



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Reemplazo de medidores antiguos para el control de
pérdidas de energía**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Francisco Lee MARTÍNEZ PRADO

ASESOR

Mg. Justo Reynaldo VILLANUEVA URE

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Martínez, F. (2024). *Reemplazo de medidores antiguos para el control de pérdidas de energía*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Franccesco Lee Martínez Prado
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46671653
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Justo Reynaldo Villanueva Ure
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07910491
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-4317-1685
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jose Luis Mejia Olivas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10053479
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Hipolito Martin Rodriguez Casavilca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	21461869
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Edy Alberto Roman Ccorahua
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06767696
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.4.1 Desarrollo de modelos, simulación y optimización de procesos
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Huarochiri Distrito: Langa Latitud: -12.125855 Longitud: -76.420337
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2022 – Junio 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima I – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

ACTA N°011/FIEE-CTGT/2024

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 31 de enero del 2024, como presidente de Jurado el **MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. HIPOLITO MARTIN RODRIGUEZ CASAVILCA**, el Miembro de Jurado **MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA** y Miembro Asesor el **MG. JUSTO REYNALDO VILLANUEVA URE**

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. **FRANCESCO LEE MARTÍNEZ PRADO** con código N° 12190045 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **REEMPLAZO DE MEDIDORES ANTIGUOS PARA EL CONTROL DE PERDIDAS DE ENERGIA**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de

(17)
Diecisiete

Ciudad Universitaria, 31 de enero del 2024

MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS

Presidente Jurado

MG. HIPOLITO MARTIN RODRIGUEZ CASAVILCA

Miembro Jurado

MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA

Miembro Jurado

MG. JUSTO REYNALDO VILLANUEVA URE

Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

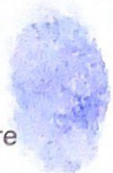
Yo Justo Reynaldo Villanueva Ure en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°011/FIEE-CTGT/2024 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: REEMPLAZO DE MEDIDORES ANTIGUOS PARA EL CONTROL DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, presentado por el bachiller Francesco Lee Martínez Prado, para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 12% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 07910491

Nombres y apellidos del asesor:

Mg. Justo Reynaldo Villanueva Ure



DEDICATORIA

Con gratitud y amor, dedico este trabajo a mis padres y seres queridos, por su constante apoyo y aliento incondicional. Sin ustedes, este logro no sería posible

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a todas las personas que han contribuido a la realización de este informe. Su apoyo y orientación han sido invaluable

RESUMEN

El control de pérdidas de energía eléctrica mediante el reemplazo de medidores implica la instalación de nuevos medidores más precisos y tecnológicamente avanzados. Estos nuevos medidores permiten una medición más exacta del consumo de energía, lo que ayuda a identificar y reducir las pérdidas no técnicas y técnicas.

Así mismo, se también se explica que el reemplazo de medidores de energía eléctrica es parte del procedimiento de supervisión N° 227-2013-OS/CD que permite optar por reemplazar medidores en lugar de contrastarlos.

En resumen, el reemplazo de medidores como medida de control de pérdidas de energía eléctrica ayuda a mejorar la precisión de la medición del consumo, identificar prácticas fraudulentas y cumplir con el procedimiento de supervisión establecido para las empresas distribuidoras de energía eléctrica. Esto conduce a una gestión más eficiente de la energía y a la reducción de pérdidas de energía eléctrica, que se refleja en un beneficio económico para la empresa de Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.

Palabras clave: Reemplazo, medidores, control de pérdidas, reducción de pérdidas, energía eléctrica

ABSTRACT

The control of electrical energy losses through the replacement of meters implies the installation of new, more precise and technologically advanced meters. These new meters allow a more accurate measurement of energy consumption, which helps to identify and reduce non-technical and technical losses.

Likewise, it is also explained that the replacement of electric energy meters is part of the supervision procedure No. 227-2013-OS/CD that allows choosing to replace meters instead of contrasting them.

In summary, the replacement of meters as a measure to control electrical energy losses helps to improve the accuracy of consumption measurement, identify fraudulent practices, and comply with the supervision procedure established for electrical energy distribution companies. This leads to a more efficient management of energy and the reduction of electrical energy losses, which is reflected in an economic benefit for the company Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.

Keywords: Replacement, meters, loss control, loss reduction, electric power

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución – Actividad que desarrolla	3
2.2 Periodo de duración de la actividad.....	5
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	5
2.3.1 Visión.....	5
2.3.2 Misión	6
2.4 Razón social.....	7
2.5 Dirección postal	8
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.	8
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	9
3.1 Organización de la actividad.....	9
3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad	10
3.2.1 Finalidad.....	10
3.2.2 Objetivos. Objetivo general y específico	10
3.2.2.1 Objetivo general	10
3.2.2.2 Objetivo específico	10
3.3 Problemática.....	11
3.3.1 Problema General	11
3.3.2 Problemas Específicos	11
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	11
3.4 Metodología	13
3.4.1 Bases teóricas.....	13
3.4.2 Marco conceptual	15
3.5 Procedimiento	17
3.5.1 Identificación de oportunidades de mejora	17
3.5.2 Revisión de la base de datos	19
3.5.3 Planificación	22
3.5.4 Ejecución.....	25

3.6	Resultado de la actividad	30
3.7	Evaluación económica	34
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.....		38
4.1	Justificación	38
4.2	Conclusiones	40
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES.....		42
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA		44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Departamentos de concesión ADINELSA - Fuente: Propia	4
Figura 2. Beneficiaria con acceso a energía eléctrica - Fuente: Propia	6
Figura 3. Alumbrado público en centro poblados - Fuente: Propia	7
Figura 4. Personal ejecutando reemplazo de medidores - Fuente: Propia....	13
Figura 5. Personal de oficina móvil informando - Fuente: Propia.....	24
Figura 6. SER seleccionados para reemplazar medidores - Fuente: Propia	25
Figura 7. Distribución de localidades en el SER Cajatambo - Fuente: Propia	26
Figura 8. Distribución de localidades en el SER Canta - Fuente: Propia.....	27
Figura 9. Distribución de localidades en el SER Huarochiri - Fuente: Propia	27
Figura 10. Distribución de localidades en el SER Tambo Quemado - Fuente: Propia	28
Figura 11. Tipo de medidor utilizado para el reemplazo - Fuente: Propia	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pérdidas técnicas de energía de distribución anual 2021	18
Tabla 2. Parque de medidores por Sistema eléctrico rural ADINELSA diciembre 2021.....	20
Tabla 3. Cantidad de medidores por rango de tiempo - ADINELSA 2021....	22
Tabla 4. Cantidad de medidores proyectado a reemplazo por SER.....	23
Tabla 5. Cantidad por marca de medidores electromecánicos reemplazados - ADINELSA 2022	29
Tabla 6. Valores de pérdidas en las bobinas de voltaje y corriente de cada marca.....	31
Tabla 7. Pérdidas de energía por cada marca y cantidad de medidores.....	31
Tabla 8. Pérdidas de energía de los medidores electrónicos STAR	32
Tabla 9. Pérdidas de energía técnica de distribución anual con ejecución del proyecto.....	33
Tabla 10. Costo de contraste de medidores en campo	34
Tabla 11. Cuadro de costos de reemplazo de medidores	35
Tabla 12. Cuadro de comparación de costos y ahorro de actividad	35
Tabla 13. Cálculo del ahorro de energía anual en soles (S/.)	36
Tabla 14. Rentabilidad económica total a largo plazo del proyecto en soles (S/.)	37

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de energía se presentan como la disparidad existente entre la cantidad de energía que se introduce inicialmente en la red y la cantidad finalmente registrada y facturada a los usuarios. En el ámbito del transporte de energía, estas pérdidas desempeñan un papel crucial al ofrecer un reflejo claro del grado de eficiencia técnica alcanzado en los sistemas de transmisión y distribución. Estas pérdidas, técnicamente denominadas "pérdidas técnicas", no solo son un indicador de la eficiencia operativa de las empresas eléctricas, sino que también constituyen un elemento fundamental en la evaluación del rendimiento general de estas entidades en la gestión y distribución de la energía eléctrica.

En virtud del vasto y significativo impacto económico que conllevan las pérdidas eléctricas, ADINELSA ha procedido a establecer un área especializada en el control y reducción de pérdidas. Esta área ostenta la responsabilidad primordial de llevar a cabo una exhaustiva identificación de las pérdidas en todas las fases del proceso eléctrico, incluyendo generación, transmisión y distribución, al mismo tiempo que realiza un minucioso análisis de la información recopilada. A través de este análisis meticuloso, se logra discernir con precisión los puntos críticos que requieren atención inmediata, lo que, a su vez, sienta las bases para la formulación de estrategias y acciones de mejora diseñadas para abordar y mitigar eficazmente las pérdidas en cuestión.

El informe se ha estructurado de manera detallada, dividiéndose en varios capítulos con el fin de ofrecer una visión completa de la actividad y los resultados obtenidos. Los capítulos se organizan de la siguiente manera:

En el capítulo I, se proporciona una descripción pormenorizada de la actividad llevada a cabo en la empresa, junto con una concisa exposición de la estructura general del presente informe.

El capítulo II se centra en ofrecer una amplia descripción del entorno en el que se desarrolló la experiencia. En este capítulo, se detalla la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A., incluyendo su misión, visión, organización y área de desarrollo. Además, se explora en detalle la experiencia profesional adquirida durante la colaboración con la empresa.

