

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

**PROCEDIMIENTO DE LECTURAS MEDIANTE VISIÓN
ARTIFICIAL PARA MITIGAR ERRORES DE FACTURACIÓN
EN LOS SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE
ELECTRO SUR ESTE ABANCAY 2024**

PRESENTADO POR:

Br. BROLIN JOSAFAT LUDEÑA VIDAL

Br. JHON ANDERSON VENTURA PAUCCAR

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRICISTA**

ASESOR:

Dr. DONATO MAMANI PARI

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: PROCEDIMIENTO DE LECTURAS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL PARA MITIGAR ERRORES DE FACTURACIÓN EN LOS SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ELECTRO SUR ESTE ABANCAY 2024

Presentado por: BROLIN JOSAFAT LUDENA VIDAL DNI N° 76537457

presentado por: JHON ANDERSON VENTURA PAUCCAR DNI N°: 70683245

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRICISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 14 de agosto de 2025


Firma

Post firma Donat Manamari Bai

Nro. de DNI 23876007

ORCID del Asesor 0000-0002-0998-3124

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:483390395

BROLIN-JHON LUDEÑA-VENTURA

PROCEDIMIENTO DE LECTURAS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL PARA MITIGAR ERRORES DE FACTURACIÓN EN LOS SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ELECTRO SUR ESTE ABANCAY 2024

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:483390395

Fecha de entrega
14 ago 2025, 5:12 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
15 ago 2025, 8:11 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
TESIS REPOSITORIO LUDEÑA- VENTURA VF.pdf

Tamaño de archivo
12.1 MB

124 Páginas

25.036 Palabras

163.274 Caracteres

4% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 3% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**
184 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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.



DONATO MAMANI PARI
ASESOR DE TESIS

Agradecimientos

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme con su luz en cada etapa de este camino, su presencia constante ha sido mi refugio en los momentos de incertidumbre y mi impulso en los momentos de lucha. A mis docentes, quienes con su dedicación y guía académica me han acompañado durante este proceso de formación. Su compromiso con la enseñanza y su ejemplo profesional han dejado una huella profunda en mi desarrollo. Gracias por ser parte de este camino.

Brolin Josafat

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa personal y profesional.

A mis padres, Sabino Ventura Paucar y Dolores Paucar Huillca, por el esfuerzo incansable y el amor incondicional con el que siempre trabajaron para sacar adelante a mí y a mis hermanos, Orlando y Karen.

Al Dr. Donato Mamani Pari, por su amistad, guía, paciencia, sabiduría y valiosos aportes brindados durante el desarrollo de la presente investigación.

Al Ing. Fredy Antonio Zarate Herrera, a mis compañeros de la Oficina de Facturación y a todos los trabajadores de Electro Sur Este S.A.A., por las experiencias y conocimientos compartidos, que fueron claves para orientar y culminar este trabajo de investigación.

A los docentes, Mgt. Nicolas, Ing. Pablo, Mgt. Jorge y Mgt. Luis André, por sus valiosos aportes, sugerencias y críticas constructivas realizadas a la presente investigación; y de manera extensiva, a todos mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica, por su invaluable conocimiento impartido y formación brindada.

Finalmente, a mis compañeros y amigos que me apoyaron y creyeron en mí.

Jhon Anderson

Dedicatoria

A mi querida esposa Zayury e hijo Rowe, por su amor incondicional, paciencia y constante apoyo; su fe en mí ha sido el motor que me impulsa a seguir adelante. A mi familia, que ha estado a mi lado en cada paso del camino, ofreciendo su cariño, sacrificio y palabras de aliento. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar esta meta, y siempre llevaré su amor en mi corazón.

Brolin Josafat

A mis amados padres, Sabino Ventura Paucar y Dolores Paucar Huillca por su apoyo emocional, incondicional y constante en cada etapa de mi vida.

A mi compañera de vida, Marleni Segundo Champi, por su amor y aliento en todo momento y a nuestros amados hijos, Nicolay y Saed, pilares fundamentales para culminar esta etapa tan importante.

A mi querida familia, abuelos, tíos, primos y sobrinos por su compañía en cada momento de mi desarrollo personal y profesional, recordándome siempre que todo se puede lograr a pesar de las dificultades que se presenten en el camino.

Jhon Anderson

Presentación

Señor decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica; y señores miembros dictaminantes de la presente Tesis; de conformidad al Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, ponemos a vuestra consideración la presente tesis intitulado “Procedimiento de lecturas mediante visión artificial para mitigar errores de facturación en los suministros de energía eléctrica de Electro Sur Este Abancay 2024” para fines de optar al título profesional de Ingeniero Electricista.

La presente tesis se desarrollará con un enfoque tecnológico y actual que es la visión artificial poniéndolo en práctica para solucionar uno de los principales problemas que afectan a las empresas de distribución y comercialización de energía eléctrica, como son los errores de lectura, errores que se deben a procedimientos arcaicos en la toma de lectura de los medidores de energía eléctrica de los clientes menores, clientes con tipo de tarifa BT5B y cuyo error de lectura trae como consecuencia errores de facturación; y a su vez la insatisfacción de los clientes con su concesionaria.

Atentamente, los autores:

Br. Brolin Josafat Ludeña Vidal

Br. Jhon Anderson Ventura Paucar

Resumen

Esta investigación aplicada busca reducir errores en las lecturas de medidores eléctricos mediante un procedimiento basado en visión artificial, implementado en la sede Abancay de Electro Sur Este S.A.A.

Se identifica que el método manual genera errores de facturación, justificando el desarrollo de una solución tecnológica. Se revisan fundamentos técnicos, normativa vigente y el diagnóstico del procedimiento actual, evidenciando deficiencias operativas.

Tras evaluar tres alternativas, se selecciona la visión artificial por su mayor precisión y adaptabilidad a dispositivos móviles. Se desarrolla una aplicación en Android Studio que integra modelos ONNX para detección de displays y reconocimiento de caracteres.

La prueba piloto en 214 suministros obtuvo 199 lecturas correctas, alcanzando un 93% de efectividad. Se concluye que esta solución optimiza el proceso, disminuye errores, y ofrece una alternativa eficiente, replicable y alineada con la transformación digital del sector eléctrico.

Palabras clave: Visión artificial, procedimiento, lecturas, suministros.

Abstract

This applied research aims to reduce errors in electric meter readings through a procedure based on computer vision, implemented at the Abancay branch of Electro Sur Este S.A.A.

It is identified that the manual method generates billing errors, justifying the development of a technological solution. Technical fundamentals, current regulations, and the diagnosis of the current procedure are reviewed, revealing operational deficiencies.

After evaluating three alternatives, computer vision was selected for its higher accuracy and adaptability to mobile devices. An application was developed in Android Studio integrating ONNX models for display detection and character recognition.

The pilot test on 214 meters obtained 199 correct readings, achieving an effectiveness of 93%. It is concluded that this solution optimizes the process, reduces errors, and offers an efficient, replicable alternative aligned with the digital transformation of the electricity sector.

Keywords: Computer vision, procedure, readings, meters.

Índice General

Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Presentación	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Índice de figuras	xii
Índice de tablas	xiv
Glosario de términos	xv
Definición de términos	xvi
CAPITULO I	1
1 ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Ámbito Geográfico	1
1.3 El Problema.....	5
1.3.1 Planteamiento del problema	5
1.4 Formulación del Problema.....	7
1.4.1 Problema general	7
1.4.2 Problemas específicos.....	7
1.5 Objetivos de la Investigación.....	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
1.6 Justificación del Estudio	8

1.6.1	Justificación práctica	8
1.6.2	Justificación económica.....	8
1.6.3	Justificación social.....	8
1.7	Alcances y Limitaciones del Estudio	9
1.7.1	Alcances.....	9
1.7.2	Limitaciones	9
1.8	Hipótesis	10
1.8.1	Hipótesis general	10
1.8.2	Hipótesis específicas.....	10
1.9	Variables e Indicadores.....	10
1.10	Metodología	11
1.10.1	Según el tipo de investigación	11
1.10.2	Según el nivel de investigación	11
1.10.3	Según el diseño de investigación.....	11
1.11	Población y Muestra.....	11
1.11.1	Población	11
1.11.2	Muestra a tomarse.....	12
1.11.3	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	12
CAPITULO II.....		15
2	MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO.....	15
2.1	Introducción	15
2.2	Antecedentes	15
2.2.1	Antecedentes internacionales	15
2.2.2	Antecedentes nacionales.....	16
2.2.3	Antecedentes locales.....	16

2.2.4	Estado del arte	16
2.3	Marco Conceptual.....	17
2.3.1	Usuario.....	17
2.3.2	Usuario en baja tensión.....	17
2.3.3	Empresa distribuidora.....	17
2.3.4	OSINERGMIN	17
2.3.5	Proceso de facturación.....	18
2.3.6	Consistencia de lecturas.....	18
2.3.7	Libro de lectura.....	18
2.3.8	Zona de facturación	18
2.3.9	Incremento de consumos	18
2.3.10	Acumulación de consumos.....	18
2.3.11	Periodo de facturación.....	19
2.3.12	Energía eléctrica	19
2.3.13	Opciones tarifarias.....	19
2.3.14	Opción tarifaria BT5B.....	19
2.3.15	Elección de la opción tarifaria.....	19
2.3.16	Vigencia de la opción tarifaria.....	20
2.3.17	Facturación cargo fijo mensual.....	20
2.3.18	Pliego tarifario	20
2.3.19	Proceso de facturación.....	23
2.3.20	Suministro de energía eléctrica.....	23
2.3.21	Medidores de energía eléctrica	23
2.3.22	Medidores digitales.....	24
2.3.23	Medidores inteligentes.....	25
2.3.24	Medidores multitarifa (Multifunción)	26
2.3.25	Visión artificial	27

2.3.26 Python.....	28
2.3.27 Aplicativo móvil.....	30
2.3.28 Android Studio	31
2.3.29 Java	32
2.4 Marco Legal.....	33
CAPITULO III	35
3 DIAGNÓSTICO DEL PROCEDIMIENTO DE LECTURAS DE ELSE	35
3.1 Introducción	35
3.2 Procedimiento Actual.....	35
3.2.1 Software usado por ELSE para la toma de lecturas.....	37
3.2.2 Limitaciones del Procedimiento Actual	39
3.2.3 Detección de errores durante el proceso operativo.....	43
3.3 Evaluación del Problema	46
3.4 Indicadores Críticos del Proceso.....	47
3.5 Proyección sin Intervención.....	47
3.6 Necesidad de Transformación.....	47
CAPITULO IV	48
4 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	48
4.1 Introducción	48
4.2 Propuesta de Alternativas de Solución	48
4.2.1 Medidores inteligentes.....	49
4.2.2 Medidores multitarifa	51
4.2.3 Implementación de visión artificial	52

4.3	Consideraciones Económicas Clave	54
4.4	Evaluación de Impacto Técnico, Económico y Social.....	55
4.5	Evaluación y Selección de Alternativas de Solución.....	55
4.6	Justificación de la Elección Final	56
CAPITULO V		57
5	DESARROLLO E INSTRUMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	57
5.1	Introducción	57
5.2	Fase de Planificación	57
5.3	Fase de Construcción	59
5.3.1	Desarrollo del diseño del aplicativo	59
5.3.2	Desarrollo de la arquitectura del aplicativo	61
5.3.3	Desarrollo del lector de barras.....	61
5.3.4	Desarrollo del lector de display	62
5.3.5	Compilado y exportado del aplicativo para dispositivos Android	62
5.4	Implementación y Prueba del Aplicativo Móvil.....	62
5.5	Procedimiento para la Toma de Lecturas mediante Visión Artificial.....	63
5.6	Análisis y Evaluación Final de los Datos Recopilados.....	64
5.7	Resultados	69
5.7.1	Tasa de lecturas observadas.....	69
5.7.2	Tiempo promedio del registro de lecturas	70
5.8	Propuesta de Procedimiento para Toma de Lecturas mediante Visión Artificial	

5.9 Validez y Confiabilidad de los Resultados	71
5.9.1 Validez.....	71
5.9.2 Confiabilidad	71
Conclusiones.....	73
Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	75
Anexos.....	76
Anexo 1: Código del desarrollo de pantallas y controles	76
Anexo 2: Recopilación de datos en campo.....	92
Anexo 3: Detección de lecturas con el aplicativo en campo	93
Anexo 4: Matriz de Consistencia (ampliado)	107
Anexo 5: Diagrama Eléctrico ELSE sede Abancay (ampliado).....	108

Índice de figuras

Figura 1.1 Ubicación geográfica distrito de Abancay	2
Figura 1.2 Ubicación geográfica de Zona 1 Abancay	2
Figura 1.3 Diagrama eléctrico ELSE sede Abancay.	3
Figura 1.4 Cantidad de suministros región Apurímac.....	4
Figura 1.5 Índice de encuesta ISCAL "Factura sin errores"	5
Figura 1.6 Índice porcentual de facturas con errores	5
Figura 1.7 Errores anuales en el proceso de toma de lecturas.....	5
Figura 1.8 Reclamos por excesivo consumo y facturación	6
Figura 1.9 Cantidad de recibos refacturados anualmente.....	6
Figura 2.1 Pliego tarifario BT5B.....	20

Figura 2.2	Ponderación de dos pliegos tarifarios.	21
Figura 2.3	Cronograma comercial.....	22
Figura 2.4	Medidor digital	24
Figura 2.5	Medidor inteligente - Itechene	25
Figura 2.6	Esquema de transferencia de datos del medidor inteligente	25
Figura 2.7	Medidor AS1440 - Medidor multifunción.....	26
Figura 2.8	Medidor A1800 - Medidor multifunción	27
Figura 2.9	Reconocimiento óptico de caracteres.....	27
Figura 2.10	Logo Python.....	28
Figura 2.11	Propiedades del modelo entrenado	29
Figura 2.12	Captura de imágenes con procesamiento de visión artificial.....	30
Figura 2.13	Desarrollo de interfaces gráficas – Android Studio	31
Figura 2.14	Logo Java	32
Figura 2.15	Códigos de interacción entre pantallas – Android Studio.....	33
Figura 3.1	Flujograma actual de toma de lecturas.....	36
Figura 3.2	Suministro en el aplicativo SIELSE Lecturas.....	38
Figura 3.3	Aplicativo móvil SIELSE Lecturas	38
Figura 3.4	Registro de lectura en el SIELSE Lecturas.....	39
Figura 3.5	Ruta de suministro en cajatoma.	40
Figura 3.6	Serie de medidor en suministro.....	40
Figura 3.7	Muestra de recibo facturado con error.	41
Figura 3.8	Módulo Campañas de Supervisión	42
Figura 3.9	Módulo Administrador de clientes.	43
Figura 3.10	Módulo Consistencia de Lecturas.....	44
Figura 3.11	Lectura de campo visualizada en el Sielse Comercial.	44

Figura 3.12 Lectura de campo	45
Figura 3.13 Error de lectura en SIELSE.....	45
Figura 3.14 Error de lectura.	46
Figura 4.1 Medidor inteligente 3F 4H.....	50
Figura 4.2 Medidor multifunción A1800.	52
Figura 5.1 Inversión total del proyecto de investigación	58
Figura 5.2 Pantalla de inicio de sesión	60
Figura 5.3 Interfaz de carga.....	60
Figura 5.4 Visualización de libro y rutas	60
Figura 5.5 Menú principal.....	60
Figura 5.6 Visión artificial para lectura del display.	61
Figura 5.7 Visión artificial para serie de medidor.....	61
Figura 5.8 Flujoograma aplicativo móvil con visión artificial.....	63
Figura 5.9 Propuesta de procedimiento con visión artificial.....	70

Índice de tablas

Tabla 1.1 Suministros activos Zona 1 Abancay	4
Tabla 1.2 Datos Zona 1 Abancay	4
Tabla 1.3 Análisis errores de lectura vs errores de facturación.....	7
Tabla 1.4 Cantidad de errores de lectura 2024.	11
Tabla 1.5 Operacionalización de variables.....	13
Tabla 1.6 Matriz de consistencia	14
Tabla 2.1 Tarifa BT5B - Parámetros y cargos de facturación	19
Tabla 3.1 Indicador y valor del proceso actual.....	47
Tabla 4.1 Comparación alternativas de solución frente a pasos críticos del proceso...54	
Tabla 4.2 Evaluación de impacto.	55
Tabla 5.1 Pruebas realizadas en campo	64

Glosario de términos

BT	Baja Tensión.
BT5B	Opción tarifaria en baja tensión para clientes residenciales.
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
ELSE	Electro Sur Este S.A.A.
PI	Potencia Instalada.
TA-02	Alimentador Tamburco 02.
TA-03	Alimentador Tamburco 03.
TA-04	Alimentador Tamburco 04.
SE	Sub Estación.
SED	Subestación de Distribución.
DGE	Dirección General de Electricidad.
DM	Demanda Máxima.
kWh	kilowatt-hora.
LE	Lectura errada.
OK	Lectura correcta.
SIELSE	Sistema informático de Electro Sur Este S.A.A.
AP	Alumbrado Público.
FISE	Fondo de Inclusión Social Energético.
FOSE	Fondo de Compensación Social Eléctrica.

Definición de términos

Suministro

Ministerio de energía y Minas (2012) menciona que es el conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.

Procedimiento

Electro Sur Este (2024) menciona en su Manual de Gestión de Procesos y Procedimientos que son las instrucciones, pautas y pasos que describen la forma de ejecutar un proceso.

Inteligencia artificial

De acuerdo a la Ley N°31814, se define como la tecnología emergente de gran potencial que tiene el propósito de mejorar el bienestar de las personas, contribuir a una actividad económica positiva, aumentar la innovación y ayudar a responder a los desafíos globales.

Toma de lectura

Lectura mensual de medidores de electricidad correspondientes a los suministros de cada uno de los usuarios del servicio eléctrico (OSINERGMIN, 2017).

Visión artificial

Tomas Domínguez Mínguez (2021) menciona que la visión artificial rama de la inteligencia artificial, indica que es conocida también como la visión por computador que permite a las máquinas y/o dispositivos ver, extraer información de las imágenes digitales con el objetivo de resolver alguna tarea o entender alguna escena en desarrollo.

Facturación irregular o errores de facturación

Osinermin (2017) menciona que es el proceso de facturación llevada a cabo de forma incorrecta, facturación que contiene lecturas, consumos, pliego tarifario u otros elementos con información errónea, imprecisa o carente de sustento técnico; o por omisión de lectura de medidores en uno o más libros y/o zonas de facturación.

Mitigar o reducir

De acuerdo a la Real Academia Española se define como moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero. Para fines de nuestra investigación asimilamos el termino reducir los errores de lectura y facturación.

CAPITULO I

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

La medición de la energía eléctrica constituye un proceso fundamental para garantizar la correcta facturación del consumo de los usuarios en todo el territorio peruano. Este procedimiento, regulado por normativas técnicas y legales establecidas por organismos como OSINERGMIN, busca asegurar la transparencia, equidad y eficiencia en la relación comercial entre las empresas distribuidoras de energía y los usuarios finales. No obstante, a pesar de los avances en tecnologías de medición, en el Perú aún persisten desafíos relacionados con errores de lectura, registros manuales imprecisos y condiciones operativas adversas que afectan la calidad de los datos recogidos y el proceso de facturación.

En particular, en regiones como Abancay, donde la cobertura geográfica, las características ambientales y la variedad de modelos de medidores representan obstáculos adicionales, se ha identificado una cantidad considerable de inconsistencias en las lecturas, generando reclamos, reprocesos y desconfianza por parte del usuario. Estas situaciones no solo afectan la satisfacción del cliente, sino que también implican costos operativos y riesgos de incumplimiento regulatorio para la empresa distribuidora.

En este contexto, la presente tesis propone el diseño e implementación de un procedimiento de lecturas mediante visión artificial como alternativa tecnológica innovadora para mitigar errores de facturación en los suministros de energía eléctrica atendidos por Electro Sur Este, sede Abancay. La visión artificial, como parte del campo de la inteligencia artificial, permite la automatización del reconocimiento de caracteres y elementos visuales en medidores digitales, facilitando una captura de datos más precisa, rápida y con menor intervención humana.

El desarrollo de esta propuesta busca no solo demostrar la viabilidad técnica del sistema, sino también plantear un procedimiento replicable que contribuya a modernizar los procesos de lectura y facturación, en línea con los objetivos de la mejora continua y transformación digital del sector eléctrico.

1.2 Ámbito Geográfico

El presente estudio se desarrolla en la sede Abancay de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. (ELSE), específicamente en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac. La población objetivo está compuesta por los suministros urbanos de baja tensión pertenecientes a la zona de facturación denominada “Zona 1 Abancay”, la cual agrupa aproximadamente 12,000 suministros eléctricos activos, con una tendencia constante y

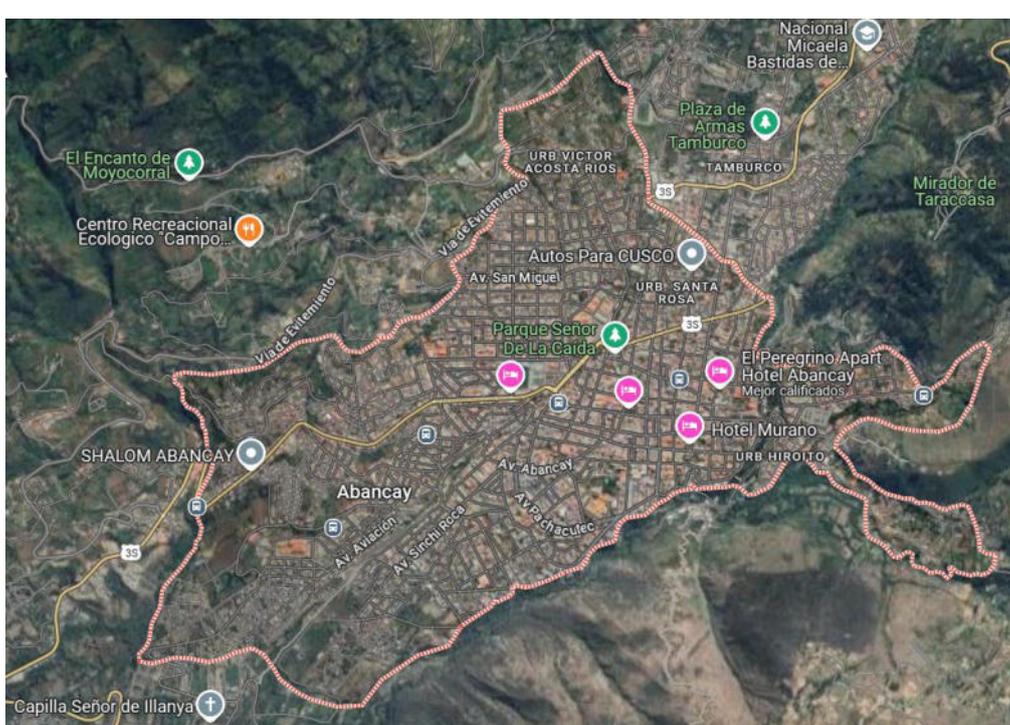
lineal de crecimiento. Cabe señalar que la sede ELSE Abancay está conformada por ocho zonas de facturación: **Zona 1 Abancay, Zona 2 Abancay, Antabamba, Aymaraes, Grau, Santa Rosa, Curahuasi, Huancarama.**

Figura 1.1
Ubicación geográfica distrito de Abancay



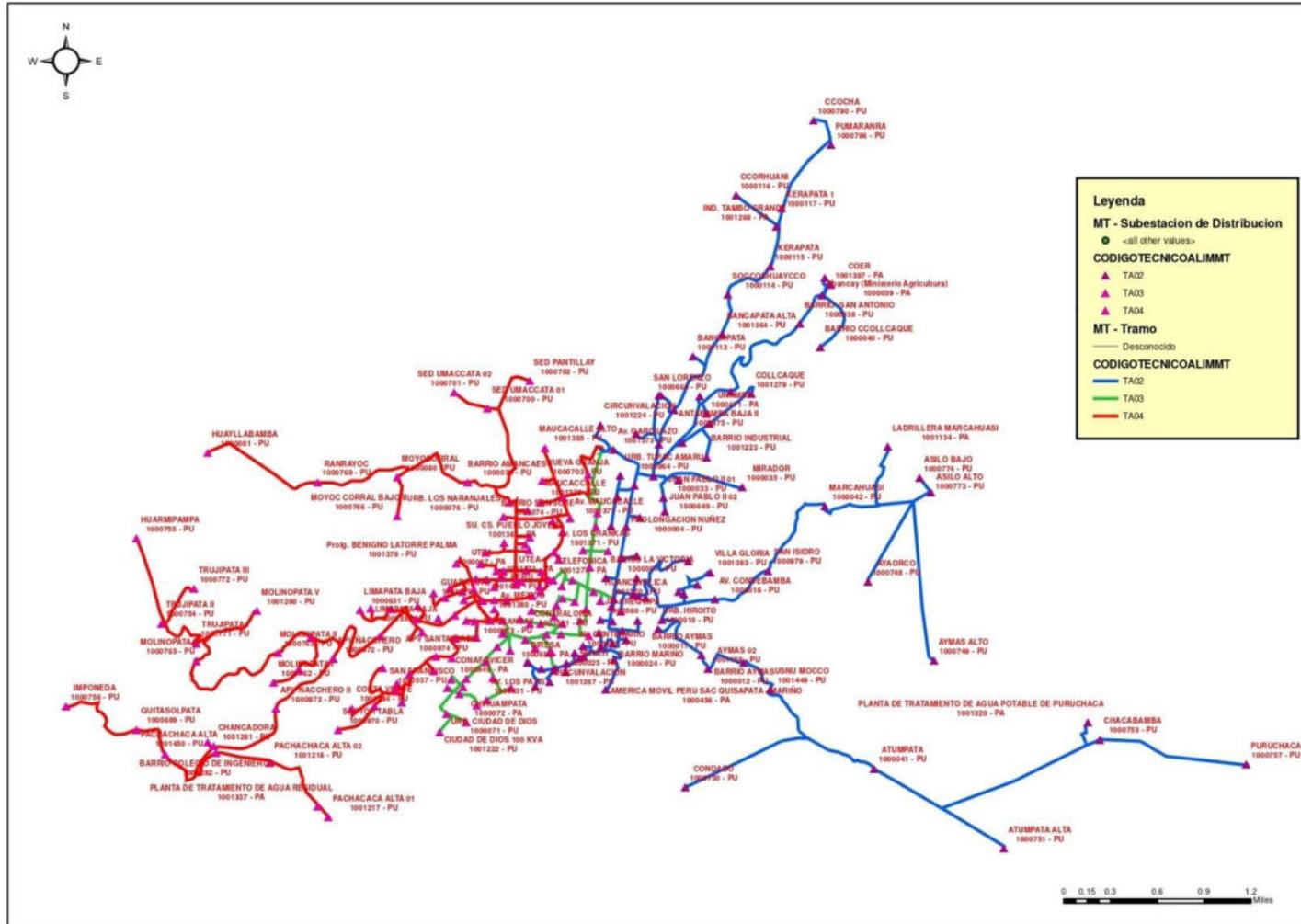
Fuente: Imagen tomada del Gobierno Regional de Apurímac.

Figura 1.2
Ubicación geográfica de Zona 1 Abancay



Fuente: Imagen tomada del Google Maps.

