

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



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN
INTELIGENTE Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE
FACTURACIÓN PARA LOS USUARIOS DE LA SUBESTACIÓN**

1000043 JR. CUSCO – ABANCAY 2024

PRESENTADO POR:

Bach. LUCIO AROLD ROJAS RAMIREZ

Bach. JOSE MANUEL QUISPE GUTIERREZ

**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: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MEDICION INTELIGENTE Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE FACTURACION PARA LOS USUARIOS DE LA SUBESTACION 1000043 JR. CUSCO - ABANCAY 2024

Presentado por: LUCIO AROLD ROJAS RAMIREZ DNIN° 70290296

presentado por: JOSE MANUEL QUISPE GUTIERREZ DNIN°: 24387774

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRICISTA

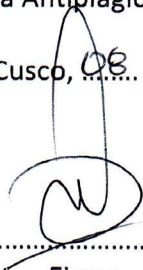
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5%.

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, 08 de Julio de 2025



Firma

Post firma

Nro. de DNI

ORCID del Asesor

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:

27259:469879597

LUCIO-JOSÉ ROJAS-QUISPE

Tesis Lucio y Jose REPOSITORIO.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:469879597

Fecha de entrega

26 jun 2025, 6:34 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

26 jun 2025, 6:41 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Lucio y Jose REPOSITORIO.pdf

Tamaño de archivo

6.6 MB

180 Páginas

37.966 Palabras

211.709 Caracteres

5% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
14 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.



DR. DONATO MAMANI PARI
ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

A mi madre Magda, por su amor incondicional, paciencia y apoyo constante en cada etapa de mi vida académica. Su ejemplo de lucha y entrega ha sido mi mayor inspiración. Este logro también es suyo, por ser mi pilar y fuente inagotable de inspiración.

A mi pareja, por caminar a mi lado con amor, comprensión y un respaldo inquebrantable en los momentos más exigentes de este proceso. Gracias por creer en mí cuando más lo necesitaba.

A quienes, desde el cielo, siguen iluminando mi vida: mi padre Arnaldo y mis abuelos Adriana y Lucio. Sus enseñanzas y recuerdos han sido guía silenciosa y fuerza constante.

Br. Lucio Aroldo Rojas Ramírez

Con profunda gratitud y desde lo más sincero de mi corazón, dedico esta tesis a mi madre, por su presencia constante y su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. A mis hermanos, por ser fuente de motivación y aliento permanente en cada etapa de esta carrera.

A mi esposa, por su paciencia, amor y fortaleza compartida durante todo este proceso. Y a mis hijos, que son y seguirán siendo mi mayor motor para seguir creciendo y alcanzar nuevas metas.

Br. José Manuel Quispe Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, por ser nuestra guía y fuerza en los momentos de duda, y por darnos la perseverancia necesaria para culminar esta etapa.

A la **Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco** y a los **docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**, por su compromiso con la formación de profesionales íntegros y competentes.

Expresamos nuestro especial agradecimiento a nuestro asesor de tesis, **Dr. Donato Mamani Pari**, por su valioso acompañamiento, orientación técnica y constante disposición para apoyarnos durante todo el proceso.

Agradezco también a los compañeros de trabajo de Electro Sur Este S.A.A. – sede Abancay por acompañarme durante esta etapa de formación académica y profesional.

A nuestras familias, compañeros, colegas y amigos, quienes con palabras de aliento, gestos de apoyo hicieron posible que esta meta hoy sea una realidad.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

Los autores

INTRODUCCIÓN

La presente tesis aborda la **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE FACTURACIÓN PARA LOS USUARIOS DE LA SUBESTACIÓN 1000043 JR. CUSCO – ABANCAY-2024”**, destacando su impacto en la precisión y transparencia de la facturación eléctrica. Electro Sur Este SAA, que opera en una región con condiciones geográficas diversas y desafiantes, ha enfrentado problemas recurrentes de accesibilidad y precisión en la toma de lecturas, lo cual afecta tanto a la satisfacción de los usuarios como a la eficiencia operativa de la empresa, ya que las lecturas inexactas generan facturaciones promediadas, incrementando los reclamos y disminuyendo la confianza del cliente. La adopción de tecnología avanzada para la medición del consumo eléctrico, como los medidores inteligentes SONOFF POW Ring, surge como una alternativa prometedora para resolver estas dificultades y optimizar los procesos de facturación mediante la transmisión remota y automática de datos de consumo en tiempo real, eliminando la necesidad de visitas físicas, reduciendo errores humanos y permitiendo la detección de anomalías en el sistema.

A diferencia del sistema convencional, en el que las lecturas deben tomarse manualmente en campo y luego ser ingresadas al sistema de facturación, el medidor inteligente registra el consumo eléctrico en tiempo real y lo transfiere automáticamente a través de una red Wi-Fi hacia la plataforma digital eWeLink. Desde esta plataforma, los datos pueden ser exportados para ser procesados directamente, asegurando así que la facturación refleje con precisión el consumo real del usuario, sin demoras ni intervenciones adicionales.

El primer capítulo establece los objetivos de la investigación, los cuales se centran en evaluar cómo la medición inteligente puede mejorar la calidad de la facturación, beneficiando tanto a los usuarios como a la operadora de la subestación. Además, se detallan los antecedentes que sustentan la necesidad de adoptar este sistema y las justificaciones teóricas, metodológicas

y prácticas de la implementación. En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico, donde se comparan los sistemas de medición convencionales con los sistemas inteligentes, y se describe el funcionamiento del dispositivo SONOFF POW Ring, utilizado en esta investigación. Este capítulo también aborda las regulaciones y normativas de supervisión del sector eléctrico, con especial atención a los lineamientos de OSINERGMIN.

En el tercer capítulo, se realiza un diagnóstico del sistema de medición actual, exponiendo las limitaciones y problemas que afectan la facturación, como la dependencia de lecturas manuales y los desafíos de accesibilidad. Estas condiciones justifican la implementación de un sistema más moderno y eficiente. El cuarto capítulo describe el proceso de instalación del medidor SONOFF POW Ring en un domicilio seleccionado, detallando la configuración y los beneficios del monitoreo remoto, que permiten obtener lecturas más precisas y mejorar la transparencia para el usuario. El análisis de los resultados se presenta en el quinto capítulo, donde se comparan los datos obtenidos con el sistema convencional y el sistema inteligente. Aquí se examina el impacto de esta tecnología en la precisión de la facturación, la eficiencia operativa y la satisfacción del usuario, además de los beneficios económicos logrados por la reducción de costos operativos.

Finalmente, la investigación concluye con recomendaciones para maximizar los beneficios de la medición inteligente en el ámbito de la facturación eléctrica, ofreciendo así una solución efectiva y sostenible para los desafíos que enfrentan las empresas concesionarias del sistema de distribución.

RESUMEN

La presente investigación, titulada evalúa la incorporación de un sistema inteligente como solución para mejorar la precisión y transparencia en la facturación eléctrica. Este estudio, realizado en la subestación operada por Electro Sur Este, analiza cómo los medidores inteligentes SONOFF POW RING contribuyen a optimizar la exactitud de los datos de consumo y los procesos de facturación, especialmente en áreas de difícil acceso donde la dependencia de facturaciones promediadas ha generado insatisfacción y reclamos entre los usuarios. Los objetivos de la investigación incluyen la comparación entre el desempeño del sistema convencional y el sistema inteligente, el análisis del impacto en la precisión de los datos de consumo, y la evaluación de su influencia en los costos operativos y la eficiencia del servicio de facturación. Para ello, se implementó un sistema de medición inteligente capaz de registrar y transmitir datos en tiempo real, eliminando la necesidad de visitas físicas para la toma de lecturas y garantizando un monitoreo continuo del consumo. El análisis técnico-económico demuestra que el sistema de medición inteligente reduce costos operativos al eliminar lecturas físicas, cortes y reconexiones manuales, y disminuir reclamos. Antes de su implementación, las facturaciones basadas en promedios generaban discrepancias de hasta 41 kWh entre el consumo real y el facturado, afectando la relación con los usuarios y aumentando gastos innecesarios. Con los medidores inteligentes, estas diferencias se corrigieron, asegurando una facturación más precisa. Además, los costos de corte y reconexión, que antes iban de S/ 26.99 a S/ 31.42 por intervención, se reducirán con la automatización. La eliminación de visitas técnicas innecesarias optimiza recursos como el tiempo del personal técnico, los costos de transporte, el uso de equipos para cortes físicos y el presupuesto operativo destinado a atención de reclamos, mejorando así la eficiencia del servicio.

Palabras Claves: Consumo eléctrico, Facturación, Medición inteligente, Precisión, Tarifas.

ABSTRACT

The present research, evaluates the adoption of advanced technology as a solution to improve accuracy and transparency in electricity billing. This study, conducted at the substation operated by Electro Sur Este, analyzes how SONOFF POW RING smart meters contribute to optimizing the accuracy of consumption data and billing processes, especially in hard-to-reach areas where reliance on averaged billing has generated dissatisfaction and complaints among users. The research objectives include comparing the performance of the conventional system with the smart system, analyzing the impact on the accuracy of consumption data, and evaluating its influence on operating costs and billing service efficiency. To this end, a smart metering system capable of recording and transmitting data in real time was implemented, eliminating the need for physical visits to take readings and guaranteeing continuous monitoring of consumption. The technical-economic analysis shows that the smart metering system reduces operating costs by eliminating physical readings, manual disconnections and reconnections, and decreasing complaints. Before its implementation, billing based on averages caused discrepancies of up to 41 kWh between actual and billed consumption, affecting customer relations and increasing unnecessary expenses. With smart meters, these differences were corrected, ensuring more accurate billing. The elimination of unnecessary technical visits optimizes resources such as the time of technical personnel, transportation costs, the use of equipment for physical cuts and the operating budget allocated to claims handling, thus improving the efficiency of the service.

Keywords: Electricity consumption, Billing, Smart metering, Accuracy, Tariffs.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN	4
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	15
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	16
1.1. INTRODUCCIÓN	16
1.2. Ámbito geográfico.....	16
1.3. Planteamiento del problema	19
1.4. Formulación del problema	23
1.4.1. Problema general	23
1.4.2. Problemas específicos	23
1.5. Objetivos	24
1.5.1. Objetivo general.....	24
1.5.2. Objetivos específicos	24
1.6. Justificación del estudio	24
1.6.1. Justificación social	24
1.6.2. Justificación Metodológica	25
1.6.3. Justificación económica	25
1.7. Importancia.....	26
1.8. Alcances y limitaciones.....	27
1.8.1. Alcances.....	27
1.8.2. Limitaciones.....	28
1.9. Hipótesis.....	28
1.9.1. Hipótesis general.....	28
1.9.2. Hipótesis específicas	28
1.10. Variables e indicadores.....	29
1.11. Metodología de la investigación.....	29
1.11.1. Método de la investigación	29
1.11.2. Tipo de investigación	30
1.12. Población y muestra.....	31

1.12.1.	Población.....	31
1.12.2.	Muestra.....	31
1.13.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
1.14.	Procesamiento de datos	33
1.15.	Matriz de Consistencia	33
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO		35
2.1.	INTRODUCCIÓN	35
2.2.	Antecedentes de la investigación	35
2.2.1.	Antecedentes Internacionales.....	35
2.2.2.	Antecedentes Nacionales	38
2.2.3.	Antecedentes Locales.....	40
2.3.	Bases teóricas	41
2.3.1.	Infraestructura de medición	41
2.3.2.	Análisis a Nivel Mundial	43
2.3.3.	Comparación de medidores inteligentes	47
2.3.4.	Protocolos de comunicación utilizados en los medidores inteligentes	49
2.3.5.	Medidor SONOFF POW Ring.....	51
2.3.6.	Add device	60
2.3.7.	Red Wifi.....	65
2.3.8.	Subestaciones.....	71
2.3.9.	Facturaciones promedias consecutivos	72
2.3.10.	Medidores Monofásicos	73
2.3.11.	Medidores Internos.....	73
2.3.12.	Toma de Lectura.....	74
2.3.13.	Sistema SIELSE	74
2.3.14.	Interruptor Termomagnético	75
2.3.15.	Abrazadera	75
2.3.16.	App eWeLink	76
2.3.17.	Forma remota y monitoreo	77
2.3.18.	Sistema de Facturación.....	78
2.3.19.	Componentes Tarifarios	81
2.3.20.	Tarifa de Distribución	82
2.3.21.	Calidad del Servicio Eléctrico.....	83
2.3.22.	Procedimiento 115-2017-OS-CD.....	90
2.4.	Marco Conceptual	90
2.4.1.	Proceso de Facturación	90
2.4.2.	Consistencia de Lecturas.....	90