En el capítulo III, se procede a una exposición detallada de los objetivos, alcance, etapas y metodología empleada en el informe. Se incluyen todas las bases teóricas necesarias para entender la cuantificación de la reducción de pérdidas de energía eléctrica mediante la actividad de reemplazo de medidores electromecánicos.

El capítulo IV presenta los resultados y cálculos relativos a la disminución de pérdidas de energía eléctrica derivadas de la ejecución de la actividad en el año 2022-I. Se ofrece una breve descripción de los sistemas eléctricos que han sido objeto de estudio y se concluye el informe con las conclusiones y recomendaciones resultantes de esta experiencia profesional.

La estructura detallada de estos capítulos asegura una comprensión exhaustiva de la actividad y sus implicaciones, proporcionando una visión integral de los logros y hallazgos obtenidos en el proceso.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución – Actividad que desarrolla

La empresa distribuidora, en su calidad de prestadora de servicios esenciales, se dedica a ofrecer un amplio espectro de servicios que abarcan la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Estos servicios se prestan tanto en el marco de una concesión de servicio público como en el contexto de contratación libre, brindando opciones y flexibilidad a sus clientes dentro de su área de concesión.

Los sistemas eléctricos operados por esta empresa se encuentran geográficamente distribuidos en un total de 11 regiones, lo que permite abarcar una extensa área de influencia. Estas regiones incluyen zonas de vital importancia, como la serranía de Lima, Ica, el norte de Arequipa, así como el sur de Ayacucho y Huancavelica. La capacidad de distribución de energía eléctrica en estas regiones desempeña un papel crucial en el desarrollo y bienestar de las comunidades atendidas, respaldando sus necesidades energéticas y promoviendo un funcionamiento eficiente de las redes eléctricas en estas áreas geográficas diversificadas.

Es importante destacar que esta empresa, la cual opera en el sector de la electricidad, se caracteriza por su condición de ser una entidad de servicio público y de economía mixta. Como tal, su estructura y operaciones se rigen por una combinación de intereses públicos y privados, lo que le permite contribuir de manera efectiva al desarrollo sostenible de la región en la que presta sus servicios.

En este contexto, es relevante señalar que esta empresa es una de las muchas organizaciones que se encuentran dentro del ámbito de regulación y

supervisión del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (Fonafe). La inclusión en este marco regulador demuestra su compromiso con la transparencia, la rendición de cuentas y la eficiencia en la gestión de recursos, y garantiza que sus operaciones cumplan con los estándares y objetivos establecidos por las autoridades correspondientes.

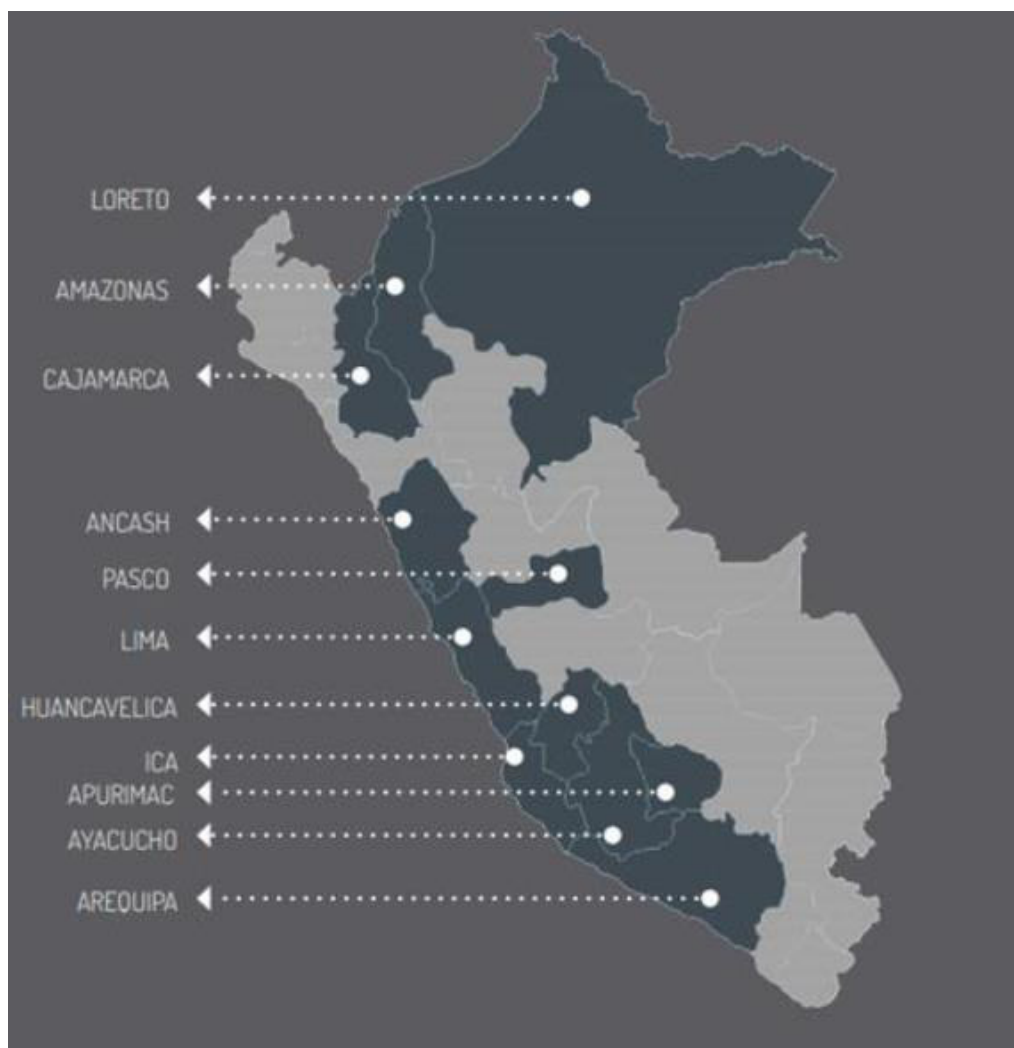


Figura 1. Departamentos de concesión ADINELSA - Fuente: Propia

A través de su posición como una entidad de economía mixta y su adhesión a la supervisión de Fonafe, esta empresa se consolida como un actor clave en el panorama de la prestación de servicios eléctricos, trabajando en

beneficio tanto de sus accionistas como del interés público, y desempeñando un papel vital en el progreso y bienestar de la comunidad a la que sirve.

2.2 Periodo de duración de la actividad.

El desarrollo de la actividad se realizó durante el primer semestre del año 2022, abarcando un proceso que se extendió desde la fase inicial de planificación que se inició en el mes de enero de dicho año, hasta culminar con la fase de ejecución y la consecuente obtención de resultados, que se llevó a cabo en el mes de junio del mismo año. Durante este período, se realizaron una serie de etapas y acciones planificadas con meticulosidad para garantizar el éxito y la eficacia de la actividad en cuestión, lo que contribuyó significativamente a la consecución de los objetivos establecidos.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

2.3.1 Visión

Nuestra visión es ser ampliamente reconocida como una empresa de energía moderna, que destaque por su compromiso inquebrantable con la prestación de servicios de calidad de manera sostenible y responsable. A través de esta misión, aspiramos a ser un motor de progreso y bienestar, aportando de manera significativa a la mejora de la calidad de vida de las poblaciones rurales a las que servimos. Creemos que la energía es un pilar fundamental para el desarrollo, y estamos dedicados a desempeñar un papel esencial en la construcción de un futuro más brillante y sostenible para todas las comunidades a las que llegamos.



Figura 2. Beneficiaria con acceso a energía eléctrica rural - Fuente: Propia

2.3.2 Misión

En nuestra identidad como empresa de energía, mantenemos firmes nuestros valores, que actúan como pilares fundamentales que guían nuestras acciones y decisiones diarias. Nuestro compromiso no solo se limita a la prestación de servicios de calidad, sino que se extiende a la generación de valor en tres dimensiones esenciales: económica, social y ambiental, con el claro propósito de contribuir al desarrollo integral de nuestro país.

Desde la perspectiva económica, nuestra labor incide de manera positiva en el crecimiento económico, promoviendo la inversión y la generación de empleo. A nivel social, fomentamos la cohesión comunitaria y la mejora de la calidad de vida de las personas en las regiones que atendemos, abogando por la equidad y la inclusión. Por último, en el ámbito ambiental, asumimos la responsabilidad de minimizar nuestro impacto ecológico y promover prácticas sostenibles, con un firme compromiso hacia un futuro más verde y respetuoso con el entorno.



Figura 3. Alumbrado público en centro poblado rural - Fuente: Propia

Este enfoque integral de nuestra misión no estaría completo sin nuestro compromiso inquebrantable con la mejora continua. Buscamos constantemente superarnos y evolucionar en todos los aspectos de nuestras operaciones para ofrecer un servicio de vanguardia. Además, entendemos que nuestro capital humano es un activo invaluable, y por tanto, nos esforzamos en proporcionar condiciones laborales óptimas que promuevan el desarrollo y el bienestar de nuestros colaboradores. En resumen, somos mucho más que una empresa de energía; somos un agente de cambio y progreso, un motor económico, un agente social activo y un protector del medio ambiente, todo ello impulsado por nuestros valores y enmarcado en una búsqueda constante de excelencia y bienestar para todos los involucrados.