Figura 1.3
Diagrama eléctrico ELSE sede Abancay.



Fuente: Obenido de ELSE.
Imagen ampliada en anexo 5.

Tabla 1.1*Suministros activos Zona 1 Abancay*

N°	SEDE	Zona de Facturación	LIBRO	NOMBRE LIBRO	Suministros Activos
1	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010101	Cercado Abancay	512
2	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010102	Cercado Abancay	1140
3	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010103	Cercado Abancay	1043
4	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010104	Cercado Abancay	1313
5	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010105	Cercado Abancay	1586
6	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010106	Patibamba1	1095
7	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010107	Patibamba2	1771
8	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010108	Garcilaso-Nuñez	1287
9	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010109	Prado la Victoria	850
10	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010110	Ingenieros	944
11	APURIMAC	ZONA 1 ABANCAY	1010113	Condebamba	832
Total					12373

Nota: La cantidad de suministros mostrados corresponden al periodo 202407.

Tabla 1.2*Datos Zona 1 Abancay*

<i>Zona 1 Abancay</i>	
Promedio por Libro	1163.18
Libros	11
Mediana	1138
Mínimo	543
Máximo	1811
Suma	12373

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.4*Cantidad de suministros región Apurímac.*

El total de clientes al finalizar el año 2023 es de 655,368. Esto representa un crecimiento del 2.51% respecto al año 2022, con la incorporación de 16,070 nuevos clientes.

REGIÓN	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
CUSCO	370,094	382,727	400,170	417,065	437,740	454,764	466,045
APURÍMAC	111,334	115,248	120,595	125,718	132,634	136,992	140,195
MADRE DE DIOS	35,969	38,310	40,819	42,149	45,696	47,542	49,128
TOTAL	517,397	536,285	561,584	584,932	616,070	639,298	655,368

Fuente: Obtenido del Memorial Anual ELSE 2023

1.3 El Problema

1.3.1 Planteamiento del problema

Electro Sur Este S.A.A., como empresa prestadora de servicios eléctricos, es evaluada anualmente en sus índices de satisfacción de calidad de atención al cliente (ISCAL) por la Comisión de Integración Energética Regional (CIER). En la última encuesta correspondiente al año 2023, el indicador “Factura sin errores” refleja que solo el 57.9% de los usuarios se declara satisfecho, lo que implica que un 42.1% manifiesta insatisfacción con respecto a este aspecto en la región Apurímac. Esta insatisfacción genera un incremento en los reclamos por parte de los clientes, lo cual impacta directamente en los indicadores de calidad del servicio.

Figura 1.5

Índice de encuesta ISCAL "Factura sin errores"

Atributos	Índice 2021	Índice 2022	Índice 2023
IDAT - Factura sin errores (con la lectura del contador/medidor y los cálculos correctos)	53.3	49.5	57.9

Fuente: Obtenido de resultados CIER de ELSE.

En la tabla anterior se puede deducir el porcentaje de usuarios que no están satisfechos y consideran que su factura contiene errores:

Figura 1.6

Índice porcentual de facturas con errores

Atributos	Índice 2021	Índice 2022	Índice 2023
Factura con errores	46.7	50.5	42.1

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados CIER de ELSE.

Durante los últimos tres años, se identifica que, en promedio, el 46.4% de los usuarios percibe errores de facturación en sus recibos. Esta cifra resulta alarmante y evidencia la necesidad de implementar estrategias tecnológicas que reduzcan estos errores. En este contexto, un análisis realizado en la sede Abancay permite establecer que se registran aproximadamente 17,466 errores anuales en el proceso de toma de lecturas.

Figura 1.7

Errores anuales en el proceso de toma de lecturas

Lecturas erradas	Año 2021	Año 2022	Año 2023
ABANCAY	12607	19690	20101

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados CIER de ELSE.

Las principales causas de estos errores son:

- Errores humanos: Fallos al ingresar las lecturas en el aplicativo móvil por falta de precisión o dificultades para interpretar los dígitos del medidor.

- Ineficiencia del proceso manual: La lectura tradicional demanda tiempo y recursos humanos para cubrir medidores dispersos geográficamente.
- Detección tardía de problemas: Las inconsistencias o fallas en los medidores pueden pasar desapercibidas hasta la siguiente visita de lectura, afectando varias facturaciones.
- Falta de información en tiempo real: Esto genera desinformación y registro de reclamos innecesarios, afectando la atención al cliente.

Figura 1.8

Reclamos por excesivo consumo y facturación

Tipo de reclamo	Año 2021	Año 2022	Año 2023
Excesivo consumo y facturación	1472	1224	1044

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados CIER de ELSE.

Este cúmulo de fallas desencadena una cadena de consecuencias negativas: facturas incorrectas, reclamos por consumo excesivo, refacturaciones, insatisfacción del cliente sanciones administrativas y penalidades a las empresas contratistas responsables del servicio de lectura.

Figura 1.9

Cantidad de recibos refacturados anualmente

Refacturaciones	Año 2021	Año 2022	Año 2023
ABANCAY	347	832	631

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados CIER de ELSE.

Se proyecta un escenario en el cual el proceso de toma de lecturas se optimiza mediante tecnologías inteligentes, eliminando errores humanos, automatizando la recolección de datos de consumo y elevando los niveles de satisfacción del usuario gracias a la emisión de facturas precisas y confiables. Electro Sur Este S.A.A. puede convertirse en una empresa más eficiente y moderna, adaptándose a las tecnologías actuales sin requerir grandes inversiones logísticas.

Si no se implementan acciones correctivas en el corto plazo, la tendencia actual de errores y reclamos seguirá en aumento tal como se observa en la figura 1.10, figura analizada en base a los datos de la tabla 1.3, donde se observa que estos errores de facturación van en aumento debido al procedimiento actual de lecturas, lo que genera mayores costos operativos, sanciones regulatorias, pérdida de imagen institucional y deterioro de la relación con los usuarios. Las cifras observadas en la sede Abancay, más de 17,000 errores anuales y un 46.4% de percepción negativa, evidencian la urgencia de intervenir en este proceso crítico.

Como respuesta a esta necesidad, el presente estudio propone el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil basada en visión artificial, capaz de capturar imágenes de

medidores y reconocer automáticamente los valores de lectura. Esta herramienta simula un flujo de información más preciso y eficiente, y es evaluada en un entorno representativo con fines académicos, sin integrarse directamente a la infraestructura de Electro Sur Este S.A.A.

Esta propuesta busca demostrar el potencial de las tecnologías emergentes, como la visión computacional, para transformar procesos operativos clave en el sector eléctrico, brindando soluciones accesibles, escalables y efectivas que mejoren directamente la calidad de los procesos y del servicio al cliente.

Tabla 1.3

Análisis errores de lectura vs errores de facturación

AÑO	ERRORES DE LECTURA	ERRORES FACTURACIÓN
2021	12607	347
2022	19690	832
2023	20101	631

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema general

¿En qué medida el procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial, mitiga los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica en los clientes menores de Electro Sur Este Abancay 2024?

1.4.2 Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las causas principales e impactos de los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores en la sede Abancay de Electro Sur Este?
2. ¿Qué tipos de soluciones tecnológicas podrían desarrollarse como alternativa viable para mitigar los errores de lectura, considerando un entorno simulado representativo de Electro Sur Este Abancay?
3. ¿De qué manera un procedimiento de lectura automatizado, basado en visión artificial mejora en la toma de lecturas y reduce los errores sobre una muestra representativa de clientes menores?

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo general

Determinar en qué medida el procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial, mitiga los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica en los clientes menores de Electro Sur Este Abancay 2024.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Analizar cuáles son las causas principales e impactos de los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores en la sede Abancay de Electro Sur Este.
2. Identificar y evaluar qué tipos de soluciones tecnológicas podrían desarrollarse como alternativa viable para mitigar los errores de lectura, considerando un entorno simulado representativo de Electro Sur Este Abancay.
3. Proponer un procedimiento de lectura automatizado, basado en visión artificial para mejorar la toma de lecturas y reducir los errores sobre una muestra representativa de clientes menores.

1.6 Justificación del Estudio

1.6.1 Justificación práctica

El presente estudio propone el desarrollo de un aplicativo móvil basado en visión artificial para el registro automático de lecturas de medidores de energía eléctrica. Esta herramienta tecnológica permitirá demostrar la viabilidad práctica de automatizar el procedimiento de toma de lecturas en empresas distribuidoras. Su aplicación permitirá mejorar la eficiencia operativa, reducir la dependencia de procesos manuales y fortalecer la confiabilidad en el proceso de facturación. Además, el desarrollo de este prototipo podrá servir como base para futuras investigaciones en contextos similares a nivel nacional o regional, especialmente en zonas con alta dispersión geográfica.

1.6.2 Justificación económica

La implementación de tecnologías basadas en visión artificial en el proceso de toma de lecturas puede representar un ahorro significativo para las empresas distribuidoras, al reducir los costos operativos derivados de errores de lectura, refacturaciones, reclamos por cobros indebidos y actividades de supervisión en campo. Además, al disminuir la dependencia de procedimientos manuales, se optimiza la asignación de uso de recursos humanos y se incrementa la productividad del personal técnico. Esta implementación representa una alternativa sostenible a mediano y largo plazo, con potencial para mejorar la rentabilidad de la empresa garantizando su calidad y confiabilidad frente a sus clientes.

1.6.3 Justificación social

Desde el enfoque social, esta investigación busca contribuir a la mejora de la calidad del servicio eléctrico brindado a los usuarios en la ciudad de Abancay, garantizando una facturación justa, precisa y transparente. Al reducir los errores de lectura y de facturación, se favorece una relación más equitativa entre la empresa y sus clientes, disminuyendo los

reclamamos, fortaleciendo la confianza de los usuarios en la gestión del servicio público y promoviendo la satisfacción de los mismos. Esta investigación también se alinea con los principios de responsabilidad social, al priorizar el derecho de los usuarios a una medición exacta y verificable del consumo de energía eléctrica.

1.7 Alcances y Limitaciones del Estudio

1.7.1 Alcances

Este estudio se enfoca en el diseño, desarrollo y evaluación de un aplicativo móvil basado en visión artificial, orientado a optimizar el proceso de toma de lecturas de medidores de energía eléctrica. El sistema se probará en un entorno simulado, utilizando datos representativos de los suministros eléctricos de la sede Abancay de Electro Sur Este S.A.A., sin modificar directamente su infraestructura o base de datos oficial.

Los principales alcances del estudio son:

- Desarrollar un prototipo funcional de aplicación móvil capaz de capturar y extraer automáticamente los valores de la serie y lectura mediante la visión artificial.
- Simular el proceso de toma de lecturas utilizando imágenes y datos reales representativos.
- Evaluar la precisión y efectividad del sistema propuesto comparando sus resultados con registros manuales, determinando su impacto potencial en la reducción de errores de lectura.
- Proponer recomendaciones técnicas para una posible implementación futura en el proceso real de lectura de medidores por parte de empresas distribuidoras de energía eléctrica.

1.7.2 Limitaciones

A pesar del enfoque práctico y aplicado del estudio, se reconocen las siguientes limitaciones:

- Acceso restringido a sistemas reales: No se intervendrán los sistemas internos, bases de datos ni aplicativos oficiales de Electro Sur Este S.A.A., ya que estos son confidenciales y de uso exclusivo de la empresa.
- Entorno de prueba simulado: Las pruebas y validaciones del sistema se realizarán sobre datos representativos, por lo que los resultados no reflejan con exactitud todas las condiciones operativas de campo.

- Tiempo limitado de ejecución: La recolección de imágenes, pruebas y análisis del sistema se realizará en el marco temporal asignado al trabajo de investigación, lo que puede restringir la cantidad de casos analizados.
- Disponibilidad de recursos humanos y logísticos: Las pruebas de campo estarán condicionadas a la disponibilidad de personal para la captura de datos, así como a la calidad de los dispositivos móviles utilizados.

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

La implementación de un procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial reduce significativamente los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores de Electro Sur Este – sede Abancay, en el año 2024.

1.8.2 Hipótesis específicas

1. Los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica en la sede Abancay de Electro Sur Este son causados principalmente por factores humanos, tecnológicos y operativos, los cuales generan impactos negativos en la exactitud de la facturación.
2. La solución tecnológica basada en visión artificial constituye la alternativa más viable para mitigar los errores de lectura, demostrando una mejora significativa en precisión dentro de un entorno simulado representativo de Electro Sur Este – Abancay.
3. Un procedimiento de lectura automatizado basado en visión artificial mejora la precisión en la toma de lecturas y contribuye a la reducción de errores de facturación en una muestra representativa de clientes menores.

1.9 Variables e Indicadores

Variable independiente(causa)

Procedimiento de lecturas

Variable dependiente(efecto)

Errores de facturación

Indicadores

- Tasa de lecturas correctas.
- Tasa de errores de facturación.

1.10 Metodología

1.10.1 Según el tipo de investigación

El presente trabajo es una investigación **cuantitativa** según HERNANDEZ SAMPIERI, FERNANDEZ COLLADO, & BATPISTA LUCIO (2014), debido a que nuestra investigación busca calcular y estimar magnitudes precisas.

1.10.2 Según el nivel de investigación

El presente trabajo es una investigación **aplicativa** según HERNANDEZ SAMPIERI, FERNANDEZ COLLADO, & BATPISTA LUCIO (2014), debido a que nuestra investigación busca poner teorías en práctica apoyándonos en el método científico e innovaciones tecnológicas.

1.10.3 Según el diseño de investigación

El presente trabajo es una investigación **cuasi experimental** según HERNANDEZ SAMPIERI, FERNANDEZ COLLADO, & BATPISTA LUCIO (2014), debido a que nuestra investigación manipula una variable independiente para observar el efecto sobre una variable dependiente estableciendo una relación causa efecto.

1.11 Población y Muestra

1.11.1 Población

La población del presente estudio está conformada por los suministros de energía eléctrica registrados en la base de datos de la empresa Electro Sur Este S.A.A., específicamente en la sede de Abancay, que presentan observaciones o errores en la toma de lecturas. Según datos históricos de la empresa, se registra un promedio aproximado de 2,000 suministros con errores de lectura por mes, los cuales constituyen la base sobre la que se realizará el análisis y simulación del procedimiento propuesto.

Tabla 1.4

Cantidad de errores de lectura 2024.

MES	CANT. ERRORES
Enero	2002
Febrero	2124
Marzo	1858
Abril	1731
Mayo	1892

Junio	1456
Julio	1277
Agosto	1751
Setiembre	2967
Octubre	2493
Noviembre	1987
Diciembre	2466
Promedio	2000.33

Fuente: Obtenido de ELSE.

1.11.2 Muestra a tomarse

De acuerdo con HERNANDEZ SAMPIERI, FERNANDEZ COLLADO, & BATPISTA LUCIO (2014), indica que la muestra es un subconjunto de elementos de una población seleccionada de forma tal que represente las características del todo. En este estudio, se aplicará un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que se trabajará con una porción de suministros de energía eléctrica que presentan errores de lectura en la sede de Abancay de Electro Sur Este S.A.A., accesibles durante el periodo de desarrollo de la investigación.

La muestra estará conformada por 214 suministros eléctricos que presentaron errores de lectura, seleccionados de los registros históricos de la sede Abancay de Electro Sur Este S.A.A. Esta cantidad ha sido determinada considerando la factibilidad de acceso a los datos, la disponibilidad de recursos, y el tiempo de ejecución del estudio.

Además, se ha considerado que la toma de lecturas es una actividad periódica y repetitiva, lo que permite replicar las pruebas en diferentes momentos bajo condiciones similares. Por lo tanto, trabajar con 214 suministros permitirá validar de manera adecuada el procedimiento propuesto basado en visión artificial, obteniendo resultados confiables que puedan proyectarse hacia una posible implementación en escenarios reales.

1.11.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnicas	Instrumentos
Observación directa	Aplicativo móvil con visión artificial
Revisión documental	Base de datos histórica de ELSE
Pruebas de campo	Ficha digital de recolección de datos

Tabla 1.5
Operacionalización de variables

Variables	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala
Procedimiento de lecturas	Variable Independiente	Pasos para ejecutar el proceso de lectura mensual de medidores de electricidad correspondientes a los suministros de cada usuario del servicio eléctrico (OSINERGMIN, 2017).	Implementar el aplicativo móvil con visión artificial. Registrar lecturas con el aplicativo.	Lecturas correctas.	Tasa de lecturas correctas.	Registro de lecturas mediante aplicativo móvil.	Cuantitativa (%).
Errores de facturación	Variable Dependiente	Proceso de facturación llevada a cabo de forma incorrecta, facturación con lecturas, consumos, pliego tarifario u otros elementos con información errónea, imprecisa o carente de sustento técnico; o por omisión de lectura de medidores en uno o más libros y/o zonas de facturación (OSINERGMIN, 2017).	Obtener registros históricos de lecturas erróneas desde la base de datos de ELSE. Cuantificar los errores de lectura.	Errores de facturación.	Tasa de errores de facturación.	Base de datos histórica de ELSE.	Cuantitativa (%).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.6
Matriz de consistencia

Procedimiento de lecturas mediante visión artificial para mitigar errores de facturación en los suministros de energía eléctrica de Electro Sur Este Abancay 2024

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Conclusiones	Variables	Metodología
<p>¿En qué medida el procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial, mitiga los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica en los clientes menores de Electro Sur Este Abancay 2024?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>1. ¿Cuáles son las causas principales e impactos de los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores en la sede Abancay de Electro Sur Este?</p> <p>2. ¿Qué tipos de soluciones tecnológicas podrían desarrollarse como alternativa viable para mitigar los errores de lectura, considerando un entorno simulado representativo de Electro Sur Este Abancay?</p> <p>3. ¿De qué manera un procedimiento de lectura automatizado, basado en visión artificial mejora en la toma de lecturas y reduce los errores sobre una muestra representativa de clientes menores?</p>	<p>Determinar en qué medida el procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial, mitiga los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica en los clientes menores de Electro Sur Este Abancay 2024.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>1. Analizar cuáles son las causas principales e impactos de los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores en la sede Abancay de Electro Sur Este.</p> <p>2. Identificar y evaluar qué tipos de soluciones tecnológicas podrían desarrollarse como alternativa viable para mitigar los errores de lectura, considerando un entorno simulado representativo de Electro Sur Este Abancay.</p> <p>3. Proponer un procedimiento de lectura automatizado, basado en visión artificial para mejorar la toma de lecturas y reducir los errores sobre una muestra representativa de clientes menores.</p>	<p>La implementación de un procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial reduce significativamente los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores de Electro Sur Este Abancay, en el año 2024.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>1. Los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica en la sede Abancay de Electro Sur Este son causados principalmente por factores humanos, tecnológicos y operativos, los cuales generan impactos negativos en la exactitud de la facturación.</p> <p>2. La solución tecnológica basada en visión artificial constituye la alternativa más viable para mitigar los errores de lectura, demostrando una mejora significativa en precisión dentro de un entorno simulado representativo de Electro Sur Este – Abancay.</p> <p>3. Un procedimiento de lectura automatizado basado en visión artificial mejora la precisión en la toma de lecturas y contribuye a la reducción de errores de facturación en una muestra representativa de clientes menores.</p>	<p>1. La implementación de una aplicación móvil basada en visión artificial mejoró significativamente la precisión del proceso de toma de lectura de medidores de energía eléctrica, alcanzando una tasa de acierto del 92.99% sobre una muestra de 214 suministros de Electro Sur Este S.A.A., sede Abancay. Este resultado demuestra una reducción sustancial de errores respecto al procedimiento manual y valida la efectividad del procedimiento propuesto para fortalecer la confiabilidad del proceso de facturación.</p> <p>2. Las principales causas de los errores de lectura corresponden a factores como la ilegibilidad del display por suciedad o deterioro, condiciones inadecuadas de iluminación y errores humanos durante la digitación manual. Estos factores afectan mensualmente a un promedio de más de 2,000 suministros, de acuerdo a los registros históricos de Electro Sur Este S.A.A. para los años 2021, 2022 y 2023, evidenciando una tendencia de incremento lineal asociada al crecimiento de clientes. Esta problemática repercute negativamente en la eficiencia operativa, la percepción de la calidad del servicio por parte de los usuarios y la imagen institucional ante los entes reguladores.</p> <p>3. La evaluación técnico – económica de alternativas de solución viables determinó que la solución basada en visión artificial presenta la mejor relación costo-beneficio a corto plazo. La propuesta óptima corresponde a la implementación de una aplicación móvil desarrollada y programada en Python, que integra modelos ONNX en dispositivos Android, destacando por su compatibilidad, escalabilidad y facilidad de implementación en condiciones reales de operación.</p> <p>4. Se diseñó e implementó un procedimiento funcional mediante una aplicación móvil desarrollada en Android Studio, que integra modelos de visión artificial para la detección automática de la serie, el display y el reconocimiento preciso de los caracteres numéricos de la lectura en el medidor. Esta solución demostró ser técnica, viable y operativamente efectiva en un entorno representativo, con un alto potencial de replicabilidad en otras empresas distribuidoras que enfrenten problemáticas similares, Su aplicación permitirá reducir errores en la toma de lecturas, mejorar los registros y optimizar los recursos asignados al procedimiento de toma de lecturas y facturación.</p>	<p>Variables Independiente</p> <p>Procedimiento de lecturas</p> <p>Variables Dependientes</p> <p>Errores de facturación.</p> <p>Indicadores</p> <p>Tasa de lecturas correctas.</p> <p>Tasa de errores de facturación.</p>	<p>Ámbito de estudio</p> <p>Distrito de Abancay.</p> <p>Unidad de Estudio</p> <p>Errores de Lectura</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Cuantitativo.</p> <p>Nivel de la investigación:</p> <p>Aplicativo.</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Cuasi Experimental.</p> <p>Técnicas para la recolección de datos</p> <p>Observación directa.</p> <p>Revisión documental.</p> <p>Pruebas de campo.</p>

Fuente: Elaboración Propia - Imagen ampliada en anexo 4

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

2.1 Introducción

El avance de las tecnologías digitales, como la visión artificial, ha abierto nuevas posibilidades para optimizar procesos operativos en diversas industrias, incluyendo el sector eléctrico. La aplicación de estas tecnologías requiere no solo una comprensión clara de sus fundamentos teóricos, sino también un conocimiento profundo del marco normativo que regula su implementación.

En este capítulo se abordan los antecedentes relevantes al tema de estudio, se establece el marco conceptual que sustenta el desarrollo de la solución propuesta, y se analiza la normativa legal aplicable al ámbito de la facturación y lectura de suministros eléctricos. Estos elementos permiten sustentar técnicamente la viabilidad del procedimiento de lecturas mediante visión artificial planteado en la presente investigación.

2.2 Antecedentes

2.2.1 Antecedentes internacionales

Mejia Mejia (2023), presento su tesis en Ecuador, titulado “*Lectura de Medidores Eléctricos Analógicos mediante Visión Artificial*”, describiendo la problemática de errores de lectura debido a factores humanos que generan inconsistencias afectando principalmente la economía del consumidor, plantea en su solución la implementación de un aplicativo mediante visión artificial empleando el software “Android Studio” con un lenguaje de programación en Java con código abierto. Logrando en sus resultados: reducción en el tiempo de toma de lectura, reducción de costos mensuales en toma de lecturas, menor costo en la adquisición de equipos móviles para la implementación de su propuesta y logró además la disminución en el empleo de mano de obra en el proceso de toma de lecturas.

Tiban Chito (2022), presento su tesis en Ecuador, titulado “*Aplicación Web Móvil con Reconocimiento Óptico de Caracteres para la Lectura de los Medidores de Consumo de Agua en el Cantón Mocha*”, describiendo en su problemática la necesidad de automatizar y mejorar el proceso de toma de lecturas de consumo de agua además indica que la aplicación es enfocada en tener la información de los usuarios en tiempo real, plantea que con la implementación de la aplicación con reconocimiento óptico de caracteres lo desarrolló con el fin de mejorar y facilitar el proceso de toma de lecturas. En sus resultados afirma que logró mejorar el proceso de lectura de consumo de agua debido a que la aplicación móvil es confiable, completa, de calidad y objetiva.

2.2.2 Antecedentes nacionales

Mendez Mendoza (2015) desarrolló en la ciudad de Trujillo la tesis titulada “*Aplicación de una propuesta de facturación in situ para aumentar la productividad del proceso de lectura, procesamiento y reparto de recibos en una empresa de distribución eléctrica en Chiclayo*” describiendo la problemática relacionada a la elevada tasa de errores de digitación, retraso en la entrega de los recibos e inclusive en algunos casos el usuario no llega a recibir sus recibos, lo que genera que incumpla el cronograma establecido; plantea una propuesta de facturación IN SITU, proceso que busca realizar el reparto de recibos en el instante de la toma de lectura, y así logra aumentar la productividad y reducción de problemas. Se utiliza metodologías basadas en ciclos de mejora continua. Se tomó en consideración esta tesis ya que expone el problema de facturación y también describe una solución que es aplicación de facturación IN SITU además dice que esta solución es una fuente valiosa para el diseño de la aplicación que registrará el consumo del medidor eléctrico”.

Gavidia Coronel (2020), en Chiclayo su tesis titulado “Implementación de una Aplicación para el registro de Lectura de Consumo de Energía eléctrica mediante la Captura de Imágenes con un Dispositivo Móvil para el Área de Facturación de la Empresa Electro Oriente S.A. – Jaén”, describiendo en su problemática las deficiencias en la toma de lecturas, en sus conclusiones afirma que el aplicativo móvil puesta en marcha disminuye la tasa de errores de lectura lo que conlleva según indica a mejorar el tiempo promedio de la tarea de registro de lecturas conllevando a una mejora en el proceso de facturación.

2.2.3 Antecedentes locales

Tapia (2018), presento su tesis en Apurímac con título “ *Reconocimiento Óptico de Caracteres Mediante una aplicación Móvil para la Reducción de Errores de Lecturas en los Medidores Eléctricos de Electro Sur Este S.A.A. 2014*”, describiendo en su problema la necesidad de reducir los errores de lectura de los medidores de los distintos suministros de energía eléctrica que se presentan en la empresa, errores que causan insatisfacción en los clientes generando a su vez gastos innecesarios para corregir dicho error en la toma de lectura. En sus conclusiones afirma que mediante el desarrollo del aplicativo móvil logro reducir los errores de lectura de un total de 9 a 0 en un mes, así mismo también llega a la conclusión de que se logra también reducir el tiempo promedio de lectura de 13.78 segundo a 9.73 segundos.

2.2.4 Estado del arte

Khunsamitpanya (2021), presentó su artículo científico en Tailandia, con el título de “*The Energy Meter Translation by Optical Character Recognition Technique*”, entendida como “*La Traducción del Contador de Energía por Reconocimiento de Óptico de Caracteres*”,

describiendo en su problemática la necesidad de tomar lectura de medidores mediante el reconocimiento óptico de caracteres. En su artículo afirma que los resultados mostraron que el sistema puede reconocer dígitos de lectura de medidor de energía en solo tres procesos con una precisión del 91%.

Chang (2015), presento su artículo científico en Ecuador con el título de “*Calibration of Residential Water Meters by Using Computer Vision*”, entendida como la “*Calibración de Medidores de Agua Residenciales Usando Visión por Computadora*”, describiendo en su problemática la necesidad de leer instrumentos analógicos a través de la visión por computador. Dentro de su artículo afirma que los resultados presentan un sistema de visión artificial, el cual prueba ser barato, preciso y suficientemente flexible para adaptarse a los cambios de los productos.