2.4.3. Libro de Lectura.....	91
2.4.4. Zona Geográfica de la Facturación	91
2.4.5. Incremento y Acumulación de Consumos	91
2.4.6. Promedio del crecimiento del Usuario.....	91
2.4.7. Periodo de Facturación	92
2.4.8. Opción Tarifaria BT5B	92
CAPÍTULO III DIAGNÓSTICO DE ESTUDIO	93
3.1. INTRODUCCIÓN	93
3.2. Diagnóstico de lecturas	93
CAPÍTULO IV PLIEGO TARIFARIO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	100
4.1. INTRODUCCIÓN	100
4.2. Consumo de energía eléctrica	101
4.3. Conexiones del sistema eléctrico	102
4.4. Importes máximos de corte y reconexión	109
CAPÍTULO V INCORPORACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE.....	114
5.1. INTRODUCCIÓN	114
5.2. Medidor SONOFF POW RING	115
5.3. Criterios de selección del usuario para la instalación del medidor inteligente	118
5.3.1. Instalación del medidor inteligente.....	121
5.4. Monitoreo del medidor inteligente.....	129
CAPÍTULO VI ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA CALIDAD DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA.....	136
6.1. INTRODUCCIÓN	136
6.2. Evaluación de consumo.....	136
6.3. Impacto del sistema de medición inteligente	142
CAPÍTULO VII ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO	145
7.1. INTRODUCCIÓN	145
7.2. Análisis técnico-económico de la implementación del Sistema de Medición	145
7.3. Análisis del VAN y TIR.....	151
CONCLUSIONES	155
RECOMENDACIONES.....	156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	157
ANEXOS	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Ubicación geográfica de la ciudad de Abancay</i>	17
Figura 1.2 <i>Ubicación de la Subestación JR. CUSCO (BARRIO LOS INGENIEROS)</i>	17
Figura 1.3 <i>Usuarios de la Subestación 1000043 JR. CUSCO</i>	18
Figura 1.4 <i>Problemas en la lectura de los medidores</i>	21
Figura 2.1 <i>Estructura de un sistema de medición</i>	42
Figura 2.2 <i>Avance de la Medición Inteligente</i>	44
Figura 2.3 <i>Medidor Inteligente SONOFF POW Ring</i>	52
Figura 2.4 <i>Apagar la corriente</i>	57
Figura 2.5 <i>Instalación del transformador de corriente y la antena</i>	57
Figura 2.6 <i>Montar el dispositivo</i>	57
Figura 2.7 <i>Evitar interferencias</i>	58
Figura 2.8 <i>Instalar un disyuntor adecuado</i>	59
Figura 2.9 <i>Conectar los cables</i>	59
Figura 2.10 <i>Descarga de la App eWeLink</i>	60
Figura 2.11 <i>Agrega dispositivo</i>	60
Figura 2.12 <i>Escanea el Código QR</i>	61
Figura 2.13 <i>Agrega dispositivo y enciende el equipo</i>	61
Figura 2.14 <i>Presionar el botón durante 5 segundos</i>	62
Figura 2.15 <i>Estado del indicador LED de Wi-Fi</i>	63
Figura 2.16 <i>Inicia la Conexión</i>	63
Figura 2.17 <i>Red Wi – Fi y Clave de Acceso</i>	64
Figura 2.18 <i>Dispositivo añadido</i>	64
Figura 2.19 <i>Operatividad y Principios de la Tecnología Wifi</i>	66
Figura 2.20 <i>Desarrollo y Transformación de la Tecnología WiFi</i>	69
Figura 2.21 <i>Medición Inteligente cliente - empresa</i>	80
Figura 2.22 <i>Distribución eléctrica en una subestación</i>	81
Figura 5.1 <i>Medidor SONOFF POW RING modelo POWCT</i>	117
Figura 5.2 <i>Ubicación del domicilio para la instalación del medidor inteligente</i>	119
Figura 5.3 <i>Domicilio cerrado con mascota agresiva</i>	120
Figura 5.4 <i>Diagrama de conexión del medidor inteligente SONOFF POW Ring</i>	122
Figura 5.5 <i>Ingreso al domicilio</i>	124

Figura 5.6 <i>Instalación del sistema de medición inteligente en el domicilio</i>	125
Figura 5.7 <i>Instalación final del medidor SONOFF POW RING</i>	126
Figura 5.8 <i>Medidor inteligente en funcionamiento: Registro de consumo en tiempo real...</i>	129
Figura 5.9 <i>Consumo medidor SonOff</i>	134
Figura 5.10 <i>Interfaz de monitoreo de consumo y tensión del medidor inteligente en eWeLink Web</i>	135
Figura 6.1 <i>Consumo real vs Consumo Facturado del sistema de medición inteligente</i>	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Coordenadas geográficas</i>	16
Tabla 1.2 <i>Problemas Detectados en Suministros de Energía</i>	22
Tabla 1.3 <i>Cuadro de Operacionalización de Variables</i>	29
Tabla 1.4 <i>Matriz de Consistencia</i>	34
Tabla 2.1 <i>Diferencias de medidores convencionales vs medidores inteligentes</i>	45
Tabla 2.2 <i>Estándares asociados a medidores inteligentes</i>	47
Tabla 2.3 <i>Estándares asociados a medidores inteligentes</i>	50
Tabla 2.4 <i>Requisitos para el uso de medidores inteligente</i>	51
Tabla 2.5 <i>Tecnologías de Red Inalámbrica</i>	67
Tabla 3.1 <i>Listado de clientes por libros Abancay</i>	93
Tabla 3.2 <i>Listado de clientes por libros inaccesibles</i>	96
Tabla 3.3 <i>Muestra escogida de ruta 101-01-08</i>	98
Tabla 3.4 <i>Subestaciones del libro 101-01-08</i>	98
Tabla 4.1 <i>Tarifas de consumo de energía eléctrica residencial en Abancay (BT5B) libre de IGV</i>	101
Tabla 4.2 <i>Conexiones en Baja Tensión 220 V - Soles</i>	102
Tabla 4.3 <i>Conexiones en Baja Tensión Múltiples 220 V - Soles</i>	104
Tabla 4.4 <i>Elementos electromecánicos en media tensión - Soles</i>	106
Tabla 4.5 <i>Costo por vereda, murete y mástil en baja tensión - Soles</i>	109
Tabla 4.6 <i>Tarifas eléctricas por tipo de conexión y potencia</i>	110
Tabla 4.7 <i>Costos de traslado y reinstalación para conexiones eléctricas monofásicas</i>	111
Tabla 4.8 <i>Costos de corte y reinstalación para conexiones monofásicas</i>	112
Tabla 5.1 <i>Consumo SonOff vs. Consumo Facturado por ELSE</i>	130
Tabla 5.2 <i>Resumen de Consumo del medidor SonOff</i>	132
Tabla 6.1 <i>Cuadro Facturado por la distribuidora</i>	138
Tabla 6.2 <i>Cuadro comparativo del consumo real y el consumo facturado utilizando el medidor inteligente</i>	139
Tabla 7.1 <i>Detalle de Precios Unitarios por Actividad</i>	146
Tabla 7.2 <i>Mantenimiento y Reposición de Suministros</i>	147
Tabla 7.3 <i>Costos para la Implementación del Sistema de Medición Inteligente</i>	148
Tabla 7.4 <i>Pagos Anuales la Empresa Contratista</i>	149

Tabla 7.5 <i>Propuesta de Implementación de Medidores</i>	150
Tabla 7.6 <i>Resumen de Cambios de Medidores</i>	151
Tabla 7.7 Costo por instalación de 01 medidor	152

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AMI	: Infraestructura de Medición Avanzada
BT5B	: Baja Tensión Tarifa 5B (tarifa eléctrica)
CA	: Corriente Alterna
DS	: Decreto Supremo
eWeLink	: Plataforma de monitoreo remoto para dispositivos inteligentes
FOSE	: Fondo de Compensación Social Eléctrica
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEC	: International Electrotechnical Commission
INA	: Lectura Inaccesible (referencia a lecturas no realizadas)
kWh	: Kilovatio hora (unidad de medida de energía eléctrica)
OSINERGMIN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
SED	: Subestación Eléctrica de Distribución
SIELSE	: Sistema Informático de Electro Sur Este
SONOFF POW RING	: Medidor inteligente para monitoreo de consumo eléctrico
UNSAAC	: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Wi-Fi	: Wireless Fidelity

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrolla la problemática, los objetivos y la posible solución de la implementación de una medición inteligente y su impacto en la calidad de facturación para los usuarios de una subestación en la ciudad de Abancay.

1.2. Ámbito geográfico

Esta investigación se desarrolla en la región andina del sur del Perú, específicamente en la ciudad de Abancay, capital de la provincia y departamento de Apurímac, se sitúa a una altitud promedio de 2377 metros sobre el nivel del mar (msnm), con coordenadas aproximadas de latitud 13°38'20" S y longitud 72°52'36" O. Este territorio presenta un clima templado y una topografía accidentada, con valles profundos, lo que condiciona las actividades económicas y el manejo de recursos hídricos en la región.

Tabla 1.1

Coordenadas geográficas

Características	Departamento	Provincia	Distrito	Altitud promedio (msnm)
Ubicación geográfica	Apurímac	Abancay	Abancay	2377
COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
Latitud	Sur	13° 38' 00" S		
Longitud	Oeste	72° 53' 57.00" O		
Datum		WGS-84 (Zona: 18 Sur)		

Fuente. Las coordenadas geográficas se indican en términos de longitud y latitud, mientras que las coordenadas UTM se expresan en metros.

Figura 1.1

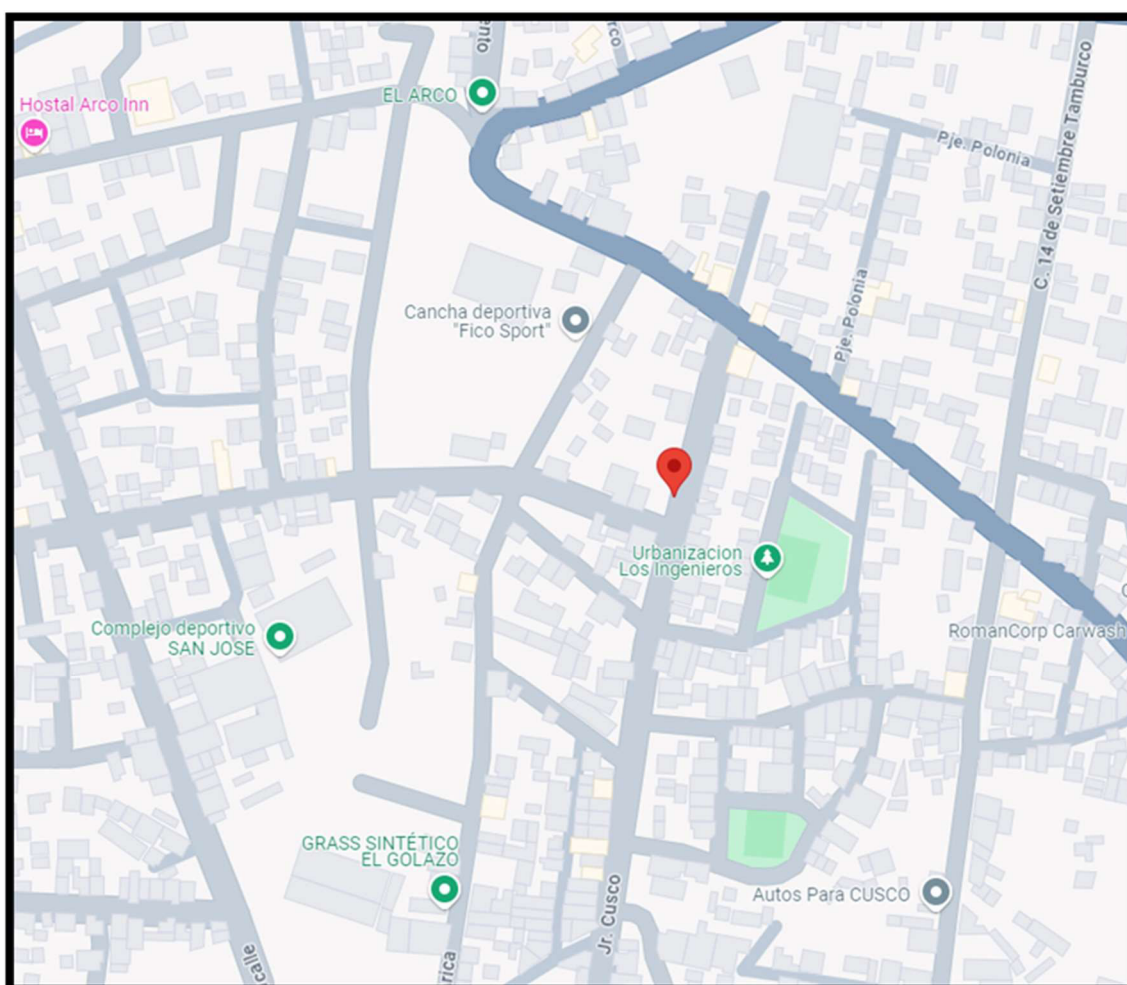
Ubicación geográfica de la ciudad de Abancay



Fuente. Imagen tomada de la página del Gobierno Regional de Apurímac

Figura 1.2

Ubicación de la Subestación JR. CUSCO (BARRIO LOS INGENIEROS)



Fuente. Imagen tomada de Google Maps.



