**Figura 8**

*Cuadro de caja de rango para generación de reportes de frecuencia*

GPS (NOMBRE y CÓDIGO)		
Item	Inicio	Fin
1	dd/mm/yyyy hh:mm:ss	dd/mm/yyyy hh:mm:ss
2	dd/mm/yyyy hh:mm:ss	dd/mm/yyyy hh:mm:ss
3	dd/mm/yyyy hh:mm:ss	dd/mm/yyyy hh:mm:ss

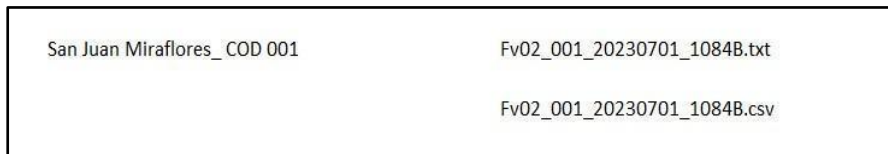
*Nota.* Elaboración propia.

Este proceso se debe visualizar en Intranet, para poder exportar en archivo Excel de manera mensual. A partir de este punto se debe ejecutar tres acciones:

- 1) Exportar en el periodo seleccionado (rango de fechas) los registros de frecuencia de los GPS en formato indicado (.csv y txt). La interfaz de archivo exportado se observa en la Figura 9.

**Figura 9**

*Interfaz de exportación de reporte de frecuencia*



Nota. Elaboración propia.

Los reportes de frecuencia generados presentan tres columnas, donde en la primera se observa la hora (HH:MM:SS), en la segunda columna la frecuencia (con 3 decimales), y en la tercera columna se visualiza la tensión en KV. En la Figura 10 se muestra las columnas de los reportes de frecuencia generados.

**Figura 10**

*Interfaz de reporte de frecuencia en formato .csv*

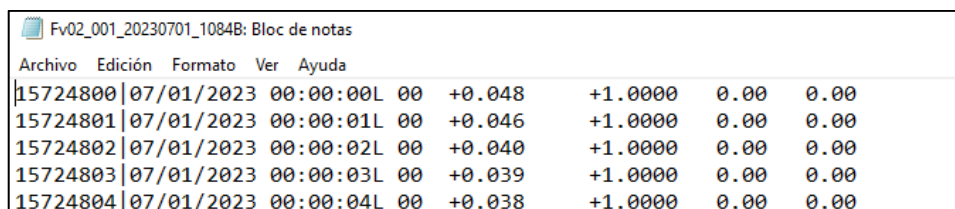
FECHA Y HORA (HH:MM:SS)	FRECUENCIA (HZ)	TENSION (KV)
04/05/2023 08:00:00	59.999	203.8
04/05/2023 08:00:01	59.996	203.81
04/05/2023 08:00:02	59.983	203.8
04/05/2023 08:00:03	59.959	203.77
04/05/2023 08:00:04	59.959	203.77

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 11 se muestra el reporte de frecuencia en formato Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

**Figura 11**

*Reporte de frecuencia en formato Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
15724800	07/01/2023	00:00:00L	00	+0.048 +1.0000 0.00 0.00
15724801	07/01/2023	00:00:01L	00	+0.046 +1.0000 0.00 0.00
15724802	07/01/2023	00:00:02L	00	+0.040 +1.0000 0.00 0.00
15724803	07/01/2023	00:00:03L	00	+0.039 +1.0000 0.00 0.00
15724804	07/01/2023	00:00:04L	00	+0.038 +1.0000 0.00 0.00

Nota. Elaboración propia.

- 2) Reemplazar datos de frecuencia GPS por valores NULL en la tabla de registro de frecuencia para que no se consideren en los cálculos de índices (para frecuencia y tensión) y se registre usuario de acción de reemplazo, para una trazabilidad de

registros. En esta opción debe mostrarse una ventana donde se pida el rango de tiempo a eliminar del registro y pedirá confirmación antes de ejecutarlo, este proceso actualizará la base de datos oficial de frecuencia.

Para establecer valores que no se van a considerar, se reemplazará lo valores para esos segundos como NULL y rehacer los cálculos de DESV, VSF, NUM, MAXIMO Y MINIMO para el minuto del registro.

Se debe implementar adicionalmente una interfaz que permita consultar los periodos donde han sido eliminados/reemplazados los registros de frecuencia y la posibilidad de eliminar la acción y regresar a la versión previa.

Todas estas actualizaciones se guardarán en registros para auditorias (log de eventos) para consulta en una interfaz que será parte de este desarrollo.

- 3) Botón “Exportar”: Al final debe crearse la versión mensual de la base de datos oficial, para remisión a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería en formato .dat y de nombre, la ventana te pedirá el mes para generar este reporte, por defecto será el mes anterior. Se generará un archivo ZIP con todos los archivos del mes.

### **3.2.2.3. Entregables de requerimiento 003**

El tercer requerimiento se encarga de generar reporte de segundos faltantes. Se debe contar con una interfaz de reporte de segundos faltantes del registro de frecuencia de todos los puntos indicados en la ruta siguiente:

- Evaluación/Cumplimiento Servicio RPF/Consulta de frecuencias/ (Intranet SGOCOES)
- Se deberá contar con un filtro, para exportar los GPS que se reporte a Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (resaltado de color amarillo en la Figura 14), y en caso se quiera adicionar algún GPS adicional desde la base de datos existente.

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



- El periodo por defecto debe señalar el mes inmediato anterior, sin embargo, podrá realizar la generación de un archivo Excel de hasta los últimos 12 meses con hojas por mes.

**Figura 12**

*Interfaz de reporte de segundos faltantes*

Etiquetas de fila	1/07/2023	2/07/2023	3/07/2023	4/07/2023	5/07/2023	6/07/2023	7/07/2023	8/07/2023	9/07/2023	10/07/2023
CHICLAYO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARAMONGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PTO MALDONADO	0	0	0	23884	42997	5573	0	0	0	0
PUCALLPA ISA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SAN GABAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SAN JUAN CCRespaldio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	0	0	0	23884	42997	5573	0	0	0	0

*Nota.* Elaboración propia.

**3.2.2.4. Entregables de requerimiento 004**

El cuarto requerimiento busca realizar un nuevo módulo intranet “Reporte de Frecuencia” del SGOECOES hacia la intranet. Se requiere crear un nuevo módulo en la intranet “Reporte de Frecuencia”, que realice el reporte de calidad de frecuencia (cálculo de súbitas y sostenidas) a partir de la información de frecuencia de los GPS físicos y virtuales disponibles. Las funcionalidades que debe tener el módulo se indican a continuación:

- Reporte visual de los datos de frecuencia en el periodo de evaluación: Se debe implementar las opciones que permitan:
  - Opción “Equipos”: Permitirá seleccionar el equipo GPS de reporte (lista de GPS físicos y virtuales), mediante una lista desplegable.
  - Opciones “Fecha Hora Inicial” y “Fecha Hora Final”: Permitirá seleccionar el periodo de evaluación para el reporte de frecuencia, en formato Fecha/hora (AAAA/MM/DD hh:mm:ss)

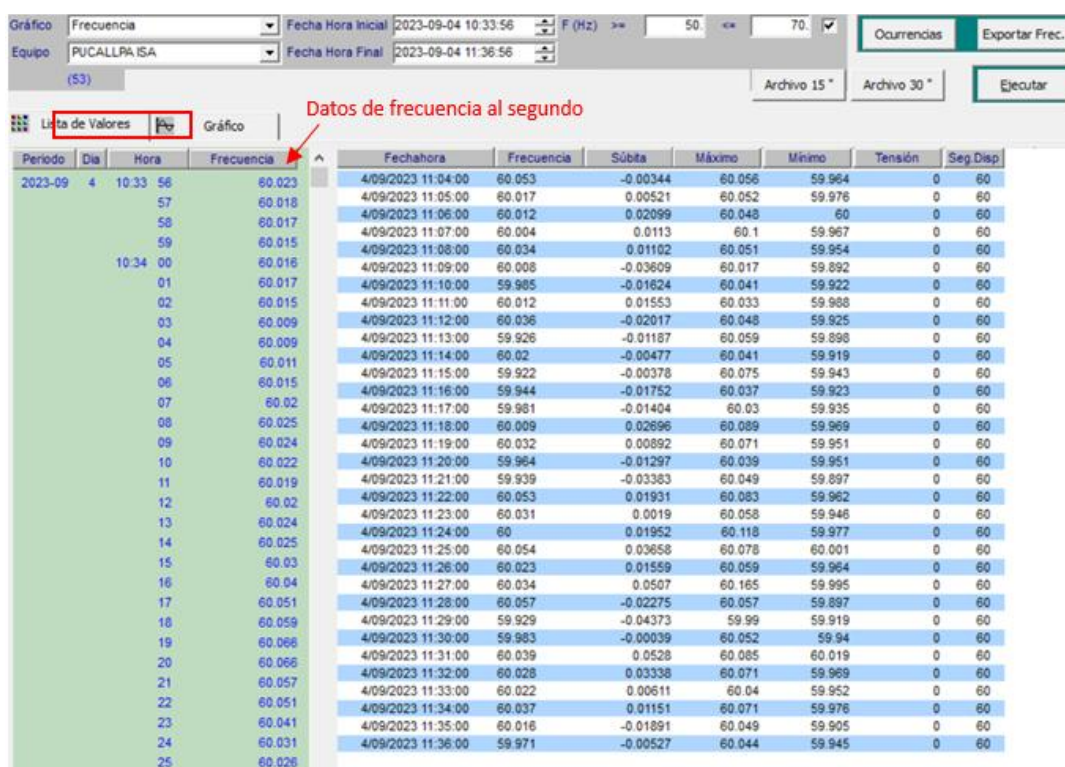
Al ejecutar, el aplicativo debe mostrar los datos de frecuencia al segundo en la ventana Lista de Valores (ver Figura 15), correspondiente al equipo y periodo de

evaluación seleccionado. Asimismo, en un cuadro del lado derecho, debe mostrar los datos de frecuencia al minuto y el cálculo de los siguientes parámetros para cada minuto:

- Súbita: Cálculo de la súbita por minuto.
- Máximo: Valor máximo de la frecuencia del minuto, dentro de los 60 segundos del minuto de evaluación.
- Mínimo: Valor mínimo de la frecuencia del minuto, dentro de los 60 segundos del minuto en evaluación.
- Tensión: Valor de tensión en el minuto de evaluación.
- Seg. Disp = Segundos Disponibles del minuto de evaluación.

Figura 13

Interfaz de reporte de datos de frecuencia al segundo



Nota. Elaboración propia.

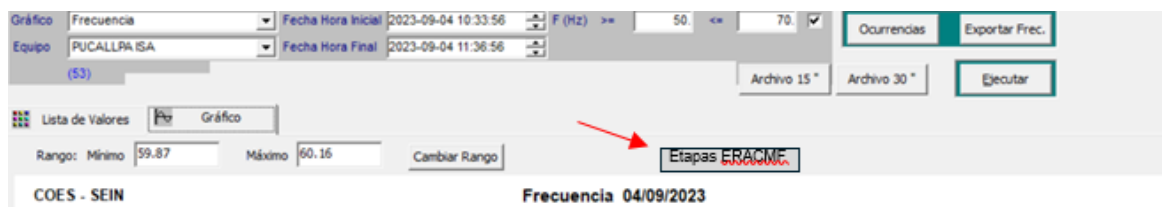
b) Gráfica de la frecuencia en el periodo de evaluación: Con la opción “Ejecutar”, también se debe generar el registro de frecuencia del Equipo seleccionado durante el periodo de evaluación, y mostrarse en la ventana “Gráfico”.

Para darle formato al gráfico debe llenarse por defecto el cálculo de la data consultadas, adicionalmente el usuario podría seleccionar el rango mínimo y máximo del eje Y para una mejor visualización.

Se creará una lista de valores de rangos de frecuencia por “Etapas ERACMF” (por ejemplo 6 rangos) que serán útiles para análisis visual de rechazo de carga por mínima frecuencia (ERACMF), para ello se implementará una interfaz gráfica para actualizar esta lista un valor por rango, los cuales quedaran guardados para que se puedan seleccionar en el gráfico y se muestren como límites.

**Figura 14**

*Rangos de frecuencia por etapas ERACMF*



*Nota.* Elaboración propia.

Al ingresar a la opción “Etapas ERACMF” se podrá definir el valor de umbral de cada etapa, el cual será un campo editable por el usuario. Para cada etapa se debe tener la opción de seleccionar si se debe incluir o no en gráfico.

Asimismo, en esta interfaz se podrá crear más etapas con la opción “Agregar”.

**Figura 15**

*Configuración de etapas ERACMF*

**Configuración de Etapas ERACMF**

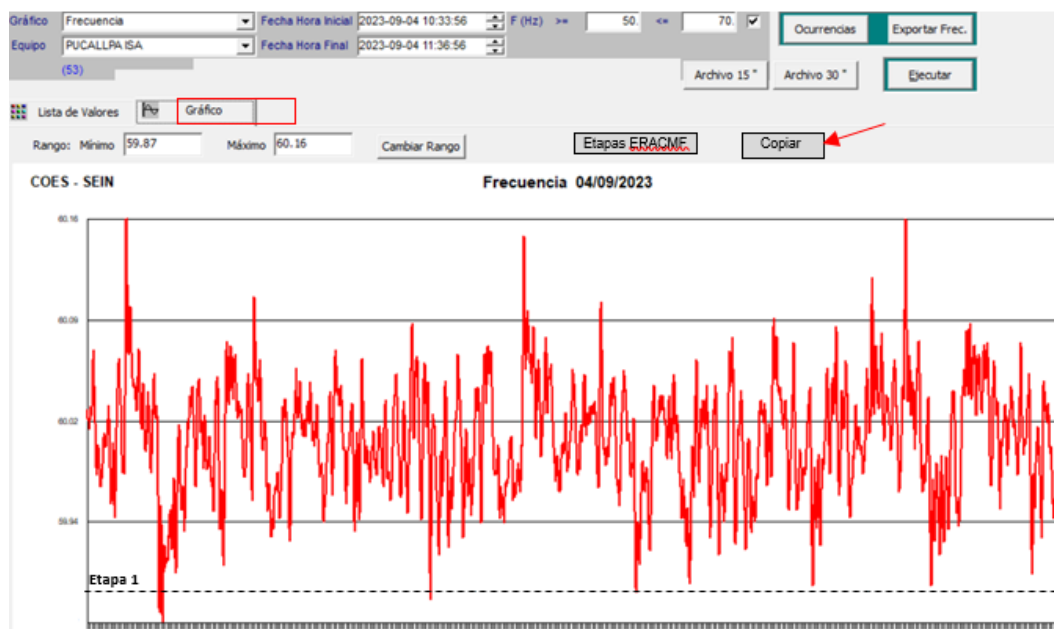
Etapa	Umbral	Graficar
Etapa 1	59.20	<input checked="" type="checkbox"/>
Etapa 2	59.00	<input type="checkbox"/>
Etapa 3	58.80	<input type="checkbox"/>
Etapa 4	58.60	<input type="checkbox"/>
Etapa 5	58.50	<input type="checkbox"/>
Etapa 6	59.50	<input type="checkbox"/>
Etapa 7		

*Nota.* Elaboración propia.

En la ventana “Gráfico” (ver Figura 16) Se debe considerar una opción “Copiar”, para que el aplicativo permita generar una copia de la imagen del gráfico.

**Figura 16**

*Gráfico de configuración ERACMF*

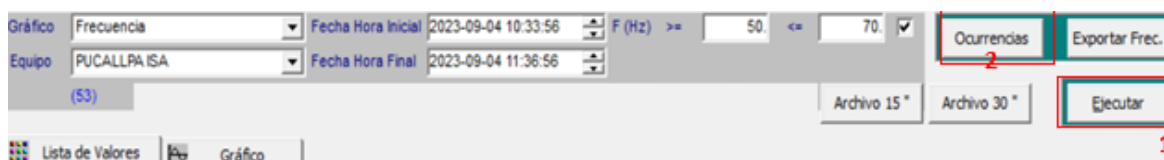


*Nota.* Elaboración propia.

- c) Reporte de frecuencia en archivo Excel: Luego de hacer ingresar a la opción “Ejecutar” mostrado en la Figura 17, el aplicativo realiza internamente el proceso de cálculo para generar el reporte con los datos de frecuencia del Equipo GPS seleccionado (campo “Equipo”), en el periodo de evaluación (Campos “Fecha Hora Inicial” y “Fecha Hora Final”).

**Figura 17**

*Interfaz para reporte de frecuencia en formato Excel*



*Nota.* Elaboración propia.

Con la opción “Ocurencias”, el aplicativo debe generar un archivo Excel, con una hoja que muestre el resultado del Reporte de Ocurencias de frecuencia, considerando los siguientes puntos:

- GPS: Indica el GPS seleccionado para el reporte, según el campo “Equipo”.
- Fecha Inicial: Indica el valor seleccionado en el campo “Fecha Hora Inicial”.
- Fecha Final: Indica el valor seleccionado en el campo “Fecha Hora Final”.
- Máxima Frecuencia: Muestra el valor máximo de frecuencia identificado en el periodo de evaluación, así como la fecha y hora (hh:mm:ss) correspondiente.
- Mínima Frecuencia: Muestra el valor mínimo de frecuencia identificado en el periodo de evaluación, así como la fecha y hora (hh:mm:ss) correspondiente
- Transgresiones Súbitas: Muestra el resultado de las Transgresiones súbitas identificadas durante el periodo de evaluación, las cuales se calculan según la formulación de la NTCSE que ya se encuentra implementada en el algoritmo del aplicativo actual. Asimismo, muestra la fecha y hora de cada una.
- Transgresiones Sostenidas: Muestra el resultado de las Transgresiones sostenidas identificadas durante el periodo de evaluación, las cuales se calculan según la formulación de la NTCSE que ya se encuentra implementada en el algoritmo del aplicativo actual. Asimismo, muestra la fecha y hora de cada una.
- Minutos Faltantes: Se generará un reporte de los minutos en los cuales no se cuenta con datos de frecuencia, indicando también a qué periodos corresponden.