Depari (2015), presento su artículo científico en Italia con el título de “*Using smartglasses for utility - meter reading*”, entendida como “*Uso de gafas inteligentes para la lectura de contadores de servicios públicos*”, describiendo en su problemática la gran cantidad de medidores analógicos ejecutados con lectura manual a pesar de la creciente adopción de los medidores inteligentes en la actualidad. En su trabajo de investigación los autores sugieren la adopción de gafas inteligentes para automatizar el proceso de toma de lecturas. Dentro de sus conclusiones afirma que con el uso de gafas inteligentes Vuzix M100 confirma la viabilidad de su trabajo, además lograron desarrollar una aplicación para acceder al escáner de código de barras y emplear Google Drive con el fin de proporcionar almacenamiento remoto.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Usuario

OSINERGMIN (2013), indica que el usuario es la persona natural o jurídica que se encuentra en posición de un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro correspondiente.

2.3.2 Usuario en baja tensión

OSINERGMIN (2013), indica que son usuarios en Baja Tensión (BT) aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es igual o inferior a 1 kV.

2.3.3 Empresa distribuidora

OSINERGMIN (2017), indica que es toda entidad que se encuentra facultada por la normativa para brindar el servicio público de electricidad.

2.3.4 OSINERGMIN

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), de acuerdo a lo verificado en la página del gobierno del Perú, es el

organismo encargado de la regulación tarifaria y a su vez realiza la supervisión de las empresas que operan en el sector de electricidad, hidrocarburos y minero, cuyo objetivo principal es supervisar que estas empresas cumplan con las disposiciones legales de las actividades que desarrollan dentro de los sectores antes descritos.

2.3.5 Proceso de facturación

OSINERGMIN (2017), menciona que son las actividades comerciales de responsabilidad de la empresa Distribuidora que comprende desde la toma de lectura del contador a través de lectores u otros dispositivos, su respectivo análisis y procesamiento de la misma, hasta la emisión y distribución o reparto de recibos.

2.3.6 Consistencia de lecturas

OSINERGMIN (2017) menciona que es un sub proceso donde se evalúa y valida la información en la actividad de toma de lecturas de los medidores y procesamiento de la misma, además, en los casos excepcionales, se realiza un análisis adicional documentado y como resultado de la consistencia realizada se obtienen los consumos a ser facturados finalmente a los usuarios; debiendo dicho sub proceso reducir los eventuales errores en la actividad de toma de lecturas, procesamiento de la misma y en los consumos a ser facturados a los usuarios.

2.3.7 Libro de lectura

OSINERGMIN (2017) menciona que es la agrupación de suministros de usuarios que pertenecen a una misma ruta de lectura en una determinada localidad.

2.3.8 Zona de facturación

OSINERGMIN (2017) indica una zona geográfica de Facturación está compuesta por uno o más libros de lectura.

2.3.9 Incremento de consumos

OSINERGMIN (2017) indica que es el valor del consumo obtenido por diferencia de lecturas resulta ser superior al promedio histórico representativo del usuario, considerándose para ello los siguientes porcentajes.

2.3.10 Acumulación de consumos

OSINERGMIN (2017) indica que es el consumo facturado en un determinado mes conteniendo consumos (totales o parciales) de meses anteriores que no se facturaron oportunamente por errores en el sub proceso de toma de lectura u otra deficiencia vinculada al proceso de facturación, que explica, entre otros factores, el incremento de consumos.

2.3.11 Periodo de facturación

OSINERGMIN (2017) menciona que el periodo de facturación es mensual y no podrá ser inferior a los veintiocho (28) días calendarios ni exceder los treinta y tres (33) días calendario. No deberá haber más de 12 facturaciones en el año. Excepcionalmente para la primera facturación de un nuevo suministro, reinstalación de la conexión o cuando se modifique el tipo de conexión de un suministro existente, podrá aplicarse un periodo de facturación no mayor a 45 días calendarios, ni menor a 15 días calendarios.

2.3.12 Energía eléctrica

OSINERGMIN (2016), la energía eléctrica se define como el movimiento de electrones que se trasladan por un conductor eléctrico durante un determinado periodo, donde su unidad de medida es el watt-hora (Wh). Es necesario aclarar que para la facturación de un suministro se toma en cuenta este consumo de energía eléctrica.

2.3.13 Opciones tarifarias

De acuerdo a la normativa vigente se tiene distintas opciones tarifarias en MT y BT, en BT la más empleada o la más acogida es la tarifa BT5B.

Tabla 2.1

Tarifa BT5B - Parámetros y cargos de facturación

Opción tarifaria	Sistemas y parámetros de medición	Cargos de facturación
Baja tensión		
BT5B	Medición de una energía activa (1E). Energía: Total del mes.	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa.

2.3.14 Opción tarifaria BT5B

OSINERGMIN (2013), solo podrán optar por esta opción tarifaria los usuarios alimentados en BT con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta o con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas de punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta.

2.3.15 Elección de la opción tarifaria

OSINERGMIN (2013), los usuarios podrán elegir libremente cualquiera de las opciones tarifarias descritas en el Capítulo “Opciones Tarifarias”, teniendo en cuenta el sistema de medición que exige la respectiva opción tarifaria, independientemente de su potencia conectada y con las limitaciones establecidas en las condiciones específicas para las

opciones tarifarias BT5A, BT5D, BT5E, BT6, BT7 y BT8; dentro del nivel de tensión que le corresponda.

2.3.16 Vigencia de la opción tarifaria

OSINERGMIN (2013), la opción tarifaria elegida por el usuario regirá por un plazo mínimo de un año. La empresa de distribución eléctrica informará al usuario la opción tarifaria con medición de potencia y energía, la finalización de la vigencia de la opción tarifaria y la potencia contratada, el usuario deberá informar con una antelación no menor de 60 días calendario para algún cambio de tarifa, vencido el plazo de vigencia y si no existiera solicitud de cambio por parte del usuario, la opción tarifaria y, de ser el caso, las potencias contratadas y la modalidad de facturación de potencia activa, se renovará automáticamente por los periodos anuales, manteniéndose la opción tarifaria vigente.

2.3.17 Facturación cargo fijo mensual

OSINERGMIN (2013), el cargo fijo mensual es independiente del consumo y será incluido en la factura del usuario en cada periodo de facturación, inclusive si es consumo es nulo en el periodo, este cargo fijo mensual está asociado al costo por lectura del medidor y procesamiento, emisión reparto y cobranza del recibo o lectura.

2.3.18 Pliego tarifario

De acuerdo a la normativa vigente se tiene distintos pliegos de acuerdo a lo observado en las opciones tarifarias. Para el presente trabajo de investigación se emplea el pliego de la opción tarifaria BT5B.

Figura 2.1

Pliego tarifario BT5B.

PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PUBLICO DE ELECTRICIDAD (NO INCLUYE IGV)			
SISTEMA ELECTRICO BAJA TENSION			Cusco
BT5B	a) Residencial con consumo menor o iguales a 140 kW.h por mes		
	0-30 kWh		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.08
	Cargo por energía activa	ctm.S./kW.h	55.22
	31-140 kWh		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.08
	Cargo por energía activa-Primeros 30 kWh	S./mes	16.56
	Cargo por energía activa-Exceso de 30 kWh	ctm.S./kW.h	78.88
	b) Residencial con consumo mayor 140 kW.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.22
	Cargo por energía activa	ctm.S./kW.h	81.64
	c) No Residencial		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.50
	Cargo por energía activa	ctm.S./kW.h	85.80

Fuente: Obtenido de Osinergmin.

Figura 2.3
Cronograma comercial

 CRONOGRAMA DE PROCESOS COMERCIALES 2024 GERENCIA REGIONAL DE APURÍMAC											
FACTURA MES	ZONA FACTURACION	FECHA DE LECTURA	CONSISTENCIA		FACTURACION		REPARTO		FECHA VENCIMIENTO	INICIO CAMPANA CORTES	
			INICIO	TERMINO	PROCESOS	EMISION	INICIO	TERMINO			
ENERO	GSR APURIMAC 1A	09-Ene	12-Ene	13-Ene	15-Ene	15-Ene	17-Ene	20-Ene	05-Feb	06-Feb	
	GSR APURIMAC 1B	16-Ene	19-Ene	20-Ene	22-Ene	22-Ene	24-Ene	27-Ene	12-Feb	13-Feb	
	GSR APURIMAC 1C	24-Ene	27-Ene	29-Ene	30-Ene	30-Ene	01-Feb	04-Feb	19-Feb	20-Feb	
	C. MAYORES 2	28-Ene	29-Ene	30-Ene	01-Feb	01-Feb	02-Feb	05-Feb	19-Feb	20-Feb	
FEBRERO	GSR APURIMAC 1A	09-Feb	12-Feb	13-Feb	14-Feb	14-Feb	16-Feb	19-Feb	05-Mar	06-Mar	
	GSR APURIMAC 1B	16-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	21-Feb	23-Feb	27-Feb	11-Mar	12-Mar	
	GSR APURIMAC 1C	24-Feb	27-Feb	28-Feb	29-Feb	29-Feb	02-Mar	05-Mar	19-Mar	20-Mar	
	C. MAYORES 2	28-Feb	29-Feb	01-Mar	02-Mar	02-Mar	04-Mar	07-Mar	18-Mar	19-Mar	
MARZO	GSR APURIMAC 1A	09-Mar	12-Mar	13-Mar	14-Mar	14-Mar	16-Mar	19-Mar	02-Abr	03-Abr	
	GSR APURIMAC 1B	16-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	21-Mar	23-Mar	26-Mar	08-Abr	09-Abr	
	GSR APURIMAC 1C	25-Mar	30-Mar	01-Abr	02-Abr	02-Abr	05-Abr	08-Abr	22-Abr	23-Abr	
	C. MAYORES 2	28-Mar	30-Mar	01-Abr	02-Abr	02-Abr	04-Abr	07-Abr	18-Abr	19-Abr	
ABRIL	GSR APURIMAC 1A	09-Abr	12-Abr	13-Abr	14-Mar	15-Abr	17-Abr	20-Abr	06-May	07-May	
	GSR APURIMAC 1B	16-Abr	19-Abr	20-Abr	22-Abr	22-Abr	24-Abr	28-Abr	08-May	09-May	
	GSR APURIMAC 1C	25-Abr	29-Abr	30-Abr	02-May	02-May	04-May	08-May	21-May	22-May	
	C. MAYORES 2	28-Abr	29-Abr	30-Abr	02-May	02-May	04-May	07-May	20-May	21-May	
MAYO	GSR APURIMAC 1A	09-May	13-May	14-May	15-May	15-May	17-May	21-May	03-Jun	04-Jun	
	GSR APURIMAC 1B	16-May	20-May	21-May	22-May	22-May	24-May	28-May	10-Jun	11-Jun	
	GSR APURIMAC 1C	24-May	27-May	28-May	29-May	29-May	31-May	03-Jun	18-Jun	19-Jun	
	C. MAYORES 2	28-May	29-May	30-May	31-May	31-May	03-Jun	05-Jun	17-Jun	18-Jun	
JUNIO	GSR APURIMAC 1A	09-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	14-Jun	15-Jun	18-Jun	01-Jul	02-Jul	
	GSR APURIMAC 1B	16-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	21-Jun	24-Jun	27-Jun	08-Jul	09-Jul	
	GSR APURIMAC 1C	24-Jun	27-Jun	27-Jun	28-Jun	28-Jun	04-Jul	08-Jul	17-Jul	18-Jul	
	C. MAYORES 2	28-Jun	01-Jul	02-Jul	03-Jul	03-Jul	05-Jul	09-Jul	18-Jul	19-Jul	
JULIO	GSR APURIMAC 1A	09-Jul	12-Jul	13-Jul	15-Jul	15-Jul	20-Jul	23-Jul	05-Ago	06-Ago	
	GSR APURIMAC 1B	16-Jul	19-Jul	20-Jul	22-Jul	22-Jul	24-Jul	27-Jul	12-Ago	13-Ago	
	GSR APURIMAC 1C	24-Jul	27-Jul	30-Jul	31-Jul	31-Jul	02-Ago	05-Ago	19-Ago	20-Ago	
	C. MAYORES 2	28-Jul	30-Jul	01-Ago	02-Ago	02-Ago	05-Ago	08-Ago	19-Ago	20-Ago	
AGOSTO	GSR APURIMAC 1A	09-Ago	12-Ago	13-Ago	14-Ago	14-Ago	16-Ago	19-Ago	03-Set	04-Set	
	GSR APURIMAC 1B	16-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	21-Ago	23-Ago	26-Ago	09-Set	10-Set	
	GSR APURIMAC 1C	24-Ago	27-Ago	28-Ago	29-Ago	29-Ago	31-Ago	03-Set	16-Set	17-Set	
	C. MAYORES 2	28-Ago	29-Ago	31-Ago	02-Set	02-Set	04-Set	07-Set	18-Set	19-Set	
SEPTIEMBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Set	12-Set	13-Set	16-Set	16-Set	19-Set	22-Set	02-Oct	03-Oct	
	GSR APURIMAC 1B	16-Set	19-Set	20-Set	23-Set	23-Set	25-Set	28-Set	09-Oct	10-Oct	
	GSR APURIMAC 1C	24-Set	27-Set	28-Set	30-Set	30-Set	05-Oct	08-Oct	21-Oct	22-Oct	
	C. MAYORES 2	28-Set	30-Set	01-Oct	02-Oct	02-Oct	04-Oct	08-Oct	21-Oct	22-Oct	
OCTUBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Oct	12-Oct	14-Oct	15-Oct	15-Oct	17-Oct	20-Oct	04-Nov	05-Nov	
	GSR APURIMAC 1B	16-Oct	19-Oct	20-Oct	22-Oct	22-Oct	24-Oct	27-Oct	11-Nov	12-Nov	
	GSR APURIMAC 1C	24-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	30-Oct	31-Oct	03-Nov	19-Nov	20-Nov	
	C. MAYORES 2	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct	31-Oct	02-Nov	06-Nov	18-Nov	19-Nov	
NOVIEMBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	14-Nov	16-Nov	19-Nov	03-Dic	04-Dic	
	GSR APURIMAC 1B	15-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	20-Nov	22-Nov	25-Nov	10-Dic	11-Dic	
	GSR APURIMAC 1C	23-Nov	26-Nov	27-Nov	28-Nov	28-Nov	30-Nov	03-Dic	16-Dic	17-Dic	
	C. MAYORES 2	28-Nov	29-Nov	30-Nov	02-Dic	02-Dic	04-Dic	07-Dic	18-Dic	19-Dic	
DICIEMBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Dic	12-Dic	14-Dic	16-Dic	16-Dic	19-Dic	22-Dic	06-Ene	07-Ene	
	GSR APURIMAC 1B	15-Dic	18-Dic	19-Dic	20-Dic	20-Dic	23-Dic	26-Dic	08-Ene	09-Ene	
	GSR APURIMAC 1C	23-Dic	27-Dic	28-Dic	30-Dic	30-Dic	02-Ene	05-Ene	20-Ene	21-Ene	
	C. MAYORES 2	28-Dic	30-Dic	31-Dic	02-Ene	02-Ene	04-Ene	07-Ene	20-Ene	21-Ene	

Fuente: Obtenido de www.else.com.pe.

2.3.18.4 Conexión eléctrica

OSINERGMIN (2009), menciona que es conjunto de componentes requeridos para el suministro de electricidad a los usuarios del servicio público de electricidad desde las instalaciones de la concesionaria. Comprende la acometida, caja de medición, protección eléctrica y *equipo de medición*.

2.3.18.5 Equipo de medición de energía eléctrica

Un equipo de medición de energía eléctrica es un dispositivo cuyo objetivo es monitorear el consumo de energía eléctrica de una carga o conjunto de cargas. Las concesionarias utilizan estos dispositivos para tener un control exacto de la energía consumida por sus usuarios y dependiendo del tipo de conexión pueden ser clasificados en medidores monofásicos, medidores trifásicos y medidores inteligentes.

2.3.18.6 Lectura de medidores

En la actualidad, los equipos de medición de energía eléctrica en su mayoría son digitales y cuentan con un display en el que se muestra el consumo total registrado.

Según ELSE (2024), menciona que es la cantidad de energía que gastan los diferentes electrodomésticos, focos, entre otros, dentro de la vivienda y se calcula:

$$\text{Consumo del mes} = \text{Lectura actual} - \text{Lectura anterior}$$

2.3.19 Proceso de facturación

En el proceso de facturación de un suministro se toma en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

1. Cronograma comercial.
2. Pliego tarifario.
3. Lectura de consumo de energía eléctrica.
4. Alícuota de alumbrado público.
5. FOSE.
6. FISE.

Los errores en la toma de lecturas incrementan los montos facturados en el concepto de alumbrado público y afectan a los beneficiarios del FOSE y FISE excluyéndolos.

2.3.20 Suministro de energía eléctrica

El Ministerio de Energía y Minas (2012), menciona que suministro es el conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.

Así mismo, se menciona que el suministro de energía eléctrica es un término que se utiliza para describir la entrega y el suministro de electricidad a hogares, empresas e industrias. Esta electricidad es producida por centrales eléctricas y entregada a través de una red de distribución que consta de subestaciones, transformadores y líneas de transmisión. El suministro de energía eléctrica es esencial para la vida moderna. Sin él, muchas de nuestras comodidades modernas, como la iluminación, la calefacción y la refrigeración, serían imposibles. Además, el suministro de energía eléctrica también es fundamental para la industria y el comercio, ya que muchas empresas y fábricas dependen de ella para operar.

2.3.21 Medidores de energía eléctrica

Para el presente trabajo de investigación es necesario precisar la importancia de conocer los medidores de energía eléctrica utilizados o empleados a lo largo de la concesión de ELSE, en especial nos enfocaremos en la sede de Abancay, esto debido a que la visión artificial actuara sobre la lectura de consumo que muestra el display de los medidores.

Entre los más instalados a lo largo de la concesión tenemos a los siguientes:

- Medidores Electrónicos

- Medidores Digitales
- Medidores Multifunción (Multitarifa)

Es necesario aclarar que se tienen 3 tipos de medidores instalados de acuerdo a la potencia solicitada o a la tensión de servicio que presentan en la zona los cuales son:

- a) Medidores monofásicos de 2 hilos.
- b) Medidores trifásicos de tres hilos.
- c) Medidores trifásicos de cuatro hilos.

El presente trabajo de investigación se enfoca en los medidores monofásicos de 2 hilos, ya que estos son y han sido instalados en los usuarios con opción tarifaria BT5B.

2.3.22 Medidores digitales

Medidores digitales son aquellos dispositivos cuya función es capturar las señales analógicas de tensión y corriente, digitalizarlas y procesarlas, obteniendo de este modo los valores de energía y potencia que luego son visualizados mediante una pantalla de cristal líquido.

Figura 2.4
Medidor digital



2.3.23 Medidores inteligentes

En la actualidad con los avances tecnológicos, los medidores de energía eléctrica también han sufrido avances y modificaciones en los últimos años, en Electro Sur Este sede Cusco se cuenta con un piloto de medidores inteligentes, medidores que envían las lecturas y registran consumos cada 15 minutos mediante un software, de acuerdo a consultas realizadas y al piloto existente en el centro histórico de la ciudad del Cusco y en la ciudad de aguas calientes distrito de Machupicchu, se pudo verificar que estos medidores tienen problemas al momento de hacer la lectura en tiempo real, es preciso indicar que la extracción de lecturas es a través de concentradores instalados en las subestaciones de distribución, además de consultas realizadas se pudo verificar que debido a temas de comunicación es muy difícil hacer las lecturas en tiempo real durante el día, el software extrae las lecturas con normalidad durante la noche.

Figura 2.5

Medidor inteligente - Itechene



Figura 2.6

Esquema de transferencia de datos del medidor inteligente



2.3.24 Medidores multitarifa (Multifunción)

Estos medidores se caracterizan por realizar diferentes medidas, hasta 8 tarifas de energía y 4 tarifas de demanda, ítems empleados para el proceso de facturación.

1. Energía activa.
2. Energía reactiva.
3. Potencia máxima.
4. Máxima demanda.
5. Registros en horas punta.
6. Registros en horas fuera de punta.

Estos medidores en parte cuentan con la tecnología AMI, la desventaja de estos medidores es el alto costo que implica la adquisición y su mantenimiento.

Estos medidores cuentan para la transferencia de lecturas en tiempo real con lo siguiente:

- a) Chip 3G, 4G.
- b) Modem GPRS.
- c) Antena para comunicación.

De acuerdo a consultas realizadas con especialistas en el uso de estos medidores multifunción indican que, si alguno de estos componentes es alterado o no son programados adecuadamente, la lectura en tiempo real es imposible lo que genera asignación de recursos adicionales para realizar el trabajo de toma de lectura en el tiempo previsto para las fechas de facturación lo que ocasiona retrasos y posteriores penalidades o sanciones.

Figura 2.7

Medidor AS1440 - Medidor multifunción



Figura 2.8
Medidor A1800 - Medidor multifunción



2.3.25 Visión artificial

En la actualidad, el uso de la visión artificial presenta un crecimiento significativo debido a que muchas empresas buscan automatizar sus procesos para reducir tiempos, minimizar errores y mejorar resultados. La visión artificial, como rama de la inteligencia artificial, permite a las máquinas interpretar imágenes o videos del mundo real. Empleando librerías de programación como OpenCV y ONNX Runtime en Python, es posible obtener información útil a partir de imágenes, como la lectura de medidores eléctricos o la identificación de códigos de barras. En este trabajo, se ha aplicado la visión artificial para detectar automáticamente la lectura del medidor mediante el procesamiento de imágenes, lo que permite reducir la intervención humana y mejorar la precisión. Este sistema se entrena previamente con un conjunto de imágenes representativas que permiten al modelo reconocer caracteres numéricos o patrones visuales del medidor. Cuando el dispositivo móvil enfoca la cámara al display del medidor, el software identifica el área de interés y extrae la lectura correspondiente de forma automática y en menor tiempo.

Figura 2.9
Reconocimiento óptico de caracteres



Durante el proceso de entrenamiento, el sistema aprende a identificar patrones visuales complejos en diferentes condiciones de iluminación, ángulos y estados del display. Posteriormente, al enfocar la cámara del dispositivo móvil al display del medidor, el software identifica el área de interés, recorta la región correspondiente y aplica el modelo OCR para extraer la lectura de forma automática y en menor tiempo.

Aplicaciones similares se observan en sistemas de lectura automática de matrículas vehiculares (LPR), validación de documentos de identidad, reconocimiento de texto en documentos escaneados y control de calidad en líneas de producción industrial. actualidad, el uso de la visión artificial presenta un crecimiento significativo debido a que muchas empresas buscan automatizar sus procesos para reducir tiempos, minimizar errores y mejorar resultados. La visión artificial, como rama de la inteligencia artificial, permite a las máquinas interpretar imágenes o videos del mundo real. Empleando librerías de programación como OpenCV y ONNX Runtime en Python, es posible obtener información útil a partir de imágenes, como la lectura de medidores eléctricos o la identificación de códigos de barras.

2.3.26 Python

Python es un lenguaje de programación interpretado, de alto nivel y de propósito general, ampliamente utilizado en ingeniería, ciencia de datos e inteligencia artificial. En el campo de la Ingeniería Eléctrica, Python destaca por su capacidad de integrar múltiples herramientas para automatización, análisis numérico y visualización de resultados.

Figura 2.10
Logo Python



Para aplicaciones de visión artificial, como en este estudio, Python ofrece librerías como OpenCV para el procesamiento de imágenes, ONNX Runtime para la ejecución de modelos de inteligencia artificial, y Pyzbar para la lectura de códigos de barras. Estas herramientas permiten construir soluciones completas, desde la adquisición de la imagen hasta la predicción automática de los valores visualizados en un display digital.

Gracias a su sintaxis clara y su extensa comunidad, Python es uno de los lenguajes más usados por desarrolladores en todo el mundo. Además, al ser un software libre, ofrece una alternativa económica y potente frente a herramientas propietarias. Su interoperabilidad con otros lenguajes como C++, Java y frameworks móviles facilita su integración en sistemas

híbridos como aplicaciones Android, lo que ha sido clave en el desarrollo del aplicativo móvil de este estudio. de alto nivel, ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería y ciencia de datos. En este estudio, Python ha sido clave para desarrollar algoritmos de visión artificial, dado que cuenta con bibliotecas especializadas como OpenCV (procesamiento de imágenes), NumPy (manejo de matrices), Matplotlib (visualización) y ONNX Runtime (ejecución de modelos preentrenados).

En el proceso de desarrollo, se utilizó Python con las librerías onnx y onnxruntime para inspeccionar los modelos generados. A través de estas herramientas, se verificaron los tensores de entrada (por ejemplo, imágenes RGB de 640x640 píxeles) y de salida (listas de coordenadas y etiquetas), asegurando la compatibilidad del modelo entrenado con el aplicativo móvil desarrollado. Asimismo, se empleó la plataforma Netron para validar visualmente la arquitectura del modelo y confirmar que los nodos de salida correspondan al reconocimiento de caracteres numéricos.

Figura 2.11

Propiedades del modelo entrenado



Fuente: Netron

2.3.27 Aplicativo móvil

Un aplicativo móvil es una herramienta de software diseñada para ejecutarse en smartphones, tabletas u otros dispositivos móviles. Según la UIT (Unión internacional de telecomunicaciones), se trata de una extensión informática que permite realizar funciones específicas desde un dispositivo portátil. Estos aplicativos deben instalarse previamente desde tiendas oficiales como Google Play (Android) o App Store (iOS).

En el contexto de esta investigación, el aplicativo móvil desarrollado permite al usuario capturar la serie del medidor mediante escaneo de código de barras y tomar una imagen del display, que será analizada por el sistema de visión artificial para extraer la lectura automáticamente. Este aplicativo fue construido usando Android Studio, integrando tanto código Java como librerías Python a través del motor de ejecución Chaquopy, que permite correr modelos ONNX en el dispositivo.

Figura 2.12

Captura de imágenes con procesamiento de visión artificial



Fuente: Elaboración propia.

Su interfaz está diseñada para ser intuitiva y facilitar el trabajo de campo de los operarios: desde el inicio de sesión, selección de rutas, escaneo de medidores, hasta el almacenamiento de las lecturas. La aplicación también permite guardar evidencia fotográfica de cada lectura, generando una trazabilidad completa del proceso. Esto reduce los errores manuales y mejora la eficiencia operativa en entornos rurales o urbanos, sin depender de la conectividad continua a internet.

2.3.28 Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para la creación de aplicaciones Android, desarrollado por Google. Este entorno facilita la construcción de interfaces gráficas, la integración de múltiples lenguajes de programación (Java, Kotlin, Python mediante plugins), y la compilación y prueba de las aplicaciones en diversos dispositivos virtuales y físicos.

En el presente trabajo, Android Studio fue utilizado para construir el aplicativo móvil que integra visión artificial. Se diseñaron las interfaces de usuario en XML con componentes como botones, campos de entrada, vistas de cámara y vistas de imagen. El código de control fue desarrollado en Java para la gestión de flujos, navegación entre pantallas, acceso a la cámara y manejo de archivos.