La figura 1.3 representa la distribución del sistema eléctrico de la subestación codificada como 1000043 JR. CUSCO, perteneciente al sistema SE0035 y alimentada a través del alimentador TA03, cuyo código de subestación de distribución (SED) es TA03004. Esta subestación cuenta con un transformador trifásico de 100 kVA, con una tensión nominal primaria de 13.2 kV y una tensión secundaria de 13.2/0.38 kV, configurado para suministrar energía a usuarios residenciales y comerciales en diversos sectores de la ciudad de Abancay. Según la base de datos del sistema SIELSE, en esta subestación se encuentran conectados 191 clientes, distribuidos en diferentes rutas, lo que evidencia la amplitud y complejidad de la red de distribución en esta zona.

Para el presente estudio, se seleccionó un único suministro eléctrico siguiendo un criterio de muestreo no probabilístico intencional, priorizando el caso más crítico en cuanto a reclamos de facturación y dificultad de acceso al medidor. El suministro elegido corresponde al cliente con código de libro 101-01-08, clasificado bajo la tarifa BT5B y con un nivel de tensión de 220 V. Esta elección responde a las restricciones normativas que limitan la intervención directa sobre los suministros sin autorización expresa de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A., y permite evaluar de forma puntual el impacto de la medición inteligente en la mejora de la exactitud de las lecturas y en la reducción de reclamos por facturación incorrecta.

1.3. Planteamiento del problema

Electro Sur Este, una de las más relevantes distribuidoras de suministro eléctrico en el sur del Perú, opera dentro de una concesión que abarca un área de 8.092 km², esta vasta zona incluye regiones con diferentes características geográficas y socioeconómicas, como Cusco, Apurímac, Madre de Dios, y partes de Ayacucho y Arequipa, donde la facturación del consumo es uno de los procesos más fundamentales para las compañías proveedoras de energía eléctrica, ya que representa su principal fuente de ingresos para el funcionamiento y conservación de la

infraestructura. Una facturación precisa es importante para los clientes como para la empresa, ya que cualquier error puede generar desconfianza y pérdidas económicas significativas. La facturación incorrecta afecta la confianza de los usuarios y puede resultar en pérdidas tanto para la compañía como para los consumidores.

Uno de los principales problemas en la facturación eléctrica es la inaccesibilidad a los medidores, muchas veces ubicados en lugares complicados como interiores de viviendas, zonas peligrosas o con presencia de animales agresivos. Esto limita la recolección de lecturas reales, obligando a usar promedios que no reflejan el consumo exacto, lo que genera reclamos y desconfianza entre los usuarios. En el caso de la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay, operada por Electro Sur Este, se identifican diversas dificultades, como medidores defectuosos, errores en el sistema de registro y manipulaciones para el robo de energía. Estas situaciones afectan tanto la exactitud de la facturación como la percepción del servicio por parte del usuario, provocando pérdidas económicas para la empresa distribuidora.

Un factor adicional que agrava la situación es la existencia de medidores averiados, muchos de ellos con displays ilegibles, lo que impide la correcta lectura del consumo. Asimismo, las fallas en el aplicativo utilizado para registrar las lecturas, como fotografías borrosas y errores humanos, incrementan las inexactitudes en la facturación. Estos problemas no solo afectan a los usuarios, quienes reciben facturas incorrectas, sino que también ponen en riesgo la eficiencia operativa de la empresa. Además, el impedimento al acceso de los medidores, que dificulta las lecturas (Ver Figura 1.4), es otro de los problemas críticos que contribuyen a esta problemática.

Figura 1.4*Problemas en la lectura de los medidores*

a) Error del aplicativo de toma de lecturas

b) Impedimento de acceso al medidor

Fuente. Elaboración Propia

En muchos casos, los medidores están ubicados en áreas de difícil acceso, lo que impide que los técnicos puedan realizar su trabajo de manera eficiente. Esta situación puede deberse a la ubicación física del medidor, por ejemplo; dentro de una zona de difícil acceso en una vivienda o que se encuentre situada en una zona cercana a mascotas agresivas. Este impedimento no solo impacta en la precisión de las lecturas, sino que además compromete la protección y el bienestar de los técnicos.

Estos problemas no solo provocan descontento en los usuarios, sino que además representan un problema social y económico significativo. Los reclamos de los usuarios, las

pérdidas por energía no facturada, y el incumplimiento de los procedimientos establecidos por el regulador, como el procedimiento 115-2017-OS/CD, pueden llevar a sanciones y a un aumento en los gastos de operación de la organización. La tabla a continuación resume los problemas detectados en los suministros de energía eléctrica de varios usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay, donde INA hace referencia a una lectura Inaccesible.

Tabla 1.2

Problemas Detectados en Suministros de Energía

Causa del problema	Cantidad	Porcentaje real (%)
Medidores internos	262	47.98%
Impedimento y obstáculos	158	28.94%
Medidores con displays averiado	71	13.01%
Medidores averiados	44	8.06%
Otros motivos	11	2.02%
Total	546	100.00%

Fuente. Base de datos Electro Sur Este - Elaboración propia

Del total de suministros evaluados en la zona de estudio, se identificaron 546 casos con lecturas inaccesibles (INA), lo que representa el 100% de los suministros críticos seleccionados. Este resultado evidencia limitaciones en el sistema de medición convencional, afectado principalmente por medidores instalados en interiores (47.98%), obstáculos físicos e impedimentos (28.94%), displays defectuoso (13.01%) y equipos averiados (8.06%), según se detalla en la Tabla 1.2. Estas condiciones dificultan la obtención precisa de lecturas de consumo, lo que ha llevado a la aplicación de promedios en la facturación y, en consecuencia, a la generación de reclamos por parte de los usuarios.

Es por ello, que la implementación de un sistema de medición inteligente puede contribuir a mejorar la eficiencia operativa, reducir pérdidas de datos y optimizar los costos asociados al proceso de facturación. En el caso de la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay, esta tecnología ofrece una alternativa viable para enfrentar los problemas actuales relacionados con lecturas inexactas y reclamos de usuarios. Asimismo, permite un mejor alineamiento con las disposiciones establecidas en el Pliego Tarifario de OSINERGMIN, que establece la necesidad de basar la facturación en mediciones reales y verificables, según el Procedimiento 115-2017-OS-CD.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de un sistema de medición inteligente impacta en la calidad de la facturación eléctrica para los usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?

1.4.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera el sistema de medición inteligente mejora el desempeño del sistema actual en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?
2. ¿Cómo influye el sistema de medición inteligente en la precisión de los datos de consumo energético para la facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?
3. ¿De qué forma impacta el sistema de medición inteligente en los costos operativos y en la eficiencia del servicio de facturación eléctrica en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de la implementación de un sistema de medición inteligente en la calidad de la facturación eléctrica para los usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el desempeño actual del sistema de medición en comparación con el sistema de medición inteligente en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay.
2. Analizar el impacto del sistema de medición inteligente en la precisión de los datos de consumo energético para la facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay.
3. Evaluar cómo el sistema de medición inteligente influye en los costos operativos y la eficiencia del servicio de facturación

1.6. Justificación del estudio

1.6.1. Justificación social

La presente investigación busca aportar a la mejora del servicio eléctrico brindado a los usuarios mediante la implementación de un sistema de medición inteligente. En la zona de estudio, se han identificado dificultades relacionadas con la precisión de las lecturas y la transparencia en la facturación, lo cual genera reclamos frecuentes y desconfianza por parte de los usuarios. Al contar con registros automáticos y en tiempo real, el sistema permite ofrecer una facturación más justa y ajustada al consumo real, lo que contribuye a una mejor relación entre la empresa distribuidora y la comunidad. Asimismo, se facilita el acceso de los usuarios a información sobre su consumo, promoviendo un uso más consciente de la energía. Desde el enfoque social, la medición inteligente representa una mejora en la calidad del servicio, con

potencial para reducir conflictos y fortalecer la percepción de equidad en el sistema de facturación eléctrica.

1.6.2. Justificación Metodológica

La justificación metodológica de esta investigación radica en la necesidad de emplear un enfoque basado en datos reales y verificables para evaluar el impacto de la implementación de un sistema de medición inteligente en la facturación eléctrica. La recolección de información cuantificable y objetiva permite comparar la precisión del sistema convencional con el nuevo sistema implementado, garantizando que los hallazgos alcanzados sean medibles, replicables y adecuados en contextos similares. Además, la investigación se sustenta en la importancia de aplicar procedimientos sistemáticos para demostrar cómo la medición inteligente mejora la calidad de facturación y la eficiencia operativa. A través del análisis de registros de consumo, la evaluación de la facturación antes y después de la implementación y la identificación de errores en la medición convencional, se obtiene evidencia empírica que respalda la efectividad del nuevo sistema.

1.6.3. Justificación económica

La implementación de un sistema de medición inteligente representa una alternativa viable para optimizar los costos asociados al proceso de facturación eléctrica. En el contexto actual, se generan gastos recurrentes por actividades como la toma de lecturas físicas, cortes y reconexiones manuales, así como por la atención de reclamos relacionados con facturaciones inexactas. Con el uso de medidores inteligentes, como el SONOFF POW Ring, se reduce la necesidad de desplazamiento de personal técnico, lo que implica una disminución en los costos operativos. Además, la capacidad de realizar cortes y reconexiones de forma remota permite atender incidencias con mayor rapidez y menor inversión logística. El ahorro generado por la automatización de estos procesos puede ser significativo para la empresa distribuidora, al tiempo que se mejora la eficiencia del servicio. Esto permite que los recursos se distribuyan de

forma más eficaz y se reduzcan pérdidas económicas derivadas de lecturas estimadas o intervenciones manuales frecuentes.

1.7. Importancia

La importancia de esta investigación se basa en la necesidad de optimizar la precisión y eficiencia en la facturación del consumo eléctrico mediante la implementación de un sistema de medición inteligente. En el contexto actual, donde los fallos en la captura de mediciones y la inaccesibilidad a los medidores provocan discrepancias en la facturación, este estudio aporta una solución basada en la automatización y el monitoreo remoto, garantizando mayor exactitud en la información de uso de los usuarios.

Desde una perspectiva técnica y funcional en la información de consumo de los clientes, esta investigación es relevante porque permite evaluar el impacto de la medición inteligente en la reducción de pérdidas operativas. La posibilidad de obtener mediciones en tiempo real y de manera remota optimiza la habilidad de reacción de la empresa distribuidora frente a incidencias, fraudes y problemas de lectura, contribuyendo a un manejo más efectivo de los recursos energéticos.

En el aspecto económico, la implementación de este sistema beneficia tanto a la empresa distribuidora como a los usuarios, ya que reduce los costos asociados a visitas técnicas, evita pérdidas económicas derivadas de errores en la facturación y permite un uso más racional de la energía eléctrica. Para la empresa, esto implica una mejora en la sostenibilidad financiera, mientras que para los usuarios significa una facturación justa y acorde con su consumo real.

Desde una perspectiva social, la medición inteligente fortalece la transparencia en la facturación, evitando discrepancias que puedan generar conflictos entre la empresa y los usuarios. Al proporcionar información accesible y en tiempo real sobre el consumo eléctrico,

los clientes pueden monitorear su uso de energía y adoptar prácticas más eficientes, promoviendo una cultura de consumo responsable.

1.8. Alcances y limitaciones

1.8.1. Alcances

- Se enfocará en analizar el consumo de energía previo y posterior a la instalación de los medidores inteligentes en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay. Se recopilarán y analizarán datos históricos y actuales del consumo energético residencial para identificar patrones de uso. Este análisis permitirá observar cambios en el comportamiento de consumo de los usuarios, determinando cómo la introducción de los medidores inteligentes ha influido en la eficiencia energética.
- Se identificarán y analizarán las dificultades técnicas y operativas afrontadas durante el proceso de implementación, tales como problemas de conectividad, calibración de los medidores y dificultades en la instalación.
- Se investigará cómo las decisiones tarifarias de Electro Sur Este S.A.A. se ven afectadas por la accesibilidad a información más exacta proporcionados por los medidores inteligentes. Se examinará cómo estos datos se utilizan para establecer estructuras tarifarias más justas y ajustar las tarifas basadas en el consumo real de energía. Este análisis permitirá observar si los datos obtenidos han facilitado decisiones más informadas y justas sobre las políticas tarifarias, beneficiando tanto a la empresa como a los usuarios.
- Se identificará y analizará la disminución de los gastos operativos para la empresa y los ahorros generados para los usuarios gracias a la precisión en la gestión y la facturación eficiente del consumo energético.