2.4 Razón social

Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.(ADINELSA)

2.5 Dirección postal

Av. Prolongación Pedro Miotta N° 421 - San Juan de Miraflores, Lima

2.6 Correo electrónico del profesional a cargo

Christian Pisconte Franco (cpisconte@adinelsa.com.pe)

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo proporcionar una explicación exhaustiva del método empleado por el equipo de ingeniería para cuantificar la disminución de la energía eléctrica, como resultado de una de las actividades asignadas al área de control y reducción de pérdidas de energía. Esta actividad se centra en el reemplazo de medidores obsoletos, incluyendo tanto medidores electromecánicos como electrónicos. Este proceso se alinea con el cumplimiento del "Procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica" N° 227-2013-OS/CD, y, como resultado, se traduce en un beneficio económico significativo para la empresa.

El trabajo que presentamos se estructura en tres etapas claramente definidas, cada una de las cuales desempeña un papel crucial en la consecución de los objetivos del proyecto:

La primera etapa se enfoca en la identificación y clasificación del parque de medidores según su antigüedad y tipo. Durante esta fase, se llevará a cabo un análisis detallado para determinar cuáles son los medidores que requieren ser reemplazados. Este proceso permitirá identificar las zonas específicas donde se llevará a cabo la actividad de reemplazo.

La segunda etapa se concentra en la planificación del proyecto. Aquí, se detallará minuciosamente la ejecución del reemplazo de medidores y se comparará con lo proyectado inicialmente. Esta fase es esencial para garantizar que el proyecto se desarrolle de acuerdo con las metas y plazos establecidos.

La tercera etapa aborda el cálculo de la disminución de pérdidas de energía eléctrica, junto con la obtención y análisis de los resultados finales del proyecto. Estos resultados proporcionarán una visión clara de los beneficios económicos derivados del reemplazo de medidores y permitirán el cierre exitoso del proyecto.

En conjunto, estas tres etapas forman un proceso completo que no solo cuantifica la disminución de pérdidas de energía eléctrica, sino que también garantiza la eficacia y la eficiencia en la gestión de esta importante actividad.

3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad

3.2.1 Finalidad

Mejorar el índice de pérdidas de energía anual en la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.

3.2.2 Objetivos. Objetivo general y específico

3.2.2.1 Objetivo general

Reemplazo de medidores electromecánicos por medidores electrónicos de menor consumo en circuito de corriente y tensión.

3.2.2.2 Objetivo específico

Cuantificar la disminución de pérdidas de energía anual que representa la ejecución de la actividad.

Cumplimiento del programa semestral establecido en el “procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD” optando reemplazar el 5%

del total de medidores que se encuentran bajo administración de la concesionaria.

3.3 Problemática

3.3.1 Problema General

¿Cómo ejecutar el control y reducción de las pérdidas de energía eléctrica en la actividad de reemplazo de medidores antiguos?

3.3.2 Problemas Específicos

¿Cuál es la disminución del porcentaje de pérdidas de energía anual que representa la ejecución de la actividad?

¿Cómo lograr el cumplimiento del programa semestral establecido en el “procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD” optando reemplazar el 5% del total de medidores que se encuentran bajo administración de la concesionaria?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

El informe que presentamos a continuación tiene como finalidad ofrecer una visión integral del proceso de gestión de cambio de medidores antiguos empleado por el área de control de pérdidas de energía, además de identificar, proponer alternativas y soluciones dirigidas a la reducción de las pérdidas de energía eléctrica para las empresas distribuidoras. Este desafío cobra una complejidad añadida debido a la peculiar geografía rural de Perú, donde nuestra entidad, ADINELSA, presta servicios eléctricos.

Desde una perspectiva práctica, la justificación detrás de este enfoque radica en la optimización de una tarea intrincada: la reducción de pérdidas de energía, en cumplimiento del requisito de reemplazar el 5% de los medidores, según lo establecido en el "Procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD". Estos reemplazos se consideran esenciales para el cumplimiento del procedimiento mencionado y se contabilizan como una medida de contraste de medidor con antigüedad mayor de 10 años, que no solo apunta a una mejor calidad de servicio, sino también a un control más preciso de la energía registrada, proporcionado por los medidores electrónicos en comparación con los modelos electromecánicos. (OSINERGMIN, 2013)

La justificación teórica subyacente en este informe radica en la necesidad de comprender más profundamente el impacto de la transición de los medidores electromecánicos a los electrónicos. Este entendimiento se basa en resultados concretos, como el ahorro de energía eléctrica y los beneficios económicos asociados. La evaluación teórica no solo arroja luz sobre el valor intrínseco de esta acción, sino que también proporciona un fundamento sólido para las decisiones futuras relacionadas con la gestión de energía, la inversión y la planificación estratégica.



Figura 4. Personal ejecutando reemplazo de medidores - Fuente: Propia

3.4 Metodología

3.4.1 Bases teóricas

1.-Rudy Paricahua y Gilbert Fernandez - “Estudio y análisis de una metodología para la estimación de pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de puno 2017”, la tesis constituye una contribución valiosa en el ámbito de la gestión de energía eléctrica. Su enfoque se centra en el análisis de las pérdidas de energía en sistemas de media tensión y baja tensión de la empresa Electro Puno en el año 2017. Este estudio exhaustivo aborda con profundidad la problemática de las pérdidas técnicas en la distribución de energía eléctrica, proporcionando una evaluación precisa de la situación en esa región específica. El análisis culmina con un plan estratégico orientado a mantener el nivel de pérdidas en niveles óptimos, basado en los hallazgos y resultados del proyecto de investigación. La importancia de esta tesis radica en su potencial para informar y guiar las decisiones y políticas de gestión de energía, ya que

su metodología y enfoque podrían ser aplicables en otros contextos similares. Además, ofrece una perspectiva valiosa sobre cómo abordar y mitigar las pérdidas de energía, lo que resulta en una gestión más eficiente de los recursos energéticos y, en última instancia, en un impacto económico y ambiental positivo

2.- Teran Candia, Juan Carlos – “Análisis de pérdidas en medidores de energía eléctrica monofásicos electromecánicos en el sistema ELFEOSA”, El informe plantea ecuaciones y lleva a cabo pruebas de análisis en las conexiones existentes, específicamente, pruebas de análisis de carga resistiva e inductiva. Se realiza una comparación entre los datos obtenidos de los medidores y los datos calculados de manera analítica, sujetos a verificación. Se observa que los medidores electromecánicos registran un porcentaje de pérdidas significativamente alto en comparación con los medidores electrónicos utilizados como referencia. Frente a estas evidentes pérdidas técnicas, la acción principal consiste en la utilización adecuada de los equipos destinados a la medición de energía eléctrica trifásica. En este contexto, se presenta un análisis y simulación del circuito propuesto, incluyendo pruebas de análisis de carga resistiva e inductiva en la conexión sugerida. Es importante destacar que los registros de potencia y energía que difieren de los valores reales de las cargas analizadas están influenciados de manera significativa por los medidores electromecánicos de energía eléctrica, ya que estos presentan un porcentaje considerable de pérdidas en el registro de energía eléctrica. Por lo tanto, se confirma que la propuesta presentada se considera una solución aplicable para abordar la necesidad de mejorar la distribución de carga monofásica residencial y utilizar equipos de medición con características de registro de energía eléctrica superiores, como los medidores electrónicos.

3.- Wilder Marca y Henry Vilca - “Estudio de discriminación de pérdidas de energía eléctrica en los sistemas eléctricos de la empresa electro puno S.A.A. - 2017”, la tesis representa un valioso aporte al campo de la gestión de energía eléctrica. Su principal objetivo es la realización de

un estudio exhaustivo que aborde la discriminación de las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas eléctricos de la empresa. La metodología aplicada en esta investigación, basada en un enfoque cuantitativo, tiene como fundamento la información proporcionada por la propia empresa. Los resultados de este estudio ponen de manifiesto que los niveles de pérdidas de energía exceden los estándares establecidos por la empresa. La importancia de esta tesis radica en su capacidad para identificar y cuantificar de manera precisa las fuentes de pérdida de energía eléctrica en los sistemas eléctricos de la empresa Electro Puno. Los hallazgos y conclusiones obtenidos sirven como base para implementar estrategias de mejora y corrección que impacten positivamente en la eficiencia de la distribución de energía, lo que a su vez puede traducirse en beneficios económicos y medioambientales.

3.4.2 Marco conceptual

1.- Pérdidas en los sistemas de medición de energía eléctrica: Se pueden derivar de múltiples causas, entre las que se incluyen errores de medición, fugas en los medidores, robo de energía y fallos en la lectura y registro de los datos. Estas pérdidas, más allá de su impacto financiero significativo en las empresas de servicios públicos, pueden tener repercusiones que afectan la exactitud de la facturación de los servicios prestados a los clientes.

2.- Gestión de reducción de pérdidas: representa un enfoque integral dirigido a la identificación, medición y control de las pérdidas en los sistemas de medición de energía eléctrica. Este enfoque involucra la implementación de diversas actividades y estrategias que incluyen el monitoreo de posibles fugas, la detección de fraudes, la auditoría exhaustiva de medidores y la gestión eficaz de los datos registrados. Estas prácticas son fundamentales para mantener la integridad y eficiencia del sistema de medición. (Marca Astete & Vilca Flores, 2021)

3.- El proceso de reemplazo de medidores: Se refiere a la sustitución de medidores antiguos o defectuosos por nuevos dispositivos más precisos y avanzados. Esta acción puede formar parte de una estrategia global de modernización de la infraestructura o ser una medida específica orientada a reducir las pérdidas de energía y a mejorar la eficiencia de los sistemas de medición. La inversión en medidores más modernos es esencial para garantizar mediciones exactas.