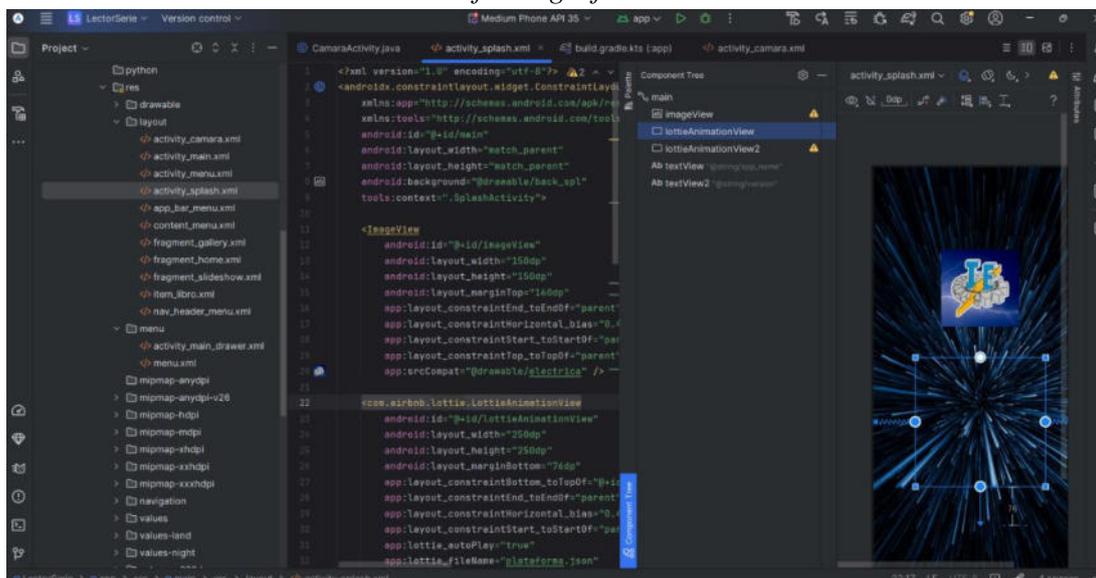
Las principales pantallas diseñadas incluyen:

- Inicio de sesión: Para la autenticación de los usuarios lectores.
- Menú principal: Donde se seleccionan rutas o tareas asignadas.
- Pantalla de lectura: Que integra la cámara, el lector de códigos y el módulo de inferencia con visión artificial.

Estas pantallas fueron enlazadas mediante controladores Java que permitieron sincronizar los resultados de los modelos ONNX con la interfaz gráfica, asegurando una experiencia fluida para el usuario. El uso de Android Studio permitió una implementación ordenada, replicable y fácilmente escalable en diferentes versiones de Android, asegurando compatibilidad con cualquier equipo móvil.

Figura 2.13

Desarrollo de interfaces gráficas – Android Studio



2.3.29 Java

Java es un lenguaje de programación de alto nivel, orientado a objetos, ampliamente utilizado para el desarrollo de aplicaciones móviles, web y empresariales. Su arquitectura multiplataforma permite que el mismo código funcione en diferentes sistemas operativos, lo que ha consolidado a Java como uno de los lenguajes más utilizados en el desarrollo Android.

En el presente trabajo, Java fue el lenguaje principal utilizado para programar la lógica del aplicativo móvil. Se empleó para gestionar la navegación entre pantallas, la interacción con la cámara del dispositivo, la validación de datos, y la ejecución de procesos en segundo plano. Java también permitió la integración con bibliotecas externas para invocar funciones escritas en Python y realizar inferencias con modelos ONNX.

Figura 2.14 *Logo Java*



Aplicaciones de Java

Entre las muchas aplicaciones que se le da a este lenguaje de programación podemos resaltar las siguientes:

1. Aplicaciones móviles.
2. Aplicaciones Web.
3. Software empresarial.
4. Juegos.
5. Aplicaciones IOT: Aplicaciones lot empleadas para automatización y comodidad, control de temperatura, seguridad o iluminación).

Ventajas de Java

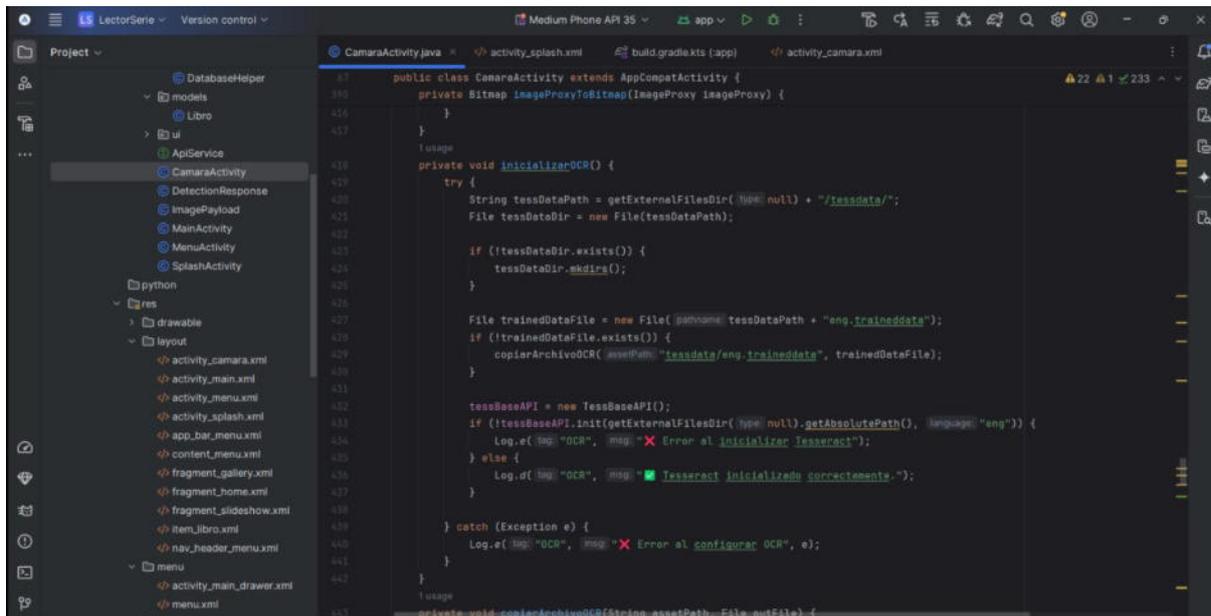
1. Excepcionalmente versátil.
2. Multiplataforma, se usa en muchos sectores y sistemas operativos distintos.
3. Sistema operativo Android se basa en él.
4. Sencillo de aprender y se considera un excelente lenguaje de programación.

Desventajas de Java

1. Costos de licencia elevados.
2. Los códigos en Java hacen que sea bastante complicado.
3. Java es lento en comparación con los lenguajes de programación C y C++.
4. Se requiere estudios especializados para alcanzar una programación de nivel.

En este proyecto, el uso de Java resultó fundamental para conectar los componentes visuales desarrollados en XML con los módulos funcionales y de inteligencia desarrollados en Python, garantizando una experiencia fluida y eficiente para los usuarios de campo.

Figura 2.15 Códigos de interacción entre pantallas – Android Studio



```
public class CamaraActivity extends AppCompatActivity {
    private Bitmap ImageProxyToBitmap(ImageProxy imageProxy) {
    }
}

private void inicializarOCR() {
    try {
        String tessDataPath = getExternalFilesDir( null ) + "/tessdata/";
        File tessDataDir = new File(tessDataPath);

        if (!tessDataDir.exists()) {
            tessDataDir.mkdir();
        }

        File trainedDataFile = new File( getPackageName() + tessDataPath + "eng_traineddata");
        if (!trainedDataFile.exists()) {
            copiarArchivoOCR( getPackageName() + "tessdata/eng_traineddata", trainedDataFile);
        }

        TesseractAPI = new TesseractAPI();
        if (!TesseractAPI.init(getExternalFilesDir( null ).getAbsolutePath(), language: "eng")) {
            Log.e( TAG, "OCR", MSG, "Error al inicializar Tesseract");
        } else {
            Log.d( TAG, "OCR", MSG, "Tesseract inicializado correctamente.");
        }
    } catch (Exception e) {
        Log.e( TAG, "OCR", MSG, "Error al configurar OCR", e);
    }
}

private void copiarArchivoOCR( String assetPath, File outputFile) {
```

Fuente: Elaboración propia

2.4 Marco Legal

Decreto Ley N° 25844 – Ley de Concesiones Eléctricas:

Establece el marco legal para las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en Perú. Es fundamental para comprender las obligaciones y derechos de las empresas distribuidoras como Electro Sur Este S.A.A.

Decreto Supremo N° 009-93-EM – Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas:

Detalla las disposiciones del Decreto Ley N° 25844, incluyendo aspectos técnicos y administrativos que las empresas deben cumplir.

Decreto Supremo N° 020-97-EM – Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos:

Establece los estándares de calidad que deben cumplir las empresas distribuidoras en la prestación del servicio eléctrico, incluyendo la precisión en la toma de lecturas.

Resolución de Consejo Directivo N° 047-2009-OS-CD:

Aprueba el procedimiento para la supervisión de la facturación, cobranza y atención al usuario, aspectos directamente relacionados con la precisión de las lecturas de medidores.

Resolución de Consejo Directivo N° 115-2017-OS-CD:

Establece el procedimiento para la supervisión del proceso de facturación a los usuarios del servicio público de electricidad, asegurando la exactitud en las lecturas y facturación.

Resolución de Consejo Directivo N° 206-2013-OS-CD:

Define las opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuarios finales, lo cual puede influir en la evaluación económica de implementar nuevas tecnologías de lectura.

Resolución de Consejo Directivo N° 159-2015-OS-CD:

Fija los valores máximos de los costos de conexión eléctrica, incluyendo cargos mensuales de reposición y mantenimiento, aspectos que pueden verse afectados por la implementación de nuevos sistemas de lectura.

Resolución de Consejo Directivo N° 139-2018-OS-CD:

Aprueba la directiva para la implementación de medios de facturación, recaudación y comunicación electrónicos, promoviendo el uso de tecnologías digitales en el sector eléctrico.

Ley N° 31814 – Ley que promueve el uso de la inteligencia artificial en favor del desarrollo económico y social del país:

Establece principios para el desarrollo y uso de la inteligencia artificial, fomentando su aplicación en diversos sectores, incluido el energético.

Ley N° 27510 – Ley que crea el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE):

Crea un fondo destinado a subsidiar el consumo eléctrico de los usuarios residenciales de menores ingresos, lo cual puede influir en la priorización de tecnologías que mejoren la eficiencia y reduzcan costos.

Ley N° 29852 – Ley que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE):

Establece mecanismos para garantizar la seguridad energética y promover la inclusión social en el acceso a la energía, aspectos que pueden beneficiarse de tecnologías que mejoren la precisión en la medición del consumo.

Código Nacional de Electricidad – Suministro:

Contiene disposiciones técnicas relacionadas con el suministro de energía eléctrica, incluyendo la instalación y operación de equipos de medición.

Código Nacional de Electricidad – Utilización:

Establece normas técnicas para la utilización de la energía eléctrica, asegurando la seguridad y eficiencia en el uso de equipos eléctricos por parte de los usuarios.

CAPITULO III

3 DIAGNÓSTICO DEL PROCEDIMIENTO DE LECTURAS DE ELSE

3.1 Introducción

El presente capítulo desarrolla un diagnóstico integral del procedimiento actual de toma de lecturas en la sede Abancay de Electro Sur Este S.A.A., con el propósito de identificar sus principales limitaciones operativas, fuentes de error y el impacto directo que estos factores generan sobre la calidad del servicio de la empresa distribuidora. Esta evaluación parte del análisis del proceso tradicional, el cual se basa principalmente en la lectura manual de los medidores por parte del personal de campo, una práctica que, si bien ha sido ampliamente utilizada, presenta deficiencias importantes en cuanto a precisión, trazabilidad y eficiencia.

Mediante el uso de datos estadísticos obtenidos en el registro institucional, indicadores de desempeño y observaciones de campo, se evidencian problemas recurrentes como errores de transcripción, lecturas inconsistentes, reclamos por consumo excesivo y la necesidad frecuente de refacturaciones. Todo ello repercute en los niveles de satisfacción del usuario, eleva los costos operativos de la empresa y debilita la imagen institucional ante los entes reguladores.

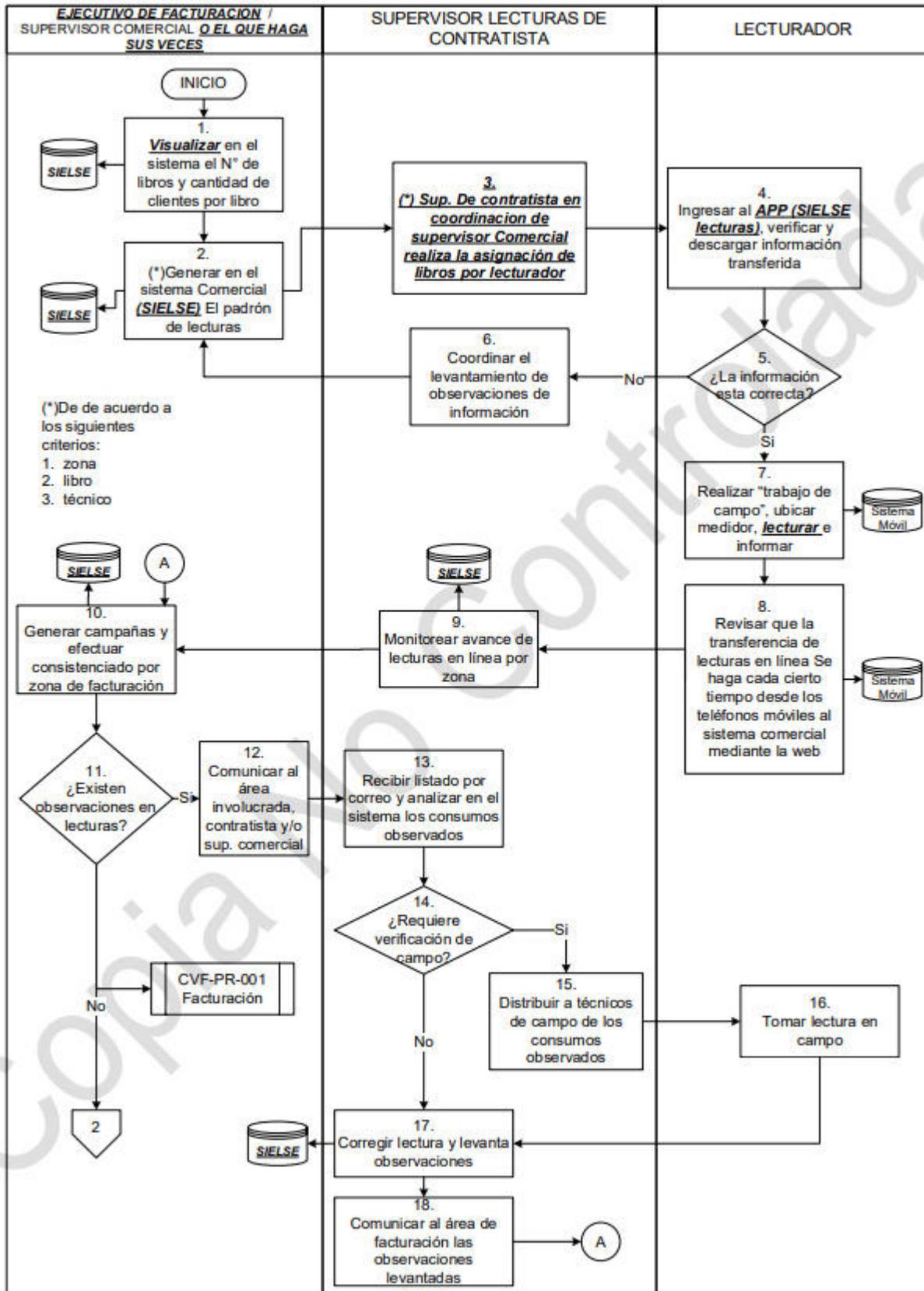
Asimismo, se realiza una proyección de la tendencia de estos errores y se analizan los posibles riesgos futuros si no se implementan mejoras tecnológicas en el corto plazo. Este diagnóstico sienta las bases para la exploración de soluciones en el siguiente capítulo, donde se plantea la visión artificial como una alternativa innovadora y adaptable al entorno operativo actual, con el potencial de reducir errores, optimizar recursos y fortalecer la calidad del servicio a través del proceso de facturación más preciso y eficiente.

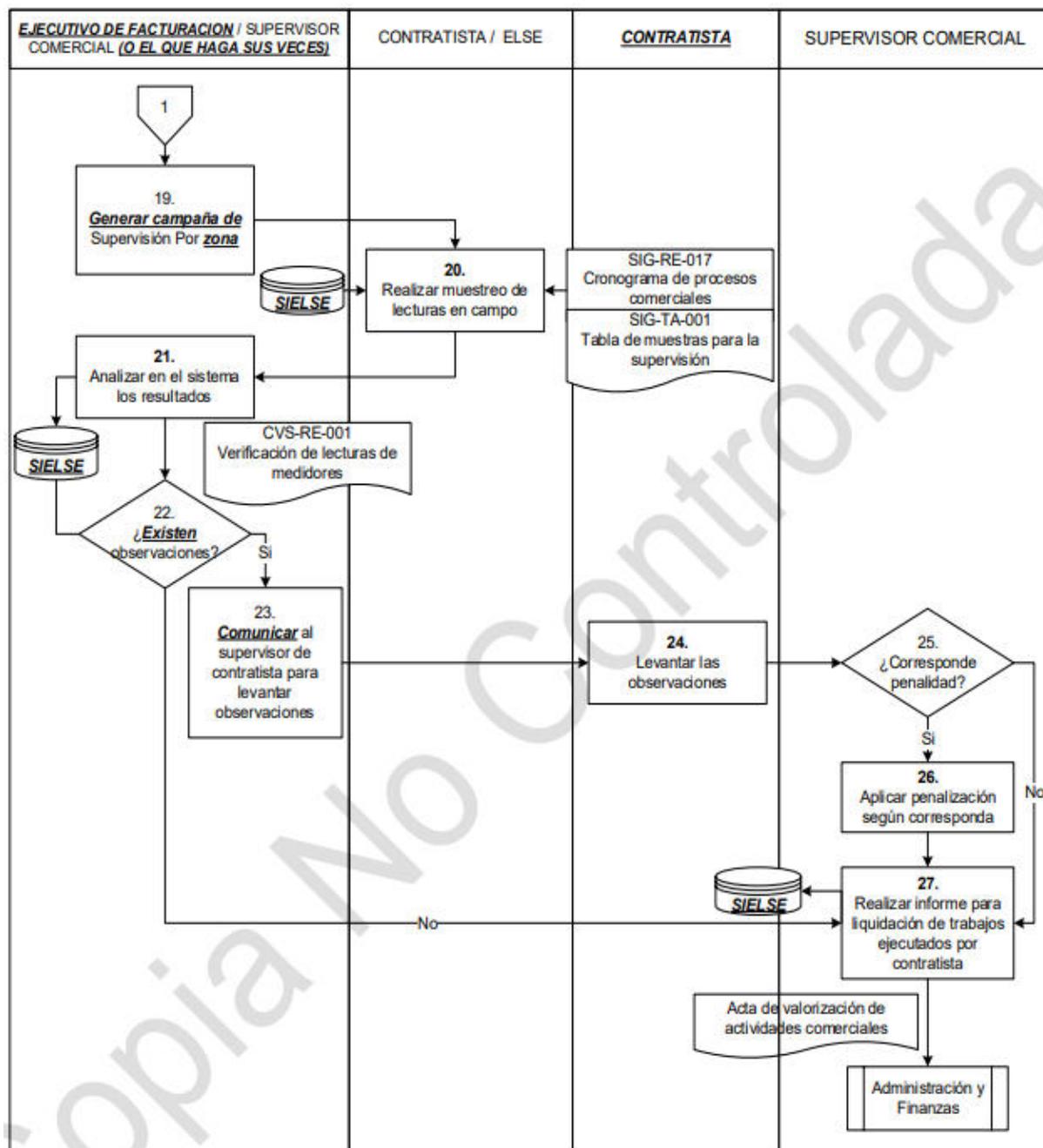
3.2 Procedimiento Actual

Actualmente, el procedimiento de toma de lecturas en la sede Abancay de Electro Sur Este S.A.A. es ejecutado por la Oficina de Facturación, bajo la supervisión directa de un responsable que coordina las actividades del personal operativo, con el objetivo de mantener la eficiencia y continuidad del servicio. Este proceso es llevado a cabo por contratistas o personal lector, quienes recorren rutas asignadas para registrar los consumos de los medidores eléctricos correspondientes a los usuarios del servicio.

Tal como se ilustra en la Figura 3.1, el procedimiento vigente contempla un total de veintisiete (27) pasos, desde la generación de libros de lectura, hasta la generación de actas de valorización para el contratista. Durante estas etapas, se han identificado múltiples puntos críticos, estas debilidades estructurales abren la posibilidad de proponer mejoras mediante nuevos sistemas tecnológicos.

Figura 3.1
Flujograma actual de toma de lecturas





Fuente: Obtenido de ELSE

3.2.1 Software usado por ELSE para la toma de lecturas

Electro Sur Este S.A.A. utiliza el sistema informático denominado SIELSE (Sistema de Información de Electro Sur Este) para gestionar el proceso de facturación y administración de suministros eléctricos. Este sistema centralizado permite el manejo de libros de lectura, el procesamiento de consumos y la consistencia de datos antes de la emisión de facturas.

Para la toma de lecturas en campo, la empresa emplea el aplicativo móvil SIELSE Lecturas, el cual se encuentra sincronizado con la plataforma central. A través de este

aplicativo, se asignan credenciales individuales a cada lectorador, permitiéndoles descargar los libros de lectura y las rutas correspondientes a sus zonas asignadas.

Una vez en campo, el personal lector utiliza el aplicativo para ubicar los suministros mediante los códigos de ruta y la serie del medidor. Posteriormente, digita manualmente el valor de consumo de energía eléctrica observado en el medidor. Estas lecturas son almacenadas temporalmente en el dispositivo móvil y, al concluir la jornada, enviadas al servidor central para su validación y procesamiento a través del módulo de consistencia del SIELSE.

Este procedimiento, aunque funcional, depende en gran medida de la precisión del operador, lo que expone al sistema a errores de lectura, omisiones y digitaciones incorrectas. Estas limitaciones técnicas y operativas justifican la necesidad de explorar soluciones que reduzcan la intervención humana y aumenten la confiabilidad del proceso, como se propone en capítulos posteriores mediante el uso de visión artificial.

Figura 3.3

Aplicativo móvil SIELSE Lecturas



Fuente: Obtenido del SIELSElecturas.

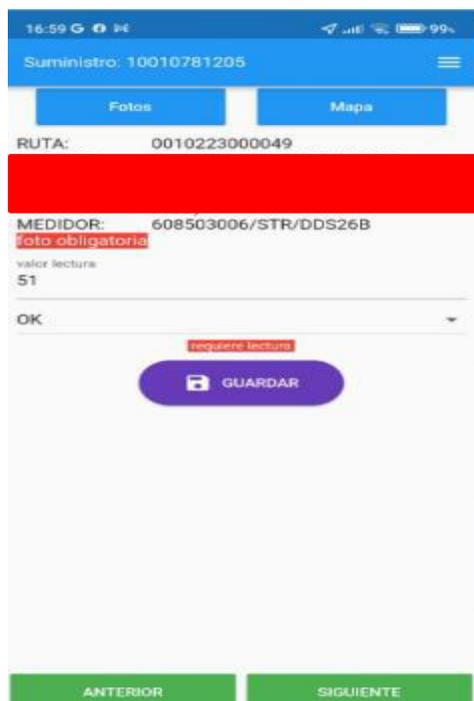
Figura 3.2

Suministro en el aplicativo SIELSE Lecturas.



Fuente: Obtenido del SIELSElecturas.

Figura 3.4
Registro de lectura en el SIELSE Lecturas.



Fuente: Obtenido del SIELSE Lecturas.

3.2.2 Limitaciones del Procedimiento Actual

3.2.2.1 Registro de lecturas

En el paso 7 del procedimiento operativo descrito por Electro Sur Este S.A.A., denominado “Realizar trabajo de campo, ubicar medidor, lecturar e informar”, se ejecuta la toma de lecturas utilizando el aplicativo móvil SIELSE Lecturas. Durante esta etapa, el personal de campo se desplaza físicamente a las zonas asignadas, donde ubica cada medidor correspondiente a los suministros según la ruta establecida, y procede a registrar manualmente el valor mostrado en el display digital del equipo de medición.

Como ejemplo representativo, se analiza el suministro N° 10761709, mostrado en las Figuras 3.5 y 3.6, en el cual la ruta asignada es 101-05-04-000703. A partir de esta información, el lector identifica la cajatoma correspondiente al suministro, verifica que el medidor coincida con el registro mediante la serie única del equipo (código de barras), y finalmente digita la lectura observada en el padrón digital del aplicativo.

Este procedimiento, depende completamente de la observación, precisión y experiencia del trabajador, lo cual introduce un margen de error significativo en condiciones adversas, como iluminación deficiente, suciedad en el medidor o desgaste del código de barras.

Según registros operativos internos de la sede Abancay, el tiempo promedio estimado para tomar una lectura es de 24.36 segundos por medidor. Esta cifra incluye la verificación de

la serie, la lectura visual del display, el ingreso manual en el sistema y el desplazamiento corto entre suministros. No obstante, este tiempo puede variar considerablemente en función del estado físico del medidor, su visibilidad, o la dificultad para acceder a su ubicación.

Estas condiciones operativas evidencian la necesidad de modernizar el proceso, incorporando herramientas tecnológicas que automatizan la lectura y reducen el error humano, tal como se plantea en el desarrollo de esta investigación mediante visión artificial.

Figura 3.5

Ruta de suministro en cajatoma.



Fuente: Obtenido de SIELSE

Figura 3.6

Serie de medidor en suministro.



Fuente: Obtenido de SIELSE

3.2.2.2 Consistencia de lecturas

En el paso 10, correspondiente a la etapa “Generar campañas y efectuar la consistencia por zona de facturación”, que abarca también los pasos del 11 al 18, se realiza el proceso de consistencia de lecturas. Esta fase es considerada una de las más críticas y demandantes del procedimiento, ya que implica la revisión, validación y corrección de las lecturas ingresadas por los lecturadores en campo, antes de que se proceda a la facturación definitiva.

La consistencia de lecturas tiene como finalidad detectar inconsistencias como, lecturas anómalas, valores fuera de rango, registros duplicados o faltantes, así como verificar que las lecturas se correspondan con la evolución lógica del consumo histórico del suministro. Sin embargo, esta etapa presenta limitaciones operativas significativas, entre las que destaca el reducido plazo disponible para su ejecución, que usualmente no supera los dos días calendario posteriores al cierre del trabajo de campo. Esta restricción de tiempo, sumada al alto volumen de suministros a procesar, dificulta una corrección exhaustiva y precisa de los errores cometidos durante la lectura. Como consecuencia, muchas inconsistencias no son detectadas o no se corrigen adecuadamente, lo que conlleva a la emisión de facturas con errores. La Figura 3.7 ilustra un caso representativo de una factura emitida con lectura incorrecta, producto de un error no subsanado durante la consistencia.