En la Figura 18 se muestra el formato del archivo Excel que debe generar la opción “Ocurrencias” del aplicativo.

Figura 18

Reporte de ocurrencias en formato Excel

Fecha	Hora	Valor	
<b>Reporte de Ocurrencias</b>			
GPS: PTO MALDONADO			
Fecha Inicial: 2023-05-23 11:10:00			
Fecha Final : 2023-05-23 12:15:17			
<b>Máxima Frecuencia</b>			
2023-05-23	12:15:32	60.069	
<b>Minima Frecuencia</b>			
2023-05-23	11:45:40	59.946	
<b>IVDF Acumulado</b>			
2023-05-23	00:00:00	5.931	
<b>Desviación Diaria</b>			
2023-05-23	00:00:00	5.931	
<b>Transgresiones Súbitas</b>			
-----			
<b>Transgresiones Sostenidas</b>			
-----			
<b>Minutos Faltantes</b>			
Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Minutos Faltantes
2023-05-23	11:10:00	11:59:00	8

Nota. Elaboración propia.

- d) Exportar datos de frecuencia a archivos Excel: Con el botón “Archivo 15” que se muestra en la Figura 17, el aplicativo debe generar un archivo Excel de nombre “reporte 15min” con los datos de frecuencia y tensión cada 15 minutos, durante el periodo de evaluación (Fecha Inicial y Fecha Final) y GPS seleccionado, tal como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Datos de frecuencia y tensión cada 15 minutos

	A	B	C	D	E	F	G
1	Estadísticas						
2	GPS: PUCALLPA ISA						
3							
4	Fecha Inicial: 4/09/2023 00:00:00						
5	Fecha Final : 5/09/2023 00:00:00						
6							
7	Fecha	Frecuencia	Tensión				
8	2023-09-04 00:15:00	60.107	0				
9	2023-09-04 00:30:00	59.998	0				
0	2023-09-04 00:45:00	60.059	0				
1	2023-09-04 01:00:00	60.022	0				
2	2023-09-04 01:15:00	59.993	0				
3	2023-09-04 01:30:00	60.016	0				
4	2023-09-04 01:45:00	59.997	0				
5	2023-09-04 02:00:00	59.976	0				
6	2023-09-04 02:15:00	59.941	0				
7	2023-09-04 02:30:00	60.007	0				
8	2023-09-04 02:45:00	59.985	0				
9	2023-09-04 03:00:00	59.987	0				
0	2023-09-04 03:15:00	60.029	0				
1	2023-09-04 03:30:00	60.034	0				
2	2023-09-04 03:45:00	60.053	0				
3	2023-09-04 04:00:00	59.939	0				
4	2023-09-04 04:15:00	59.94	0				
5	2023-09-04 04:30:00	59.986	0				
6	2023-09-04 04:45:00	60.057	0				
7	2023-09-04 05:00:00	60.002	0				
8	2023-09-04 05:15:00	60.023	0				
9	2023-09-04 05:30:00	59.974	0				
0	2023-09-04 05:45:00	59.95	0				
1	2023-09-04 06:00:00	59.928	0				
2	2023-09-04 06:15:00	59.939	0				
3	2023-09-04 06:30:00	60.111	0				
4	2023-09-04 06:45:00	59.971	0				
5	2023-09-04 07:00:00	59.902	0				
6	2023-09-04 07:15:00	59.916	0				

Nota. Elaboración propia.

Con el botón “Archivo 30” , el aplicativo debe generar un archivo Excel de nombre “reporte 30min” con los datos de frecuencia y tensión cada 30 minutos, durante el periodo de evaluación (Fecha Inicial y Fecha Final) y GPS seleccionado, tal como se muestra en la Figura 20.

**Figura 20**

*Datos de frecuencia y tensión cada 30 minutos*

Estadísticas		
GPS: PUCALLPA ISA		
Fecha Inicial: 4/09/2023 00:00:00		
Fecha Final : 5/09/2023 00:00:00		
Fecha	Frecuencia	Tensión
2023-09-04 00:30:00	59.998	0
2023-09-04 01:00:00	60.022	0
2023-09-04 01:30:00	60.016	0
2023-09-04 02:00:00	59.976	0
2023-09-04 02:30:00	60.007	0
2023-09-04 03:00:00	59.987	0
2023-09-04 03:30:00	60.034	0
2023-09-04 04:00:00	59.939	0
2023-09-04 04:30:00	59.986	0
2023-09-04 05:00:00	60.002	0
2023-09-04 05:30:00	59.974	0
2023-09-04 06:00:00	59.928	0
2023-09-04 06:30:00	60.111	0
2023-09-04 07:00:00	59.902	0
2023-09-04 07:30:00	59.933	0
2023-09-04 08:00:00	60.04	0
2023-09-04 08:30:00	59.982	0

*Nota.* Elaboración propia.

Con el botón “Exportar Frec” visualizado en la Figura 17, el aplicativo debe generar un archivo Excel de nombre “Frecuencia” con los datos de frecuencia y tensión al segundo, durante el periodo de evaluación (Fecha Inicial y Fecha Final) y GPS seleccionado, tal como se muestra en la Figura 21.

**Figura 21**

*Reporte de frecuencia durante periodo de evaluación*

Reporte de Frecuencia			
GPS: PUCALLPA ISA			
Fecha Inicial: 4/09/2023 10:33:56			
Fecha Final : 4/09/2023 11:36:56			
Fecha	Hora	Frecuencia	Tensión
2023-09-04	10:33:56	60.023	
2023-09-04	10:33:57	60.018	
2023-09-04	10:33:58	60.017	
2023-09-04	10:33:59	60.015	
2023-09-04	10:34:00	60.016	
2023-09-04	10:34:01	60.017	
2023-09-04	10:34:02	60.015	
2023-09-04	10:34:03	60.009	
2023-09-04	10:34:04	60.009	
2023-09-04	10:34:05	60.011	
2023-09-04	10:34:06	60.015	
2023-09-04	10:34:07	60.02	
2023-09-04	10:34:08	60.025	
2023-09-04	10:34:09	60.024	
2023-09-04	10:34:10	60.022	
2023-09-04	10:34:11	60.019	

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.2.2.5. Entregables de requerimiento 005

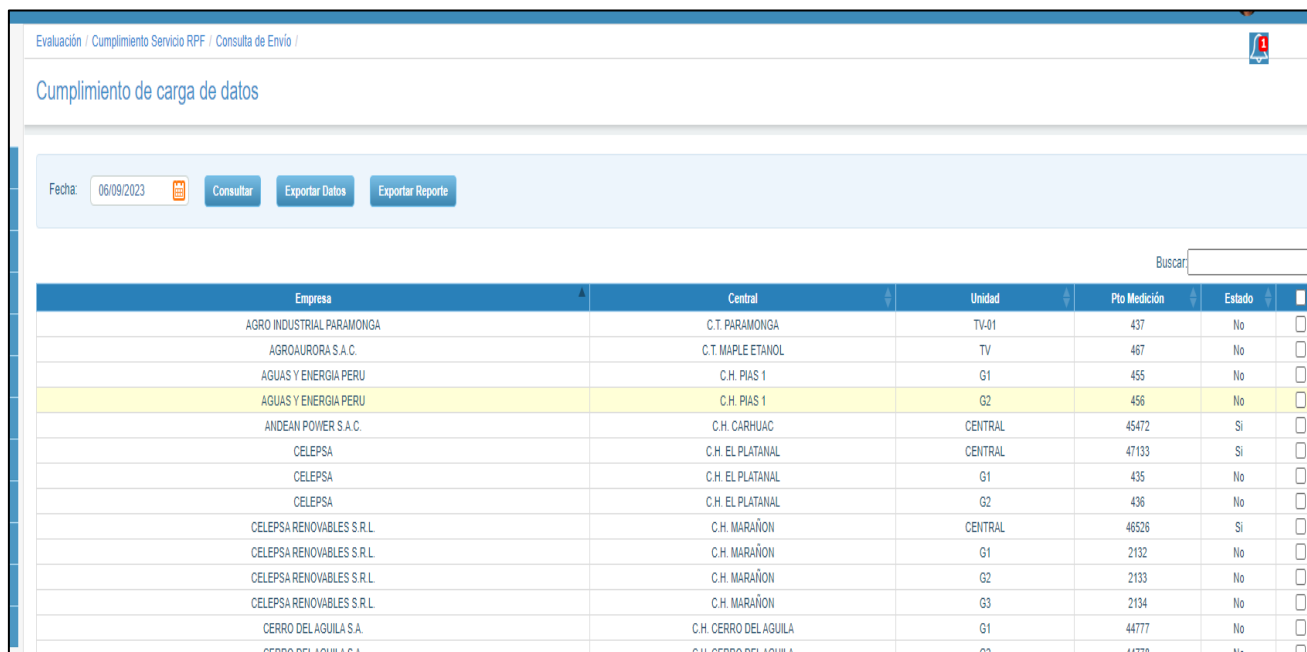
El quinto requerimiento se enlaza con una nueva opción para cargar información de los “GPS Virtuales” a partir de datos de frecuencia distintos a los GPS COES (SEV). Para cargar información de los GPS Virtuales a los que se hace referencia en el REQ001, se debe tener la opción de poder elegir entre dos fuentes de información de frecuencia, los cuales se describen a continuación:

- a) Registro de frecuencia que las centrales envían en cumplimiento del PR-21: Para este caso, el nuevo módulo debería obtener los datos de frecuencia al segundo del reporte PR-21 que envían las empresas (226 unidades aprox.), los cuales se encuentran disponibles en la siguiente ruta intranet y se hace la búsqueda por día:

- Evaluación/Cumplimiento Servicio RPF/Consulta de Envío/

**Figura 22**

*Cumplimiento de carga de datos de centrales*



Empresa	Central	Unidad	Pto Medición	Estado	
AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TV-01	437	No	<input type="checkbox"/>
AGROAURORA S.A.C.	C.T. MAPLE ETANOL	TV	467	No	<input type="checkbox"/>
AGUAS Y ENERGIA PERU	C.H. PIAS 1	G1	455	No	<input type="checkbox"/>
AGUAS Y ENERGIA PERU	C.H. PIAS 1	G2	456	No	<input type="checkbox"/>
ANDEAN POWER S.A.C.	C.H. CARHUAC	CENTRAL	45472	Si	<input type="checkbox"/>
CELEPSA	C.H. EL PLATANAL	CENTRAL	47133	Si	<input type="checkbox"/>
CELEPSA	C.H. EL PLATANAL	G1	435	No	<input type="checkbox"/>
CELEPSA	C.H. EL PLATANAL	G2	436	No	<input type="checkbox"/>
CELEPSA RENOVABLES S.R.L.	C.H. MARAÑON	CENTRAL	46526	Si	<input type="checkbox"/>
CELEPSA RENOVABLES S.R.L.	C.H. MARAÑON	G1	2132	No	<input type="checkbox"/>
CELEPSA RENOVABLES S.R.L.	C.H. MARAÑON	G2	2133	No	<input type="checkbox"/>
CELEPSA RENOVABLES S.R.L.	C.H. MARAÑON	G3	2134	No	<input type="checkbox"/>
CERRO DEL AGUILA S.A.	C.H. CERRO DEL AGUILA	G1	44777	No	<input type="checkbox"/>
CERRO DEL AGUILA S.A.	C.H. CERRO DEL AGUILA	G2	44778	No	<input type="checkbox"/>

Nota. Elaboración propia.

Para que el usuario seleccione el reporte RPF que debe asociarse al nuevo GPS Virtual, la interfaz a implementar debe solicitar los siguientes datos:

- Seleccionar GPS Virtual destino.
- Seleccionar empresa: Este dato corresponde a la empresa origen que se va seleccionar según la lista de empresas disponible en la ruta:
- Evaluación/Cumplimiento Servicio RPF/Consulta de Envío/
- Seleccionar central: Este dato corresponde a la central de la empresa origen que se va a seleccionar según la lista de la ruta:
- Evaluación/Cumplimiento Servicio RPF/Consulta de Envío/
- Seleccionar unidad (generador): Este dato corresponde a la unidad del central origen que se va seleccionar según la lista de la ruta:
- Evaluación/Cumplimiento Servicio RPF/Consulta de Envío/
- Seleccionar rango de días a cargar (fecha inicio y fecha final)
- Botón para cargar datos de frecuencia de la unidad PR-21 seleccionada al Equipo GPS Virtual
- La carga de información de frecuencia se debe guardarse como un histórico en el equipo GPS Virtual.

b) Registro de frecuencia desde un archivo externo (formato: 1 columna fecha hora y 2 columna frecuencia) que el usuario pueda importar: En este caso, el aplicativo debe permitir cargar la información de un equipo GPS Virtual, con datos de frecuencia al segundo que el usuario pueda importar mediante un archivo Excel.

Se implementará un interfaz que solicite:

- Seleccionar nombre de Equipo GPS Virtual
- Seleccionar archivo a importar
- Botón para cargar datos de frecuencia

Este proceso de carga de información debe registrar un log (usuario, fecha hora, acción realizada) de estas acciones y debe implementarse una interfaz para consultar estas cargas.

### 3.2.2.6. Entregables de requerimiento 006

El sexto requerimiento es implementar una interfaz para calcular las transgresiones de calidad mensual del producto NTCSE. Se implementará una interfaz que permita visualizar el cálculo de las transgresiones de calidad. El cálculo de las transgresiones se tomará en cuenta utilizando estos rangos para las variaciones súbitas (ver Figura 23).

**Figura 23**

Rango de variaciones súbitas

FRECUENCIA					
• Nombre del archivo: xxxAxxxx.FFR					
CAMPO	DESCRIPCIÓN	LONG	TIPO	OBSERVACIONES	
1	Número Identificador	14	ALF	Ver Anexo N° 4	
2	Código del punto controlado asignado por el respectivo COES o por el respectivo Encargado de la Operación en tiempo real del sistema aislado.	10	ALF		
3	Cantidad de Intervalos con VARIACIONES SOSTENIDAS en Rango_1	4	N	Rango_1   $0.6 <  \Delta f(\%)  \leq 1.0$	
4	Cantidad de Intervalos con VARIACIONES SOSTENIDAS en Rango_2	4	N	Rango_2   $1.0 <  \Delta f(\%) $	
5	Número de VARIACIONES SÚBITAS	5	N	En el mes	
6	Cantidad de VARIACIONES DIARIAS $M_{VDF}$ (ciclos) en Rango_1 según corresponda :	2	N	* SEIN   $600 < M_{VDF} \leq 900$ Pot. Ins.Gen. entre 100 y 1000 MW $900 < M_{VDF} \leq 1350$ Pot. Ins. Gen menor a 100 MW $1200 < M_{VDF} \leq 1800$ Aisl. Mayor   $1200 < M_{VDF} \leq 1800$	

Nota. Elaboración propia.

Considerar como rangos los valores de desviación de frecuencia fuera del rango de la NTCSE:

- Rango 1 o Sostenida 1: están en rango mayores a 0,6 Hz y menor o igual 1,0Hz.
- Rango 2 o Sostenida 2: están en rango mayores a 1,0 Hz.
- (En ambos casos es la variación o delta de frecuencia con respecto a la frecuencia nominal que es 60,00000 Hz).
- Mayores a 60,36 HZ o Menores a 59,64 HZ.

Se visualizarán de forma histórica de acuerdo con el año y mes. Además permitirá generar reportes en formato Excel, como se observan en la Figura 24 y Figura 25.

**Figura 24**

*Resumen de las transgresiones de la calidad el producto – Frecuencia*

IDENTIFICADOR	CODIGO	V_SOSTENIDA_1	V_SOSTENIDA_2	V_SUBITA
SIC 0723 SJM1B0	1	0	0	0
SIN 0723 ETC1B0	20	0	0	0
SIS 0723 SGB1B0	34	0	0	0
SIS 0723 PUN1B0	26	0	0	0
SIS 0723 PMA1B0	50	0	0	0
SIC 0723 PAR1B0	51	0	0	0
SIC 0723 PUC1B0	53	0	0	0

Nota. Elaboración propia.

**Figura 25**

*Transgresiones a la calidad del producto - Frecuencia*

Punto de Medición	CODIGO	INDICADOR	FECHA	INTERVALO	VALOR
GPS-SAN JUAN (SIC 0723 SJM1B0)	1	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-CHICLAYO OESTE (SIN 0723 ETC1B0)	20	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-SAN GABAN (SIC 0723 SGBB0)	34	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-PUNO (SIS 0723 PUN1B0)	26	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-PUERTO MALDONADO (SIS 0723 PMA1B0)	50	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-PARAMONGA EXISTENTE (SIC 0723 PAR1B0)	51	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-PUCALLPA (SIC 0723 PUC1B0)	53	S(súbita)			
		T(sostenida)			

Nota. Elaboración propia.

El aplicativo generará el reporte oficial en Excel (ejemplo de diciembre 2018), tal cual se muestra en la Figura 26.