4.- Medidor electromecánico: Es un dispositivo de medición en el cual las corrientes eléctricas que transitan por arrollamientos estacionarios generan una respuesta en las corrientes eléctricas inducidas en el elemento conductor móvil, comúnmente representado por un disco. Este fenómeno da lugar a un desplazamiento que guarda proporción con la cantidad de energía que se pretende medir. (Teran Candia, 2014)

5.- Medidor electrónico: Es un dispositivo avanzado diseñados para medir y registrar el consumo de energía eléctrica de manera precisa y eficiente. A diferencia de los medidores electromecánicos más tradicionales, los medidores electrónicos emplean tecnología electrónica para realizar mediciones y ofrecen diversas características y beneficio. Este avance tecnológico simplifica la detección de posibles anomalías y la identificación de potenciales pérdidas de energía.

6.- Medidores inteligentes: dispositivos que disponen de diversas tecnologías que desempeñan un papel esencial. Entre estas tecnologías destacan los sistemas de telemetría, que permiten un monitoreo remoto en tiempo real; la detección de fugas y fraudes, mediante la identificación de comportamientos anómalos en el consumo; análisis avanzado de datos, que utiliza técnicas avanzadas para identificar patrones; sistemas de gestión de la demanda, que permiten una administración eficiente de la energía; y programas de concientización y educación para los consumidores, que fomentan un uso responsable y consciente de la energía. (Zegarra Pinto, 2017)

7.- Programa semestral de contraste: Definido en el "procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica" N° 227-2013-OS/CD. Dicho programa establece la obligación de contrastar al menos el 5% del total de medidores administrados con una antigüedad igual o superior a diez (10) años. Además, se brinda la opción a la concesionaria de reemplazar medidores en lugar de contrastarlos, con estos reemplazos siendo contabilizados como contraste, lo que contribuye al cumplimiento de este procedimiento.

8.- El análisis de datos y la detección de anomalías: Emergen como prácticas esenciales para la identificación temprana de posibles pérdidas de energía o fraudes. La explotación de los datos procedentes de los nuevos medidores y sistemas de gestión de la información se convierte en una herramienta fundamental para identificar patrones inusuales o fluctuaciones en el consumo de energía. Esta capacidad permite una respuesta rápida y eficaz para mitigar las pérdidas, preservando la integridad del sistema de medición y garantizando la precisión en la facturación de los servicios.

3.5 Procedimiento

El proyecto se dividirá en múltiples procesos cuidadosamente diseñados que se ejecutarán de manera secuencial y coordinada. Este enfoque secuencial es fundamental para garantizar que los objetivos específicos de cada fase se alcancen de manera efectiva y que, en última instancia, se logren los objetivos generales del proyecto en su totalidad.

3.5.1 Identificación de oportunidades de mejora

El departamento de control y reducción de pérdidas de ADINELSA, mediante el exhaustivo análisis de los datos recopilados a lo largo del año 2021, ha identificado y cuantificado las pérdidas técnicas de

distribución, alcanzando un total de 3,024.62 megavatios-hora (MW-H) de energía eléctrica en los 35 sistemas eléctricos rurales gestionados por la empresa.

Estas pérdidas técnicas se desglosan detalladamente según las distintas etapas del proceso de distribución, abarcando la media tensión, los transformadores de media a baja tensión (MT/BT) y la baja tensión. Este análisis proporciona una visión integral de las áreas específicas donde se registran las pérdidas, permitiendo así una focalización estratégica para futuras iniciativas de optimización y mejora en la eficiencia del sistema de distribución de energía eléctrica. (Paracahua Pacori & Fernandez Huanca, 2017)

El índice de pérdidas técnicas, calculado en un 7.01%, engloba la totalidad de las adquisiciones en media tensión realizadas en diversos puntos de compra. Asimismo, es relevante destacar que las pérdidas técnicas generadas por el conjunto de medidores electromecánicos durante el año 2021 ascienden a 594.12 megavatios-hora (MW-H), representando un 1.38% del total de pérdidas técnicas registradas en el mismo período.

Tabla 1. Pérdidas técnicas de energía de distribución anual 2021

	ADINELSA 2021
Perdida Técnica Distribución	3,024.62 MW-H
% de perdidas técnica Distribución	7.01%
Pérdidas Técnicas MT	1,053.00 MW-H
% de pérdidas Técnicas MT	2.44%
<i>Pérdidas en línea MT</i>	644.01 MW-H
	1.49%
<i>Pérdidas en aisladores</i>	408.99 MW-H
	0.95%
Pérdidas Transformadores MT/BT	801.84 MW-H
% de pérdidas Transformador	1.86%
<i>Pérdidas en el Cu.</i>	333.47 MW-H
	0.77%
<i>Pérdidas en el Fe.</i>	468.37 MW-H
	1.09%
Pérdidas Técnicas BT	1,169.78 MW-H
% de pérdidas Técnicas BT	2.71%
Redes BT	224.29 MW-H
	0.52%

Acometidas	27.94 MW-H	0.06%
Medidores	917.55 MW-H	2.13%
<i>Pérdidas Electromecánicos</i>	594.12 MW-H	1.38%
<i>Pérdidas Electrónicos</i>	323.42 MW-H	0.75%

La representación de las pérdidas generadas por los medidores electromecánicos destaca como el segundo mayor porcentaje de las pérdidas técnicas en distribución, especialmente en el ámbito de baja tensión.

Este análisis resalta la importancia de tomar medidas proactivas para reducir el impacto de estos medidores en el porcentaje total de pérdidas técnicas en la red de distribución eléctrica. Implementar acciones específicas dirigidas a la optimización y modernización de los medidores electromecánicos podría ser clave para mejorar la eficiencia y minimizar las pérdidas técnicas en áreas específicas del sistema eléctrico.

Dada la dispersión de los medidores electromecánicos en numerosas localidades rurales gestionadas por ADINELSA, resulta imperativo iniciar el procedimiento de reemplazos de estos medidores. El objetivo principal de este proceso es reducir las pérdidas técnicas de energía eléctrica, maximizando así la eficiencia y la gestión integral del suministro eléctrico en estas diversas ubicaciones geográficas.

3.5.2 Revisión de la base de datos

Durante esta etapa del proyecto, se llevará a cabo un exhaustivo proceso de identificación y conteo de los suministros activos que cuenten con medidores electromecánicos en los diversos sistemas eléctricos rurales (SER). Este análisis se basará en la información recopilada hasta diciembre del año 2021, y su objetivo principal será asegurar la conformidad con el requisito de reemplazo del 5% de la

totalidad de medidores con una antigüedad mayor de 10 años, tal como se establece en el procedimiento N° 227-2013-OS/CD.

Se procederá a realizar un análisis detallado de los posibles escenarios para la sustitución de medidores, teniendo en cuenta la compleja geografía rural del Perú y las particularidades asociadas. Este enfoque meticuloso y bien planificado sienta las bases para el éxito y la eficacia en el logro de los objetivos del proyecto. (Zapata Lalupú, 2019)

Tabla 2. Parque de medidores por Sistema eléctrico rural ADINELSA diciembre 2021

SISTEMA ELECTRICO RURAL	Cantidad de medidores	
	Electromecánicos	Electrónicos
SER QUICACHA	630	966
SER MARCABAMBA	159	821
SER CORACORA I-II	4986	3942
SER CORACORA	453	73
SER AYACUCHO SUR	725	62
SER ACARI-CHALA	4214	452
SER TAMBO QUEMADO	958	344
SER CANGALLO V ETAPA	261	2
SER CHUQUIBAMBA -CHACHAS	118	455
SER ASQUIPATA	172	160
SER LUNAHUANA	534	3219
SER YAUYOS	21	111
SER HONGOS	587	1797
SER QUILMANA	166	74
SER YAUCA DEL ROSARIO	73	539
SER PAMPA CONCON TOPARA	1892	630
SER HUMAY PAMPANO	951	188
SER CASTROVIRREYNA	896	1047
SER CANAN FERMIN TANGUIS	24	111
SER HUAROCHIRI	2043	5554
SER QUINCHES	935	1815
SER CANTA	649	1353
SER CALANGO	251	28
SER PASCO RURAL HUACHON	79	789
SER DATEM DEL MARAÑON	191	433
SER CHARAPE	109	435
SER GRACIAS A DIOS	30	244
SER CHACAS	1	820
SER PURMACANA - BARRANCA	134	2852
SER HUAURA SAYAN	94	2313
SER CAJATAMBO	1330	3526
SER SANTA LEONOR	1949	1686
SER IHUARI	967	142
SER GUADALUPE Y SANTA FE	7	475
SER PAMPA DE ANIMAS	0	356
TOTAL	26589	37814

Mediante el análisis de la tabla N° 1, se procede a la identificación de aquellos Sistemas Eléctricos Rurales (SERs) en los cuales se registra una concentración significativa de medidores electromecánicos. En particular, se destaca que los SERs de Coracora, Acari-Chala y Huarochirí presentan una notoria preponderancia en términos de la cantidad de suministros eléctricos equipados con medidores de tipo electromecánico. Este hallazgo constituye una base sólida y esencial para la posterior toma de decisiones y planificación de estrategias encaminadas a la mejora de la eficiencia en la gestión de la energía eléctrica en estos SERs.

Conforme a las directrices establecidas en el programa semestral de contraste, identificado como N° 227-2013-OS/CD, se determina que es necesario llevar a cabo la planificación para el reemplazo de al menos el 5% de la totalidad de los medidores (64 403 suministros activos). Siguiendo esta premisa, se ha calculado que con la sustitución de un mínimo de 3,221 medidores, se estaría cumpliendo con el procedimiento mencionado anteriormente. Este enfoque de cumplimiento es una medida de seguridad adicional que garantiza que se alcance el umbral requerido de reemplazo de medidores de manera efectiva y que se sigan las normativas establecidas para la gestión eficiente de la energía eléctrica en el sistema.