1.8.2. Limitaciones

- De acuerdo con la Ley de Concesiones Eléctricas y la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE), los suministros eléctricos no pueden ser intervenidos por terceros sin la autorización de la empresa concesionaria, en este caso, Electro Sur Este S.A.A. Por ello, la investigación solo ha podido evaluar un suministro específico, autorizado por la empresa distribuidora, el cual representa el caso más crítico dentro de la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay.

1.9. Hipótesis

1.9.1. Hipótesis general

La implementación de un sistema de medición inteligente mejora significativamente la calidad de la facturación eléctrica para los usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.

1.9.2. Hipótesis específicas

1. El sistema de medición inteligente tiene un desempeño superior en comparación con el sistema de medición convencional en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay
2. El sistema de medición inteligente mejora la precisión de los datos de consumo energético para la facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.
3. El sistema de medición inteligente reduce los costos operativos y aumenta la eficiencia del servicio de facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay.

1.10. Variables e indicadores

Variables

a. **Variables independientes:** Sistema de medición inteligente.

b. **Variables dependientes:** Calidad de facturación

Tabla 1.3

Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Sistema de medición inteligente	Tecnología que incorpora medidores con capacidad de lectura remota, monitoreo en tiempo real, control automatizado y transmisión de datos vía red inalámbrica. Permite mejorar el registro del consumo y reducir los errores por lecturas promediadas (Idrovo y Reinoso, 2012).	Infraestructura tecnológica	Medidores inteligentes como SONOFF POW Ring	Número de medidores
			Control (eWeLink) y redes de comunicación	%
		Funcionalidad operativa	Registro de consumo en tiempo real	min
			Corte y reconexión remota ejecutada	Nº de eventos
		Desempeño técnico	Lectura remota efectiva	% de lecturas
Calidad de facturación	Nivel de correspondencia entre el consumo registrado y el facturado, así como la claridad del proceso, eficiencia operativa y percepción del usuario respecto al servicio (Piña, 2018).	Precisión en la facturación	Diferencia entre consumo real y facturado	kWh
		Eficiencia operativa	Tiempo promedio en la emisión de facturas	Días
		Reducción de costos operativos	Reducción de intervenciones manuales	S/
		Transparencia	Acceso del usuario a datos sobre su consumo	%
			Cumplimiento del Procedimiento 115-2017-OS-CD	%

Fuente: Elaboración Propia

1.11. Metodología de la investigación

1.11.1. Método de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, dado que se centra en la recolección, análisis y comparación de datos numéricos obtenidos antes y después de la implementación de

un sistema de medición inteligente. Se busca evaluar cómo este sistema influye en la precisión de la facturación eléctrica y en la disminución de gastos operativos mediante el estudio numérico de las variaciones en los datos de uso y facturación.

El método aplicado corresponde a un diseño cuasi-experimental de tipo pretest-posttest con un solo grupo, en el cual se evalúa el impacto de la implementación del medidor inteligente SONOFF POW Ring en un entorno real. Este diseño permite comparar los resultados obtenidos antes y después de la intervención, sin necesidad de un grupo de control, siendo adecuado para contextos donde no es posible realizar asignaciones aleatorias.

El procedimiento seguido incluye, en primer lugar, la recopilación de datos históricos de consumo eléctrico obtenidos mediante el sistema de medición convencional, los cuales reflejan las condiciones previas a la implementación del nuevo sistema. Posteriormente, se procede a la instalación y configuración del medidor inteligente, seguido del registro de datos de consumo en tiempo real a lo largo de un periodo determinado. Luego, se comparan los resultados obtenidos en ambos escenarios (antes y después), con énfasis en variables como la precisión de la facturación, la reducción de intervenciones manuales, la eficiencia operativa y los costos asociados. Este procedimiento permite medir de forma objetiva el grado de mejora logrado tras la adopción del sistema de medición inteligente y así cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

1.11.2. Tipo de investigación

Dado que este trabajo tomará como base conocimientos ya existentes, pertenece a una investigación aplicada. Este tipo de investigación también se conoce como práctica o empírica; se distingue por procurar la aplicación de los conocimientos adquiridos, la generación de nuevos entendimientos mediante la puesta en marcha y estructuración de prácticas basadas en la investigación. Asimismo, de acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación aplicada posee una finalidad funcional, ya que se orienta a brindar soluciones en un campo específico

del conocimiento. Está relacionado con el surgimiento de requerimientos o inconvenientes particulares y la intención del investigador de resolverlos.

Se ha seleccionado este tipo de estudio debido a su orientación hacia la solución de problemas concretos y reales, como los retos relacionados con la implementación de sistemas de medición inteligente y su efecto en la precisión de la facturación. La investigación aplicada no solo facilita el uso de conocimientos teóricos existentes, sino que también contribuye a desarrollar nuevas soluciones y mejorar los métodos actuales.

1.12. Población y muestra

1.12.1. Población

La población de esta investigación está conformada por todos los usuarios conectados al sistema eléctrico de la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay. Según el listado de clientes extraído de la base de datos SIELSE, el total de usuarios en esta área es de 32,709 clientes distribuidos en diversas rutas y sectores dentro de Abancay.

Estos usuarios representan la totalidad de los clientes que dependen del sistema de facturación de Electro Sur Este S.A.A. y son susceptibles a errores en la medición de consumo eléctrico, lo que justifica la necesidad de implementar sistemas de medición inteligente para mejorar la calidad de la facturación.

1.12.2. Muestra

La muestra seleccionada para esta investigación es de tipo no probabilístico, ya que se ha escogido el caso más crítico dentro de la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay, considerando las limitaciones normativas y operativas de intervención en los suministros eléctricos

Dado que la Ley de Concesiones Eléctricas y la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE) establecen que solo la empresa concesionaria puede intervenir en los suministros eléctricos sin autorización previa, la investigación se ha limitado a un único suministro autorizado por Electro Sur Este S.A.A. Este suministro fue seleccionado debido a la existencia de problemas recurrentes en la facturación, incluyendo:

- Inaccesibilidad del medidor, lo que impide la toma de lectura precisa.
- Reclamos previos por inconsistencias en la facturación.
- Necesidad de evaluar la eficiencia del medidor inteligente en la corrección de estos problemas.

Esta selección permite evaluar, de manera representativa, los beneficios que la implementación del sistema de medición inteligente puede generar en la precisión de la facturación y en la disminución de gastos operativos. Aunque la muestra es reducida, el análisis antes y después de la implementación proporciona datos clave para justificar la viabilidad de esta solución tecnológica en un contexto más amplio.

1.13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se basó en el análisis de registros históricos de consumo eléctrico de usuarios residenciales, datos tarifarios vigentes proporcionados por la empresa distribuidora, y la información generada por los medidores inteligentes implementados durante el estudio. Se utilizaron herramientas de monitoreo digital para registrar el consumo en tiempo real, así como hojas de cálculo para el procesamiento y comparación de datos antes y después de la implementación del sistema de medición inteligente. Esta información permitió realizar evaluaciones objetivas sobre la precisión de la facturación, el comportamiento del consumo y la eficiencia operativa del sistema.

1.14. Procesamiento de datos

Se establecieron procedimientos orientados al análisis de las variables principales de la investigación, utilizando los registros obtenidos antes y después de la implementación del sistema de medición inteligente SONOFF POW Ring. El tratamiento de los datos se realizó mediante la recopilación de información registrada por el medidor inteligente, así como por el sistema convencional previo, permitiendo organizar, comparar y evaluar los resultados de consumo energético.

El análisis se centró en identificar las diferencias entre las lecturas estimadas y las lecturas reales, el comportamiento del consumo en tiempo real y su impacto en la facturación eléctrica. Posteriormente, se interpretaron los resultados en función de los objetivos específicos de la investigación, con el fin de evaluar el efecto de la medición inteligente en la precisión, eficiencia y costos operativos del servicio eléctrico.

1.15. Matriz de Consistencia

Tabla 1.4

Matriz de Consistencia

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE FACTURACIÓN PARA LOS USUARIOS DE LA SUBESTACIÓN 1000043 JR. CUSCO – ABANCAY- 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodologías
General	General	General	Variable Independiente	Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo La investigación actual será de tipo aplicada. La población de esta investigación está conformada por todos los usuarios conectados al sistema eléctrico de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay La muestra seleccionada para esta investigación es de tipo no probabilístico, ya que se ha escogido el caso más crítico dentro de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.
¿De qué manera la implementación de un sistema de medición inteligente impacta en la calidad de la facturación eléctrica para los usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?	Evaluar el impacto de la implementación de un sistema de medición inteligente en la calidad de la facturación eléctrica para los usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.	La implementación de un sistema de medición inteligente mejora significativamente la calidad de la facturación eléctrica para los usuarios de la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.	Sistema de medición inteligente. Indicadores: Medidores inteligentes como SONOFF POW Ring Control (eWeLink) y redes de comunicación Registro de consumo en tiempo real Corte y reconexión remota ejecutada Lectura remota efectiva	
Específicos	Específicos	Específicos	Variable Dependiente	
¿De qué manera el sistema de medición inteligente mejora el desempeño del sistema actual en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?	Evaluar el desempeño actual del sistema de medición en comparación con el sistema de medición inteligente en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.	El sistema de medición inteligente tiene un desempeño superior en comparación con el sistema de medición convencional en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay	Calidad de facturación Indicadores: Diferencia entre consumo real y facturado Tiempo promedio en la emisión de facturas Reducción de intervenciones manuales Acceso del usuario a datos sobre su consumo Cumplimiento del Procedimiento 115-2017-OS-CD	
¿Cómo influye el sistema de medición inteligente en la precisión de los datos de consumo energético para la facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?	Analizar el impacto del sistema de medición inteligente en la precisión de los datos de consumo energético para la facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.	El sistema de medición inteligente mejora la precisión de los datos de consumo energético para la facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.		
¿De qué forma impacta el sistema de medición inteligente en los costos operativos y en la eficiencia del servicio de facturación eléctrica en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay?	Evaluar cómo el sistema de medición inteligente influye en los costos operativos y la eficiencia del servicio de facturación	El sistema de medición inteligente reduce los costos operativos y aumenta la eficiencia del servicio de facturación en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay.		

Fuente. Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expone el fundamento teórico que respalda el estudio relacionado con la implementación de un sistema de medición inteligente y su impacto en la calidad de la facturación eléctrica. Se abordan antecedentes nacionales e internacionales, así como las bases teóricas relacionadas con la medición inteligente y su aplicación en el sector energético.

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. *Antecedentes Internacionales*

Pazmiño (2022), Ecuador, en su tesis de maestría *“Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema avanzado de medición (AMI) en clientes de tarifa general con demanda de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.”*, tuvo como propósito analizar la viabilidad técnica y económica de la incorporación de un sistema AMI, con el fin de evaluar el valor tarifario general asociado a la demanda de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. La metodología se basó en el análisis de parámetros técnicos y el cálculo de indicadores financieros, donde se evaluaron tres propuestas tecnológicas basadas en sistemas de comunicación GPRS, PLC y fibra óptica. Los resultados señalaron que la alternativa más adecuada fue la incorporación del sistema AMI con comunicación GPRS, dado que presentó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de \$344,451, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 6.03%, y un lapso de tiempo para la recuperación de capital de 5.60 años. Esta solución mostró el mayor beneficio económico y la mejor relación costo-beneficio, sugiriendo una implementación sin la necesidad de una infraestructura compleja para la comunicación adicional.

Oruño (2023), Bolivia, en su tesis *“Estudio para la implementación de la medición inteligente en consumidores domiciliarios Caso: Empresa Distribuidora de Electricidad La Paz S.A.”*, tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica y financiera de la incorporación de un sistema de medición avanzada que permita controlar la tarifa general de los clientes con mayor demanda dentro de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. La metodología incluyó un estudio del estado del arte para la implementación de la tecnología AMI, un análisis de parámetros técnicos y una evaluación de la factibilidad económica mediante indicadores financieros. Los resultados indicaron que el proyecto es rentable, con una TIR del 38.2% y un ROI del 20%, lo que demuestra los beneficios y la factibilidad financiera de incorporar medidores inteligentes, mejorando la precisión de las lecturas y la eficiencia operativa.

Echeverría y García (2022), Colombia, en su artículo *“Medición avanzada inteligente, retos al consumo responsable del servicio público domiciliario de energía en Colombia”*, tuvieron como objetivo analizar el impacto que puede generar la Resolución 131 del 25 de junio de 2020, emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) de Colombia, en cuanto a la evaluación de la cantidad de energía eléctrica utilizada, se consideró la incorporación de un sistema avanzado de monitoreo. La metodología utilizada tuvo un enfoque cualitativo, centrado en el análisis de dicha resolución. Los resultados indicaron que la incorporación del sistema AMI puede mejorar la eficiencia en la cobranza de cartera por parte de las empresas proveedoras de servicios para el hogar y permitir el aplazamiento de inversiones en infraestructura por parte del Estado. Asimismo, se destacó que los usuarios finales podrían beneficiarse de una mayor precisión en el cálculo y medición del consumo, así como de una mejor gestión de sus gastos eléctricos, promoviendo un uso más consciente y sostenible de la energía.