Figura 26

Reporte oficial de trasgresiones

Reporte de diciembre 2018				
Número de ocurrencias				
IDENTIFICADOR	CODIGO	V_SOSTENIDA_1	V_SOSTENIDA_2	V_SUBITA
SIC1218XXXXBO	1	0	0	0
SIC1218ELP1BO	11	0	0	0
SIC1218ETC1BO	20	0	0	0
SIC1218HYO1BO	25	0	0	0
SIS1218PUN1BO	26	0	0	0
SIS1218ETS1BO	30	0	0	0
SIS1218SGB1BO	34	0	2	23
SIS1218EGM1BO	36	0	0	0
SIC1218ETC2BO	37	0	0	0
SIC1218PIU1BO	41	0	0	0

Listado de ocurrencias					
Punto de Medición	CODIGO	INDICADOR	FECHA	INTERVALO	VALOR
GPS-SAN JUAN (SIC1218XXXXBO)	1	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-TUMBES (SIC1218ELP1BO)	11	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-CHICLAYO (SIC1218ETC1BO)	20	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-HUANCAYO (SIC1218HYO1BO)	25	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-PUÑO (SIS1218PUN1BO)	26	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-SOCABAYA (SIS1218ETS1BO)	30	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-SAN GABAN (SIS1218SGB1BO)	34	S(súbita)	2018-12-21	13:09:00	1.59953
			2018-12-21	13:10:00	1.60682
			2018-12-21	13:11:00	1.56499
			2018-12-21	13:12:00	1.57334
			2018-12-21	13:13:00	1.55491
			2018-12-21	13:14:00	1.55843
			2018-12-21	13:15:00	1.56685
			2018-12-21	13:16:00	1.54255
			2018-12-21	13:17:00	1.54015
			2018-12-21	13:18:00	1.52482
			2018-12-21	13:19:00	1.50169
			2018-12-21	13:20:00	1.45584
			2018-12-21	13:21:00	1.50908
			2018-12-21	13:22:00	1.47189
			2018-12-21	13:23:00	1.53105
			2018-12-21	13:24:00	1.48124
			2018-12-21	13:25:00	1.45393
			2018-12-21	13:26:00	1.48113
			2018-12-21	13:27:00	1.45692
			2018-12-21	13:28:00	1.47895
	2018-12-21	13:29:00	1.41301		
	2018-12-21	13:30:00	1.4028		
	2018-12-21	13:31:00	1.43909		
	T(sostenida)	2018-12-21	13:00:00-13:14:59	1.1399	
		2018-12-21	13:15:00-13:29:59	2.49004	
GPS-DOLORESPATA (SIS1218EGM1BO)	36	S(súbita)			
		T(sostenida)			
GPS-CHIMBOTE (SIC1218ETC2BO)	37	S(súbita)			
		T(sostenida)			

Nota. Elaboración propia.

### 3.2.2.7. Entregables de requerimiento 007

El séptimo requerimiento se enfoca en implementar una interfaz para completar (copiar) información entre GPSs. Se desarrollará una interfaz que permita copiar información entre GPSs físicos y virtuales. En esta interfaz de podrá elegir el rango de fechas (por defectos 6 últimos meses) donde se listará los registros de las ultimas copias realizadas. Cuando se realice el proceso de completar información se seleccionará:

- GPS origen.
- GPS destino.

- Rango de tiempo (fecha hora inicio - fecha hora final).
- Campo donde se especificará el motivo del reemplazo.
- Se tendrá las opciones de crear, borrar (deshacer la copia realizada).

Todas estas transacciones realizadas deben ser almacenadas en un historial con log de modificaciones. Adicionalmente se podrá consultar en otra pantalla este historial de modificaciones realizadas a la información.

### **3.2.2.8. Entregables de requerimiento 008**

El octavo requerimiento va acorde a la implementación de módulos y opciones que permita extraer datos de frecuencia de los GPS COES al milisegundo de rangos de tiempo de eventos específicos. En el proceso de registro de frecuencia desde los puntos remotos, el aplicativo FreqMonitor adicional al registro de frecuencia por segundo, guarda información de registros de frecuencia al milisegundo (60/30 muestras por segundo) en la PC (estación) en los subdirectorios donde se está ejecutando el aplicativo .exe, esta información actualmente no se almacena en la base de datos.

Para este requerimiento se solicita crear un listado de eventos de frecuencia:

- Desarrollar una interfaz en la intranet donde el usuario definirá los rangos de tiempo (lista de eventos) que requiera cargar información de milisegundos y el GPS asociado para que los datos se encuentren disponibles en la base de datos para consulta y reporte en esta interfaz.
- Se desarrollará un aplicativo que cargue la información en el servidor de frecuencia desde los archivos donde se encuentran la información de milisegundos a la base de datos de los “eventos de frecuencia” registrados.
- El usuario a través de esta interfaz podrá visualizar cuando la información ya este cargada y disponible, donde podrá generar consultas y reportes Excel con estos datos.

### **3.2.2.9. Entregables de requerimiento 009**

El último requerimiento está destinado a implementar el análisis de información de los datos de frecuencia del día anterior. Para revisar desviaciones de los valores de

frecuencia (información de frecuencia al minuto) de todos los puntos de registro y pueda identificar errores de medición en forma automática al final del día, se enviará un reporte.

- Revisará que los registros sean bastantes semejantes entre puntos de registros, error de  $\pm 0.005$ . Cuando encuentre datos diferentes generará “alertas” de registro erróneo o posible sistema aislado.
- Cuando la frecuencia supere el valor de 60.7 o sea inferior a 59.3, se generará un “evento de frecuencia” del minuto completo, lo que permitirá la carga de la información al milisegundo de ese minuto.

Al final de día en forma automática a las 01:00 am del día siguiente, el aplicativo enviará correo a una lista de correos acerca de las alertas registradas del día anterior. Adicionalmente, el servicio revisará y enviará la información de los segundos faltantes en cada punto de registro de frecuencia a los correos designados.

### **3.2.3. Características técnicas del aplicativo**

- a) Se desarrollarán los Aplicativos en tecnología Web u otras tecnologías utilizando el Framework y los estándares de desarrollo del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional mencionados en el numeral 2 del presente documento, estos serán entregados a LA CONSULTORA que resulte seleccionada para la prestación del Servicio.
- b) Los Aplicativos se desarrollarán utilizando como herramienta de desarrollo el Visual Studio (versión 2019 o superior), el lenguaje de programación C# .Net sobre el Framework de .Net (versión 4.5 o superior) y el patrón de desarrollo MVC (Modelo, Vista y Controlador). Serán diseñados y construidos utilizando las prácticas y patrones recomendados por Microsoft, tal como lo establecen el Framework y los estándares de desarrollo del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
- c) Los objetos de la base de datos serán construidos sobre la base de las buenas prácticas recomendadas por Oracle y bajo los estándares de desarrollo del Comité

de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. El modelo de datos se entregará en el formato de la herramienta Erwin.

- d) Todo componente de software adicional al Visual Studio y que no ha sido considerado en el Framework y los estándares de desarrollo del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional tendrá que ser aprobado por el Departamento de Tecnología de la Información del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, antes de su uso en el desarrollo del Aplicativo.
- e) La documentación funcional y técnica se generará bajo el estándar del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional o con el estándar que LA CONSULTORA someta a aprobación del Departamento de Tecnología de la Información del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

### 3.2.4. Matriz de riesgos

En la Tabla 8 se muestra la matriz de riesgos, donde se indica los riesgos que se pueden encontrar durante el proyecto, así como también las acciones para contrarrestarlos.

**Tabla 4**

*Matriz de riesgos*

<b>Riesgo</b>	<b>Prob.</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plan de acción</b>
Retraso de la aprobación de los artefactos.	Alto	E. Palpan / G. Casalino	Disponer de los recursos necesarios en fechas planificadas.
Que se produzcan solicitudes de cambio de impacto en los plazos o costos del proyecto que no sean gestionadas como tales	Medio	E. Palpan / G. Casalino	Gestionar las eventuales solicitudes de cambio que no están definidas en el alcance del proyecto para tratarse como adicionales.
Que surjan tareas imprevistas por el lado de las funciones del área usuaria en fechas programadas del proyecto que impidan la	Alto	E. Palpan / G. Casalino	Reforzar el equipo de trabajo del área usuaria con una persona adicional de respaldo que pueda cubrir la posible falta de dedicación

dedicación de los usuarios en las actividades planificadas			de los usuarios en las actividades del proyecto.
Retraso en el levantamiento de observaciones, se han planificado que se realizaran en corto tiempo.	Alto	Oscar Leone Váscones	Disponer de recursos necesarios en fechas planificadas y conocimiento de los procesos de negocio.