Para el primer semestre del año 2022, se planificó y proyectó un ambicioso programa de reemplazo que contempla la sustitución de un total de 3,500 medidores electromecánicos. Este plan estratégico tiene como objetivo la renovación de aproximadamente el 13% de la totalidad de los medidores electromecánicos actualmente en uso. Esta iniciativa representa un compromiso sólido con la modernización y mejora continua de los sistemas de medición de energía eléctrica, contribuyendo de manera significativa a la eficiencia y mejora en el índice de pérdidas de energía eléctrica en la distribución.

3.5.3 Planificación

Como parte de la fase inicial del proyecto, se llevó a cabo una minuciosa planificación y se procedió a la cuidadosa selección del Sistema Eléctrico Rural (SER) en el cual se ejecutaría el cambio de medidores electromecánicos. Esta elección se basó en criterios fundamentales que incluyeron la evaluación de la antigüedad de los medidores actualmente en funcionamiento en el terreno. Para ello, se realizó un riguroso conteo y clasificación de la cantidad de medidores de acuerdo con sus respectivos años de antigüedad. Este proceso de planificación y selección representa una etapa crítica en el proyecto, ya que sienta las bases para una implementación exitosa y eficaz de las mejoras en la gestión de energía eléctrica.

Tabla 3. Cantidad de medidores por rango de tiempo - ADINELSA 2021

ELECTROMECAÁNICO				
Rango de Tiempo	1ø	3ø	Total	Incidencia %
1 a 10 años	0	0	0	0.00%
11 a 20 años	10,825	8	10,833	40.74%
21 a 30 años	15,731	25	15,756	59.26%
>31 años	0	0	0	0.00%
Total	26,556	33	26,589	100%

Para llevar a cabo el proceso de reemplazo de medidores, se ha establecido una selección minuciosa de los medidores electromecánicos que superan los 21 años de antigüedad. Dado el contexto de la geografía rural que abarca la concesión de ADINELSA, se ha decidido centrar esta fase en la renovación de cuatro sistemas eléctricos rurales específicos. Estos sistemas han sido identificados como SER CAJATAMBO (con una cantidad de 1,200 medidores a reemplazar), SER CANTA (proyectado a reemplazar 600 medidores),

SER HUAROCHIRI (proyectado a reemplazar 1,200 medidores), y SER TAMBO QUEMADO (proyectado a reemplazar 500 medidores), así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Cantidad de medidores proyectado a reemplazo por SER

SISTEMA ELÉCTRICO RURAL	Medidores Electromecánicos existentes	Medidores proyectados a reemplazar
SER CAJATAMBO	1330	1200
SER CANTA	649	600
SER HUAROCHIRÍ	2043	1200
SER TAMBO QUEMADO	958	500

En virtud de la geografía rural y las condiciones post pandemia, se contempla que no se logrará alcanzar el 100% del reemplazo en cada sistema eléctrico rural. Esto se debe a diversas razones, entre las cuales se incluyen la falta de infraestructura vial en algunas localidades, lo que dificulta el traslado y acceso a determinadas áreas. Además, existen comunidades aisladas que, por medidas de precaución post pandemia, no permiten el ingreso de personas ajenas, ya que temen el riesgo de contagio.

Adicionalmente, la presencia de usuarios que se oponen al reemplazo de medidores electromecánicos representa otro desafío. Estos usuarios pueden tener diversas razones para resistirse al cambio, como la falta de comprensión sobre los beneficios del nuevo sistema, preocupaciones de privacidad o simplemente una resistencia al cambio en sí misma.

En este contexto, es necesario adoptar enfoques flexibles y estrategias adaptativas para abordar las complejidades geográficas y las circunstancias particulares de cada comunidad. ADINELSA mediante el departamento comercial y de promoción vienen desarrollando estrategias de comunicación específicas, programas de concientización adaptados a las preocupaciones locales y la

colaboración estrecha con las autoridades y líderes comunitarios para garantizar una aceptación positiva del reemplazo de medidores electromecánicos.



Figura 5. Personal de oficina móvil informando - Fuente: Propia

Esta estrategia de selección y focalización garantiza un enfoque preciso y efectivo en la modernización de los medidores más antiguos, lo que a su vez contribuye al cumplimiento de los objetivos del proyecto en un entorno geográfico diverso y desafiante.



Figura 6. SER seleccionados para reemplazar medidores - Fuente: Propia

3.5.4 Ejecución

La actividad de reemplazo de medidores electromecánicos por la empresa concesionaria se llevó a cabo de manera exitosa. Sin embargo, debido a la ubicación geográfica de algunas localidades y las dificultades de acceso a ciertos suministros eléctricos, se logró ejecutar el 98.25% de la cantidad originalmente proyectada. Se procederá a describir de forma concisa el reemplazo por sistema eléctrico rural.

Sistema Eléctrico Rural Cajatambo, se llevó a cabo el reemplazo de 1,181 medidores electromecánicos. Esta tarea se enfrentó a desafíos significativos derivados de la geografía accidentada de la zona y la limitada accesibilidad a algunas localidades. En este caso, es necesario utilizar medios de transporte alternativos, como motocicletas o caballos, debido a la falta de un sistema vial adecuado.

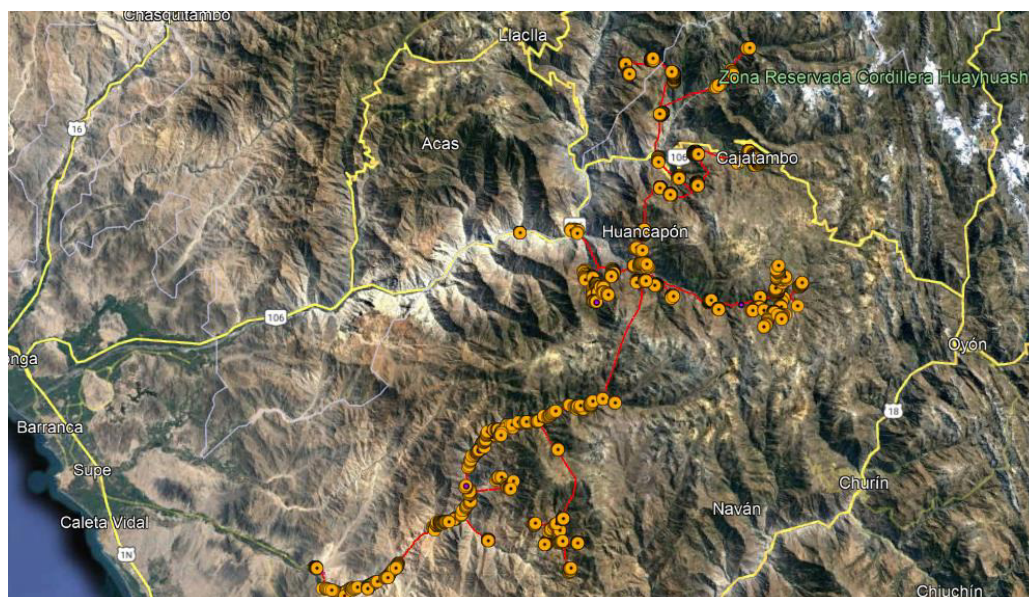


Figura 7. Distribución de localidades en el SER Cajatambo - Fuente: Propia

Este tipo de situaciones resalta la importancia de adaptar las estrategias de implementación a las características específicas de cada entorno geográfico, asegurando así el éxito de futuros proyectos en contextos desafiantes

Sistema Eléctrico Rural Canta, se logró el reemplazo de 600 medidores electromecánicos, alcanzando la proyección inicialmente establecida. Este éxito se debe en gran medida a la distribución geográfica favorable, con una baja cantidad de localidades y una concentración mayoritaria de medidores electromecánicos en áreas más grandes, demostrando la importancia de considerar las características específicas de cada sistema eléctrico rural al diseñar estrategias de implementación.

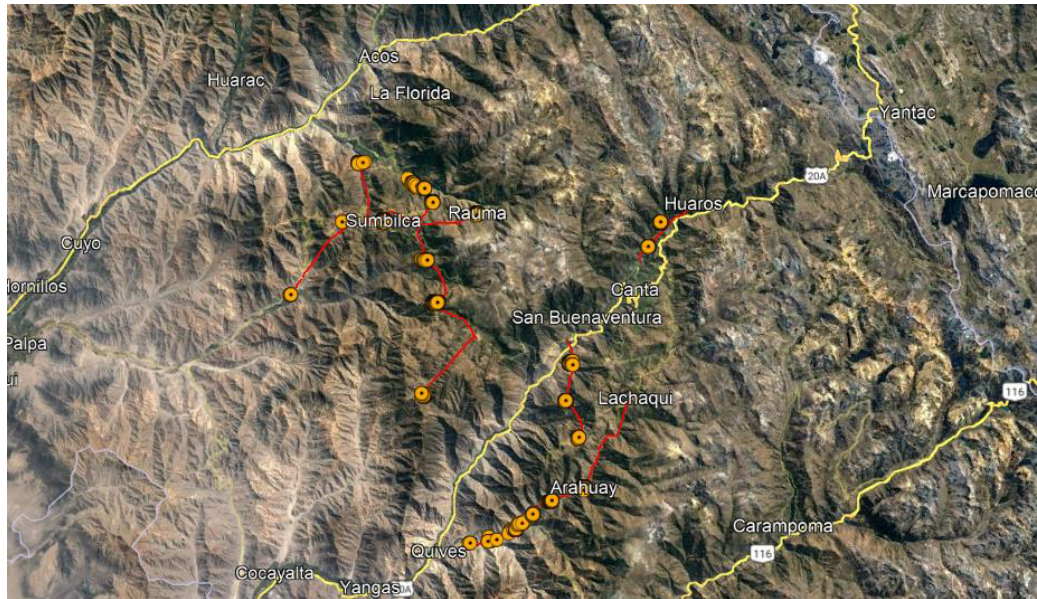


Figura 8. Distribución de localidades en el SER Canta - Fuente: Propia

Sistema Eléctrico Rural Huarochirí, se llevó a cabo la modernización exitosa de 1,160 medidores. Aunque la cantidad reemplazada representa una fracción del total de medidores electromecánicos en el SER, esta decisión se fundamentó en las consideraciones logísticas y geográficas específicas de la región.