Figura 3.7
Muestra de recibo facturado con error.



Fuente: Obtenido de SIELSE.

3.2.2.3 Campaña de supervisión de lecturas

El paso 19, denominado “Generar campaña de Supervisión por zona” (que comprende también los pasos del 20 al 27), se implementa como un mecanismo de control complementario al proceso regular de toma de lecturas. Su finalidad principal es verificar la veracidad y exactitud de la información registrada en campo por los lecturadores.

Para ello, se ejecutan muestreos aleatorios o dirigidos de ciertos suministros previamente leídos, los cuales son nuevamente inspeccionados por personal supervisor. En caso de detectarse inconsistencias, errores u omisiones, estas se documentan y se comunican al contratista responsable del servicio de lectura, con el objetivo de exigir el levantamiento de observaciones dentro de un plazo determinado.

Además, cuando corresponde, se aplican penalizaciones contractuales conforme a las cláusulas del servicio, lo que busca incentivar la mejora en la calidad del trabajo de campo. Sin embargo, este control posterior no corrige errores ya facturados, por lo que su impacto preventivo es limitado si no se refuerzan las etapas anteriores del proceso.

Figura 3.8
Módulo Campañas de Supervisión

Mostrar Fotos	Cargar Fotos	Suministro	Ruta	Nombre	Dirección	Código Medidor	Supervisión Realizada	Tipo Lectura	L_EA Contratista	L_EA Verificada	Nro Meses Promedio	Observación
Ver	Cargar	11000077635	1010108002241	BEDIA GUEVARA, MARIO	JR. ARICA SUB LTE 03-C	20211000000000008989	OK	OK_	1586.0000	1694.0000		1
Ver	Cargar	11000078324	1010108003059	LOPINTA VALENZUELA, EUFEMIA	PROLONG. JR CUSCO MZ A LTE...	20221000000000000287	OK	OK_	2051.0000	2082.0000		0
Ver	Cargar	11000078325	1010108003061	LOPINTA VALENZUELA, EUFEMIA	PROLONG. JR CUSCO MZ A LT...	20221000000000000286	OK	OK_	171.0000	175.0000		0
Ver	Cargar	11000078606	1010108002851	CONDORI CIJPA, YOBID	ASOC. PRO-VIVIENDA LAS TOR...	202210000000000001200	OK	OK_	407.0000	413.0000		0
Ver	Cargar	11000080815	1010108000801	DAMIAN AYMA, FRANCISCO	PROLONGACION DEL JIRON CU...	202210000000000003889	OK	OK_	235.0000	244.0000		0
Ver	Cargar	11000081895	1010108001061	AGUIRRE CUARESMA, MARTHA	PROLONG. JIRON CUSCO LOTE...	202210000000000005780	OK	OK_	1054.0000	1072.0000		0
Ver	Cargar	11000086619	1010108001921	FARFAN GONZALES, CARMEN	JR. ARICA 324 326 - ABANCAY	202310000000000004423	OK	OK_	632.0000	662.0000		0
Ver	Cargar	11000086823	1010108002601	SOTO SALAS, MARIA MARGARI...	PROL. CUSCO MZ A LT-1	202310000000000004847	OK	OK_	409.0000	424.0000		0
Ver	Cargar	11000087009	1010108001001	OTAZU LIVON, FELICITAS	JR. PROLONGACIÓN ARICA LT...	202310000000000005008	OK	OK_	69.0000	69.0000		0
Ver	Cargar	11000088220	1010108001661	VILLEGAS SARMENTO, MARIA...	URB. LAS TORRES B-14	202410000000000000434	OK	OK_	0.0000	0.0000		0
Ver	Cargar	11000089590	1010108002220	MERINO TORRES RENE	PROLG. ARICA SN ISIDRO A-7	201510000000000008956	OK	OK_	1220.0000	1228.0000		0
Ver	Cargar	11000090600	1010108003820	CHPA QUINTANA, JOSE ALEJA...	PROL. ARICA S/N	2012100000000000021216	OK	OK_	4278.0000	4300.0000		0
Ver	Cargar	11000090601	1010108003800	SILVA CAMPOS, MARINA	PROLONG. ARICA S/N/...	201510000000000008932	OK	OK_	4485.0000	4501.0000		0
Ver	Cargar	11000090604	1010108002180	ENRIQUEZ S. PORFIRIO	JR. ARICA N_701	201510000000000008955	OK	OK_	10673.0000	10712.0000		0
Ver	Cargar	11000090610	1010108002160	MERINO N. HONORATA	URB SAN ISIDRO A-02	2012100000000000021219	OK	OK_	1973.0000	1973.0000		0
Ver	Cargar	11000090621	1010108003080	SIERRA VALVERDE WILBER	PROL. CUSCO S/N	200510000000000004472	OK	OK_	46176.0000	46176.0000		0
Ver	Cargar	11000090641	1010108001670	LANTARON NUÑEZ, CARMEN R...	URB LAS TORRES B-15	2007100000000000014992	OK	OK_	20636.0000	20730.0000		0
Ver	Cargar	11000090642	1010108002520	SUMARRIVA VALENZUELA GUL...	PROL. CUSCO S/N	2007100000000000014984	OK	OK_	13369.0000	13388.0000		0
Ver	Cargar	11000090643	1010108002500	MATEOS PINTO, EDITH TERESA	URB. LAS TORRES A-6	2020100000000000004193	OK	OK_	4955.0000	4995.0000		0

Fuente: Obtenido de SIELSE.

3.2.3 Detección de errores durante el proceso operativo

A través de la verificación de los módulos del sistema SIELSE, específicamente el Administrador de Clientes y el módulo de Consistencia de Lecturas, se identifican múltiples errores operativos que afectan la calidad del proceso de facturación en la sede Abancay.

Estos errores se generan principalmente durante la captura y el registro de datos en campo, así como en las fases de revisión y validación posteriores. Las inconsistencias más comunes incluyen lecturas atípicas, omisiones, valores mal digitados y discrepancias entre la serie del medidor y el suministro asignado.

Figura 3.9

Módulo Administrador de clientes.

The screenshot shows the 'Administrador de Clientes' interface. The 'Código' field is highlighted with a red box. The 'Medidor Instalado' section is also highlighted with a red box, showing fields for 'Serie', 'Marca', 'Año Fabricación', and 'No. Fases'. The interface includes various tabs and sections for customer management, billing, and meter information.

Fuente: Obtenido de SIELSE.

El Administrador de Clientes es uno de los módulos más utilizados por el área Comercial, ya que permite visualizar en forma centralizada todas las actividades asociadas a un suministro, tales como lecturas registradas, órdenes de corte y reconexión, reclamos, pagos y otros eventos relevantes.

En el caso del área de Facturación, este visor es fundamental para consultar los consumos históricos de cada usuario, lo cual facilita la detección de posibles atipicidades o inconsistencias en las lecturas más recientes. Su uso operativo permite identificar discrepancias que podrían pasar desapercibidas en la consistencia de lecturas, como variaciones bruscas de consumo o lecturas repetidas, lo que lo convierte en una herramienta clave para la validación manual previa a la facturación final.

Como se observa en la figura 3.12, la lectura correcta es de 2926.0 kWh, sin embargo, de acuerdo a lo digitado por el lectorador indujo a que cometiera un error de lectura tal como se muestra en la figura 3.13, digitando 2629.0 kWh.

Figura 3.12
Lectura de campo



Fuente: Obtenido de SIELSE.

Figura 3.13
Error de lectura en SIELSE

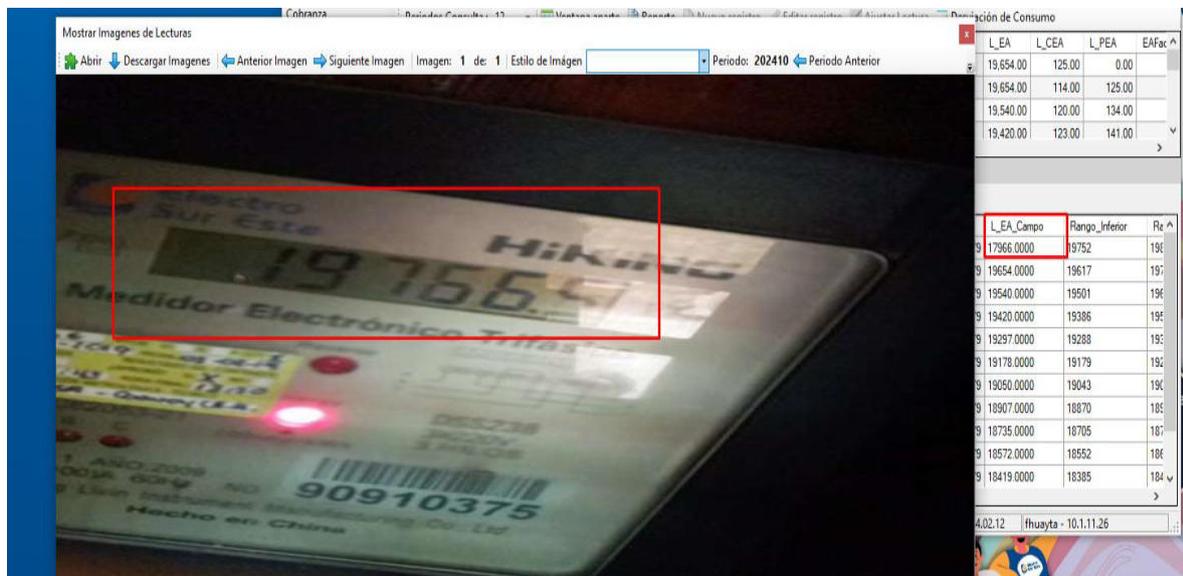
Periodo	No. Lectura	Tipo	Observacion	Fecha	Medidor	Estado	L_EA	L_CEA	L_PEA	EAFacturado	CEAFacturado	EACuentaFacturado	PEAFacturado	Latitud	Longitud	L_CEA_FF
202410	1	LECTURA ERRADA	CAJA FUERA CON LECTURA	21/10/2024 09:46	2017001000000007014	Normal	2.827.00	82.00	0.00					-13.5144636	-71.9949091	82
202409	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	21/09/2024 08:39	2017001000000007014	Normal	2.827.00	111.00	82.00	2.827.00	111.00	0.00	82.00	-13.5171944	-71.9948212	111
202408	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	21/08/2024 11:29	2017001000000007014	Normal	2.716.00	98.00	76.00	2.716.00	98.00	0.00	76.00	-13.5171944	-71.992486	98
202407	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	21/07/2024 13:06	2017001000000007014	Normal	2.618.00	66.00	68.00	2.618.00	66.00	0.00	68.00	-13.5146589	-71.9945742	66
202406	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	21/06/2024 09:18	2017001000000007014	Normal	2.552.00	65.00	67.00	2.552.00	65.00	0.00	67.00	-13.5164907	-71.9923583	65
202405	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	22/05/2024 11:10	2017001000000007014	Normal	2.487.00	85.00	66.00	2.487.00	85.00	0.00	66.00	-13.5147464	-71.9946014	85
202404	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	22/04/2024 11:29	2017001000000007014	Normal	2.402.00	67.00	67.00	2.402.00	67.00	0.00	67.00	-13.5148017	-71.9943133	67
202403	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	23/03/2024 15:50	2017001000000007014	Normal	2.335.00	73.00	66.00	2.335.00	73.00	0.00	66.00	-13.5147229	-71.9945397	73
202402	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	21/02/2024 11:40	2017001000000007014	Normal	2.262.00	49.00	60.00	2.262.00	49.00	0.00	60.00	-13.5146912	-71.9946563	49
202401	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	22/01/2024 06:20	2017001000000007014	Normal	2.213.00	63.00	58.00	2.213.00	63.00	0.00	58.00	-13.5147106	-71.9945911	63
202312	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	21/12/2023 10:20	2017001000000007014	Normal	2.150.00	57.00	53.00	2.150.00	57.00	0.00	53.00	-13.5147117	-71.9946328	57
202311	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	20/11/2023 11:47	2017001000000007014	Normal	2.093.00	94.00	50.00	2.093.00	94.00	0.00	50.00	-13.5146769	-71.9946597	94
202310	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	20/10/2023 11:40	2017001000000007014	Normal	1.999.00	61.00	40.00	1.999.00	61.00	0.00	40.00	-13.5147099	-71.9945974	61

Fotos	Mapa	NoFotos	Periodo	No. Lectura	Tipo Lectura	Observacion	Medidor	L_EA_Campo	Rango_Inferior	Rango_Superior	Fecha_Lectura	Codigo_Lectorador	Simbolo	Medio_Ingreso	Latitud	Longit
Ver	Ver	3	202410	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2629.0000	2855	2963	21/10/2024 09:45:55	12667	OK_	Celular	-13.5144636	-71.99
Ver	Ver	6	202409	2	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2827.0000	2756	2828	21/09/2024 08:39:03	12667	OK_	Celular	-13.514821	-71.99
Ver	Ver	6	202409	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2827.0000	2756	2828	21/09/2024 08:39:03	12667	OK_	Celular	-13.514821	-71.99
Ver	Ver	10	202408	2	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2716.0000	2642	2730	21/08/2024 11:29:06	12667	OK_	Celular	-13.5171044	-71.99
Ver	Ver	10	202408	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2716.0000	2642	2730	21/08/2024 11:29:06	12667	OK_	Celular	-13.5171044	-71.99
Ver	Ver	3	202407	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2618.0000	2575	2663	21/07/2024 13:05:48	12667	OK_	Celular	-13.5146989	-71.99
Ver	Ver	3	202406	1	LECTURA CORRECTA	CAJA FUERA CON LECTURA	2017001000000007014	2552.0000	2509	2597	21/06/2024 09:18:03	12667	OK_	Celular	-13.5164907	-71.99
Ver	Ver	0	202405	1	LECTURA CORRECTA	NINGUNA OBSERVACION	2017001000000007014	2487.0000	2413	2525	22/05/2024 11:10:15	12667	OK	Celular	-13.5147464	-71.99

Fuente: Obtenido de SIELSE.

Similarmente se tiene la figura 3.14 donde la lectura correcta es de 19766.0 kWh, sin embargo, de acuerdo a lo digitado por el lectorador indujo a que cometiera un error de lectura digitando 17966.0 kWh.

Figura 3.14
Error de lectura.



Fuente: Obtenido de SIELSE.

3.3 Evaluación del Problema

Realizando el análisis de la base de datos de ELSE, el diagnóstico revela cifras preocupantes:

1. Según la encuesta CIER 2023, solo el 57.9% de los usuarios está satisfecho con el ítem "factura sin errores", lo que implica un 42.1% de insatisfacción en la región Apurímac.
2. En los últimos tres años, un promedio de 46.4% de usuarios considera que su recibo presenta errores de facturación.
3. En la sede Abancay, se registran aproximadamente 17,466 errores anuales en la toma de lectura de medidores.
4. Estos errores generan reclamos frecuentes por consumo excesivo y han resultado en una elevada tasa de refacturaciones anuales.
5. Estos datos permiten proyectar que, de mantenerse la tendencia, se superarían los 52,000 errores acumulados en los próximos tres años, lo que pone en riesgo la sostenibilidad operativa del servicio de lectura bajo el modelo actual.

3.4 Indicadores Críticos del Proceso

A partir del análisis realizado, se pueden definir los siguientes indicadores clave de desempeño del proceso de lectura actual:

Tabla 3.1

Indicador y valor del proceso actual

Indicador	Valor actual estimado	Fuente
% de satisfacción "Factura sin errores"	57.90%	CIER 2023
Tasa de errores de lectura	46.4%	CIER / ELSE
Errores anuales estimados en Abancay	17,466	Observación interna
Tasa de refacturación anual	5.03%	Observación interna
Tiempo promedio por lectura manual	24.36 segundos	Observación en campo

Estos indicadores reflejan una eficiencia operativa limitada y un margen de error demasiado alto para los estándares actuales de calidad.

3.5 Proyección sin Intervención

En un escenario donde no se implementen mejoras, se estima que:

- La tasa de insatisfacción del usuario puede superar el 45% en los próximos años debido a una mayor dependencia de tecnología por parte del cliente.
- Los errores acumulados podrían exceder los 20,000 por año, con un impacto negativo en los indicadores ISCAL de la empresa.
- La imagen institucional de Electro Sur Este S.A.A. se vería comprometida frente a los entes reguladores y al usuario final.

3.6 Necesidad de Transformación

Este panorama evidencia la necesidad urgente de transformar el procedimiento actual de lectura, migrando hacia métodos más precisos, trazables y eficientes, que reduzcan la incidencia de errores operativos y mejoren directamente los indicadores clave del proceso, especialmente en los pasos 7 (registro de lecturas), 10 (consistencia de lecturas por zona de facturación) y 19 (supervisión de lecturas en campo). La optimización de estos puntos críticos contribuirá significativamente a elevar la calidad del servicio, reducir reclamos y fortalecer la confianza del usuario en el sistema de facturación.

CAPITULO IV

4 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1 Introducción

En el capítulo anterior se detalla el procedimiento actual que Electro Sur Este utiliza para la obtención de la lectura de los medidores que se realizan de forma manual conllevando a errores humanos involuntarios, omisiones y registros erróneos. En este capítulo evaluaremos las posibles soluciones al problema presentado y al final se presenta la solución que desde nuestro punto de vista debería emplearse.

La correcta elección de una alternativa de solución requiere un análisis riguroso que contemple tanto aspectos técnicos, económicos y sociales. En el presente capítulo, se desarrollará la evaluación de distintas alternativas orientadas a mitigar los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica.

Para ello, se analizarán criterios técnicos como la precisión del reconocimiento, compatibilidad con los sistemas existentes, facilidad de implementación y escalabilidad. Asimismo, se compararán los costos asociados a cada alternativa, incluyendo el desarrollo, implementación, mantenimiento y recursos humanos requeridos, a fin de determinar la viabilidad económica de la propuesta.

El objetivo principal de este análisis es identificar la solución más eficiente, confiable y sostenible a corto plazo, que permita optimizar el proceso de lectura de medidores, reducir los errores de facturación y, con ello, mejorar el servicio prestado a los usuarios finales. Los resultados de esta evaluación serán fundamentales para plantear la opción más adecuada dentro del contexto operativo y presupuestal de Electro Sur Este S.A.A. sede Abancay.

4.2 Propuesta de Alternativas de Solución

Con base en los indicadores clave y los puntos críticos del proceso identificados en el capítulo anterior, el presente estudio propone tres alternativas tecnológicas orientadas a mitigar los errores de lectura en los suministros eléctricos, optimizando el proceso de facturación y mejorando la calidad del servicio:

1. Medidores inteligentes: Equipos que permiten la lectura remota en tiempo real y la transmisión automatizada del consumo eléctrico, reduciendo la intervención humana.
2. Medidores multifunción: Dispositivos con mayor capacidad de medición y comunicación, utilizados principalmente en suministros de mayor demanda, que integran funcionalidades avanzadas como la medición directa e indirecta.

3. Implementación de visión artificial: Sistema basado en inteligencia artificial que permite la captura y procesamiento automático de lecturas a través de imágenes digitales, empleando dispositivos móviles convencionales y algoritmos de reconocimiento de caracteres.

A continuación, se describe cada una de las tres alternativas propuestas, desarrollando un análisis técnico, económico y social, que considera tanto las ventajas como las desventajas desde la perspectiva de la empresa Electro Sur Este S.A.A. como de sus usuarios. Este análisis comparativo permitirá valorar el nivel de viabilidad, eficiencia y sostenibilidad de cada opción frente a las necesidades identificadas en el proceso actual de toma de lecturas.

4.2.1 Medidores inteligentes

En el año 2019, Electro Sur Este S.A.A. implementa un proyecto piloto de medidores inteligentes en el distrito de Machupicchu, con el objetivo de evaluar su desempeño en entornos reales. Sin embargo, hasta la fecha, no se realiza un despliegue masivo de esta tecnología en toda el área de concesión, debido a limitaciones técnicas, regulatorias y económicas.

El funcionamiento de estos dispositivos requiere de un sistema de control modular, así como de infraestructura de telecomunicaciones confiable, lo cual representa un desafío significativo, especialmente en regiones con dificultades de conectividad como la sede Abancay. Además, el costo unitario de los medidores inteligentes es considerablemente superior al de los medidores electrónicos convencionales, y no se encuentran regulados en los pliegos tarifarios vigentes, lo que impide su traslado al usuario sin afectar el marco normativo actual.

Desde el punto de vista técnico, estos medidores permiten la lectura en tiempo real y almacenan registros de consumo cada 20 minutos. No obstante, en la práctica, la saturación de la red durante el día limita el acceso remoto inmediato a los datos, por lo que, generalmente, solo es posible descargar lecturas históricas correspondientes a períodos en los que el medidor logra establecer conexión.

En resumen, aunque los medidores inteligentes representan una solución robusta y alineada con la transformación digital del sector eléctrico, su implementación requiere una inversión elevada, una infraestructura estable y una actualización del marco regulatorio, lo que limita su aplicabilidad inmediata en contextos como el de Abancay.

Figura 4.1
Medidor inteligente 3F 4H



Fuente: Obtenido de Google Imágenes.

Ventajas

- Lectura en tiempo real.
- Registro de consumo por horas de acuerdo a la opción de tarifaria.
- Reducción de errores en la facturación.
- Eliminan errores humanos en la lectura.
- Permiten monitoreo en tiempo real (parcialmente).
- Facilitan la detección de pérdidas o fraudes.

Desventajas

- Costos de implementación altos y costosos.
- Extracción en tiempo real deficiente debido a la conectividad en la región.
- Ante posibles fallos no detectados se depende solo de esta tecnología.
- Alto costo de mantenimiento.

- Requiere red de telecomunicaciones estable.
- Tiempo prolongado para su implementación total.

4.2.2 Medidores multitarifa

Electro Sur Este S.A.A. utiliza medidores multifunción o multitarifa, principalmente en suministros de clientes importantes y de alto consumo, debido a la alta precisión en la medición y las funcionalidades avanzadas que estos dispositivos ofrecen. Estos medidores pueden operar en conexión directa o indirecta, y permiten registrar consumos segmentados por franjas horarias, lo que resulta útil para usuarios con tarifas diferenciadas.

Una de las principales características de estos equipos es que cuentan con un módem integrado con chip, lo que permite la extracción y envío remoto de lecturas en tiempo real, siempre que exista una red de telecomunicaciones estable. Sin embargo, su funcionamiento depende esencialmente de una infraestructura de comunicación confiable, lo cual representa una limitación en zonas con cobertura deficiente, como ocurre en muchas áreas de la región Apurímac.

Desde el punto de vista económico, el costo de instalación de un medidor multifunción es aproximadamente ocho veces mayor al de un medidor convencional. Esta diferencia significativa en la inversión requerida limita su viabilidad para ser implementado en usuarios residenciales o clientes de baja tensión, que representan la mayoría de suministros atendidos en la sede Abancay.

Por estas razones, aunque técnicamente representan una solución eficiente y confiable, los medidores multifunción no constituyen una alternativa viable a gran escala en el contexto actual, y su aplicación continúa siendo restringida a clientes de mayor capacidad contractual y demanda energética.

Ventajas

- Extracción de lectura en tiempo real.
- Medición de consumo de forma directa e indirecta.
- Eliminan errores humanos en la lectura.
- Permiten monitoreo en tiempo real.
- Facilitan la detección de pérdidas o fraudes.

Desventajas

- Alto costo de implementación y mantenimiento.
- Falla en el modem de comunicación debido a la conectividad y geografía.
- Requiere red de telecomunicaciones estable.

- Poca utilidad sin sistemas de lectura remota.

Figura 4.2

Medidor multifunción A1800.



Fuente: Obtenido de ELSE.

4.2.3 Implementación de visión artificial

La implementación de un sistema de visión artificial en el aplicativo actual de Electro Sur Este S.A.A. representa una alternativa innovadora, eficiente y de bajo costo, especialmente en comparación con los medidores inteligentes y multifunción analizados previamente.

Esta solución no requiere modificar los medidores existentes, ya que aprovecha la infraestructura física actual, incluyendo los mobiliarios, dispositivos móviles y procesos contractuales ya establecidos para el servicio de lectura. La visión artificial se basa en la captura automatizada de imágenes del medidor y el reconocimiento óptico de caracteres (OCR)

mediante algoritmos de inteligencia artificial, lo que permite obtener lecturas precisas y trazables, reduciendo significativamente el margen de error humano.

Desde el punto de vista técnico, su integración al sistema SIELSE Lecturas resulta factible, dado que ELSE ya dispone de una infraestructura informática sólida que puede soportar la adaptación del aplicativo. Esto facilita una implementación progresiva y a corto plazo, sin necesidad de realizar inversiones sustanciales en hardware ni depender de redes de telecomunicación complejas.

Además de su viabilidad económica, esta alternativa contribuye a la mejora del servicio al usuario, al permitir una validación visual de las lecturas capturadas, reducir los reclamos por errores y optimizar los tiempos del proceso operativo.

Por estas razones, la visión artificial se perfila como una solución práctica y escalable, adecuada para el contexto actual de la sede Abancay y alineada con los objetivos de digitalización y mejora continua de los procesos de facturación de Electro Sur Este.

Ventajas

- Lectura con visión artificial.
- Costos de implementación reducidos.
- Innovación y desarrollo.
- Bajo costo de implementación.
- Uso de dispositivos móviles comunes.
- Reducción significativa del error humano.
- Almacenamiento de evidencias fotográficas.

Desventajas

- Tecnologías emergentes en medidores podrían quitar relevancia.
- Entrenamiento y mantenimiento a gran escala.
- Dependencia de la calidad de la imagen capturada.
- Necesidad de capacitación inicial al personal lector.
- Requiere validación del modelo de IA.

A continuación, se efectúa un cuadro comparativo de las alternativas propuestas frente a los pasos críticos del proceso operativo:

Tabla 4.1*Comparación alternativas de solución frente a pasos críticos del proceso*

	MEDIDORES INTELIGENTES	MEDIDORES MULTIFUNCIÓN	IMPLEMENTACIÓN VISION ARTIFICIAL
Paso 7: Registro de lecturas	<input checked="" type="checkbox"/> Lectura automatizada en tiempo real. <input checked="" type="checkbox"/> Requiere infraestructura de red estable. <input checked="" type="checkbox"/> No viable para todos los usuarios por alto costo.	<input checked="" type="checkbox"/> Lectura precisa y remota para clientes de gran demanda. <input checked="" type="checkbox"/> Costo de instalación 8 veces mayor que el convencional. <input checked="" type="checkbox"/> Requiere red de telecomunicación confiable.	<input checked="" type="checkbox"/> Lectura automatizada mediante imágenes. <input checked="" type="checkbox"/> Utiliza medidores existentes y equipos actuales. <input checked="" type="checkbox"/> Reduce errores humanos significativamente.
Paso 10: Consistencia de lecturas	<input checked="" type="checkbox"/> Minimiza errores al origen, lo que reduce la revisión de consistencias. <input checked="" type="checkbox"/> Dependencia tecnológica ante fallas del sistema.	<input checked="" type="checkbox"/> Generación automática de lecturas reduce el trabajo administrativo. <input checked="" type="checkbox"/> Poco aplicable en clientes menores por restricciones económicas y técnicas.	<input checked="" type="checkbox"/> Disminuye la cantidad de inconsistencias a corregir. <input checked="" type="checkbox"/> Mejora la trazabilidad de las lecturas al incorporar evidencia visual. <input checked="" type="checkbox"/> Requiere validación inicial del modelo.
Paso 19: Supervisión	<input checked="" type="checkbox"/> Acceso remoto a historial de consumo. <input checked="" type="checkbox"/> Supervisión limitada si hay desconexión o fallas de comunicación.	<input checked="" type="checkbox"/> Permite validación por registro remoto. <input checked="" type="checkbox"/> Supervisión limitada a usuarios con este tipo de medidor (clientes mayores).	<input checked="" type="checkbox"/> Facilita la auditoría con evidencias fotográficas. <input checked="" type="checkbox"/> Mejora la supervisión sin visitas adicionales. <input checked="" type="checkbox"/> Depende de la calidad de la imagen y condiciones de captura (iluminación, enfoque).