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 7 presenta la matriz de riesgos del proyecto, en la que se identifican principalmente retrasos en la aprobación de artefactos, solicitudes de cambio que impacten en plazos o costos y no sean gestionadas como tales, aparición de tareas imprevistas por parte del área usuaria que afecten la dedicación a las actividades planificadas, así como retrasos en el levantamiento de observaciones. Para cada riesgo se establece su probabilidad (mayoritariamente alta), los responsables de su gestión (E. Palpan, G. Cassalino y O. Leone Váscones) y un plan de acción asociado, que incluye la disponibilidad oportuna de recursos, la adecuada gestión de cambios fuera de alcance y el refuerzo del equipo del área usuaria, a fin de mitigar impactos en el cronograma y en el desarrollo del proyecto.

### **3.2.5. Mantenimiento correctivo y evolutivo**

Dentro del Proyecto se considera brindar los siguientes servicios de mantenimiento una vez culminado el proyecto:

- Servicio de soporte para corrección de fallas durante el periodo de garantía de un (1) año, a partir del cierre del proyecto, el cual incluye el mantenimiento correctivo de la solución informática por los eventuales incidentes que se presenten durante el periodo de garantía indicado, lo cual incluirá actividades como el soporte, evaluación, análisis y corrección de errores y defectos de la solución informática. Este servicio incluirá también la respuesta a consultas funcionales y técnicas que realice el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
- Servicio de soporte y mantenimiento para cambios y mejoras de la solución informática por un total de 40 horas durante un (1) año, a partir del cierre del proyecto, el cual incluye el mantenimiento evolutivo de la solución informática a través de la atención de requerimientos de desarrollo de cambios y nuevas funcionalidades en la solución informática, lo cual deberá incluir las

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



correspondientes pruebas de calidad que aseguren que las implementaciones realizadas funcionen sin inconvenientes y de acuerdo con lo esperado. Este servicio incluirá también la documentación de aplicativos y capacitación o reentrenamiento solicitado por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional sobre el uso de la solución informática para los usuarios finales y desde la perspectiva funcional y técnica para los especialistas del Departamento de Tecnología de Información del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (DTI).

**3.2.6. Cronograma completo de proyecto de mejora**

En la Figura 27 se muestra el cronograma completo de el Proyecto de mejora.



**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



El proyecto tiene un alcance definido que comprende la automatización de los reportes de frecuencia, sustituyendo tareas manuales por un aplicativo web basado en los estándares y framework interno del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

Se establece un cronograma de aproximadamente 207 días calendario (6.9 meses) con inicio en agosto 2025 y término en marzo 2026, dividido en iteraciones para entregas incrementales y validaciones continuas. Se planea entregar documentos clave en cada etapa (análisis funcional, casos de prueba, análisis técnico, manuales, evidencias de pruebas y formatos de pase a producción) para asegurar la calidad y alineamiento con los requerimientos.

El proyecto contempla actividades de gestión de cambio organizacional para asegurar la adopción del sistema por parte de los usuarios del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, capacitación a usuarios clave y soporte durante el pase a producción y posterior operación.

### **3.3. Estimación de costos**

El costo estimado para la implementación del proyecto de mejora es de S/. 5,300.00. Donde se considera costos de desarrollo de software, comparas e instalaciones, capacitaciones al personal y mantenimiento del sistema. La Tabla 9 muestra los costos.

**Tabla 5**

Costos estimados de proyecto de mejora

<b>Actividad</b>	<b>Costo estimado (S/.)</b>	<b>Observaciones</b>
Desarrollo de software	2,500.00	Diseño, programación y pruebas
Compra e instalación de sensores	1,800.00	Equipos de campo y conectividad
Capacitación al personal	600.00	Talleres técnicos, manuales, tutoriales
Mantenimiento y soporte inicial	400.00	Asistencia técnica durante la fase piloto
<b>Total estimado</b>	<b>5,300.00</b>	

*Nota.* Elaboración propia

La Tabla 8 presenta los costos estimados del proyecto de mejora, desglosados por actividad principal. Se considera un monto de S/ 2 500,00 para el desarrollo de software, que incluye diseño, programación y pruebas; S/ 1 800,00 para la compra e instalación de sensores y componentes de conectividad en campo; S/ 600,00 destinados a la capacitación del personal mediante talleres técnicos, manuales y tutoriales; y S/ 400,00 para el mantenimiento y soporte inicial durante la fase piloto. En conjunto, estas partidas suman un costo total estimado de S/ 5 300,00, necesario para la implementación de la propuesta.

#### **IV. Resultados del proyecto**

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos a partir del diagnóstico del proceso actual de generación de reportes de frecuencia, así como los resultados esperados y la validación técnica de la solución automatizada propuesta. En primer lugar, se exponen los hallazgos del diagnóstico del sistema manual, con énfasis en los tiempos de elaboración de reportes, la frecuencia de errores humanos y las limitaciones operativas identificadas. Posteriormente, se describen los resultados esperados con la implementación del sistema web automatizado, expresados en términos de reducción de errores, mejora en los tiempos de respuesta y fortalecimiento del cumplimiento normativo. Finalmente, se presenta la validación técnica del sistema, evidenciando el grado de alineamiento de la solución con los requerimientos del COES y con las disposiciones de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).

##### **4.1. Diagnóstico**

La observación técnica directa del proceso AS-IS y el análisis funcional, identificó que la generación del “Reporte de Calidad de Frecuencia y Sistemas Aislados” presenta manualidad, fragmentación y trazabilidad limitada. El flujo mensual depende de consultas directas a BD, archivos intermedios y coordinación por correo entre áreas (SEV, SGI, DTI), con el compromiso regulatorio de entrega hasta el quinto día hábil.

##### **Tabla 6**

Resultados del diagnóstico:

Aspecto evaluado	Situación actual (AS-IS)	Efecto
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingreso de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manual (consultas/exports locales, correos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor probabilidad de error y reprocesos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consolidación de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Archivos independientes y sin orquestación automática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Duplicidad de datos y retrasos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempos de procesamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dependientes de ejecución manual por cada reporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incumplir la ventana regulatoria.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificación NTCSE (U/O)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criterios operativos no uniformes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo técnico por falta de estandarización.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento y trazabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin bitácora centralizada de cambios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificultad para auditoría y control histórico.</li> </ul>

Nota: La Tabla 1 presenta los principales resultados del diagnóstico del proceso actual de generación de reportes. En primer lugar, se identificó que el ingreso de datos se realiza de forma manual, a partir de consultas, exportaciones locales y correos electrónicos, lo que incrementa la probabilidad de errores y reprocesos. Asimismo, la consolidación de la información se efectúa mediante archivos independientes y sin una orquestación automática, generando duplicidad de datos y retrasos en la elaboración de los reportes. En cuanto a los tiempos de procesamiento, estos dependen de la ejecución manual de cada reporte, lo que supone un riesgo de incumplir la ventana regulatoria establecida.

Por otro lado, en la verificación de la NTCSE (U/O) se evidenció que los criterios operativos no son uniformes entre los responsables, situación que conlleva un riesgo técnico por la falta de estandarización de los procedimientos. Finalmente, en el almacenamiento y

trazabilidad de la información no se cuenta con una bitácora centralizada de cambios, dificultando las labores de auditoría y el seguimiento histórico de las modificaciones realizadas. En conjunto, estos hallazgos justifican la necesidad de implementar una solución automatizada que reduzca la carga operativa y mejore la confiabilidad de la información remitida a los organismos reguladores..

#### 4.2. Resultados esperados con la propuesta automatizada

A partir de la definición de los requerimientos funcionales y del diseño técnico del sistema web automatizado, se estimaron los resultados esperados de la implementación de la propuesta. La Tabla 2 presenta dichos resultados en términos de mejoras operativas, tales como la reducción del tiempo de generación de reportes, la disminución de errores humanos y el incremento en la disponibilidad de información en tiempo real para la toma de decisiones. Estos resultados esperados constituyen los indicadores de desempeño que permitirán evaluar el impacto de la solución propuesta en el COES.

**Tabla 7**

Resultados esperados con la propuesta automatizada

Indicador operativo	Situación actual (AS-IS)	Propuesta automatizada (TO-BE)	Mejora estimada
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de generación por subestación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>≈ 4 h por subestación (armado manual por pasos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>≈ 30 min por subestación (generación y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-87.5 %</li> </ul>

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



		consolidado automáticos).	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores en ingreso/calidad de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≈ 6 % de registros inconsistentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≈ 0.5 % (validaciones y reglas estandarizadas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -91.6 %</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrasos en envío regulatorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≈ 3 reportes tardíos/semana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 reportes tardíos (orquestración y carga automática).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento 100 %</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos operativos anuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S/ 28,000 (horas hombre y reprocesos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S/ 16,000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro ≈ 43 %</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad histórica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parcial, no integrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa, centralizada y trazable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +100 % de acceso y control</li> </ul>

La Tabla 2 presenta los resultados esperados con la propuesta automatizada en comparación con la situación actual. En cuanto al tiempo de generación por subestación, el proceso manual demanda alrededor de 4 horas por reporte, mientras que con el sistema automatizado se estima una reducción a 30 minutos por subestación, lo que representa una mejora aproximada del 87,5 %. Asimismo, los errores en el ingreso y la calidad de los datos, que actualmente alcanzan cerca del 6 % de registros inconsistentes, se proyectan en 0,5 % gracias a la incorporación de validaciones automáticas y reglas estandarizadas, con una reducción estimada del 91,6 %.