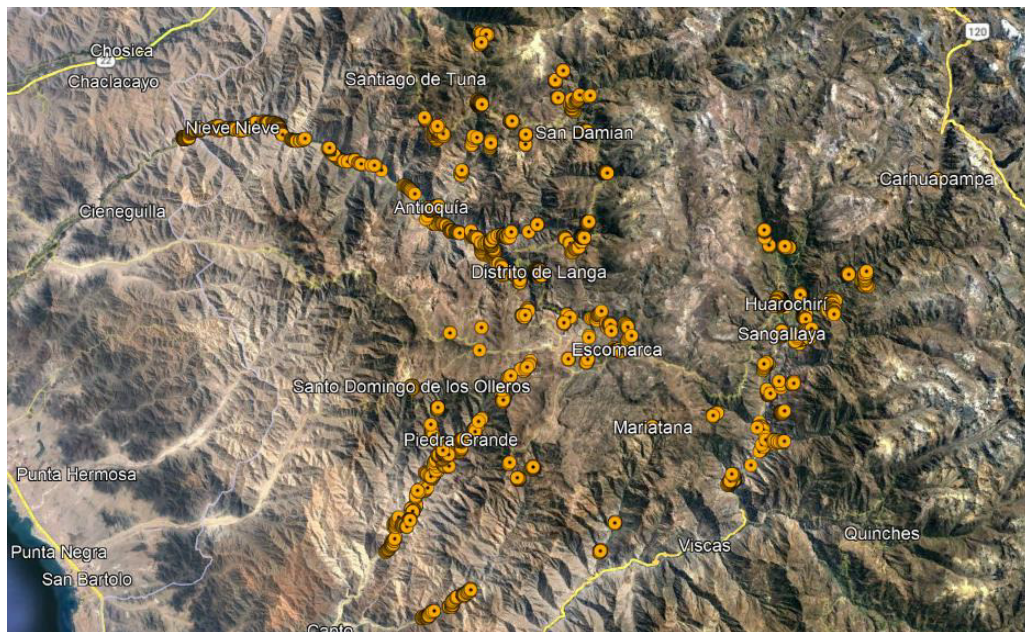


Figura 9. Distribución de localidades en el SER Huarochirí - Fuente: Propia

La lejanía y dispersión geográfica de cada localidad en el Sistema Eléctrico Rural Huarochirí influyeron en la estrategia de implementación, resultando en la ejecución parcial concentrada en una única zona. Esta elección se basó en optimizar los recursos disponibles y garantizar la eficiencia operativa en la modernización de los medidores, adaptándose a las particularidades de cada área.

En relación al Sistema Eléctrico Rural Tambo Quemado, se concluyó de manera integral la sustitución de 498 medidores electromecánicos por medidores electrónicos. Este logro se debe, en parte, a las condiciones geográficas favorables que facilitaron el traslado eficiente del personal encargado de la ejecución del proyecto, El entorno propicio permitió llevar a cabo la modernización de manera ágil y sin mayores contratiempos, contribuyendo así a la eficacia del proceso de cambio.



Figura 10. Distribución de localidades en el SER Tambo Quemado - Fuente: Propia

A pesar de los desafíos logísticos y geográficos, este logro refleja un compromiso sólido con la eficiencia y la mejora continua en la gestión de energía eléctrica en estas áreas rurales.

Tabla 5. Cantidad por marca de medidores electromecánicos reemplazados - ADINELSA 2022

Item	Marca Medidor	Electromecánico	incidencia
1	SCHLUMBERGER	1,258	36.58%
2	JILIN YONGDA	839	24.40%
3	ABB	754	21.92%
4	STAR	256	7.44%
5	STRONGER	212	6.16%
6	GENERAL ELECTRIC	84	2.44%
7	GANZ	36	1.05%
Total		3,439	1

Durante la fase de implementación, se procedió al exitoso reemplazo de un total de 3,439 medidores electromecánicos por modernos medidores electrónicos, caracterizados por las siguientes especificaciones técnicas y funcionales.

Marca: STAR Modelo: DDS26B N° Fases: 1 N° Hilos: 2

Año: 2021

El medidor electrónico de energía representa un dispositivo de vanguardia que incorpora un circuito integrado de gran potencia mediante tecnología microelectrónica avanzada y procesos SMT. Este innovador dispositivo no solo proporciona una vida útil de servicio prolongada, sino que también destaca por su elevada precisión, fiabilidad, capacidad de sobrecarga y eficiencia energética, manteniendo un bajo consumo propio.

Cumple con los rigurosos requisitos técnicos establecidos para los medidores de Clase 1, según las normativas IEC62052-11 e IEC62053-21. Asimismo, integra dos indicadores LED, uno para señalar la dirección de lectura y otro para impulsos de medición, y se caracteriza por estar sellado herméticamente con un sistema de ultrasonido de alta calidad. Este medidor electrónico se erige como una solución avanzada que aborda las demandas técnicas y normativas, garantizando un rendimiento excepcional en diversas aplicaciones eléctricas.



Figura 11. Tipo de medidor utilizado para el reemplazo - Fuente: Propia

3.6 Resultado de la actividad

Luego de haber concluido con el reemplazo de los medidores electromecánicos, se inicia un detallado proceso de análisis para evaluar el impacto de esta actividad en el control de las pérdidas de energía eléctrica. Este análisis requiere como punto de partida la consideración de los valores de pérdidas asociados a las bobinas de tensión y corriente, como se presenta en la tabla N° 4. Estos valores son fundamentales para llevar a cabo el cálculo preciso de las pérdidas de energía, lo que permitirá evaluar y cuantificar el impacto real de la sustitución de medidores en la gestión de la energía eléctrica.

Tabla 6. Valores de pérdidas en las bobinas de voltaje y corriente de cada marca

MEDIDORES MONOFÁSICOS ELECTROMECAÑICOS			
ÍTEM	MARCA	BOBINA VOLTAJE (W)	BOBINA CORRIENTE (W)
1	ABB	2.40	0.10
2	STAR	3.00	0.12
3	GANZ	2.80	0.18
4	SCHLUMBERGER	2.60	0.18
5	JILIN YONGDA	2.40	0.12
6	STRONGER	2.40	0.10
7	GENERAL ELECTRIC	2.50	0.20

Ahora, se avanza hacia el proceso de cálculo de la pérdida de energía anual correspondiente a los medidores electromecánicos que han sido sustituidos en la reciente fase de modernización. Este cálculo es esencial para comprender el impacto de manera más amplia en términos de ahorro de energía y eficiencia.

Tabla 7. Pérdidas de energía por cada marca y cantidad de medidores

Marca Medidor	Consumo Bobina Voltimetrica (W)	Consumo Bobina Amperimetrica (W)	Cantidad Medidores	Pérdidas de Energía (MW.h)
SCHLUMBERGER	2.6	0.18	1258	30.64
JILIN YONGDA	2.4	0.12	839	18.52
ABB	2.4	0.10	754	16.51
STAR	3.0	0.12	256	7.00
STRONGER	2.4	0.10	212	4.64
GENERAL ELECTRIC	2.5	0.20	84	1.99
GANZ	2.8	0.18	36	0.94
Total Perdidas Medidores Electromecánicos			3439	80.24

De acuerdo a los datos presentados en la tabla N° 5, se concluye que las pérdidas totales anual de los 3,439 medidores electromecánicos reemplazados se estima en 80.24 megavatios-hora (MW.h). Este resultado demuestra de manera clara y cuantitativa el impacto positivo de la modernización en la eficiencia y el control de pérdidas de energía eléctrica mediante el reemplazo de medidores electromecánicos por electrónicos.

Tabla 8. Pérdidas de energía de los medidores electrónicos STAR

Marca Medidor	Consumo Bobina Voltimetrica (W)	Consumo Bobina Amperimetrica (W)	Cantidad Medidores	Pérdidas de Energía (MW.h)
STAR	1	0.25	3439	37.66

Continuando con el proceso de evaluación, se ha realizado el cálculo de las pérdidas de energía anual asociadas a los nuevos medidores electrónicos que han sido instalados. Los datos correspondientes a esta evaluación se encuentran presentados en la tabla N° 6, y revelan que la pérdida anual de los 3,439 medidores electrónicos modernizados es de 37.66 megavatios-hora (MW.h). Esta información es fundamental para tener una visión completa del impacto de la modernización en términos de eficiencia energética y control de pérdidas.