4.3 Consideraciones Económicas Clave

Costo de instalación de medidores: Según la normativa vigente, el costo de adquisición e instalación de nuevos medidores es asumido por el usuario final. En ese contexto, proponer un cambio masivo a medidores inteligentes o multifunción elevaría significativamente la inversión requerida por cada cliente, lo cual no sería viable social ni económicamente, especialmente en zonas con bajos ingresos como Abancay.

Por otro lado; para la atención de 10,000 suministros con una solución tradicional, el costo de instalación de medidores inteligentes o multifunción se elevaría por encima de los S/ 10 millones, mientras que una solución de visión artificial con equipos móviles podría

implementarse con una inversión estimada menor a S/ 300,000, incluyendo desarrollo, capacitación y pruebas piloto.

4.4 Evaluación de Impacto Técnico, Económico y Social

Tabla 4.2

Evaluación de impacto.

Criterio	Medidor Inteligente	Medidor Multifunción	Visión Artificial
Costo unitario estimado.	Alto (S/ 1,200 - 1,800)	Muy alto (> S/ 3,000)	Bajo (Descarga gratuita en los dispositivos)
Requiere cambio de medidor.	Sí	Sí	No
Afecta el costo al usuario final.	Sí (traslado directo)	Sí (usuarios tipo BT no aplican)	No (lector absorbe inversión)
Adaptable a infraestructura actual.	No	No	Sí
Requiere red de comunicación.	Sí	Sí	No
Escalabilidad operativa.	Baja	Baja	Alta (uso de celulares comunes)
Reducción de errores esperada.	Alta	Alta	Alta (efectividad demostrada del 93%)
Vida útil estimada del sistema.	10–15 años (sujeta a mantenimiento y obsolescencia)	10–15 años (mayor complejidad técnica y fallos de módem)	Depende del dispositivo lector y mejoras del software
Costos de mantenimiento.	Medio a alto (requiere soporte técnico especializado)	Alto (módems y electrónica compleja)	Bajo (mantenimiento de software y control de calidad)
Impacto social esperado.	Positivo en clientes con alta demanda. Negativo en usuarios residenciales por exclusión tecnológica.	Limitado a clientes industriales. No equitativo para usuarios comunes.	Positivo en todos los segmentos. Mejora la confianza del usuario mediante trazabilidad visual.

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Evaluación y Selección de Alternativas de Solución

A partir del análisis técnico, económico y social expuesto en los cuadros comparativos, se concluye que la implementación de visión artificial constituye la alternativa más viable para optimizar el proceso de toma de lecturas en la sede Abancay de Electro Sur Este S.A.A. Esta opción ofrece un equilibrio óptimo entre eficiencia operativa, inversión moderada y facilidad

de integración con la infraestructura existente. A diferencia de los medidores inteligentes y multifunción, que requieren una renovación completa del sistema de medición y una red de comunicaciones robusta, la visión artificial no exige el reemplazo de medidores, es compatible con los dispositivos móviles actuales y permite una implementación escalonada a corto plazo.

4.6 Justificación de la Elección Final

La elección de la visión artificial como alternativa prioritaria se justifica por su alta efectividad en la reducción de errores de lectura (demostrada en pruebas con un 93% de precisión), su bajo costo de implementación y su impacto positivo en la trazabilidad y confianza del usuario. Además, esta tecnología aprovecha plenamente los recursos ya disponibles en la empresa lectora, sin imponer sobrecostos al usuario final ni requerir modificaciones normativas inmediatas. Socialmente, promueve la equidad en el acceso a mejoras tecnológicas al ser aplicable tanto a clientes residenciales como comerciales. Finalmente, su escalabilidad y compatibilidad con procesos actuales la convierten en una solución sostenible, alineada con los objetivos de mejora continua y transformación digital del sector eléctrico.

CAPITULO V

5 DESARROLLO E INSTRUMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

5.1 Introducción

Una vez definida la visión artificial como la alternativa más viable desde los puntos de vista técnico, económico y operativo, corresponde desarrollar e instrumentar esta solución en un entorno controlado. Debido a que no se cuenta con autorización institucional para modificar directamente la arquitectura del aplicativo SIELSE Lecturas, se ha optado por construir un software alternativo con funcionalidades similares, donde se incorpora un módulo de visión artificial para la captura y reconocimiento automático de lecturas.

Este entorno simulado reproduce las condiciones operativas reales de Electro Sur Este en la sede Abancay, permitiendo evaluar de manera representativa el comportamiento del sistema y su impacto sobre los pasos críticos del proceso: toma de lectura, consistencia de lecturas y supervisión. En este capítulo se detallan las etapas de diseño y desarrollo del prototipo, los componentes tecnológicos utilizados, la arquitectura de la aplicación móvil, así como los algoritmos implementados para el reconocimiento de caracteres y la gestión de imágenes capturadas.

Asimismo, se describen las pruebas realizadas sobre una muestra seleccionada de suministros con antecedentes de errores de lectura, junto con la metodología de recolección, evaluación y validación de resultados.

El objetivo de este capítulo es demostrar la factibilidad técnica y funcional del sistema propuesto, y evidenciar cómo su aplicación puede reducir significativamente los errores de lectura, mejorar la trazabilidad del proceso y optimizar los tiempos operativos, todo ello bajo condiciones reales simuladas y sin necesidad de cambios en la infraestructura de medidores existente.

5.2 Fase de Planificación

El desarrollo del sistema basado en visión artificial requiere una planificación estructurada que garantice la disponibilidad de todos los elementos necesarios para su ejecución. En esta etapa se identifican y gestionan los recursos tecnológicos, humanos y logísticos requeridos, asegurando su alineación con los objetivos del proyecto.

Se establecen los requerimientos de software y hardware, así como la distribución de responsabilidades del equipo de trabajo, el cronograma estimado de ejecución y las condiciones operativas del entorno simulado. Esta planificación permite minimizar riesgos, optimizar tiempos y asegurar una implementación eficiente de la solución tecnológica propuesta.

En la siguiente tabla se detallan los principales recursos utilizados para la ejecución del proyecto:

Figura 5.1
Inversión total del proyecto de investigación

Recursos y materiales				
Ítem	Recurso	Cantidad	C.U.	Presupuesto
1	Equipo de cómputo	1	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00
2	Internet y datos	6	S/. 100.00	S/. 600.00
3	Equipo móvil	1	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
4	Lector	1	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
5	Materiales de escritorio y varios	1	S/. 500.00	S/. 500.00
				S/. 6,600.00

De esta forma el aplicativo fue desarrollado en un equipo portátil con las siguientes características:

- Fabricante: ACER.
- Modelo: Nitro AN515-52.
- Procesador: Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz.
- RAM: 8.00 GB.
- Tipo de sistema: Sistema operativo Windows 11 Pro de 64 bits.

Programas con licencia de estudios utilizados:

- Google Chrome.
- PyCharm 2024.1.1
- Python 3.8 (64 bits).
- Android Studio 2024.3.1
- Java 8 Update 441

Librerías gratuitas de Python utilizadas:

- Ultralytics.
- cv2.
- Numpy.
- Onnxruntime.

Librerías gratuitas de Android Studio utilizadas:

- Android.
- Androidx.
- Sqlite.
- Mlkit.

- java utils.
- Retrofit.
- Onnxruntime.

Así mismo; se contrató los servicios de internet y datos móviles para la elaboración y programación del aplicativo y en la fase de implementación y prueba al lector pueda enviar la información de campo.

5.3 Fase de Construcción

La construcción del aplicativo se estructura en cinco etapas clave, que permiten una implementación gradual, modular y eficiente del sistema de toma de lecturas mediante visión artificial. Cada etapa responde a componentes funcionales específicos del sistema, integrando tanto la interfaz de usuario como los módulos de detección automática. Las etapas definidas son:

- Desarrollo del diseño del aplicativo.
- Desarrollo de la arquitectura del aplicativo.
- Desarrollo del lector de barras.
- Desarrollo del lector de display.
- Compilado y exportado del aplicativo para dispositivos Android.

5.3.1 Desarrollo del diseño del aplicativo

Esta etapa se enfoca en la construcción de la interfaz gráfica del usuario (GUI), diseñada para su uso en campo por parte del personal lector. Se emplean librerías nativas de Android y AndroidX, aplicando principios de usabilidad, accesibilidad y simplicidad operativa, con el fin de facilitar su adopción sin requerir altos niveles de capacitación técnica.

El diseño del aplicativo contempla las siguientes pantallas funcionales:

- “Interfaz de carga”.
- “Pantalla de inicio de sesión” para ingresar las credenciales.
- “Menú principal”.
- Pantalla “toma de lectura” donde se visualizan los libros y rutas.
- Pantalla “cámara” para detección automática de la serie de medidor y lectura.

Estas pantallas son coherentes con la estructura operativa tradicional del sistema SIELSE Lecturas, lo que facilita su integración conceptual y permite al usuario realizar sus tareas habituales de forma asistida por tecnología inteligente.

Figura 5.3
Interfaz de carga



Figura 5.2
Pantalla de inicio de sesión



Figura 5.4
Visualización de libro y rutas



Figura 5.5
Menú principal



Figura 5.7
Visión artificial para serie de medidor



Figura 5.6
Visión artificial para lectura del



Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Desarrollo de la arquitectura del aplicativo

Se definió una arquitectura modular y escalable que facilita el mantenimiento y la futura actualización del aplicativo. La arquitectura consta de los siguientes componentes:

- Interfaz de carga.
- Inicio de sesión.
- Menú principal.
- Lista de libros y rutas.
- Cámara para captura de serie y lectura.

Las versiones de las librerías utilizadas, así como el código utilizado para cada una de las pantallas interactivas se encuentra detallado en el anexo.

5.3.3 Desarrollo del lector de barras

Se implementó el módulo de lectura de códigos de barras utilizando la librería “mlkit:barcode-scanning:17.2.0”. Este módulo permite escanear el código de barras del medidor, almacenar la imagen con el nombre de la serie leída y preparar la imagen para el siguiente paso de inferencia.

Características del lector de barras:

- Captura de códigos desde la cámara del dispositivo.
- Decodificación en tiempo real.

5.3.4 Desarrollo del lector de display

Se desarrolló el lector de display basado en visión artificial para capturar y reconocer automáticamente los valores mostrados en el medidor. El lector de display emplea visión artificial con modelos YOLOv8 en formato ONNX para detectar el área del display y reconocer los dígitos del consumo. Se realiza un doble paso de inferencia: primero para detectar el display y luego para reconocer los caracteres numéricos. Para lograr este requerimiento se entrenaron 2 modelos, uno para la detección del display y otro para la detección de los caracteres del display utilizando la librería ultralytics en Python:

- Plantilla para entrenamiento y exportado en formato ONNX:
- Plantilla para verificación de los modelos ONNX:

5.3.5 Compilado y exportado del aplicativo para dispositivos Android

Una vez completados los módulos, se procedió a compilar el aplicativo en un archivo APK compatible con dispositivos Android. Se realizaron las siguientes acciones:

- Optimización del tamaño y rendimiento del APK.
- Pruebas de compatibilidad en diferentes versiones de Android.
- Inclusión de permisos necesarios para el uso de la cámara y almacenamiento.
- Feedback y Ajustes.

5.4 Implementación y Prueba del Aplicativo Móvil

Durante esta fase, se desplegó el aplicativo en dispositivos móviles para su uso en campo por parte de los lectores. Las actividades incluyeron:

Capacitación del Personal: Se realizaron sesiones de formación al lector sobre el uso del aplicativo y los procedimientos de captura de lecturas.

Prueba de campo: Se ejecutó la prueba de campo sobre la muestra de medidores con errores de lectura detectados en la sede de Abancay; así mismo, se verificó el desempeño del aplicativo en condiciones reales. Se registraron datos sobre:

- Precisión de las lecturas.
- Tiempos de captura y procesamiento.
- Errores detectados y correcciones aplicadas.

5.5 Procedimiento para la Toma de Lecturas mediante Visión Artificial

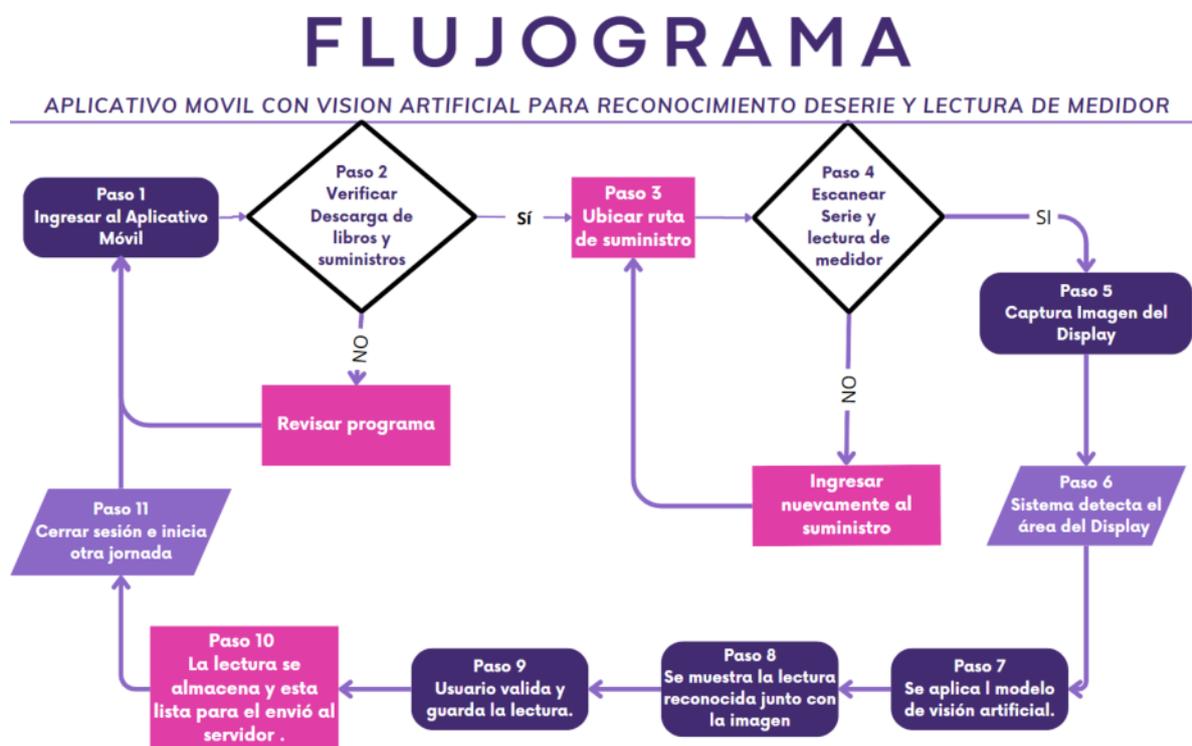
El siguiente procedimiento se implementa exclusivamente con fines de capacitación al personal lector, y tiene como objetivo simular el funcionamiento del sistema propuesto para la recolección de datos en campo, en el marco del presente estudio. La finalidad es demostrar la operatividad del prototipo y familiarizar a los usuarios con su flujo de trabajo.

Procedimiento:

1. Ingresar al aplicativo móvil.
2. Verificar descargar de libros y suministros.
3. Ubicar ruta de suministro para toma de lectura.
4. Escanear el código de barras del medidor.
5. Capturar la imagen del display.
6. El sistema detecta el área del display.
7. Se aplica el modelo de visión artificial.
8. Se muestra la lectura reconocida junto con la imagen.
9. El usuario valida y guarda la lectura.
10. La lectura se almacena en el dispositivo y está lista para ser enviada al sistema central.

Figura 5.8

Flujograma aplicativo móvil con visión artificial



Fuente: Elaboración Propia

5.6 Análisis y Evaluación Final de los Datos Recopilados

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los datos obtenidos durante las pruebas de campo para medir la eficacia del aplicativo en la reducción de errores de lectura.

Listado de suministros tomados como muestra:

Tabla 5.1
Pruebas realizadas en campo

Suministro	Serie	Lectura	Tiempo de detección (s)	Serie detectada	Lectura detectada	Observación serie	Observación lectura
1100000012	0608611784	3953	8.86	0608611784	3953	NINGUNA	NINGUNA
11000000100	1763428	20773	7.42	1763428	20773	NINGUNA	NINGUNA
11000000149	0608611789	2051	9.75	0608611789	2051	NINGUNA	NINGUNA
11000000287	0608492323	1077	7.95	0608492323	1077	NINGUNA	NINGUNA
11000000288	01000167	9947	8.88	01000167	9947	NINGUNA	NINGUNA
11000000475	2018113127	8088	12.89	2018113127	8088	NINGUNA	NINGUNA
11000000496	1862347	29744	11.71	1862347	29744	NINGUNA	NINGUNA
11000000498	1602395	21565	8.17	1602395	21565	NINGUNA	NINGUNA
11000000555	0608604643	1967	9.19	0608604643	1967	NINGUNA	NINGUNA
11000000802	0608496340	6754	6.14	0608496340	6754	NINGUNA	NINGUNA
11000001150	0609082502	0	9.30	0609082502	0	NINGUNA	NINGUNA
11000001208	0608367579	121	8.36	0608367579	121	NINGUNA	NINGUNA
11000001599	0608611791	1258	7.10	0608611791	1258	NINGUNA	NINGUNA
11000001755	0608494964	534	6.81	0608494964	534	NINGUNA	NINGUNA
11000001790	01003113	10236	7.22	01003113	10236	NINGUNA	NINGUNA
11000001801	0608611440	1734	7.07	0608611440	1734	NINGUNA	NINGUNA
11000002031	0608494360	2882	6.14	0608494360	2882	NINGUNA	NINGUNA
11000002128	0608497723	1032	10.51	0608497723	1032	NINGUNA	NINGUNA
11000002131	0608498317	1809	11.17	0608498317	1809	NINGUNA	NINGUNA
11000002230	0608498308	486	8.74	0608498308	486	NINGUNA	NINGUNA
11000002315	0608606341	5636	12.18	0608606341	5636	NINGUNA	NINGUNA
11000002693	0608503990	44	6.92	0608503990	44	NINGUNA	NINGUNA
11000002853	0609089251	5341	6.27	0609089251	5341	NINGUNA	NINGUNA
11000003243	1941767	0	10.27	1941767	0	NINGUNA	NINGUNA
11000003500	1941236	2493	7.04	1941236	2493	NINGUNA	NINGUNA
11000003539	1603475	1386	6.73	1603475	1386	NINGUNA	NINGUNA
11000003654	2014052471	10173	10.79	2014052471	10173	NINGUNA	NINGUNA
11000003686	2020045420	2509	8.75	2020045420	2509	NINGUNA	NINGUNA
11000003760	1943870	2034	10.98	1943870	2034	NINGUNA	NINGUNA
11000003765	1932515	16524	6.71	1932515	165243	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000005163	0608088673	3199	7.99	0608088673	3199	NINGUNA	NINGUNA

Suministro	Serie	Lectura	Tiempo de detección (s)	Serie detectada	Lectura detectada	Observación serie	Observación lectura
11000005227	1940356	8155	10.78	1940356	8155	NINGUNA	NINGUNA
11000006265	0608496297	3252	9.26	0608496297	3252	NINGUNA	NINGUNA
11000006267	0608493404	1822	7.09	0608493404	1822	NINGUNA	NINGUNA
11000007025	0608092649	0	6.81	0608092649	0	NINGUNA	NINGUNA
11000007371	1942950	10705	12.54	1942950	10705	NINGUNA	NINGUNA
11000008144	2014052494	12313	8.66	2014052494	12313	NINGUNA	NINGUNA
11000008613	0608498215	1830	10.06	0608498215	1830	NINGUNA	NINGUNA
11000009070	0608094489	9523	9.55	0608094489	9523	NINGUNA	NINGUNA
11000009189	0608094518	4671	7.63	0608094518	4671	NINGUNA	NINGUNA
11000009432	01003520	20191	10.44	01003520	20191	NINGUNA	NINGUNA
11000009993	0608611450	1415	6.45	0608611450	1415	NINGUNA	NINGUNA
11000010005	0609091081	363	11.03	0609091081	368	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000010557	2021031136	2642	11.59	2021031136	2642	NINGUNA	NINGUNA
11000010991	0608499628	2454	11.02	0608499628	2454	NINGUNA	NINGUNA
11000011140	2019284203	5769	8.00	2019284203	5769	NINGUNA	NINGUNA
11000011173	0608493428	591	11.68	0608493428	591	NINGUNA	NINGUNA
11000011247	0608493430	1012	10.54	0608493430	1012	NINGUNA	NINGUNA
11000011636	0608501869	211	7.06	0608501869	2116	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000011830	0608501871	493	6.11	0608501871	493	NINGUNA	NINGUNA
11000011887	0608498310	2020	9.31	0608498310	2020	NINGUNA	NINGUNA
11000011919	0608612145	5838	11.58	0608612145	5838	NINGUNA	NINGUNA
11000011922	0608367590	2105	7.39	0608367590	2105	NINGUNA	NINGUNA
11000012236	0608611896	1315	7.62	0608611896	1315	NINGUNA	NINGUNA
11000012410	0608493412	0	7.22	0608493412	0	NINGUNA	NINGUNA
11000012525	1671712	7472	8.15	1671712	7472	NINGUNA	NINGUNA
11000012672	0608493413	1130	6.46	0608493413	1130	NINGUNA	NINGUNA
11000013341	0606854557	4018	6.38	0606854557	4018	NINGUNA	NINGUNA
11000013502	0608496312	466	9.04	0608496312	466	NINGUNA	NINGUNA
11000014099	24427201	337	11.80	24427201	337	NINGUNA	NINGUNA
11000015390	1868095	9746	12.39	1868095	9746	NINGUNA	NINGUNA
11000015724	1864446	11762	9.62	1864446	11762	NINGUNA	NINGUNA
11000016392	2020049633	1152	10.17	2020049633	1152	NINGUNA	NINGUNA
11000019792	1939389	7476	7.41	1939389	7476	NINGUNA	NINGUNA
11000029921	0606813604	16603	12.71	0606813604	16603	NINGUNA	NINGUNA
11000033364	0606812665	9819	8.10	0606812665	9819	NINGUNA	NINGUNA
11000037019	0608501947	2191	12.65	0608501947	2191	NINGUNA	NINGUNA
11000040298	0607289901	4190	7.61	0607289901	4190	NINGUNA	NINGUNA
11000054280	0608086357	5974	9.98	0608086357	5974	NINGUNA	NINGUNA
11000054317	0608611151	2337	10.78	0608611151	2337	NINGUNA	NINGUNA

Suministro	Serie	Lectura	Tiempo de detección (s)	Serie detectada	Lectura detectada	Observación serie	Observación lectura
11000054404	0608091319	7716	7.85	0608091319	7706	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000056229	2017239586	13109	7.07	2017239586	131090	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000056963	2018088557	43962	9.14	2018088557	43962	NINGUNA	NINGUNA
11000058877	2018123158	5522	9.92	2018123158	5522	NINGUNA	NINGUNA
11000060513	2019000330	6757	9.27	2019000330	67578	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000063326	2019175323	8634	9.01	2019175323	8634	NINGUNA	NINGUNA
11000064475	0607633862	11206	12.27	0607633862	11206	NINGUNA	NINGUNA
11000068327	2020054084	3498	8.55	2020054084	3498	NINGUNA	NINGUNA
11000069982	2020158339	4386	10.33	2020158339	4386	NINGUNA	NINGUNA
11000070118	2020169598	1341	10.91	2020169598	1341	NINGUNA	NINGUNA
11000070330	201904868	457	9.81	201904868	457	NINGUNA	NINGUNA
11000071995	2020049628	5013	7.65	2020049628	5013	NINGUNA	NINGUNA
11000077900	0608091445	1302	7.64	0608091445	13021	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000078289	2020272198	1798	7.08	2020272198	1798	NINGUNA	NINGUNA
11000080916	2020267943	253	12.82	2020267943	253	NINGUNA	NINGUNA
11000081150	0608612083	927	7.79	0608612083	927	NINGUNA	NINGUNA
11000081649	0608604345	4270	6.82	0608604345	4270	NINGUNA	NINGUNA
11000081759	0608604467	431	6.92	0608604467	431	NINGUNA	NINGUNA
11000081760	0608604446	1495	9.22	0608604446	1495	NINGUNA	NINGUNA
11000081761	0608604439	1470	11.78	0608604439	1470	NINGUNA	NINGUNA
11000082002	0608604348	1183	10.91	0608604348	1183	NINGUNA	NINGUNA
11000082216	0608603520	457	12.54	0608603520	457	NINGUNA	NINGUNA
11000082234	0608603502	1358	12.53	0608603502	1358	NINGUNA	NINGUNA
11000082265	0608603515	1050	12.74	0608603515	1050	NINGUNA	NINGUNA
11000082423	0608606452	1036	6.64	0608606452	1036	NINGUNA	NINGUNA
11000083105	0608609338	2943	12.69	0608609338	2943	NINGUNA	NINGUNA
11000083545	0608612082	1610	9.48	0608612082	1610	NINGUNA	NINGUNA
11000083739	0608609095	843	7.93	0608609095	843	NINGUNA	NINGUNA
11000083821	0608602364	841	8.02	0608602364	841	NINGUNA	NINGUNA
11000084059	0608606840	1135	6.30	0608606840	1135	NINGUNA	NINGUNA
11000084107	0608368193	41	8.62	0608368193	41	NINGUNA	NINGUNA
11000084108	0608368201	775	10.47	0608368201	775	NINGUNA	NINGUNA
11000084138	0608606822	1402	9.71	0608606822	1402	NINGUNA	NINGUNA
11000084225	0608604433	1366	6.87	0608604433	1366	NINGUNA	NINGUNA
11000084303	0608608613	461	6.12	0608608613	461	NINGUNA	NINGUNA
11000084404	0608364944	4	6.03	0608364944	4	NINGUNA	NINGUNA
11000084471	0608608632	1592	9.35	0608608632	1592	NINGUNA	NINGUNA
11000084524	0608608630	1778	10.75	0608608630	1770	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000084544	0608366111	474	6.96	0608366111	474	NINGUNA	NINGUNA