Obando (2022), Ecuador, en su tesis *“Diseño e implementación de un sistema de medición y monitorización del consumo de energía eléctrica, para su integración en medidores de energía domiciliaria en la ciudad de El Ángel”*, tuvo como objetivo diseñar e incorporar un sistema que permita medir y monitorear el consumo de energía eléctrica en los hogares de la ciudad de El Ángel. La metodología utilizada incluyó el desarrollo de un prototipo de medición, la incorporación de una plataforma telemática y el desarrollo de pruebas de funcionamiento y validación. El sistema se diseñó en cuatro bloques: adquisición de información, transmisión de datos, evaluación de los datos y representación visual de los resultados. La recolección de información se realizó mediante una sonda óptica infrarroja bajo la norma IEC 62056-21, mientras que el envío de datos se efectuó a través de una red de cuarta generación (4G) mediante el módulo de comunicación SIM 7600SA-H. Los datos obtenidos se almacenaron en un repositorio de información MySQL y se visualizaron a través de una página web. Los resultados demostraron la validez y eficiencia del sistema propuesto, al facilitar a los usuarios la revisión de su consumo diario de electricidad y mejorar la precisión y eficiencia en la toma de lecturas.

Salazar (2022), en su tesis *“Sistema de Medición Inteligente de Energía Eléctrica en la Empresa The Tesalia Springs Company S.A.”*, tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica y financiera de incorporar un sistema de medición avanzada (AMI) para los clientes de tarifa general con mayor demanda en la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. La metodología utilizada incluyó una revisión del estado del arte para la incorporación de la tecnología AMI, un análisis de los parámetros técnicos necesarios, y una evaluación económica mediante indicadores financieros. Se utilizó un enfoque cuantitativo para analizar datos históricos de consumo, evaluar costos de implementación y proyectar beneficios económicos. Los resultados indicaron que la instalación de un sistema AMI es factible tanto técnica como económicamente, con una

Tasa Interna de Retorno (TIR) del 38.2% y un Retorno sobre la Inversión (ROI) del 20%, demostrando la rentabilidad del proyecto. Además, se desarrolló un prototipo de medición con exactitud en las variables de red eléctrica y un servidor físico destinado al resguardo y administración de información, logrando una exitosa integración de hardware y software.

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Narciso (2022), Lima, en su tesis *“Sistema de medición inteligente de consumo eléctrico residencial utilizando una red de comunicación inalámbrica”*, tuvo como objetivo incorporar un medidor inteligente de consumo eléctrico en hogares, conectado a una red inalámbrica en Lima Norte. La metodología aplicada incluyó un enfoque cuantitativo, mediante el diseño de un sistema electrónico digital basada en sensores de corriente y voltaje, así como en microcontroladores como el Arduino Mega y el módulo Wi-Fi ESP8266. El sistema desarrollado registra y gestiona el uso de la electricidad, enviando los datos a un servidor administrado por la empresa eléctrica mediante una tarjeta Raspberry Pi 3. Las pruebas realizadas en una residencia modelo demostraron que el medidor inteligente permite el monitoreo instantáneo real del gasto energético, facilitando a los consumidores la obtención de datos sobre su uso y permitiendo a la empresa eléctrica disminuir los gastos operativos y optimizar la excelencia del servicio. Los resultados revelaron una disminución del 50% en comparación con los medidores electrónicos tradicionales, destacando la eficiencia y viabilidad del sistema implementado.

Martínez y Magallanes (2023), Cusco, en su trabajo de suficiencia profesional *“Implementación de un sistema de medición inteligente con tecnología G3-PLC para la distribuidora Electro sur este S.A.A. en la ciudad de Cusco”*, tuvieron como objetivo la

incorporación e instalación de un sistema de medición inteligente con tecnología G3-PLC para la distribuidora Electro Sur Este S.A.A., en la ciudad de Cusco. La metodología aplicada incluyó el diseño de un sistema compuesto por medidores inteligentes, gestores de recopilación de información y sistemas de operación. Se realizaron pruebas de comunicación y funcionalidades para garantizar la correcta operación del sistema. Los resultados mostraron una eficiente comunicación bidireccional entre los medidores, concentradores y el sistema de gestión de datos, con una tasa de éxito del 97% en la transferencia de datos y en la ejecución de comandos remotos. Esto demostró la viabilidad y efectividad del sistema para optimizar la precisión en el análisis del consumo de energía eléctrica y reducir las pérdidas de energía no técnicas.

Miranda (2023), Cusco, en su tesis de maestría *“Modelo de telecomunicación para la gestión de medidores inteligentes de energía eléctrica”*, tuvo como objetivo desarrollar un modelo para la lectura remota de energía eléctrica utilizando medidores inteligentes. La metodología se basó en establecer la arquitectura del modelo de comunicación, seleccionar la infraestructura disponible, validar el modelo bidireccional y evaluar los efectos económicos a cuatro años de su incorporación. Se utilizó una combinación de tecnología G3-PLC para la comunicación y se instaló un sistema de medición inteligente en el Sistema Eléctrico de Cusco, en el área de concesión de Electro Sur Este S.A.A. Los resultados mostraron que el sistema logró una tasa de recolección del 97% en la lectura de datos, cumpliendo con los indicadores de éxito planteados. Además, se pudo realizar la toma de lecturas remotas y configurables, así como acciones remotas de cortes y reconexiones. Se mejoró la precisión de los medidores, lo que resultó en una recuperación anual de energía valorada en \$143,652 dólares, demostrando así la factibilidad técnica y financiera del proyecto.

2.2.3. *Antecedentes Locales*

Cáceres et al. (2022), Cusco, en su artículo *“Optimización de la eficiencia energética en los hogares, con microred fotovoltaica piloto, con tecnologías de medición inteligente en la ciudad del Cusco”*, tuvieron como objetivo instalar una microred solar experimental con sistemas de medición avanzada en la ciudad de Cusco, con el propósito de mejorar la eficiencia en el uso de energía en los hogares. Para ello, se diseñó e incorporó un medidor inteligente bidireccional, basado en un Arduino MEGA 2560, acompañado de una pantalla LCD, la cual exhibe valores eléctricos como intensidad, tensión, potencia y consumo energético. Además, se realizaron encuestas para determinar el cumplimiento y aprobación de los usuarios respecto a los medidores inteligentes, así como análisis económicos y tecnológicos para comparar los medidores convencionales con los nuevos medidores inteligentes. Los resultados mostraron que el medidor inteligente puede medir con un margen de error del 9.42%, proporcionando lecturas en tiempo real y permitiendo la detección de hurto de energía. Asimismo, se demostró que el medidor inteligente incrementa la precisión en la evaluación de la cantidad de energía eléctrica consumida, promoviendo un uso más eficiente y consciente por parte de los usuarios.

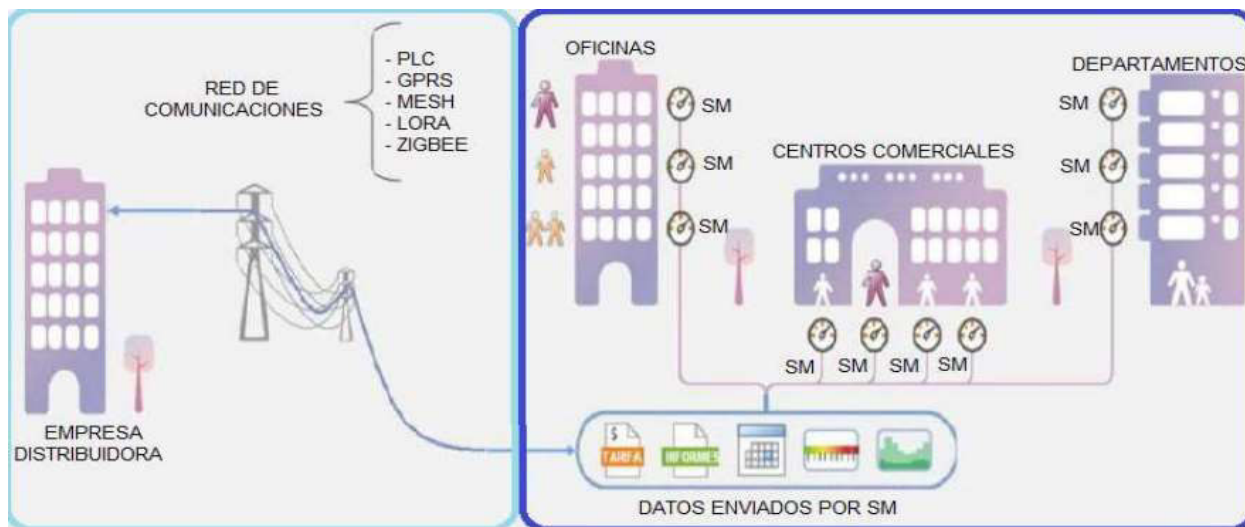
Cahuana (2020), Cusco, en su tesis *“Implementación Del Sistema De Tele-Medición Mediante La Aplicación De Tecnologia Two Way Automatic Communication System (Twacs) En El Sistema Electrico Combapata De Electro Sur Este S.A.A.”*, tuvo como objetivo examinar y describir la incorporación del sistema de telemedición mediante la tecnología TWACS en la red eléctrica de Combapata, operada por Electro Sur Este S.A.A. Con ese propósito, se aplicó una metodología basada en la recopilación y evaluación de información mediante la implementación de TWACS en infraestructuras eléctricas de baja y media tensión, permitiendo supervisar, efectuar lecturas a distancia, gestionar desconexiones y reconexiones, así como dar seguimiento a los usuarios. Los resultados mostraron que la tecnología TWACS mejoró

significativamente la gestión comercial, redujo las pérdidas y aumentó la calidad del servicio eléctrico. Además, se observó un impacto económico positivo, reflejado en un Valor Actual Neto (VAN) de 3,601,602.08 soles y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.8%, destacando los beneficios financieros y operativos de esta implementación.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Infraestructura de medición

El concepto de “infraestructura de medición” hace referencia a las tecnologías de sistemas de medición que permiten a las empresas eléctricas gestionar las cargas de los clientes de manera remota y automática. Esta infraestructura constituye la base de las redes de medición inteligentes, conformadas por medidores de energía avanzados conocidos como medidores inteligentes y un sistema de telecomunicaciones bidireccional que conecta estos dispositivos con la empresa proveedora de energía eléctrica. Los medidores inteligentes ofrecen datos detallados en tiempo real sobre el consumo energético del cliente. Esta información permite a las empresas distribuidoras optimizar la gestión de la distribución eléctrica según la demanda registrada, lo que contribuye a la reducción de costos (Idrovo y Reinoso, 2012).

Figura 2.1*Estructura de un sistema de medición*

Fuente. Tomado de (Idrovo y Reinoso, 2012).

Las exigencias para llevar a cabo una medición inteligente incluyen alta fiabilidad, larga durabilidad, capacidad de interoperabilidad, rentabilidad, seguridad, bajo consumo energético y costos reducidos tanto en la instalación como en el mantenimiento. Para su implementación, se pueden emplear diversas tecnologías de telecomunicaciones, dependiendo del campo de aplicación y del medio de transmisión utilizado (Bera y Misra, 2014).

2.3.1.1. Beneficios para el cliente

Un sistema de medición no solo proporciona datos instantáneos sobre el uso y consumo de energía, sino que también ofrece herramientas para una gestión eficiente, lo que permite reducir los costos operativos. Entre sus principales ventajas se destacan la eficacia, la confiabilidad, la protección del sistema eléctrico y la calidad del servicio, así como su contribución a la conservación del entorno natural. Asimismo, este sistema optimiza la capacidad de anticipar la demanda y facilita una tarificación precisa en tiempo real, ya que proporciona un mayor control y conocimiento sobre los patrones de consumo de los usuarios. Esto no solo mejora la seguridad, el rendimiento y la fiabilidad del sistema, sino que además

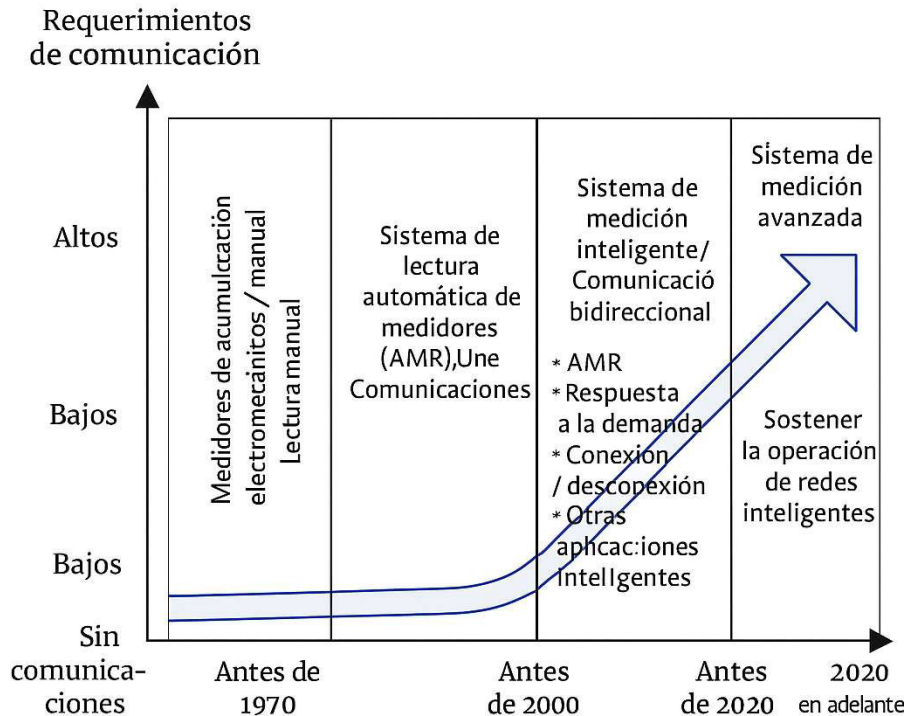
disminuye los gastos al eliminar la necesidad de lecturas manuales, anticipar fallos en la red y respaldar la protección ambiental (Idrovo y Reinoso, 2012).