El resultado de estas evaluaciones arroja una disminución anual total de 42.58 megavatios-hora (MW.h) como resultado del reemplazo exitoso de 3,439 medidores electromecánicos por medidores electrónicos. Este logro representa una mejora sustancial en la gestión de energía eléctrica y un paso significativo hacia la optimización de la eficiencia en los sistemas de medición. En la última fase del análisis orientado a la reducción de pérdidas de energía eléctrica en el sistema de distribución, se efectúa la modificación de los valores según la tabla N° 1 en el cual se visualiza de forma total y disgregada las pérdidas de energía técnica de distribución anual de ADINELSA en el año

2021, se procede a modificar con los valores obtenidos finalizado el reemplazo de medidores en cumplimiento del "Procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD".

Tabla 9. Pérdidas de energía técnica de distribución anual con ejecución del proyecto

Perdida Técnica Distribución	2,982.03 MW-H
% de pérdidas técnica Distribución	6.91%
Pérdidas Técnicas MT	1,053.00 MW-H
% de pérdidas Técnicas MT	2.44%
<i>Pérdidas en línea MT</i>	644.01 MW-H
	1.49%
<i>Pérdidas en aisladores</i>	408.99 MW-H
	0.95%
Perdidas Transformadores MT/BT	801.84 MW-H
% de pérdidas Transformador	1.86%
<i>Pérdidas en el Cu.</i>	333.47 MW-H
	0.77%
<i>Pérdidas en el Fe.</i>	468.37 MW-H
	1.09%
Pérdidas Técnicas BT	1,127.19 MW-H
% de pérdidas Técnicas BT	2.61%
Redes BT	224.29 MW-H
	0.52%
Acometidas	27.94 MW-H
	0.06%
Medidores	874.96 MW-H
	2.03%
<i>Pérdidas Eletromecânicos</i>	513.88 MW-H
	1.19%
<i>Pérdidas Electrónicos</i>	361.08 MW-H
	0.84%

La reducción de pérdidas de energía anual estimada de 42.58 megavatio-hora (MW.h) por el reemplazo de 3,439 medidores electromecánicos por medidores electrónicos se traduce en una disminución del 0.1% respecto al total de las pérdidas de energía técnica de distribución anual registradas por ADINELSA en el año 2021, tal como se refleja en la tabla N° 9.

3.7 Evaluación económica

Se llevó a cabo un minucioso análisis de comparación de los costos asociados con la ejecución del "Procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD" y la alternativa de reemplazar los medidores como parte del cumplimiento de este procedimiento. Este análisis consideró la ejecución de la contrastación en campo del 5% de la totalidad de medidores, lo que equivale a 3,221 unidades en este caso. En el cuadro siguiente, se presenta de manera detallada el costo de la ejecución del contraste de medidores durante el semestre anterior. Este enfoque analítico es esencial para comprender la eficacia y la rentabilidad de las estrategias implementadas en el proyecto.

Tabla 10. Costo de contraste de medidores en campo

ÍTEM	DESCRIPCIÓN SERVICIO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	CONTRASTE EN CAMPO DE MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA MONOFÁSICO, CLASE 1, DE 2 HILOS HASTA UNA INTENSIDAD DE CORRIENTE MÁXIMA DE 60 A	S/ 145.00	3221	S/ 467,045.00

Con el objetivo de ejecutar el reemplazo de 3,221 medidores, se ha desarrollado una propuesta integral que ha sido presentada a la gerencia comercial. Esta propuesta no solo cumple con los requisitos del "Procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD", sino que también ofrece una reducción significativa en los costos asociados. Para obtener una visión clara de los beneficios y ventajas de esta propuesta, se ha elaborado un cuadro detallado que muestra de manera transparente los costos y los ahorros potenciales. Esta iniciativa demuestra un enfoque estratégico para la

optimización de recursos y la mejora de la eficiencia en la gestión de la energía eléctrica.

Tabla 11. Cuadro de costos de reemplazo de medidores

COSTO DE REEMPLAZO DE MEDIDORES			
Descripción	precio unitario	cantidad	subtotal
Medidor Monofásico	S/ 24.95	3221	S/ 80,363.95
Precintos	S/ 0.24	3221	S/ 773.04
ITM 16 A	S/ 10.75	3221	S/ 34,625.75
Stickers y Formatos	-	5000	S/ 1,600.00
Rollo cable 14 AWG	S/ 120.00	10	S/ 1,200.00
COSTO DE MATERIALES			S/ 118,562.74
Técnicos electricistas	S/ 2,500.00	8	S/ 20,000.00
Conductor	S/ 2,300.00	2	S/ 4,600.00
Viáticos	-	-	S/ 21,000.00
COSTO PERSONAL EJECUTOR			S/ 45,600.00
Camioneta 4x4	S/ 8,000.00	2	S/ 16,000.00
Combustible y peajes	S/ 8,000.00	-	S/ 8,000.00
COSTO DE TRANSPORTE			S/ 24,000.00
5 % DE GASTOS IMPREVISTOS			S/ 9,408.14
COSTO TOTAL PROPUESTA			S/ 197,570.88

En consecuencia, la alternativa que destaca por su eficiencia y menor costo en el cumplimiento de las directrices establecidas en el "Procedimiento para la supervisión de la contrastación de medidores de energía eléctrica N° 227-2013-OS/CD" es el reemplazo de los medidores. Esta elección no solo garantiza el cumplimiento de las normativas, sino que también evita posibles sanciones y multas, tal como se estipula en la resolución N° 028-2003-OS/CD. Este enfoque estratégico no solo resulta en un ahorro financiero significativo, sino que también asegura el cumplimiento riguroso de las regulaciones vigentes en el sector energético.

Tabla 12. Cuadro de comparación de costos y ahorro de actividad

OPCION	ACTIVIDAD PARA EL CUMPLIMIENTO DE N° 227-2013/OS-CD	COSTO
CONVENCIONAL	CONTRASTE DE MEDIDORES	S/ 467,045.00
ALTERNATIVA	REEMPLAZO DE MEDIDORES	S/ 197,570.88

AHORRO	S/ 269,474.12
--------	---------------

En el mismo contexto, se ha llevado a cabo una detallada estimación del ahorro anual derivado del reemplazo de los medidores electromecánicos por los medidores electrónicos. De acuerdo al artículo 163 del reglamento de la ley de concesiones, se establece que los medidores estáticos (electrónicos) tienen una vida útil máxima de quince (15) años. En línea con las disposiciones del "Procedimiento para la Supervisión de la Contrastación de Medidores de Energía Eléctrica", que establece el reemplazo de al menos el 5% de la totalidad de los medidores con una antigüedad igual o superior a 10 años, se ha estimado un ahorro anual significativo. Este enfoque estratégico garantiza una gestión sostenible y eficaz de los recursos en el largo plazo, cumpliendo al mismo tiempo con las regulaciones y estándares establecidos en el sector energético.

Tabla 13. Cálculo del ahorro de energía anual en soles (S/.)

SER	Electromecánico Perdidas de energía (MW.h)	Electrónico Perdidas de energía (MW.h)	Reducción de perdidas (MW.h)	Precio de compra (KW.h)	Ahorro Anual
CAJATAMBO	28.24	12.93	15.31	S/ 0.13	S/ 1,990.30
CANTA	14.56	6.57	7.99	S/ 0.15	S/ 1,198.50
HUAROCHIRÍ	26.09	12.70	13.39	S/ 0.15	S/ 2,008.50
TAMBO QUEMADO	11.35	5.45	5.90	S/ 0.15	S/ 885.00
TOTAL	80.24	37.66	42.59		S/ 6,082.30

En la siguiente tabla se llevará a cabo un análisis de la rentabilidad económica del proyecto de reemplazo de medidores electromecánicos con una antigüedad superior a 10 años, en estricto cumplimiento del procedimiento de supervisión N° 227-2013-OS/CD. Este análisis proyectará los beneficios económicos durante un período a largo plazo, considerando los próximos 10 años, que marcarán la vigencia de los nuevos medidores hasta su eventual período de reemplazo debido a la antigüedad.

Tabla 14. Rentabilidad económica total a largo plazo del proyecto en soles (S/.)

AÑO	AHORRO POR REEMPLAZO EN CUMPLIMIENTO DE N°227-2013/OS-CD	AHORRO ANUAL EN ENERGÍA EN SOLES (S/.)
2022	S/ 269,474.12	S/ 6,082.30
2023	-	S/ 6,082.30
2024	-	S/ 6,082.30
2025	-	S/ 6,082.30
2026	-	S/ 6,082.30
2027	-	S/ 6,082.30
2028	-	S/ 6,082.30
2029	-	S/ 6,082.30
2030	-	S/ 6,082.30
2031	-	S/ 6,082.30
TOTAL	S/ 330,297.12	

Este enfoque de largo plazo permitirá evaluar de manera confiable los resultados económicos del proyecto de reemplazar los 3,500 medidores electromecánicos en cada semestre hasta lograr el objetivo de eliminar los medidores electromecánicos. Se tendrán en cuenta factores como el costo de adquisición e instalación de los nuevos medidores, los ahorros derivados de la reducción de pérdidas de energía y cualquier otro impacto económico relevante. Además, se contemplará la vida útil proyectada de los medidores electrónicos, brindando una visión completa de la rentabilidad a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

4.1 Justificación

Existen diversas y sólidas justificaciones que respaldan la decisión de sustituir medidores electromecánicos por medidores electrónicos en sistemas de medición. A continuación, se detallan algunas de las justificaciones más importante que respaldan esta actividad:

Mayor Precisión: Los medidores electrónicos sobresalen por su capacidad de proporcionar mediciones más precisas y estables en comparación con los medidores electromecánicos. Esta precisión garantiza una medición más exacta del consumo de energía, lo que beneficia tanto a los proveedores de servicios públicos como a los consumidores al asegurar una facturación más fiable.