Suministro	Serie	Lectura	Tiempo de detección (s)	Serie detectada	Lectura detectada	Observación serie	Observación lectura
11000084996	201910481	803	8.88	201910481	803	NINGUNA	NINGUNA
11000085026	0608612160	869	10.36	0608612160	869	NINGUNA	NINGUNA
11000085111	0608612138	872	9.71	0608612138	872	NINGUNA	NINGUNA
11000085211	0608366179	62	7.91	0608366179	62	NINGUNA	NINGUNA
11000085217	0608609075	3	10.75	0608609075	3	NINGUNA	NINGUNA
11000085233	0608366184	3	11.46	0608366184	3	NINGUNA	NINGUNA
11000085276	0608366190	6	12.68	0608366190	6	NINGUNA	NINGUNA
11000085282	0608364591	7	7.85	0608364591	7	NINGUNA	NINGUNA
11000085283	0608364596	22	12.90	0608364596	22	NINGUNA	NINGUNA
11000085326	0608364584	60	9.09	0608364584	60	NINGUNA	NINGUNA
11000085346	0608364595	280	9.14	0608364595	280	NINGUNA	NINGUNA
11000085359	0608609058	324	9.53	0608609058	324	NINGUNA	NINGUNA
11000085380	0608364601	832	8.55	0608364601	832	NINGUNA	NINGUNA
11000085403	0608364590	2	6.27	0608364590	2	NINGUNA	NINGUNA
11000085406	0608366196	311	11.57	0608366196	311	NINGUNA	NINGUNA
11000085452	0608364051	76	10.98	0608364051	76	NINGUNA	NINGUNA
11000085455	0608363571	86	9.38	0608363571	86	NINGUNA	NINGUNA
11000085478	0608613400	13226	11.73	0608613400	13226	NINGUNA	NINGUNA
11000085851	0608494974	7	7.85	0608494974	0	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000085908	0608499644	2928	7.84	0608499644	2928	NINGUNA	NINGUNA
11000085939	0608494963	1442	8.46	0608494963	1442	NINGUNA	NINGUNA
11000086280	0608492158	0	7.82	0608492158	0	NINGUNA	NINGUNA
11000086426	0608493327	1180	8.54	0608493327	1180	NINGUNA	NINGUNA
11000086499	0608498088	39	11.73	0608498088	39	NINGUNA	NINGUNA
11000086503	0608499239	0	7.81	0608499239	0	NINGUNA	NINGUNA
11000086511	22156827	1292	6.22	22156827	1292	NINGUNA	NINGUNA
11000086608	0608498109	863	10.81	0608498109	863	NINGUNA	NINGUNA
11000086861	0608492733	360	8.73	0608492733	360	NINGUNA	NINGUNA
11000086869	0608498617	318	9.08	0608498617	318	NINGUNA	NINGUNA
11000086879	0609081152	285	11.76	0609081152	285	NINGUNA	NINGUNA
11000087084	0608773659	516	7.19	0608773659	516	NINGUNA	NINGUNA
11000087115	0608773683	542	8.88	0608773683	542	NINGUNA	NINGUNA
11000087242	0608492633	0	10.70	0608492633	0	NINGUNA	NINGUNA
11000087357	0608494870	0	12.40	0608494870	0	NINGUNA	NINGUNA
11000087361	0608503158	84	7.19	0608503158	84	NINGUNA	NINGUNA
11000087463	0608497114	1711	7.96	0608497114	1711	NINGUNA	NINGUNA
11000087465	0608497122	245	10.39	0608497122	245	NINGUNA	NINGUNA
11000087904	0608498442	208	10.26	0608498442	208	NINGUNA	NINGUNA
11000087918	0608498470	10	7.94	0608498470	10	NINGUNA	NINGUNA

Suministro	Serie	Lectura	Tiempo de detección (s)	Serie detectada	Lectura detectada	Observación serie	Observación lectura
11000087919	0608498474	1768	9.78	0608498474	1768	NINGUNA	NINGUNA
11000087920	0608498472	155	7.79	0608498472	155	NINGUNA	NINGUNA
11000087924	0608503911	183	12.15	0608503911	183	NINGUNA	NINGUNA
11000087928	0608502212	93	12.48	0608502212	93	NINGUNA	NINGUNA
11000087933	0608502215	14	12.94	0608502215	14	NINGUNA	NINGUNA
11000087962	24423207	20	6.32	24423207	20	NINGUNA	NINGUNA
11000088123	0608495143	662	12.29	0608495143	662	NINGUNA	NINGUNA
11000088193	0608495823	1730	8.22	0608495823	1730	NINGUNA	NINGUNA
11000088569	0608493797	1889	7.55	0608493797	1889	NINGUNA	NINGUNA
11000088728	0608498275	374	7.72	0608498275	374	NINGUNA	NINGUNA
11000088993	0608502188	15	9.40	0608502188	15	NINGUNA	NINGUNA
11000089352	0608492529	282	7.02	0608492529	282	NINGUNA	NINGUNA
11000089381	0608501552	321	11.99	0608501552	321	NINGUNA	NINGUNA
11000089455	0608501179	176	6.19	0608501179	1176	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000089555	0608498798	1386	7.96	0608498798	1386	NINGUNA	NINGUNA
11000089622	0608495504	81	11.61	0608495504	810	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000089659	0609084140	0	7.97	0609084140	0	NINGUNA	NINGUNA
11000089661	0608495520	1	7.03	0608495520	1	NINGUNA	NINGUNA
11000089722	0608495511	215	9.24	0608495511	215	NINGUNA	NINGUNA
11000089757	0608499787	101	8.65	0608499787	101	NINGUNA	NINGUNA
11000089817	0608504259	0	6.95	0608504259	0	NINGUNA	NINGUNA
11000089861	0608495796	99	7.21	0608495796	99	NINGUNA	NINGUNA
11000089937	0608500612	530	11.61	0608500612	530	NINGUNA	NINGUNA
11000089939	0608497018	394	8.64	0608497018	394	NINGUNA	NINGUNA
11000090314	0609090393	0	8.21	0609090393	0	NINGUNA	NINGUNA
11000090361	0609086419	488	8.18	0609086419	488	NINGUNA	NINGUNA
11000090362	0609086435	647	7.47	0609086435	647	NINGUNA	NINGUNA
11000090549	0609081954	380	7.23	0609081954	380	NINGUNA	NINGUNA
11000090679	0609084135	28	11.49	0609084135	28	NINGUNA	NINGUNA
11000090781	0609084126	847	9.88	0609084126	8047	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000090924	0609083759	364	10.75	0609083759	364	NINGUNA	NINGUNA
11000091042	0609089081	0	6.70	0609089081	0	NINGUNA	NINGUNA
11000091105	24426851	0	12.14	24426851	0	NINGUNA	NINGUNA
11000091204	0609087674	289	8.29	0609087674	289	NINGUNA	NINGUNA
11000091360	0609084732	319	12.70	0609084732	319	NINGUNA	NINGUNA
11000091432	0609090149	193	11.98	0609090149	193	NINGUNA	NINGUNA
11000091581	0609087967	101	9.71	0609087967	101	NINGUNA	NINGUNA
11000091707	0609091137	757	6.10	0609091137	7579	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000091968	0609082862	168	12.89	0609082862	168	NINGUNA	NINGUNA

Suministro	Serie	Lectura	Tiempo de detección (s)	Serie detectada	Lectura detectada	Observación serie	Observación lectura
11000092044	0609082850	300	11.05	0609082850	300	NINGUNA	NINGUNA
11000092141	0609087735	4	7.03	0609087735	4	NINGUNA	NINGUNA
11000092208	0609091102	224	9.32	0609091102	2244	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (PUNTO)
11000092297	0609081783	212	12.01	0609081783	212	NINGUNA	NINGUNA
11000092451	0609089929	308	8.66	0609089929	308	NINGUNA	NINGUNA
11000092457	0609089937	13	8.85	0609089937	13	NINGUNA	NINGUNA
11000092487	0609079631	2143	12.91	0609079631	2143	NINGUNA	NINGUNA
11000092676	24424912	356	10.48	24424912	356	NINGUNA	NINGUNA
11000093230	24426844	15	11.88	24426844	15	NINGUNA	NINGUNA
11000093512	24423113	4	10.80	24423113	4	NINGUNA	NINGUNA
11000093538	24422970	1	10.24	24422970	1	NINGUNA	NINGUNA
11000093600	24425304	0	12.93	24425304	0	NINGUNA	NINGUNA
11000093601	24425305	0	10.83	24425305	0	NINGUNA	NINGUNA
11000093641	24424835	411	12.04	24424835	411	NINGUNA	NINGUNA
11000093841	24425308	458	7.28	24425308	458	NINGUNA	NINGUNA
11000093868	24424926	0	6.96	24424926	0	NINGUNA	NINGUNA
11000093870	24424935	168	11.73	24424935	6000168	NINGUNA	DETECCIÓN ERRADA (DÍGITO)
11000094005	25294739	3	10.27	25294739	3	NINGUNA	NINGUNA
11000094296	24416268	111	8.09	24416268	111	NINGUNA	NINGUNA
11000094323	24422657	0	12.62	24422657	0	NINGUNA	NINGUNA
11000094532	24423100	141	11.30	24423100	141	NINGUNA	NINGUNA
11000094764	24424017	5	7.54	24424017	5	NINGUNA	NINGUNA
11000095117	24424101	0	8.01	24424101	0	NINGUNA	NINGUNA
11000095317	22133464	0	10.54	22133464	0	NINGUNA	NINGUNA
11000095384	24422773	0	10.24	24422773	0	NINGUNA	NINGUNA
11000095400	24415785	28	8.31	24415785	28	NINGUNA	NINGUNA
11000095470	24422768	16	8.29	24422768	16	NINGUNA	NINGUNA

Fuente: Elaboración Propia.

5.7 Resultados

5.7.1 Tasa de lecturas observadas

Se compararon las lecturas capturadas por el aplicativo con las lecturas manuales previas.

Los resultados mostraron:

- Reducción significativa en el número de lecturas observadas.
- Precisión promedio del 92.99% en la captura automatizada.
- Identificación y corrección de inconsistencias con mayor rapidez.

5.7.2 Tiempo promedio del registro de lecturas

Se midió el tiempo promedio que toma registrar una lectura con el aplicativo en comparación con el método manual. Los resultados indican:

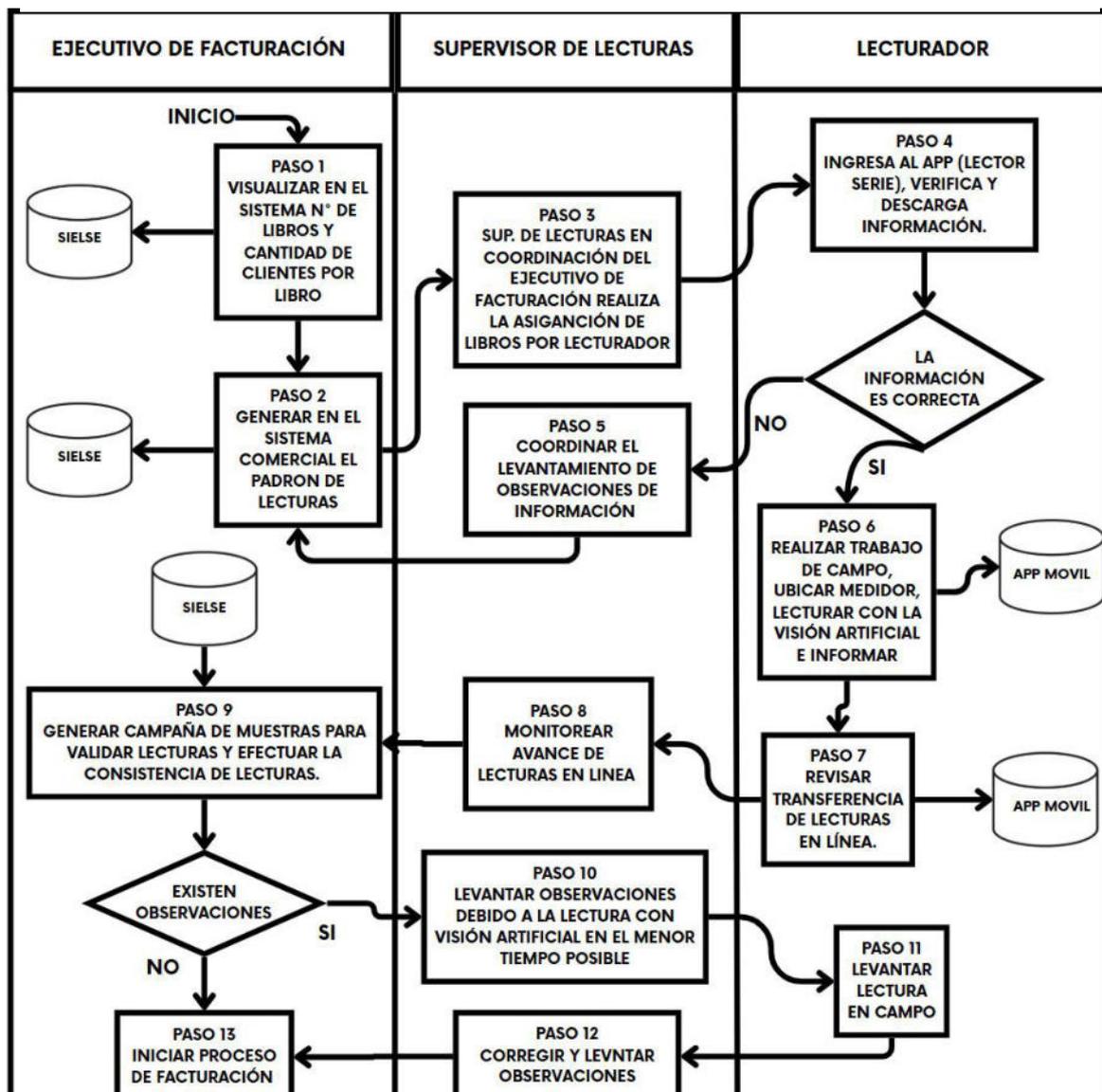
- Método Manual: Tiempo promedio de 24.36 segundos por lectura.
- Aplicativo con Visión Artificial: Tiempo promedio de 9.29 segundos por lectura.
- Esto representa una mejora del 61.86% en eficiencia operativa.

5.8 Propuesta de Procedimiento para Toma de Lecturas mediante Visión Artificial

Con base en los resultados obtenidos durante el desarrollo e instrumentación del sistema, se propone un nuevo procedimiento operativo que incorpora la visión artificial en el proceso de toma de lecturas de medidores eléctricos. Esta propuesta busca optimizar las etapas críticas

Figura 5.9

Propuesta de procedimiento con visión artificial



del procedimiento actual utilizado por Electro Sur Este S.A.A., reduciendo significativamente los errores humanos, mejorando la trazabilidad y aumentando la eficiencia del proceso.

El procedimiento propuesto es compatible con la infraestructura existente y no requiere el reemplazo de los medidores instalados, lo que facilita su implementación progresiva y sostenible. Además, permite conservar la estructura de libros, rutas y validaciones ya empleadas por el sistema actual, integrando nuevas funciones automatizadas sin alterar la lógica operativa general.

Este nuevo enfoque automatiza las fases de identificación del medidor y lectura del display, permitiendo al lector centrarse en la validación y supervisión visual. La propuesta representa un paso concreto hacia la modernización del proceso de lectura, alineada con los principios de eficiencia operativa y transformación digital del sector eléctrico.

5.9 Validez y Confiabilidad de los Resultados

La evaluación de la validez y confiabilidad de los resultados es fundamental para garantizar que la propuesta desarrollada no solo sea técnicamente viable, sino también pertinente, precisa y replicable en condiciones operativas reales. A través de la implementación del sistema de visión artificial en un entorno representativo de Electro Sur Este – sede Abancay, se han considerado criterios técnicos y metodológicos que permiten sustentar la solidez de los resultados obtenidos.

5.9.1 Validez

La validez del estudio se verifica mediante la aplicación del sistema en condiciones que simulan fielmente el procedimiento oficial de lectura, utilizando una muestra significativa de suministros reales. El aplicativo desarrollado reproduce las etapas clave del proceso tradicional—desde la identificación del medidor hasta la captura y validación de la lectura—, permitiendo evaluar si realmente se logra reducir el margen de error, tal como se propone en los objetivos de la investigación. Adicionalmente, se compara el desempeño del sistema automatizado con las lecturas previamente registradas mediante el método convencional, validando su capacidad para detectar y registrar valores correctos en distintos tipos de medidores, condiciones lumínicas y niveles de desgaste. Esta correspondencia directa con la realidad operativa le otorga validez interna y externa al procedimiento propuesto.

5.9.2 Confiabilidad

En cuanto a la confiabilidad, el sistema es sometido a múltiples pruebas con distintas rutas, equipos y usuarios. Se aplican protocolos estandarizados de captura y validación de datos, permitiendo que los resultados no dependan de un único operador. En total, se procesan 214 lecturas en diferentes suministros urbanos, obteniendo una tasa de acierto promedio del

92.99%, con una desviación mínima entre intentos sucesivos. Asimismo, se observa que el sistema responde de forma estable en diferentes escenarios, incluyendo condiciones adversas como iluminación deficiente o medidores parcialmente cubiertos por suciedad. Esta consistencia de resultados en múltiples repeticiones y condiciones refuerza la confiabilidad del sistema, demostrando que puede ser utilizado de manera sostenida y confiable en campañas reales de lectura.

La evidencia recopilada en este estudio permite concluir que cumple con criterios esenciales de validez y confiabilidad, lo que respalda su implementación progresiva en contextos similares al de Electro Sur Este Abancay. Su replicabilidad técnica, facilidad de uso, y capacidad de integrarse con la infraestructura ya existente lo convierten en una solución innovadora, confiable y adaptada a las necesidades operativas reales del sector eléctrico.

Conclusiones

1. La implementación de una aplicación móvil basada en visión artificial mejoró significativamente la precisión del proceso de toma lectura de medidores de energía eléctrica, alcanzando una tasa de acierto del 92.99% sobre una muestra de 214 suministros de Electro Sur Este S.A.A., sede Abancay. Este resultado demuestra una reducción sustancial de errores respecto al procedimiento manual y valida la efectividad del procedimiento propuesto para fortalecer la confiabilidad del proceso de facturación.
2. Las principales causas de los errores de lectura corresponden a factores como la ilegibilidad del display por suciedad o deterioro, condiciones inadecuadas de iluminación y errores humanos durante la digitación manual. Estos factores afectan mensualmente a un promedio de más de 2,000 suministros, de acuerdo a los registros históricos de Electro Sur Este S.A.A. para los años 2021, 2022 y 2023, evidenciando una tendencia de incremento lineal asociada al crecimiento de clientes. Esta problemática repercute negativamente en la eficiencia operativa, la percepción de la calidad del servicio por parte de los usuarios y la imagen institucional ante los entes reguladores.
3. La evaluación técnico – económica de alternativas de solución viables determinó que la solución basada en visión artificial presenta la mejor relación costo-beneficio a corto plazo. La propuesta óptima corresponde a la implementación de una aplicación móvil desarrollada y programada en Python, que integra modelos ONNX en dispositivos Android, destacando por su compatibilidad, escalabilidad y facilidad de implementación en condiciones reales de operación.
4. Se diseño e implemento un procedimiento funcional mediante una aplicación móvil desarrollada en Android Studio, que integra modelos de visión artificial para la detección automática de la serie, el display y el reconocimiento preciso de los caracteres numéricos de la lectura en el medidor. Esta solución demostró ser técnica, viable y operativamente efectiva en un entorno representativo, con un alto potencial de replicabilidad en otras empresas distribuidoras que enfrenten problemáticas similares, Su aplicación permitirá reducir errores en la toma de lecturas, mejorar los registros y optimizar los recursos asignados al procedimiento de toma de lecturas y facturación.

Recomendaciones

1. Base para futuras investigaciones:

Esta investigación sienta las bases para futuros estudios orientados a mejorar la precisión del sistema de visión artificial, incorporar técnicas de mejora de imagen o aplicar redes neuronales más robustas. Asimismo, plantea la posibilidad de extender el sistema a otras regiones o integrar su funcionamiento en tiempo real con los sistemas de las empresas eléctricas, previo cumplimiento de requisitos técnicos y normativos.

2. Optimizar las condiciones de captura para reducir errores:

Se recomienda implementar protocolos de captura que consideren una iluminación adecuada, limpieza previa del medidor y enfoque correcto de la cámara para mejorar la calidad de las imágenes y reducir los errores en el reconocimiento de caracteres. Además, se recomienda explorar el uso de modelos más avanzados con el uso de redes neuronales y/o aplicar técnicas de post-procesamiento (como filtros de corrección de imagen o reconocimiento por contexto) para mejorar la precisión en casos donde los caracteres no son claramente visibles debido a los distintos tipos de medidores instalados en toda la concesión de Electro Sur Este S.A.A., sede Abancay.

Bibliografía

- A. Depari, C. D. (2015). Using Smartglasses for Utility-Meter Reading. *IEEE*.
- Chang O., P. E. (2015). Calibration of Residential Water Meters by Using Computer Vision. *IEEE*.
- Dominguez Minguez, T. (2021). *Visión Artificial: Aplicaciones Prácticas con Open CV - Python*. España: Marcombo.
- Electro Sur Este S.A.A. (2024). *Manual de Gestión de Procesos y Procedimientos*. Cusco.
- Gavidia Coronel, Y. (2020). *Implementación de una Aplicación para el Registro de Lectura de Consumo de Energía Eléctrica mediante la Captura de Imágenes con un Dispositivo Móvil para el Área de Facturación de la Empresa Electro oriente S.A. - Jaen*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Batpista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. MEXICO: Mc GRAW HILL EDUCATION.
- Mejia Mejia, H. R. (2023). *Lectura de Medidores Analógicos con Visión Artificial*. Cuenca: Universidad Católica de la Cuenca. Obtenido de Universidad Católica de la Cuenca.
- OSINERGMIN. (2009). Procedimiento para la Supervisión de la Facturación, Cobranza y Atención al Usuario.
- OSINERGMIN. (2013). Norma "Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las tarifas a Usuario Final". *Diario Oficial El Peruano*.
- OSINERGMIN. (2016). *La Industria de Electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima : Biblioteca Nacional del Perú.
- OSINERGMIN. (2017). Procedimiento para la Supervisión del Proceso de Facturación a los Usuarios por el Servicio Público de Electricidad. *Diario Oficial el Peruano*.
- Rungaroon Khunsamitpanya, R. Y. (2021). The Energy Meter Translation by Optical Character Recognition Technique. *IEEE*.

Anexos

Anexo 1: Código del desarrollo de pantallas y controles

- Interfaz de carga

```
public class SplashActivity extends AppCompatActivity {  
  
    @Override  
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
        super.onCreate(savedInstanceState);  
        EdgeToEdge.enable(this);  
        setContentView(R.layout.activity_splash);  
        new Handler().postDelayed(new Runnable() {  
            @Override  
            public void run() {  
                startActivity(new Intent(SplashActivity.this,  
MainActivity.class));  
                finish();  
            }  
        }, 5000);  
    }  
}
```

- Inicio de sesión:

```
public class MainActivity extends AppCompatActivity {  
    TextInputLayout etUsuario, etContraseña;  
    Button btnIngresar;  
    @Override  
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
        super.onCreate(savedInstanceState);  
        setContentView(R.layout.activity_main);  
        etUsuario = (TextInputLayout)  
findViewById(R.id.etUsuario);  
        etContraseña = (TextInputLayout)  
findViewById(R.id.etContraseña);  
        btnIngresar = (Button) findViewById(R.id.btnIngresar);  
        btnIngresar.setOnClickListener(new  
View.OnClickListener() {  
            @Override  
            public void onClick(View v) {  
                String usuario =  
etUsuario.getText().toString().trim();  
                String contraseña =
```

```

etContraseña.getText().toString().trim();
        if (usuario.isEmpty() && contraseña.isEmpty())
    {
        Intent intent = new
Intent(MainActivity.this, MenuActivity.class);
        startActivity(intent); // Iniciar la nueva
actividad
    } else {
        Toast.makeText(MainActivity.this, "Usuario
incorrecto...", Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }
    });
}
}
}

```

- **Menú principal**

```

public class HomeFragment extends Fragment {
    private DatabaseHelper dbHelper;
    @Override
    public View onCreateView(@NonNull LayoutInflater inflater,
    ViewGroup container, Bundle savedInstanceState) {
        View view = inflater.inflate(R.layout.fragment_home,
    container, false);
        Button btnDescargarLibros =
view.findViewById(R.id.btnDescargarLibros);
        Button btnEliminarDatos =
view.findViewById(R.id.btnEliminarDatos);
        dbHelper = new DatabaseHelper(getContext());
        // Descargar Libros
        btnDescargarLibros.setOnClickListener(v ->
descargarLibros());
        // Eliminar Datos
        btnEliminarDatos.setOnClickListener(v -> {
            SQLiteDatabase db =
dbHelper.getWritableDatabase();
            db.execSQL("DELETE FROM " +
Contract.DataEntry.TABLE_NAME);
            db.close();
            Toast.makeText(getContext(), "🗑 Datos eliminados
correctamente.", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        });
    }
}

```

```

    });
    return view;
}
private void descargarLibros() {
    Cursor cursor = dbHelper.getAllDatos(); // Obtiene
datos desde la BD
    if (cursor != null && cursor.moveToFirst()) {
        int count = cursor.getCount(); // Contar cuántos
registros hay
        do {
            // Mostrar los datos en Logcat
            String ruta =
cursor.getString(cursor.getColumnIndex(Contract.DataEntry.RUTA
));
            String serie =
cursor.getString(cursor.getColumnIndex(Contract.DataEntry.SERI
E));
            String lectura =
cursor.getString(cursor.getColumnIndex(Contract.DataEntry.LECT
URA));

            Toast.makeText(getContext(), "☑ Se descargaron "
+ count + " rutas desde la base de datos.",
Toast.LENGTH_SHORT).show();
        } else {
            Toast.makeText(getContext(), "⚠ No se
encontraron libros en la base de datos.",
Toast.LENGTH_SHORT).show();
        }
    }
}
}

```

- **Lista de libros y rutas**

```

public class SlideshowFragment extends Fragment {
    private RecyclerView recyclerView;
    private DatabaseHelper dbHelper;
    private List<Libro> listaLibros;
    @Override
    public View onCreateView(@NonNull LayoutInflater inflater,
ViewGroup container, Bundle savedInstanceState) {
        View view =
inflater.inflate(R.layout.fragment_slideshow, container,

```

```

false);
        recyclerView = view.findViewById(R.id.recyclerView);
        recyclerView.setLayoutManager(new
LinearLayoutManager(getContext()));
        dbHelper = new DatabaseHelper(getContext());
        cargarLibros(); // Carga los datos desde la base de
datos
        return view;
    }
    private void cargarLibros() {
        listaLibros = new ArrayList<>();
        Cursor cursor = dbHelper.getAllDatos();
        if (cursor != null && cursor.moveToFirst()) {
            do {
                String ruta =
cursor.getString(cursor.getColumnIndex(Contract.DataEntry.RUTA
));
                String serie =
cursor.getString(cursor.getColumnIndex(Contract.DataEntry.SERI
E));
                String lectura =
cursor.getString(cursor.getColumnIndex(Contract.DataEntry.LECT
URA));
                listaLibros.add(new Libro(ruta, serie,
lectura));
            } while (cursor.moveToNext());
            cursor.close();
        } else {
            if (!listaLibros.isEmpty()) {
                LibrosAdapter adapter = new
LibrosAdapter(listaLibros, getContext());
                recyclerView.setAdapter(adapter);
            } else {
                Toast.makeText(getContext(), "No hay libros
disponibles.", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            }
        }
    }
}