Respecto a los retrasos en el envío regulatorio, el escenario AS-IS evidencia en promedio tres reportes tardíos por semana, mientras que la propuesta automatizada permite eliminar dichos retrasos y alcanzar un cumplimiento del 100 % de los plazos establecidos. En el ámbito económico, los costos operativos anuales asociados a horas hombre y reprocesos se estiman en S/ 28 000 en el proceso actual, reduciéndose a S/ 16 000 con la solución propuesta, lo que implica un ahorro cercano al 43 %. Finalmente, la disponibilidad histórica de la información, hoy parcial y no integrada, pasará a ser completa, centralizada y trazable, incrementando en más del 100 % el acceso y control sobre los datos históricos de frecuencia.

### 4.3. Validación técnica del sistema

La validación técnica del sistema se realizó contrastando el funcionamiento del aplicativo web automatizado con los requerimientos normativos establecidos por la NTCSE y con las necesidades operativas del COES. En la Tabla 3 se sintetizan los criterios de validación considerados y el grado de cumplimiento alcanzado por la solución propuesta. Los resultados muestran que el sistema permite registrar, procesar y reportar la información de frecuencia de manera confiable, asegurando la generación de reportes alineados a los formatos exigidos por los organismos reguladores y reduciendo la probabilidad de errores asociados al procesamiento manual de datos.

**Tabla 8**

Validación técnica del sistema

Criterio de validación	Resultado esperado	Cumple
<ul style="list-style-type: none"> <li>Registro continuo y eventos al milisegundo (PMU)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adquisición y carga de eventos al ms.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación automática de reportes 1-4 e Informe Mensual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consolidado y carga a SIRVAN.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Detección de U/O (<math>60 \pm 0.05</math> Hz; 60.7/59.3 Hz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculo estandarizado y notificaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Respaldo y trazabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Historial de cambios consultable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceso seguro y perfiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SSO/SGOCOMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> </ul>

	INTERCONECTADO  NACIONAL y permisos  por rol.	
--	---	--

La Tabla 3 resume la validación técnica del sistema desarrollado, considerando los principales criterios definidos para su puesta en producción. En primer lugar, se comprobó el registro continuo y la adquisición de eventos al milisegundo (PMU), verificando que la plataforma permite la captura y carga de eventos con resolución al ms. Asimismo, se validó la generación automática de los reportes 1–4 y del Informe Mensual, asegurando su consolidación y carga hacia SIRVAN sin intervención manual. En relación con la detección de eventos de U/O ( $60 \pm 0,05$  Hz; 60,7/59,3 Hz), el sistema realiza un cálculo estandarizado de las variaciones de frecuencia y emite las notificaciones correspondientes.

Adicionalmente, se verificó el cumplimiento de los criterios de respaldo y trazabilidad, disponiéndose de un historial de cambios consultable que facilita la auditoría de la información. Finalmente, se validó el acceso seguro mediante SSO/SGOCOES y la asignación de permisos por rol, garantizando que cada usuario acceda únicamente a las funcionalidades que le corresponden. Los resultados muestran que todos los criterios de validación definidos se cumplen satisfactoriamente, respaldando la viabilidad técnica del sistema propuesto.

## V. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

#### 5.1.1. Conclusiones generales

- En síntesis, los hallazgos del diagnóstico, el diseño del sistema web automatizado y su validación técnica permiten afirmar que se cumplió el objetivo general del proyecto, al proponer una solución que reemplaza los procesos manuales de generación de reportes de frecuencia por un mecanismo automatizado, más

eficiente y confiable, alineado con los requisitos de la NTCSE y las necesidades operativas del COES.

- A partir del análisis del proceso vigente de generación de reportes de frecuencia, se constató que existe una alta dependencia de actividades manuales para la extracción, consolidación y validación de datos, lo que incrementa el riesgo de errores humanos, retrasa la disponibilidad de información y dificulta el seguimiento sistemático de las transgresiones de frecuencia.
- El diseño del sistema web automatizado demostró que es técnicamente viable integrar en una sola plataforma la captura, procesamiento y generación de reportes de frecuencia, incorporando criterios de trazabilidad, estandarización de formatos y alineamiento con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).
- La validación técnica del sistema evidenció que la solución propuesta cumple con los requerimientos funcionales y técnicos definidos en el proyecto, permitiendo generar reportes de frecuencia de manera consistente y reduciendo la probabilidad de errores asociados al procesamiento manual de datos.
- Se concluye que la implementación del sistema web automatizado contribuiría a reducir los tiempos de elaboración de reportes, optimizar la carga operativa del personal involucrado y mejorar la calidad y oportunidad de la información disponible para la toma de decisiones en el COES.
- Finalmente, se identifica la necesidad de acompañar la implementación del sistema con lineamientos claros de uso, capacitación y mantenimiento técnico, a fin de asegurar la sostenibilidad de la solución propuesta y facilitar su integración en los procesos operativos actuales del COES.

#### **5.1.2. Conclusión específica**

- En relación con el diagnóstico del proceso actual de generación de reportes de frecuencia, se concluye que la alta dependencia de actividades manuales para la

extracción y consolidación de datos genera riesgos de errores humanos, tiempos de respuesta elevados y dificultades para realizar un seguimiento sistemático de las transgresiones de frecuencia.

- Respecto a la definición de requerimientos, se determinó que el sistema web automatizado debe integrar módulos para la captura, procesamiento y almacenamiento de datos de frecuencia, generación de reportes estandarizados, gestión de alertas y trazabilidad de la información, alineados con las disposiciones de la NTCSE y las necesidades operativas del COES.
- En cuanto al diseño del sistema web, se concluye que la arquitectura propuesta, basada en una interfaz web interactiva y componentes de back-end orientados al procesamiento automático de datos, permite estructurar una solución escalable y mantenible, capaz de reducir la intervención manual y mejorar la disponibilidad de información para la toma de decisiones.
- A partir de la validación técnica realizada, se verifica que el sistema propuesto cumple con los requerimientos funcionales y técnicos definidos en el proyecto, permitiendo generar reportes de frecuencia coherentes con los formatos exigidos y disminuyendo la probabilidad de errores asociados a la manipulación manual de datos.
- Finalmente, se concluye que el plan de implementación y las actividades de mantenimiento planteadas contribuyen a asegurar la continuidad operativa de la solución, siempre que se acompañen de lineamientos claros de uso y de acciones de capacitación dirigidas a los especialistas responsables de la supervisión y gestión de los reportes de frecuencia.

## **5.2. Recomendaciones**

### **5.2.1. Recomendaciones generales**

- Automatización integral del proceso de generación de reportes: Implementar las funcionalidades descritas en el proyecto que permitan la extracción automática de

datos, consolidación y generación de reportes en formatos Excel, con exportación de datos a intervalos de 15 y 30 minutos como se detalla en los requerimientos.

### **5.2.2. Recomendaciones específicas**

- Desarrollo de reportes personalizados y alertas automatizadas: Incorporar herramientas que permitan a los usuarios configurar y generar reportes a medida, y establecer alertas automáticas sobre transgresiones de frecuencia súbitas y sostenidas, facilitando la detección oportuna de incidencias en la calidad del servicio eléctrico.
- Plan de capacitación estructurado: Programar sesiones formales de capacitación para los usuarios líderes y técnicos, apoyándose en manuales, tutoriales y soporte en línea, tal como se establece en el plan de soporte y capacitación del proyecto.
- Mejora en la interfaz de usuario y soporte técnico: Desarrollar interfaces intuitivas que minimicen la necesidad de soporte recurrente y permitan a los usuarios manejar el aplicativo sin requerir asistencia frecuente, aumentando la autonomía y eficiencia operativa.
- Implementación de un sistema de soporte post-implementación: Establecer un servicio de soporte técnico durante el periodo de garantía y mantenimiento, con el fin de atender y solucionar posibles incidencias o ajustes que optimicen el funcionamiento del aplicativo.
- Validación continua de precisión y confiabilidad: Establecer procesos de validación periódica y mejora continua del cálculo de transgresiones y reportes para garantizar la conformidad con la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos NTCSE y la satisfacción de los usuarios

## **VI. Referencias bibliográficas**

- Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. (2023a). Reporte técnico anual del sistema interconectado nacional. Lima: Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional L.
- Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. (2023b). Informe operativo sobre monitoreo y control de frecuencia eléctrica. Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
- García, L., & Pérez, M. (2020). Automatización de reportes en sistemas eléctricos para la mejora de la medición de frecuencias. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Kumar, V., Sharma, R., & Patel, S. (2021). Agile methodologies in electrical software projects: Comparative analysis between India and Europe. *International Journal of Software Engineering*, 16(4), 112–129.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2020). Plan de digitalización del sector eléctrico 2020–2025. Lima: MINEM.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2021). Informe anual de calidad de los servicios eléctricos. Lima: MINEM.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2022). Lineamientos para la adopción de metodologías ágiles en proyectos tecnológicos del sector público. Lima: MTC.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería). (2020). Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- Project Management Institute. (2021). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK® Guide) (7.<sup>a</sup> ed.). Project Management Institute.
- Rodríguez, J., Salazar, P., & Núñez, R. (2021). Aplicación web para la extracción de datos en tiempo real en subestaciones eléctricas. Universidad Nacional de San Agustín.
- Santos, D., & Castillo, A. (2022). Implementación de metodologías ágiles en proyectos de desarrollo de software en el sector eléctrico. Universidad de Lima.

**Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil**



Sierra-Fernández, J.-M., et al. (2021). Online system for power quality operational data

management in frequency monitoring using Python and Grafana. *Energies*, 14(24),

8304.

Zhang, H., & Lee, J. (2023). Integration of real-time monitoring and analytics systems for

electrical substations. *Energy Informatics Journal*, 7(1), 55–68.

## VII. Anexos

### 7.1. Informe Turnitin

# JUAN CARLOS VILLANUEVA SALDAÑA

## COES Propuesta Automatizacion Reportes Frecuencia - EV4.docx

Instituto San Ignacio de Loyola - ISIL

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::30163:532796356

Fecha de entrega

25 nov 2025, 12:03 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 dic 2025, 9:01 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

COES Propuesta Automatizacion Reportes Frecuencia - EV4.docx

Tamaño del archivo

11.2 MB

81 páginas

16.099 palabras

92.862 caracteres

## 20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

### Fuentes principales

18% Fuentes de Internet

12% Publicaciones

16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

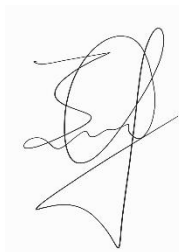
### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Carlos Antonio Sam Anlas (Asesor)

Juan Carlos Villanueva Saldaña (Autor)

## 7.2. Registro de impacto y resultados

### Registro de impacto y resultados

**Tipo de documento:** Trabajo de investigación

#### Título del Trabajo de Investigación o Tesis

“Proyecto de mejora para la automatización de reportes de frecuencias en subestaciones eléctricas que reportan al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional a través de un sistema web interactivo y enfoque ágil”

#### Integrante:

1. Villanueva Saldaña, Juan Carlos

**Asesor:** Sam Anlas, Carlos Antonio

#### Impacto de la investigación

El impacto de una investigación se refiere a los efectos, tanto esperados como inesperados, que esta puede generar, abarcando aspectos económicos, políticos, culturales, ambientales, tecnológicos, sociales, entre otros.

El presente proyecto de mejora genera un impacto directo, positivo y medible en la gestión operativa del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), al transformar un proceso manual, lento y propenso a errores en un sistema digital automatizado, confiable y normativamente alineado.

En primer lugar, el impacto tecnológico es evidente, ya que el sistema web desarrollado moderniza la gestión de reportes de frecuencia mediante la automatización de la captura, procesamiento y generación de información en tiempo real. Esto permite que los especialistas cuenten con reportes inmediatos, precisos y trazables, fortaleciendo la toma de decisiones técnicas y reduciendo la dependencia del soporte de tecnologías de la información.

Desde el punto de vista operativo, el proyecto mejora significativamente la eficiencia institucional, al disminuir los tiempos de generación de reportes, eliminar reprocesos y reducir casi por completo los errores humanos. Este cambio optimiza el uso del tiempo del personal técnico, permitiéndole enfocarse en análisis de mayor valor y no en tareas repetitivas de consolidación de datos.

El impacto normativo es igualmente relevante, ya que la solución asegura el cumplimiento oportuno y estandarizado de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), minimizando el riesgo de incumplimientos, observaciones regulatorias y posibles sanciones. De esta manera, el COES fortalece su rol como entidad garante de la estabilidad del sistema eléctrico nacional.

En el ámbito económico, la automatización genera un ahorro operativo sostenido al reducir costos asociados a horas hombre, reprocesos y retrasos en la entrega de información, lo que se traduce en una gestión más eficiente de los recursos institucionales.

Finalmente, el impacto social se refleja en la mejora indirecta de la confiabilidad del

suministro eléctrico, ya que al contar con un sistema que detecta oportunamente desviaciones de frecuencia, se contribuye a prevenir fallas, proteger la infraestructura eléctrica y garantizar un servicio más estable para la población.

En conjunto, esta investigación no solo moderniza un proceso crítico del sector eléctrico, sino que fortalece la gestión pública, promueve la transformación digital y aporta una solución sostenible que puede ser replicada en otras áreas del sistema eléctrico nacional.

### **Resultado del proceso de investigación**

Los resultados de un proyecto de investigación son los descubrimientos o conclusiones alcanzadas después de realizar el estudio. Estos reflejan los datos obtenidos durante el proceso investigativo y responden a las preguntas o hipótesis formuladas al comienzo del proyecto. Los resultados son fundamentales para evaluar, interpretar y comprender los efectos o la validez de lo investigado.

El desarrollo del presente proyecto de mejora permitió obtener resultados concretos, medibles y alineados con los objetivos planteados, evidenciando que la automatización de los reportes de frecuencia es una solución viable, necesaria y altamente beneficiosa para el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES).

Como resultado del diagnóstico inicial, se identificó que el proceso manual utilizado para la generación de reportes presentaba múltiples limitaciones: altos tiempos de elaboración, frecuentes errores de digitación, dependencia del área de TI para la obtención de información y retrasos en el envío de reportes regulatorios. Esta situación confirmaba la necesidad urgente de una solución tecnológica que optimizara la gestión de la información de frecuencia.

A partir de este diagnóstico, se diseñó y desarrolló un sistema web automatizado que integra la captura de datos en tiempo real, el procesamiento automático de transgresiones de frecuencia y la generación de reportes conforme a la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). El sistema fue construido bajo la metodología ágil Scrum, permitiendo validar progresivamente cada módulo y asegurar que las funcionalidades respondan a las necesidades reales de los usuarios técnicos del COES.

Durante la etapa de validación técnica, el sistema demostró un funcionamiento estable, preciso y confiable, cumpliendo con los requerimientos funcionales definidos y con los criterios normativos exigidos. Los resultados evidenciaron una reducción significativa del tiempo de elaboración de reportes, pasando de varias horas de trabajo manual a pocos minutos de generación automática. Asimismo, se logró disminuir drásticamente la tasa de errores en el registro y consolidación de datos, garantizando reportes más consistentes y auditables.

Otro resultado relevante fue la eliminación de los retrasos en el envío de reportes regulatorios, alcanzando el cumplimiento oportuno del 100% de los plazos establecidos. De igual manera, el sistema permitió centralizar la información histórica de frecuencia en una sola plataforma, facilitando la trazabilidad, auditoría y análisis comparativo de los datos.

Los resultados obtenidos confirman que el proyecto logró cumplir su objetivo general, al reemplazar exitosamente el proceso manual por un sistema automatizado que mejora la eficiencia operativa, fortalece el cumplimiento normativo y eleva la calidad de la información utilizada para la toma de decisiones técnicas en el sistema eléctrico nacional.

### 7.3. Matriz de consistencia

**Tabla 9**

Matriz de consistencia

Componente	Formulación
Realidad problemática	El Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional realiza de forma manual la recopilación y el reporte de datos de frecuencia, lo que genera errores, demoras e incumplimientos frente a la NTCSE.
Propósito (Objetivo general)	Desarrollar e implementar un sistema web automatizado que optimice la generación de reportes de frecuencia en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, reemplazando los procesos manuales actuales y asegurando el cumplimiento de la NTCSE.
Objetivos específicos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Identificar los procesos actuales de recopilación y reporte de datos de frecuencia.</li> <li>2) Diseñar la estructura funcional y técnica del sistema automatizado.</li> <li>3) Presentar un plan de implementación y validación de la propuesta.</li> </ol>
Acciones / Actividades clave	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento de información técnica y observación de procesos (AS-IS).</li> <li>• Diseño de arquitectura y módulos del sistema (TO-BE).</li> <li>• Elaboración del plan de implementación, plan de pruebas (LCP) y validación.</li> </ul>
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico del proceso actual.</li> <li>• Diseño funcional/técnico del sistema automatizado.</li> <li>• Propuesta documentada lista para implementación (plan de proyecto + plan de pruebas + criterios de aceptación).</li> </ul>