Funciones Avanzadas: Los medidores electrónicos poseen características avanzadas que no están presentes en los medidores electromecánicos. Estas funciones incluyen la capacidad de detectar fraudes o manipulaciones, lo que contribuye a la integridad y transparencia del sistema, debido a la nueva tecnología de sellado en forma hermética con sistema de ultrasonido de alta calidad.

Reducción de Costos a Largo Plazo: A pesar de que el costo inicial de los medidores electrónicos puede ser superior al de los medidores electromecánicos, a largo plazo, ofrecen ahorros sustanciales. La detección temprana de problemas, la facturación precisa y la mayor eficiencia operativa contribuyen a reducir los costos de operación y mantenimiento.

Procedimiento para la Supervisión de la Contrastación de Medidores de Energía Eléctrica: El reemplazo de medidores se alinea con el cumplimiento

del programa semestral de contraste establecido por el OSINERGMIN. Esta opción, que implica el reemplazo de medidores en lugar de ejecutar la contrastación en campo de cada medidor con una antigüedad mayor a 10 años, lo que permite cumplir con el procedimiento N° 227-2013-OS/CD y evita posibles sanciones y multas a la concesionaria que brinda el servicio de energía eléctrica.

Disminución de pérdidas de energía no técnicas: esta acción contribuye significativamente a la reducción de pérdidas de energía no técnicas, marcando una mejora sustancial en la eficiencia del sistema de distribución eléctrica. La implementación de medidores electrónicos en lugar de los antiguos medidores electromecánicos ha permitido mitigar las pérdidas no técnicas, como el robo de energía y otras irregularidades que se detectan en la ejecución de la actividad en campo. (Barrera Piscocoya, 2019)

Certificado de Verificación Inicial: Los actuales medidores electrónicos han pasado por un proceso de homologación certificado por INACAL, asegurando el cumplimiento con las normativas actuales. Este respaldo de certificación garantiza la exactitud y precisión en el registro de la energía consumida, los medidores electromecánicos no cuentan con el certificado de verificación inicial por su antigüedad.

En resumen, el reemplazo de medidores electromecánicos por medidores electrónicos no solo garantiza una medición más precisa y eficiente del consumo de energía, sino que también contribuye a un menor consumo energético propio del medidor, lo que se traduce en un ahorro de energía sostenible a largo plazo. Esta justificación sólida respalda la apuesta de la empresa por la tecnología de medidores electrónicos en sus sistemas de medición.

4.2 Conclusiones

Después de llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre el reemplazo de medidores electromecánicos por nuevos medidores electrónicos en el control y reducción de pérdidas de energía, se derivan las siguientes conclusiones:

Limitaciones de los Medidores Electromecánicos: Los 3,439 medidores electromecánicos muestran limitaciones sustanciales en términos de eficiencia energética debido a su antigüedad y tecnología obsoleta. Estas limitaciones se traducen en pérdidas anuales de 80.24 MW.h en total, considerando su diversidad de modelos y marcas, que forman parte del parque de medidores de ADINELSA.

Ventajas de los Medidores Electrónicos: Los nuevos medidores electrónicos instalados presentan características superiores, destacando una mayor precisión en el registro de la energía eléctrica. Esto se traduce en un menor consumo de energía en las bobinas de voltaje y corriente, lo que aporta un ahorro de energía anual significativo, estimado en 42.58 MW.h.

Disminución de las pérdidas de energía técnicas totales del sistema de distribución: las pérdidas técnicas totales en el año 2021 fue de 3,024.62 MW.H que representa el 7.01% de toda la energía comprada en todo el año, después del reemplazo se disminuyó el 0.1% de las pérdidas anuales.

Funcionalidades Avanzadas de los Medidores Electrónicos: Los medidores electrónicos ofrecen funcionalidades avanzadas, como la identificación de polaridad invertida y la detección de posibles pérdidas energéticas, lo que mejora la gestión y el control de la energía en la detección de posibles hurtos de energía eléctrica.

Cumplimiento de Procedimiento para la Supervisión de la Contrastación de Medidores de Energía Eléctrica: El reemplazo de 3,439 medidores electromecánicos fue considerado como ejecución semestral del contraste del 5% del parque de medidores, lo que garantiza el cumplimiento del procedimiento N° 227-2013-OS/CD establecido por OSINERGMIN.

En resumen, la transición de medidores electromecánicos a modelos electrónicos más avanzados en el control y reducción de pérdidas de energía resulta en beneficios sustanciales. Estos beneficios se reflejan en una mayor precisión de medición, la detección temprana de anomalías, la gestión eficiente de la demanda y el análisis de datos. Esta tecnología desempeña un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad, al permitir una gestión más eficaz de los recursos y contribuir a la reducción de las pérdidas de energía en los sistemas de distribución, en pleno cumplimiento de las regulaciones establecidas por OSINERGMIN

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

Para asegurar una implementación exitosa del reemplazo de medidores electromecánicos, se deben llevar a cabo una serie de acciones estratégicas y análisis en profundidad:

- **Análisis Integral de Datos:** Es esencial realizar un análisis minucioso de los datos tanto antes como después del reemplazo de los medidores electromecánicos. Comparar los resultados obtenidos con los indicadores previos al reemplazo permitirá determinar la eficacia de la medida en la detección y reducción de pérdidas de energía. Esto proporcionará una visión completa de cómo ha evolucionado la situación y permitirá ajustar estrategias si es necesario.
- **Estudio Económico:** La realización de un estudio económico detallado es fundamental para evaluar los costos y beneficios asociados al reemplazo de los medidores electromecánicos. Este análisis debe abarcar el costo de adquisición, logística y reemplazo in situ de los nuevos medidores electrónicos, así como los beneficios económicos derivados de la reducción de pérdidas de energía. Estos datos respaldarán la toma de decisiones y ayudarán a determinar la viabilidad económica de la medida.
- **Educación y Concienciación:** Informar y educar a los usuarios sobre los beneficios del reemplazo de los medidores y cómo contribuyen a la reducción de pérdidas de energía es crucial. Esto fomentará la participación activa de los usuarios y su compromiso en la gestión eficiente de la energía. La comunicación efectiva desempeña un papel vital en el éxito del proyecto.
- **Evaluación del Impacto Ambiental:** El reemplazo de medidores electromecánicos por electrónicos puede tener un impacto ambiental significativo. Los nuevos medidores electrónicos suelen ser más eficientes en el uso de energía, lo que puede contribuir a la reducción del consumo total de

energía y a una gestión más sostenible de los recursos. Realizar un análisis de ciclo de vida y considerar aspectos como la fabricación, el uso y el desecho de los medidores ayudará a evaluar este impacto y tomar medidas adicionales si es necesario.

- **Monitoreo a Largo Plazo:** La recopilación y análisis de datos a largo plazo son esenciales para evaluar la sostenibilidad de los resultados obtenidos. Mantener un seguimiento continuo de los indicadores de pérdidas de energía después de la implementación del proyecto es fundamental para asegurarse de que los beneficios se mantengan a lo largo del tiempo. Esto respaldará la toma de decisiones a largo plazo y garantizará la efectividad continua de la medida. (Vicente, 2015)

- **Ejecución de actividades a mejorar la calidad del servicio:** Durante la implementación del proceso de reemplazo de medidores, la logística empleada para llegar a las localidades más distantes administradas por la empresa concesionaria permite la realización de actividades adicionales. Estas incluyen el reemplazo de interruptores termomagnéticos, la colocación de precintos de seguridad en las tapas borneras de los medidores, la limpieza interna de las cajas portamedidores y la rotulación correspondiente con el código de suministro. Este enfoque integral no solo se limitaría al reemplazo de medidores, sino que abarcaría actividades complementarias que contribuyen a la mejora general de la infraestructura eléctrica.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

- Barrera Piscoya, J. C. (agosto de 2019). *Plan de reducción de pérdidas de energía y mantenimiento de conexiones eléctricas en baja tensión para la concesionaria Electronoroeste S.A.* Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/7897/BC-4288%20BARRERA%20PISCOYA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Marca Astete , W., & Vilca Flores, H. (2021). *Estudio de discriminación de perdidas de energia electrica en los sistema electricos de la empresa Electro Puno S.A.A - 2017.* Obtenido de https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16009/Marca_Wilder_Vilca_Henry.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OSINERGMIN. (13 de noviembre de 2013). *Procedimiento para la Supervisión de la Contrastación de Medidores de Energía Eléctrica* . Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/863824/OSINERGMIN-227-2013-OS-CD.pdf?v=1592607137>
- Paracahua Pacori, R., & Fernandez Huanca, G. (14 de diciembre de 2017). *Estudio y análisis de una metodología para la estimación de pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno 2017.* Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/7503/Paricahua_Pacori_Rudy_Fern%c3%a1ndez_Huanca_Gilbert_Wilman.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Teran Candia, J. C. (2014). *Análisis de pérdidas en medidores de energía eléctrica monofásicos electromecánicos en el sistema ELFEOSA.* Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10728>

- Vicente, R. (13 de enero de 2015). *interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/131561-Eficiencia-Energetica-Electrica-Rentabilidad-vs-Ahorro.html>
- Zapata Lalupú, M. (2019). *Estudio de la aplicación del procedimiento Nro. 227-2013-OS/CD para determinar el impacto energético semestre 2018-I – Electronoroeste S.A.* Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35990/Zapata_LM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zegarra Pinto, M. A. (2017). *Análisis de nuevo sistema de medición centralizada de energía eléctrica con medidores inteligentes en área de la región Arequipa.* Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/02f44c73-0e3b-4c50-80e2-193a42046669/content>