2.3.1.2. Características de los Medidores de Energía Eléctrica

El medidor de energía eléctrica es un elemento que conecta al cliente con la empresa de distribución. Aunque los medidores actualmente utilizados cumplen esta función, la mayoría son electromecánicos, que los convierte en obsoletos en la era de las TIC. La capacidad de comunicarse mediante una infraestructura de comunicación digital es la principal diferencia entre los medidores inteligentes y los medidores convencionales. Esto permite la transferencia de datos bidireccional entre los sistemas centrales de facturación y el medidor inteligente (Idrovo y Reinoso, 2012). Esta capacidad evita que el cliente y la empresa de distribución pierdan dinero al eliminar la necesidad de facturar por estimación. Además, permite la integración de funciones de registro y tarificación de energía, así como la realización de mediciones precisas, detalladas y en tiempo real desde una ubicación remota.

2.3.2. *Análisis a Nivel Mundial*

Desde el año 2000, los avances en la cuantificación del consumo de energía eléctrica han experimentado una evolución significativa a nivel global. La implementación de la infraestructura para redes eléctricas inteligentes se percibe como un rompecabezas, en el que cada componente se introduce a diferentes ritmos. A nivel mundial, la prioridad y el paso inicial en este proceso es la instalación de medidores inteligentes (Ruiz, 2015).

Figura 2.2*Avance de la Medición Inteligente*

Fuente. Tomado de (Ekanayake y Liyanage, 2013).

2.3.2.2.El Medidor Inteligente

De acuerdo con Idrovo y Reinoso (2012), un medidor inteligente consta de tres componentes esenciales: la memoria, el sistema de medición y el equipo central de datos, que en la actualidad funciona como el sistema de comunicación de información. Para mejorar su desempeño operativo, se han incorporado los siguientes elementos:

- Sistemas de energía
- Procesador para cálculos y comunicaciones.
- Un dispositivo para activar o controlar funciones.

El objetivo principal de los medidores inteligentes es recopilar datos desde una ubicación remota para transferirlos a un servidor, donde son analizados y evaluados. La medición remota permite la conexión a distancia con un medidor para acceder a los datos registrados. Estos dispositivos utilizan tecnologías que mejoran las funciones del servicio, lo que garantiza que los usuarios puedan acceder a información sobre su consumo mediante la generación de reportes diarios que incluyen proyecciones al finalizar cada periodo de facturación (Díaz, 2011).

Tabla 2.1

Diferencias de medidores convencionales vs medidores inteligentes

Criterio	Medidores Convencionales	Medidores Inteligentes
Desconexión y reconexión	Requiere intervención presencial del personal técnico	Se realiza de forma remota mediante plataforma digital
Lectura del consumo	Solo puede realizarse de manera local y manual	Lectura remota y automática en tiempo real
Acceso del usuario a su consumo	El usuario no puede visualizar su consumo fácilmente	El usuario puede monitorear su consumo desde una aplicación móvil
Seguridad ante manipulación	No detecta intentos de manipulación o hurto	Detección de intentos de manipulación, fraude o desconexiones ilegales
Frecuencia de lectura	Lectura mensual programada	Lectura continua o en tiempo real

Fuente. Tomado de (Díaz, 2011).

El empleo de sistemas de medición inteligente suele involucrar la implementación de un concepto ampliamente conocido, pero aún subutilizado en el ámbito residencial: la respuesta ante la demanda (Demand Response). Este concepto se refiere a la reacción voluntaria de los usuarios finales para ajustar su consumo energético, disminuyéndolo en particular durante las horas de mayor demanda, generalmente en respuesta a cambios en los precios por franja horaria. Esto supone un cambio significativo en el modelo tradicional de tarifa fija para el

consumidor, donde el patrón de consumo estaba vinculado a la demanda en tiempo real, sin relación con el costo de la energía (Inga et al., 2013; Shargal, 2009).

Estos proyectos buscan abordar el desafío de que los usuarios actualmente no tienen acceso inmediato al precio de la energía ni a información importante que les faciliten la toma de decisiones informadas, además de que su consumo no varía según el período del día. Es decir, no disponen de datos sobre el uso de electricidad en cada hora. Sin embargo, con la incorporación de medidores inteligentes que registran el uso por hora, se incrementará la sensibilidad de los usuarios ante las fluctuaciones del precio en el mercado. Asimismo, se podrá conocer en tiempo real el consumo eléctrico de cada consumidor (Moshari et al., 2010).

Esta información facilitará la disminución del aprovechamiento de la infraestructura durante los periodos de alta solicitud (picos de consumo), al ofrecer al usuario indicadores de costos que reflejen el gasto real de su utilización. Para que estas señales puedan ser entregadas, es necesario contar con la instalación de medidores inteligentes (Faruqui et al., 2010). A diferencia de los mercados eléctricos actuales, los medidores inteligentes permiten que los usuarios eviten consumir energía durante los periodos de mayor costo, y que no se vean afectados por los cargos adicionales generados por aquellos que sí lo hacen (Moshari et al., 2010).

Los medidores inteligentes monitorean tanto la cantidad de energía consumida como la producida por fuentes distribuidas de generación. Además, registran detalles como el tiempo de uso, incluyendo hora y fecha, y la energía activa y reactiva durante periodos de mayor y menor demanda, junto con el nombre del titular. Estos equipos brindan a los usuarios la posibilidad de conocer su consumo eléctrico en tiempo real, facilitando el control de su uso para optimizarlo y disminuir costos en sus facturas (Pomaylle, 2019). Los medidores inteligentes también permiten realizar lecturas completamente a distancia, ya que la tecnología

de comunicación asociada a la medición inteligente facilita la centralización de la obtención de información. Esto suprime la obligación de que los técnicos visiten cada usuario para recopilar información. No obstante, es posible que los medidores deban ser revisados periódicamente para mantenimiento y pruebas (Pomaylle, 2019).

2.3.3. Comparación de medidores inteligentes

La evolución tecnológica en el sector eléctrico ha dado lugar a una amplia variedad de medidores inteligentes, cada uno con funcionalidades, protocolos de comunicación y niveles de precisión diferenciados. La presente sección compara tres dispositivos ampliamente utilizados: el SONOFF POW Ring, el Holley DTSD1352 y el Landis+Gyr E350, con el objetivo de evaluar sus capacidades y identificar cuál se ajusta de manera más adecuada a los requerimientos particulares del entorno de prueba establecido en esta investigación.

La Tabla 2.2 sintetiza las principales características técnicas de estos dispositivos, considerando factores como el tipo de conexión, rango de corriente, capacidad de monitoreo en tiempo real, posibilidad de corte y reconexión remota, opciones de comunicación, facilidad de instalación y costo estimado.

Tabla 2.2

Estándares asociados a medidores inteligentes

Características	SONOFF POW Ring	Holley DTSD1352	Landis+Gyr E350
Tipo de conexión	Monofásico	Trifásico	Monofásico y trifásico
Rango de corriente	Hasta 100 A (mediante transformador de corriente tipo split)	3×1(6) A o 3×10(80) A (requiere transformadores de corriente externos)	Base: 5, 10, 20 o 40 A; Máxima: 80 o 100 A
Comunicación remota	Wi-Fi 2.4 GHz (IEEE 802.11 b/g/n)	RS485 (protocolo Modbus-RTU)	Módulos intercambiables: PLC, GPRS, RF Mesh, Ethernet

Monitoreo en tiempo real	Sí, mediante la aplicación eWeLink	Sí, a través de sistemas SCADA o EMS	Sí, mediante módulos de comunicación y software de gestión
Corte y reconexión remota	Sí, mediante control de contactor externo (relé de 2 A)	Sí, requiere infraestructura adicional	Sí, mediante módulo de desconexión opcional
Medición de energía	Energía activa (kWh)	Energía activa y reactiva, por fase y total	Energía activa y reactiva, importación/exportación, hasta 6 tarifas
Tarifación múltiple	No	Sí, hasta 4 tarifas con 14 intervalos diarios	Sí, hasta 6 tarifas con control externo
Interfaz de usuario	Aplicación móvil eWeLink	Pantalla LCD de 8 dígitos	Pantalla LCD con botones de navegación
Instalación	Fácil, sin contacto directo con cables vivos (sensor tipo split)	Montaje en riel DIN de 35 mm	Montaje estándar en paneles existentes
Costo estimado	Bajo (~\$35 USD)	Medio (~\$150 USD)	Alto (> \$300 USD)
Aplicación recomendada	Hogares y pequeños comercios con conexión Wi-Fi	Industrias y sistemas trifásicos con infraestructura de comunicación	Empresas distribuidoras y grandes consumidores con sistemas de gestión avanzados

Fuente. Elaboración Propia

Este análisis comparativo permite observar que, si bien los medidores Holley y Landis+Gyr ofrecen mayores prestaciones en entornos industriales o de gran escala, el SONOFF POW Ring se adapta de manera más eficaz a entornos residenciales y de prueba con acceso limitado, como el que se presenta en esta investigación. El SONOFF POW Ring fue seleccionado por su facilidad de instalación sin necesidad de intervenir el sistema eléctrico principal (gracias al transformador toroidal tipo split), su bajo costo de adquisición (~\$35 USD), y su capacidad de monitoreo en tiempo real mediante la aplicación eWeLink. Además, este dispositivo ofrece funcionalidades de desconexión y reconexión remota sin requerir infraestructura adicional compleja, lo cual permite simular escenarios reales de facturación y control del suministro desde una plataforma accesible y confiable.

Esta elección responde también a criterios de viabilidad técnica y económica, considerando que el proyecto busca evaluar el impacto de la medición inteligente en la calidad

de la facturación, más que su escalabilidad industrial. Así, el SONOFF POW Ring cumple adecuadamente con los objetivos del estudio, permitiendo registrar datos precisos, monitorear el consumo y reducir la necesidad de intervenciones manuales, con una implementación sencilla en campo.

2.3.4. Protocolos de comunicación utilizados en los medidores inteligentes

Numerosas herramientas y alternativas enfocadas en redes inteligentes todavía están en proceso de desarrollo. Al principio, no había estándares ampliamente aceptados para muchos de estos avances, lo que dificultaba la incorporación de programas avanzados en el uso de medidores inteligentes. Por ello, el uso de estándares de protocolos de comunicación es importante para que las redes inteligentes logren una interoperabilidad completa, garanticen una seguridad superior en el envío de información y faciliten una interacción efectiva entre los clientes y los distribuidores (Idrovo y Reinoso, 2012).

Tabla 2.3*Estándares asociados a medidores inteligentes*

Estándar	Descripción	Aplicación
ANSI C12.18	Protocolo de comunicación entre dispositivos que utilizan un puerto óptico ANSI Serie 2	AMI
ANSI C12.19	Define tablas de estructuras de datos para la transmisión de información en medidores inteligentes	AMI
ANSI C12.20	Define criterios de construcción y precisión para medidores de estado sólido (Clases 0.5 y 0.2)	AMI
ANSI C12.22	Describe el protocolo para enviar las tablas ANSI C12.19 a través de la red	AMI
IEC 60870-6	Protocolos de comunicación entre centros de control y aparatos desplegados en la red de transmisión	Comunicación entre centros de control
IEC 61850	Estándar de comunicación entre aparatos de la red de transmisión, distribución y subestaciones	Automatización de subestaciones
IEC 62351	Definiciones de seguridad para protocolos de comunicación	Seguridad de comunicaciones
IEEE P1901	Protocolos de alta velocidad en línea de potencia	HAN
IEEE P2030	Define estándares de interoperabilidad para la Red Eléctrica Inteligente	Aplicaciones para clientes
IEEE 802.15.4	Estándar para redes inalámbricas de baja tasa de transferencia	AMI
ITU-T G.99.1	Establece la especificación de la capa física para transceptores de comunicación PLC OFDM de banda ancha estrecha	Automatización de la red de distribución
ITU-T G.99.5	Establece la especificación de la capa de enlace de datos	Automatización de la red de distribución

Fuente. Tomado de (Valdiosera, 2013).