```

- **Cámara para captura de serie y lectura:**

```

public class CamaraActivity extends AppCompatActivity {
    private static final int REQUEST_CAMERA_PERMISSION = 100;
    private androidx.camera.view.PreviewView previewView;
    private View frameScanner;
    private TextView txtResultado;
    private Button btnContinuar, btnGuardar;
    private ExecutorService cameraExecutor;
    private DatabaseHelper dbHelper;
    private String rutaSeleccionada;
    private String serieReconocida = "", lecturaReconocida =
"";
    private boolean escaneandoSerie = true;
    private boolean usarOnnxLocal = true;
    private OrtEnvironment env;
    private OrtSession sessionDisplay;
    private OrtSession sessionLector;
    private ProcessCameraProvider cameraProvider;
    private TessBaseAPI tessBaseAPI;
    private ImageView imageView;
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_camara);
        previewView = findViewById(R.id.previewView);
        frameScanner = findViewById(R.id.frameScanner);
        txtResultado = findViewById(R.id.txtResultado);
        btnContinuar = findViewById(R.id.btnContinuar);
        btnGuardar = findViewById(R.id.btnGuardar);
        imageView = findViewById(R.id.imageView);
        dbHelper = new DatabaseHelper(this);
        rutaSeleccionada = getIntent().getStringExtra("ruta");
        inicializarOCR();
        if (rutaSeleccionada != null) {
            txtResultado.setText("📌 Escanear Serie...");
        }
        if (ContextCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.CAMERA) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
            ActivityCompat.requestPermissions(this, new

```

```

String[] {Manifest.permission.CAMERA},
REQUEST_CAMERA_PERMISSION);
    } else {
        iniciarCamara();
    }
    cameraExecutor = Executors.newSingleThreadExecutor();
    btnContinuar.setOnClickListener(v -> {
        if (serieReconocida == null ||
serieReconocida.isEmpty()) {
            Toast.makeText(this, "! Escanea primero la
serie del medidor.", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            return;
        }
        String imagePath = getExternalFilesDir(null) +
"/capturas/" + serieReconocida + ".jpg";
        File imageFile = new File(imagePath);

        if (!imageFile.exists()) {
            Toast.makeText(this, "X Imagen no
encontrada: " + serieReconocida, Toast.LENGTH_LONG).show();
            return;
        }
        Bitmap bitmap =
BitmapFactory.decodeFile(imagePath);
        String base64Image =
encodeImageToBase64(imagePath);
        if (usarOnnxLocal) {
            detectarEnAndroidConONNX(bitmap);
        } else {
            enviarImagenAlServidor(base64Image, bitmap);
        }
    });
    btnGuardar.setOnClickListener(v -> {
        btnGuardar.setVisibility(View.GONE);
        btnGuardar.setEnabled(false);
        dbHelper.actualizarSerieCampo(rutaSeleccionada,
serieReconocida);
        dbHelper.actualizarLecturaCampo(rutaSeleccionada,
lecturaReconocida);

        Toast.makeText(this, "☑ Datos guardados

```

```

correctamente", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        finish();
    });
}

private void iniciarCamara() {
    ListenableFuture<ProcessCameraProvider>
cameraProviderFuture =
ProcessCameraProvider.getInstance(this);
    cameraProviderFuture.addListener(() -> {
        try {
            cameraProvider = cameraProviderFuture.get();
            CameraSelector cameraSelector = new
CameraSelector.Builder()
.requireLensFacing(CameraSelector.LENS_FACING_BACK)
                .build();
            Preview preview = new Preview.Builder()
                .build();
            preview.setSurfaceProvider(previewView.getSurfaceProvider());
            ImageAnalysis imageAnalysis = new
ImageAnalysis.Builder()
.setBackpressureStrategy(ImageAnalysis.STRATEGY_KEEP_ONLY_LATEST)
                .build();
            if (escaneandoSerie) {
                imageAnalysis.setAnalyzer(cameraExecutor,
this::analizarImagen);
            }
            cameraProvider.unbindAll();
            Camera camera =
cameraProvider.bindToLifecycle(this, cameraSelector, preview,
imageAnalysis);
        } catch (Exception e) {
        }
    }, ContextCompat.getMainExecutor(this));
}

@OptIn(markerClass = ExperimentalGetImage.class)
private void analizarImagen(ImageProxy imageProxy) {
    Image mediaImage = imageProxy.getImage();
    if (mediaImage == null) {
        Log.e("ImageAnalysis", "✘ La imagen no está

```

```

disponible.");
        imageProxy.close();
        return;
    }
    int rotationDegrees =
imageProxy.getImageInfo().getRotationDegrees();
    InputImage image =
InputImage.fromMediaImage(mediaImage, rotationDegrees);
    BarcodeScanner scanner = BarcodeScanning.getClient();
    scanner.process(image)
        .addOnSuccessListener(barcodes -> {
            for (Barcode barcode : barcodes) {
                String resultado =
barcode.getRawValue();
                if (resultado != null) {
                    runOnUiThread(() -> {
                        txtResultado.setText("☑
Serie: " + resultado);
                    btnContinuar.setVisibility(View.VISIBLE);
                    frameScanner.setVisibility(View.GONE);
                });
                serieReconocida = resultado;
                pausarCamara();
                Bitmap bitmap =
imageProxyToBitmap(imageProxy);
                if (bitmap != null) {
                    guardarImagenDePrueba(bitmap,
resultado, rotationDegrees);
                }
                break;
            }
        })
        imageProxy.close());
    }
    public Bitmap drawBoundingBox(Bitmap bitmap, float xMin,
float yMin, float xMax, float yMax, String lectura) {
        Bitmap mutableBitmap =
bitmap.copy(Bitmap.Config.ARGB_8888, true);
        Canvas canvas = new Canvas(mutableBitmap);
        Paint paint = new Paint();

```

```

        paint.setColor(Color.RED);
        paint.setStyle(Paint.Style.STROKE);
        paint.setStrokeWidth(5);
        canvas.drawRect(xMin, yMin, xMax, yMax, paint);
        Paint textPaint = new Paint();
        textPaint.setColor(Color.GREEN);
        textPaint.setTextSize(40);
        textPaint.setStyle(Paint.Style.FILL);
        textPaint.setShadowLayer(5f, 0f, 0f, Color.BLACK);
        canvas.drawText("Lectura: " + lectura, xMin, yMin - 10,
            textPaint);
        return mutableBitmap;
    }

    private void guardarImagenDePrueba(Bitmap bitmap, String
        nombreSerie, int rotationDegrees) {
        try {
            File directorio = new
                File(getExternalFilesDir(null), "capturas");
            if (!directorio.exists()) {
                directorio.mkdirs();
            }
            bitmap = rotarBitmap(bitmap, rotationDegrees);
            nombreSerie = nombreSerie.replaceAll("[^a-zA-Z0-
                9_-]", "_"); // Evitar caracteres no permitidos
            String nombreArchivo = nombreSerie + ".jpg";
            File archivoImagen = new File(directorio,
                nombreArchivo);
            FileOutputStream fos = new
                FileOutputStream(archivoImagen);
            bitmap.compress(Bitmap.CompressFormat.JPEG, 100,
                fos);
            fos.flush();
            fos.close();
        }
    }

    private Bitmap rotarBitmap(Bitmap bitmap, int
        rotationDegrees) {
        if (rotationDegrees == 0) {
            return bitmap; // 🚩 No hay que rotar
        }
        Matrix matrix = new Matrix();

```

```

        matrix.postRotate(rotationDegrees);
        return Bitmap.createBitmap(bitmap, 0, 0,
bitmap.getWidth(), bitmap.getHeight(), matrix, true);
    }
    private Bitmap yuvToBitmap(Image image) {
        Image.Plane[] planes = image.getPlanes();
        ByteBuffer yBuffer = planes[0].getBuffer();
        ByteBuffer uBuffer = planes[1].getBuffer();
        ByteBuffer vBuffer = planes[2].getBuffer();
        int ySize = yBuffer.remaining();
        int uSize = uBuffer.remaining();
        int vSize = vBuffer.remaining();
        byte[] nv21 = new byte[ySize + uSize + vSize];
        yBuffer.get(nv21, 0, ySize);
        vBuffer.get(nv21, ySize, vSize);
        uBuffer.get(nv21, ySize + vSize, uSize);
        YuvImage yuvImage = new YuvImage(nv21,
ImageFormat.NV21, image.getWidth(), image.getHeight(), null);
        ByteArrayOutputStream out = new
ByteArrayOutputStream();
        yuvImage.compressToJpeg(new Rect(0, 0,
image.getWidth(), image.getHeight()), 100, out);
        byte[] imageBytes = out.toByteArray();
        return BitmapFactory.decodeByteArray(imageBytes, 0,
imageBytes.length);
    }
    private void pausarCamara() {
        runOnUiThread(() -> {
            if (cameraProvider != null) {
                cameraProvider.unbindAll();
            }
        });
    }
    private Bitmap imageProxyToBitmap(ImageProxy imageProxy) {
        @SuppressWarnings("UnsafeOptInUsageError")
        Image image = imageProxy.getImage();
        if (image == null) {
        }
        try {
            Bitmap bitmap = yuvToBitmap(image);
            if (bitmap == null) {

```

```

        }
        imageProxy.close();
        return bitmap;
    } catch (Exception e) {
        imageProxy.close();
        return null;
    }
}

private void detectarEnAndroidConONNX(Bitmap
originalBitmap) {
    try {
        int originalWidth = originalBitmap.getWidth();
        int originalHeight = originalBitmap.getHeight();
        Bitmap resizedBitmap =
Bitmap.createScaledBitmap(originalBitmap, 640, 640, true);
        OnnxTensor inputTensor =
convertBitmapToTensor(resizedBitmap);
        if (inputTensor == null) {
            return;
        }
        OrtSession.Result resultDisplay =
sessionDisplay.run(Collections.singletonMap("images",
inputTensor));
        float[][][] outputDisplay = (float[][][])
resultDisplay.get(0).getValue();
        float[] bestDet = null;
        for (float[] det : outputDisplay[0]) {
            float conf = det[4];
            if (conf >= 0.5f) { // umbral display
                bestDet = det;
                break; // tomar el más confiable
            }
        }
        if (bestDet == null) {
            Toast.makeText(this, "✘ No se detectó
display", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            return;
        }
        float x1 = bestDet[0];
        float y1 = bestDet[1];
        float x2 = bestDet[2];

```

```

float y2 = bestDet[3];
float conf = bestDet[4];
float scaleX = originalWidth / 640f;
float scaleY = originalHeight / 640f;

int xmin = Math.max(0, (int) (x1 * scaleX));
int ymin = Math.max(0, (int) (y1 * scaleY));
int xmax = Math.min(originalWidth, (int) (x2 *
scaleX));
int ymax = Math.min(originalHeight, (int) (y2 *
scaleY));

Bitmap displayCrop =
Bitmap.createBitmap(originalBitmap, xmin, ymin, xmax - xmin,
ymax - ymin);

Bitmap displayResized =
Bitmap.createScaledBitmap(displayCrop, 640, 640, true);

OnnxTensor inputLector =
convertBitmapToTensor(displayResized);

OrtSession.Result resultLector =
sessionLector.run(Collections.singletonMap("images",
inputLector));

float[][][] outputLector = (float[][][])
resultLector.get(0).getValue();

String[] DIGIT_CLASSES = {"-", ".", "0", "1", "2",
"3", "4", "5", "6", "7", "8", "9"};

List<float[]> detections = new ArrayList<>();
for (float[] det : outputLector[0]) {
float confD = det[4];
int cls = (int) det[5];
if (confD >= 0.5f && cls >= 0 && cls <
DIGIT_CLASSES.length) {
detections.add(det);
}
}
detections.sort(Comparator.comparingDouble(d ->
d[0]));

StringBuilder lecturaCompleta = new
StringBuilder();
for (float[] det : detections) {
lecturaCompleta.append(DIGIT_CLASSES[(int)
det[5]]);

```

```

    }
    String lecturaFinal =
lecturaCompleta.toString().split("\\.")[0];
Toast.makeText(this, "Lectura: " + lecturaFinal,
Toast.LENGTH_LONG).show();
    Bitmap resultado = drawBoundingBox(originalBitmap,
xMin, yMin, xMax, yMax, lecturaFinal);
    imageView.setImageBitmap(resultado);
    btnGuardar.setEnabled(true);
    btnGuardar.setVisibility(View.VISIBLE);
    btnContinuar.setVisibility(View.GONE);
}
}
private OnnxTensor convertBitmapToTensor(Bitmap bitmap) {
    try {
        int width = bitmap.getWidth();
        int height = bitmap.getHeight();
        float[] data = new float[3 * width * height];
        int[] pixels = new int[width * height];
        bitmap.getPixels(pixels, 0, width, 0, 0, width,
height);
        for (int y = 0; y < height; y++) {
            for (int x = 0; x < width; x++) {
                int rgb = pixels[y * width + x];
                int r = (rgb >> 16) & 0xFF;
                int g = (rgb >> 8) & 0xFF;
                int b = rgb & 0xFF;
                data[0 * width * height + y * width + x] =
r / 255.0f;
                data[1 * width * height + y * width + x] =
g / 255.0f;
                data[2 * width * height + y * width + x] =
b / 255.0f;
            }
        }
        long[] shape = {1, 3, height, width};
        return
OnnxTensor.createTensor(OrtEnvironment.getEnvironment(),
FloatBuffer.wrap(data), shape);
        return null;
    }
}

```

```
    }  
}
```

- **Importación de librerías (Graddle)**

```
plugins {  
    alias(libs.plugins.android.application)  
}  
  
android {  
    namespace = "com.example.lectorserie"  
    compileSdk = 35  
    defaultConfig {  
        applicationId = "com.example.lectorserie"  
        minSdk = 29  
        targetSdk = 35  
        versionCode = 1  
        versionName = "1.0"  
  
        testInstrumentationRunner =  
"androidx.test.runner.AndroidJUnitRunner"  
    }  
    buildTypes {  
        release {  
            isMinifyEnabled = false  
            proguardFiles(  
                getDefaultProguardFile("proguard-android-  
optimize.txt"),  
                "proguard-rules.pro"  
            )  
            signingConfig = signingConfigs.getBy-name("debug")  
        }  
    }  
    compileOptions {  
        sourceCompatibility = JavaVersion.VERSION_11  
        targetCompatibility = JavaVersion.VERSION_11  
    }  
    buildFeatures {  
        viewBinding = true  
    }  
}  
  
dependencies {  
    implementation(libs.appcompat)  
    implementation(libs.material)
```

```

implementation(libs.activity)
implementation(libs.constraintlayout)
implementation("com.airbnb.android:lottie:3.0.1")
implementation("androidx.camera:camera-core:1.3.0")
implementation("androidx.camera:camera-lifecycle:1.3.0")
implementation("androidx.camera:camera-view:1.3.0")
implementation("androidx.camera:camera-camera2:1.3.0")
implementation("com.google.mlkit:barcode-scanning:17.2.0")
implementation("cz.adaptech:tesseract4android:4.1.1")
implementation("com.squareup.retrofit2:retrofit:2.9.0")
implementation("com.squareup.retrofit2:converter-gson:2.9.0")
implementation("com.microsoft.onnxruntime:onnxruntime-android:1.17.0")
implementation(libs.lifecycle.livedata.ktx)
implementation(libs.lifecycle.viewmodel.ktx)
implementation(libs.navigation.fragment)
implementation(libs.navigation.ui)
testImplementation(libs.junit)
androidTestImplementation(libs.ext.junit)
androidTestImplementation(libs.espresso.core)
}

```

- **Plantilla para entrenamiento y exportado en formato ONNX:**

```

from ultralytics import YOLO
import multiprocessing
def main():
    # Cargar el modelo
    model = YOLO("yolov8n.pt")
    # Entrenar el modelo usando GPU
    model.train(
        data="dataset.yaml",
        epochs=100,
        imgsz=640,
        batch=16,
        workers=2,
        device="cuda"
    )
    # Exportar a ONNX
    model.export(
        format="onnx",

```

```

        opset=16,
        simplify=True,
        dynamic=True
    )
if __name__ == "__main__":
    multiprocessing.freeze_support()
    main()

```

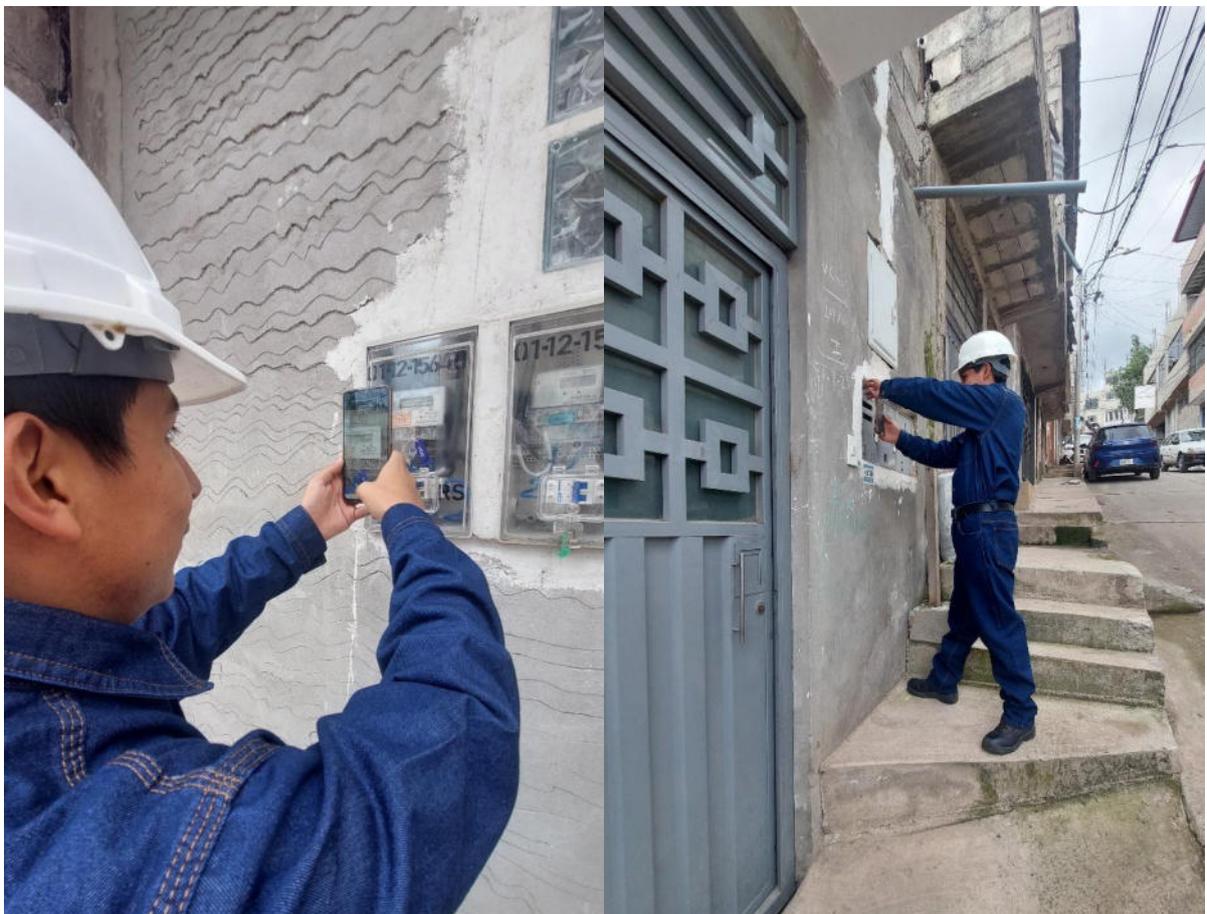
- **Plantilla para verificación de los modelos ONNX:**

```

import onnxruntime as ort
import cv2
import numpy as np
img = cv2.imread("imagenprueba.jpg")
img = cv2.resize(img, (640, 640))
img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
img = img.transpose(2, 0, 1).astype(np.float32) / 255.0
img = np.expand_dims(img, axis=0)
session = ort.InferenceSession("modelo.onnx",
providers=["CPUExecutionProvider"])
input_name = session.get_inputs()[0].name
outputs = session.run(None, {input_name: img})
print("Output shape:", outputs[0].shape)
print("First rows:", outputs[0][0][:5])

```

Anexo 2: Recopilación de datos en campo



Anexo 3: Detección de lecturas con el aplicativo en campo





Serie: 1940356



Serie: 0608498157



Serie: 0608493404



Serie: 0608092649



Serie: 1942950



Serie: 2014052494



Serie: 0608498215



Serie: 0608094489



Serie: 0608094518



Serie: 01003520



Serie: 0608611450



Serie: 0609091081



Serie: 2021031136



Serie: 0608493626



Serie: 20105264203



Serie: 0608493428













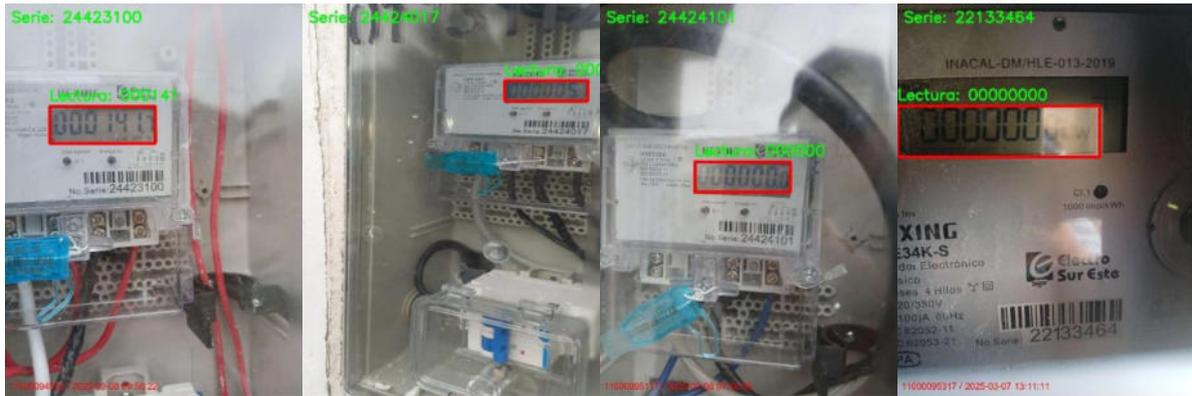












Anexo 4: Matriz de Consistencia (ampliado)

Procedimiento de lecturas mediante visión artificial para mitigar errores de facturación en los suministros de energía eléctrica de Electro Sur Este Abancay 2024						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Conclusiones	Variables	Metodología	
<p>¿En qué medida el procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial, mitiga los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica en los clientes menores de Electro Sur Este Abancay 2024?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>1. ¿Cuáles son las causas principales e impactos de los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores en la sede Abancay de Electro Sur Este?</p> <p>2. ¿Qué tipos de soluciones tecnológicas podrían desarrollarse como alternativa viable para mitigar los errores de lectura, considerando un entorno simulado representativo de Electro Sur Este Abancay?</p> <p>3. ¿De qué manera un procedimiento de lectura automatizado, basado en visión artificial mejora en la toma de lecturas y reduce los errores sobre una muestra representativa de clientes menores?</p>	<p>Determinar en qué medida el procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial, mitiga los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica en los clientes menores de Electro Sur Este Abancay 2024.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>1. Analizar cuáles son las causas principales e impactos de los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores en la sede Abancay de Electro Sur Este.</p> <p>2. Identificar y evaluar qué tipos de soluciones tecnológicas podrían desarrollarse como alternativa viable para mitigar los errores de lectura, considerando un entorno simulado representativo de Electro Sur Este Abancay.</p> <p>3. Proponer un procedimiento de lectura automatizado, basado en visión artificial para mejorar la toma de lecturas y reducir los errores sobre una muestra representativa de clientes menores.</p>	<p>La implementación de un procedimiento de lecturas mediante una aplicación móvil basada en visión artificial reduce significativamente los errores de lectura y facturación en los suministros de energía eléctrica de los clientes menores de Electro Sur Este Abancay, en el año 2024.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>1. Los errores de lectura en los suministros de energía eléctrica en la sede Abancay de Electro Sur Este son causados principalmente por factores humanos, tecnológicos y operativos, los cuales generan impactos negativos en la exactitud de la facturación.</p> <p>2. La solución tecnológica basada en visión artificial constituye la alternativa más viable para mitigar los errores de lectura, demostrando una mejora significativa en precisión dentro de un entorno simulado representativo de Electro Sur Este – Abancay.</p> <p>3. Un procedimiento de lectura automatizado basado en visión artificial mejora la precisión en la toma de lecturas y contribuye a la reducción de errores de facturación en una muestra representativa de clientes menores.</p>	<p>1. La implementación de una aplicación móvil basada en visión artificial mejoró significativamente la precisión del proceso de toma de lectura de medidores de energía eléctrica, alcanzando una tasa de acierto del 92.99% sobre una muestra de 214 suministros de Electro Sur Este S.A.A., sede Abancay. Este resultado demuestra una reducción sustancial de errores respecto al procedimiento manual y valida la efectividad del procedimiento propuesto para fortalecer la confiabilidad del proceso de facturación.</p> <p>2. Las principales causas de los errores de lectura corresponden a factores como la ilegibilidad del display por suciedad o deterioro, condiciones inadecuadas de iluminación y errores humanos durante la digitación manual. Estos factores afectan mensualmente a un promedio de más de 2,000 suministros, de acuerdo a los registros históricos de Electro Sur Este S.A.A. para los años 2021, 2022 y 2023, evidenciando una tendencia de incremento lineal asociada al crecimiento de clientes. Esta problemática repercute negativamente en la eficiencia operativa, la percepción de la calidad del servicio por parte de los usuarios y la imagen institucional ante los entes reguladores.</p> <p>3. La evaluación técnico – económica de alternativas de solución viables determinó que la solución basada en visión artificial presenta la mejor relación costo-beneficio a corto plazo. La propuesta óptima corresponde a la implementación de una aplicación móvil desarrollada y programada en Python, que integra modelos ONNX en dispositivos Android, destacando por su compatibilidad, escalabilidad y facilidad de implementación en condiciones reales de operación.</p> <p>4. Se diseñó e implementó un procedimiento funcional mediante una aplicación móvil desarrollada en Android Studio, que integra modelos de visión artificial para la detección automática de la serie, el display y el reconocimiento preciso de los caracteres numéricos de la lectura en el medidor. Esta solución demostró ser técnica, viable y operativamente efectiva en un entorno representativo, con un alto potencial de replicabilidad en otras empresas distribuidoras que enfrenten problemáticas similares, Su aplicación permitirá reducir errores en la toma de lecturas, mejorar los registros y optimizar los recursos asignados al procedimiento de toma de lecturas y facturación.</p>	<p>Variables Independientes Procedimiento de lecturas</p> <p>Variables Dependientes Errores de facturación.</p> <p>Indicadores Tasa de lecturas correctas. Tasa de errores de facturación.</p>	<p>Ámbito de estudio Distrito de Abancay.</p> <p>Unidad de Estudio Errores de Lectura</p> <p>Tipo de investigación: Cuantitativo.</p> <p>Nivel de la investigación: Aplicativo.</p> <p>Diseño de la investigación: Cuasi Experimental.</p> <p>Técnicas para la recolección de datos Observación directa. Revisión documental. Pruebas de campo.</p>	

Anexo 5: Diagrama Eléctrico ELSE sede Abancay (ampliado)