En la Tabla 2.3 se detallan los estándares vinculados a la implementación de sistemas de medición inteligente. Cabe resaltar que el término AMI (Advanced Metering Infrastructure) hace referencia a un conjunto de tecnologías que incluyen medidores inteligentes, redes de comunicación bidireccionales y sistemas de análisis de datos, cuya finalidad es mejorar la precisión de la medición y facilitar la gestión remota del consumo eléctrico.

Es esencial que la tecnología sea confiable, económica, con amplia cobertura y con alta capacidad. Por lo tanto, tanto en tecnología como en medios de comunicación, las redes inteligentes suelen basarse en redes híbridas (alámbricas/inalámbricas), ya que la selección de redes exclusivas para medidores inteligentes conlleva un alto costo y dificultades en el financiamiento, la implementación, el mantenimiento y la operación. Por otro lado, utilizar redes públicas requiere menos recursos financieros en comparación con las redes dedicadas, lo

que tiene un menor impacto económico. El proveedor de servicios de una red privada es responsable de la actualización, la protección y el rendimiento de la infraestructura. Asimismo, la cooperación entre distintos proveedores, tanto del sector público como privado, puede reducir la probabilidad de fallos. Para que puedan administrar los datos de registro considerables de medidores inteligentes, las tecnologías de medición inteligente deben cumplir con ciertos requisitos de comunicación mínimos, tal como se presenta en la Tabla 2.3.

Tabla 2.4

Requisitos para el uso de medidores inteligente

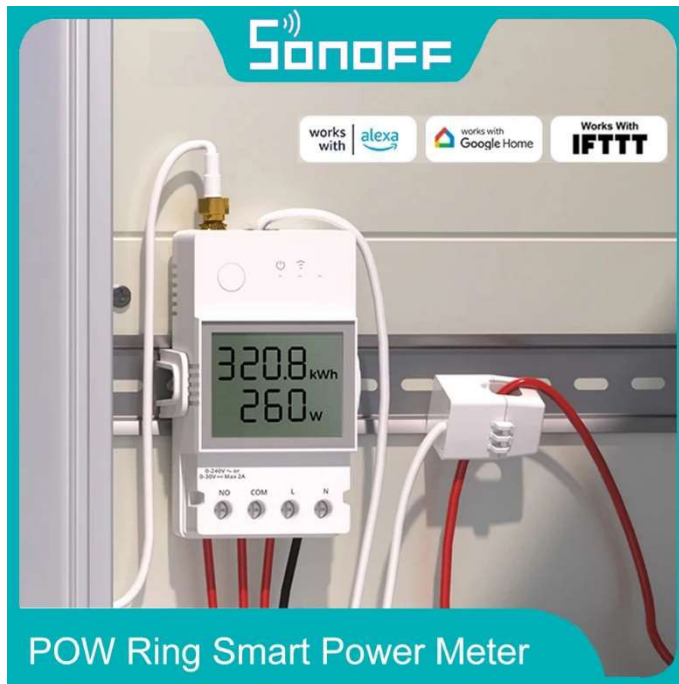
Requerimiento	Rango
Ancho de Banda	10-100 kbps/nodo
Latencia	2-15 seg
Confiabilidad	90 - 99%
Seguridad	Alta

Fuente. Tomado de (Ruiz, 2016).

La tabla 2.4 presenta una síntesis de los principales requisitos que deben cumplirse para la correcta implementación y funcionamiento de medidores inteligentes. Se consideran aspectos como la compatibilidad técnica del medidor, la infraestructura de comunicación necesaria, el marco normativo aplicable y la capacitación del personal encargado. Estos elementos permiten establecer las condiciones mínimas que deben garantizarse para asegurar un funcionamiento eficiente del sistema de medición inteligente, tanto desde el punto de vista operativo como regulatorio.

2.3.5. Medidor SONOFF POW Ring

El SONOFF POW Ring es un medidor de potencia inteligente Wi-Fi diseñado para monitorizar el consumo energético en tiempo real en hogares o instalaciones específicas, como electrodomésticos o paneles solares (Guidogipi, 2024).

Figura 2.3*Medidor Inteligente SONOFF POW Ring*

Fuente. Tomado de (MiaMa, 2024).

La figura 2.3, muestra una aplicación para dispositivos móviles destinada al seguimiento del uso del consumo energético, con la capacidad de almacenar y visualizar datos históricos de hasta 6 meses. La pantalla presenta un resumen de la energía consumida diariamente, mensualmente y anualmente, junto con detalles como el consumo en kWh, amperaje y voltaje. También incluye la opción de exportar los datos almacenados para un análisis más detallado (MiaMa, 2024).

2.3.5.1. Especificaciones

Según Guidogipi (2024) algunas de sus principales características del Medidor SONOFF POW Ring incluyen:

- **Clasificación:** Funciona en un rango de voltaje de 100-240V~50/60Hz.

- **Conectividad inalámbrica:** Utiliza Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n 2,4 GHz para conectarse a redes domésticas, permitiendo el monitoreo a través de la aplicación eWeLink.
- **Interfaz de antena y transformador:** La antena utiliza una interfaz SMA, mientras que el transformador de corriente se conecta mediante RJ9.
- **Rango de detección de corriente:** El sensor CT (transformador de corriente) detecta corrientes entre 0 y 100A, adecuado para la mayoría de aplicaciones residenciales.
- **Categoría de medición:** Clasificado bajo CAT II 0-100A 300V-MAX, lo que garantiza seguridad en entornos domésticos.
- **Diseño y condiciones de operación:** Tiene una carcasa hecha de policarbonato de color blanco y está diseñado para uso en interiores, soportando temperaturas de trabajo entre -40 °C y 50 °C y una humedad de 5% a 95%, sin condensación.
- **Seguridad y protección:** Integra protección contra sobrecargas, rayos y cortocircuitos, y permite configurar umbrales de potencia y voltaje para proteger los dispositivos conectados.
- Monitoreo de parámetros eléctricos complementarios, como tensión (voltios), corriente (amperios) y potencia instantánea (watts), lo que proporciona una visión más completa del comportamiento del sistema eléctrico.
- Almacenamiento de datos históricos de hasta seis meses, permitiendo el análisis de patrones de consumo y comparación mensual.
- Alertas configurables de sobreconsumo, mediante las cuales se pueden establecer umbrales máximos de potencia o corriente; al superarse, se emite una notificación inmediata a través de la app eWeLink.

- Corte y reconexión remota de la energía, útil para gestionar consumos a distancia, realizar desconexiones preventivas o evitar sobrecargas.
- Interfaz de monitoreo en tiempo real vía Wi-Fi mediante la aplicación eWeLink, accesible desde dispositivos móviles o navegadores web, sin necesidad de infraestructura compleja.

Este dispositivo se destaca por su capacidad para registrar el consumo energético y ofrecer alertas automáticas a través de la app cuando se exceden los umbrales definidos, optimizando así el uso de energía y la seguridad en el hogar (Muñoz et al., 2019).

2.3.5.2. Características Clave:

El avance tecnológico en la evaluación y seguimiento del consumo de energía eléctrica ha permitido la creación de equipos que incrementan la protección y optimizan el rendimiento en los hogares y empresas. El uso de herramientas como la abrazadera de transformador de corriente de núcleo dividido, que mide corrientes sin contacto directo, reduce riesgos eléctricos. Además, el monitor de energía proporciona control sobre el consumo, ayudando a optimizar la eficiencia energética. Junto con la capacidad de retención de datos históricos y el control de contactores, estos dispositivos ofrecen soluciones seguras y confiables, avaladas por rigurosas pruebas de seguridad.

- **Abrazadera de transformador de corriente de núcleo dividido:** Detecta de manera segura corrientes de hasta 100 A sin contacto directo con cables activos, minimizando el riesgo eléctrico. Es fácil de instalar mediante un mecanismo de liberación rápida.
- **Monitor de energía:** Se instala en el panel eléctrico del hogar para monitorear el consumo, mejorando la eficiencia energética.

- **Retención de datos históricos:** Almacena datos de consumo por hasta 6 meses, incluso durante cortes de energía.
- **Control de contactor:** El dispositivo cuenta con un relé de 2 A integrado, el cual permite controlar un contactor externo. Esta función se utiliza para abrir o cerrar el paso de corriente hacia una carga eléctrica, ya sea de forma remota o programada, a través de la aplicación eWeLink.
- **Seguro y confiable:** Se somete a pruebas rigurosas como protección contra rayos, cortocircuitos y más (Muñoz et al., 2019).

A continuación, se detallan las características más destacadas y componentes del SONOFF POW Ring:

- A. Puerto de conexión para la antena
- B. Botón
 - a. **Presión breve:** Encender o apagar el equipo inteligente.
 - b. **Mantener pulsado por 5 segundos:** El dispositivo entra en modo de emparejamiento durante 10 minutos.
- C. Pantalla LED
 - a. Si la potencia medida excede los 10,000W, se mostrará en notación científica (por ejemplo, “10E3” indica 10 kW).
- D. Cubierta de protección
- E. Puerto para el transformador
- F. Indicador LED de energía (Rojo)
 - a. **Encendido:** El dispositivo está en funcionamiento.
 - b. **Apagado:** El dispositivo está desactivado.
- G. Indicador LED Wi-Fi (Azul)

- a. **Encendido:** Conexión establecida.
 - b. **Parpadea dos veces rápido y una vez lento:** Modo de emparejamiento activado.
 - c. **Un parpadeo:** Error en la conexión al router.
 - d. **Doble parpadeo:** Conectado al router, pero no al servidor.
 - e. **Tres parpadeos:** El firmware está siendo actualizado.
- H. Soporte de montaje
- I. Terminales de conexión eléctrica (visibles al retirar la cubierta de protección)
(Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

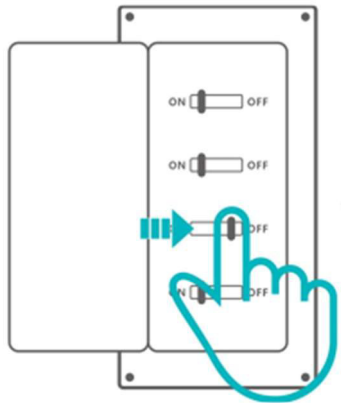
2.3.5.3. Manual del Medidor de Potencia Inteligente SONOFF POW Ring

La instalación de este dispositivo debe realizarse con cuidado, siguiendo las instrucciones proporcionadas y, preferentemente, bajo la supervisión de un profesional certificado, a fin de garantizar tanto su correcto funcionamiento como la seguridad del sistema eléctrico en general

.

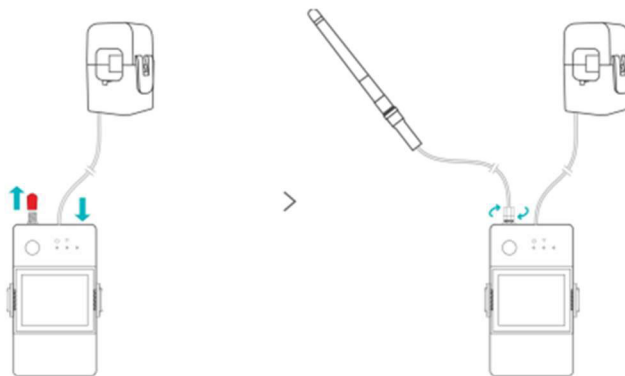
A continuación, se describen las etapas necesarias para realizar la instalación:

- A. Apagar la corriente:** Como medida de seguridad, desconecta la provisión de energía eléctrica antes de iniciar la instalación.

Figura 2.4*Apagar la corriente*

Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

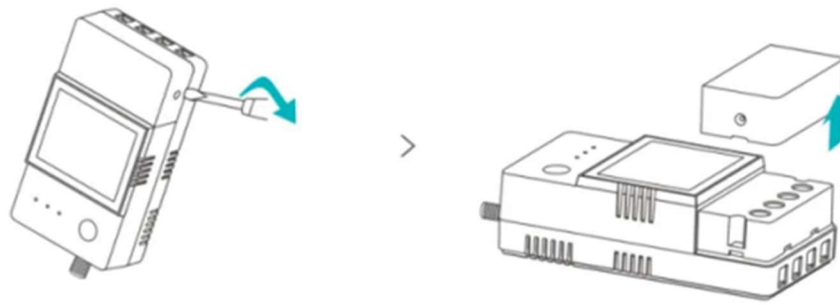
- B. Instalar el transformador de corriente y la antena:** El transformador debe colocarse correctamente en el cable a monitorear, y la antena debe ser posicionada para evitar interferencias con componentes de alta tensión.

Figura 2.5*Instalación del transformador de corriente y la antena*

Nota. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

- C. Montar el dispositivo:** Fija el SONOFF POW Ring en el riel guía del cuadro de distribución. Si el cuadro es metálico, se sugiere ubicar la antena externamente.

Figura 2.6*Montar el dispositivo*

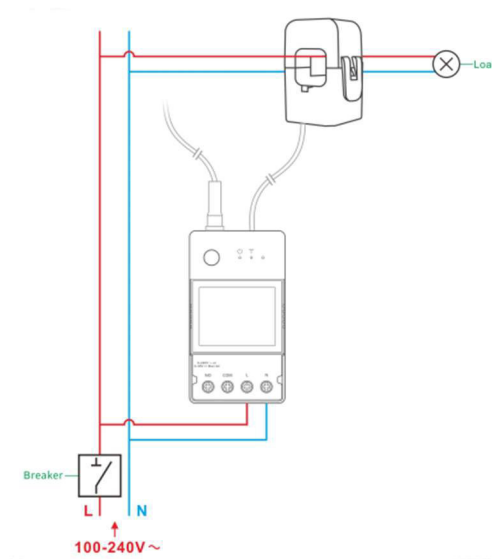


Nota. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

- D. Evitar interferencias:** Asegúrate de que los cables del transformador y la antena no crucen buses de alta tensión ni pasen por áreas con bordes afilados.

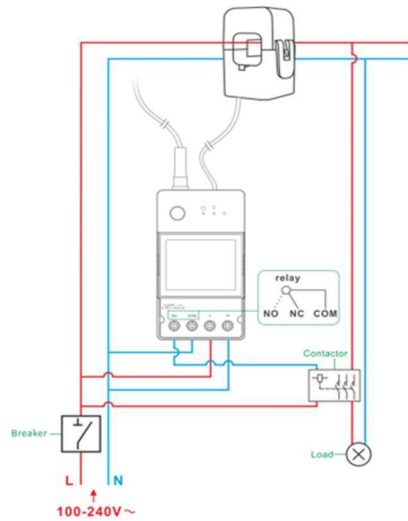
Figura 2.7

Evitar interferencias



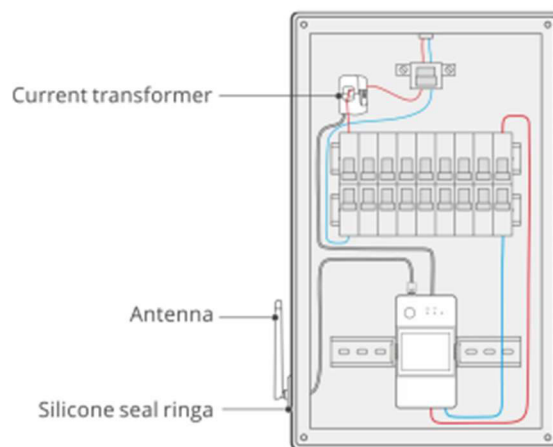
Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

- E. Instalar un disyuntor adecuado:** Es fundamental incluir un interruptor adecuado para desconectar el dispositivo en caso de necesidad.

Figura 2.8*Instalar un disyuntor adecuado*

Nota. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

- F. Conectar los cables:** Verifica que todas las conexiones estén correctas y que el dispositivo esté listo para ser activado.

Figura 2.9*Conectar los cables*

Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

Una vez realizada la instalación, el dispositivo está listo para ser emparejado con la aplicación eWeLink y comenzar a monitorear el consumo de energía de manera eficiente (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

2.3.6. Add device

A. Descarga la app “eWeLink”.

Descarga la aplicación “eWeLink” desde la tienda de aplicaciones de Google o la App Store de Apple.

Figura 2.10

Descarga de la App eWeLink



Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

B. Introduce “Explorar”

Figura 2.11

Agrega dispositivo

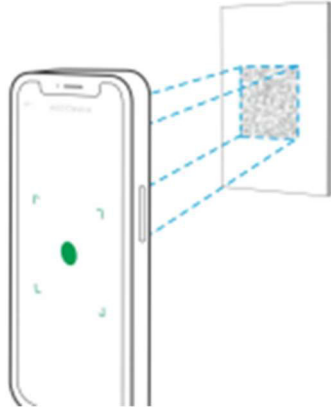


Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

C. Escanea el código QR que se encuentra en la parte trasera de la guía rápida.

Figura 2.12

Escanea el Código QR



Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

D. Elige la opción “Agregar Dispositivo” y enciende el equipo.

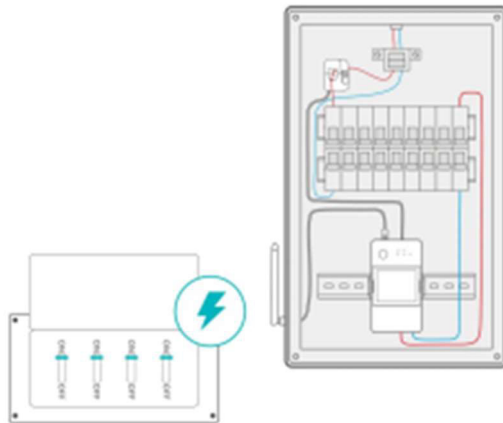
Figura 2.13

Agrega dispositivo y enciende el equipo



Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

E. Enciende el equipo

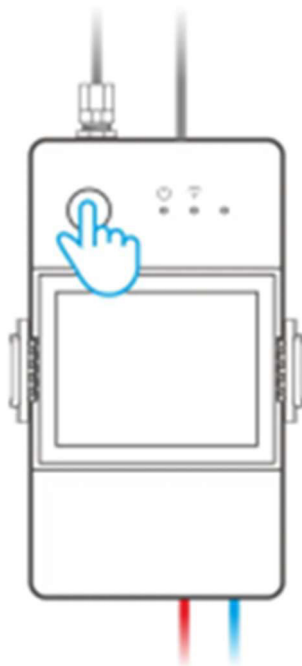


Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

F. Mantén presionado el botón durante 5 segundos.

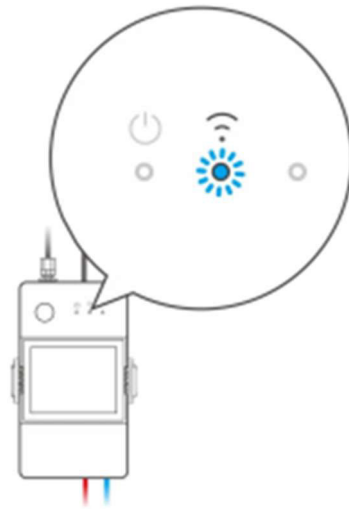
Figura 2.14

Presionar el botón durante 5 segundos



Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

G. Verifica el estado del indicador LED de Wi-Fi parpadeando (Dos destellos cortos y uno largo).

Figura 2.15*Estado del indicador LED de Wi-Fi*

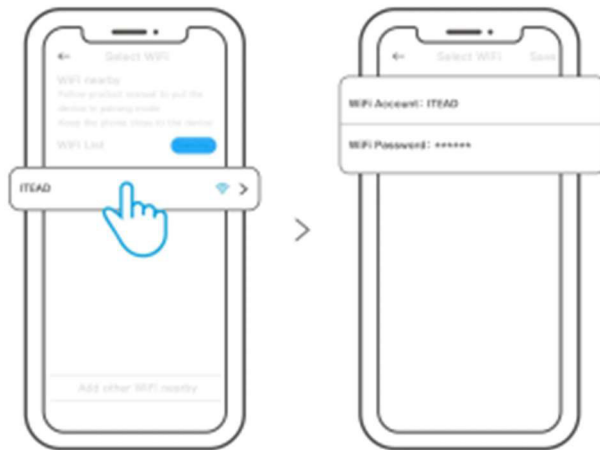
Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

H. Busca el dispositivo e inicia la conexión.

Figura 2.16*Inicia la Conexión*

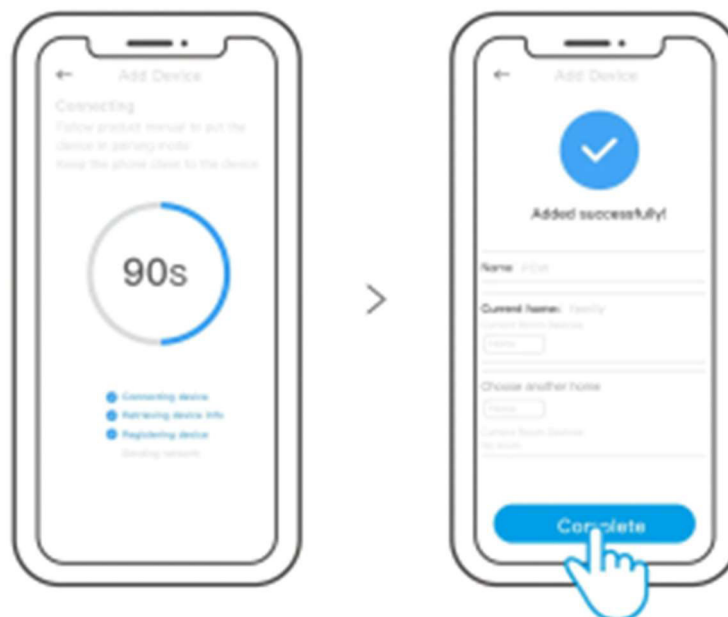
Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

I. Selecciona la red “Wi-Fi” e ingresa la clave de acceso.

Figura 2.17*Red Wi-Fi y Clave de Acceso*

Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

J. Dispositivo añadido por completo.

Figura 2.18*Dispositivo añadido*

Fuente. Tomado de (Shenzhen Sonoff Technologies, 2023).

2.3.7. Red Wifi

Una red inalámbrica Wi-Fi es una clase conocida como Wireless network, donde el intercambio de datos no se efectúa a través de cables, sino utilizando ondas electromagnéticas. En esta clase de redes, la transmisión de información se realiza mediante antenas. Generalmente, el transmisor cuenta con una sola antena, aunque en algunos casos puede tener varias. Usualmente, una antena se encarga de la emisión y otra de la recepción, aunque existen antenas que pueden funcionar en ambos modos, tanto enviando como recibiendo datos (Castillo, 2018).

Este tipo de redes no solo se emplean para la transferencia de información, sino que también tienen diversos usos, como la transmisión de televisión, en la telefonía, o en sistemas de sensores y automatización del hogar, entre muchos otros.

Ahora que hemos explicado qué es una red inalámbrica, profundicemos en el concepto de WiFi. WiFi es una marca comercial registrada por la WiFi Alliance, una organización dedicada a promover esta tecnología y a publicar un catálogo de todos los productos certificados que cumplen con los criterios de compatibilidad definidos por la organización.

Esta tecnología surgió debido a la necesidad de conectar múltiples dispositivos de forma inalámbrica. Por lo tanto, se puede afirmar que el propósito de la organización era crear una tecnología que facilitara la comunicación inalámbrica y asegurara la compatibilidad entre distintos equipos (Andreu, 2010).

Así surgió el estándar 802.11, el cual se emplea en las tecnologías de conexión inalámbrica. El Wifi permite la conexión a Internet y la interacción entre diferentes dispositivos de forma inalámbrica, es decir, sin necesidad de cables, facilitando tanto el acceso a la red como la interconexión directa entre los equipos (Gallego, 2019).

Figura 2.19*Operatividad y Principios de la Tecnología Wifi*

Fuente. Tomado de (Sánchez, 2023).

En la figura 2.19, se representa un diagrama sobre el funcionamiento de una red Wifi, donde diversos dispositivos están conectados de manera inalámbrica para compartir la conexión a Internet. En el centro del esquema se observa un router Wifi, que actúa como el eje central de la red, enviando señales inalámbricas a diferentes dispositivos. El módem, ubicado entre el router y la nube que representa Internet, es el dispositivo que conecta la red local a Internet, permitiendo que los dispositivos en la red puedan acceder a recursos en línea.

Dispositivos como un PC de escritorio, una cámara digital, un disco duro externo (HDD), una cámara IP, un reproductor multimedia (Media Player), una impresora, una laptop y un teléfono inteligente (smartphone) están conectados al router mediante la señal Wifi. Todos estos dispositivos, representados con iconos alrededor del router, se benefician de la conectividad inalámbrica, lo que elimina la necesidad de cables y permite la movilidad dentro del rango de la red. La señal emitida por el router, representada por líneas semicirculares, cubre un área a su alrededor, lo que permite que los dispositivos que se encuentren dentro de ese

rango se conecten entre sí y a Internet. Este sistema también facilita la interacción entre los dispositivos entre ellos, como la posibilidad de imprimir documentos desde la laptop o el smartphone directamente a la impresora sin necesidad de una conexión física (Sánchez, 2023).

Tabla 2.5

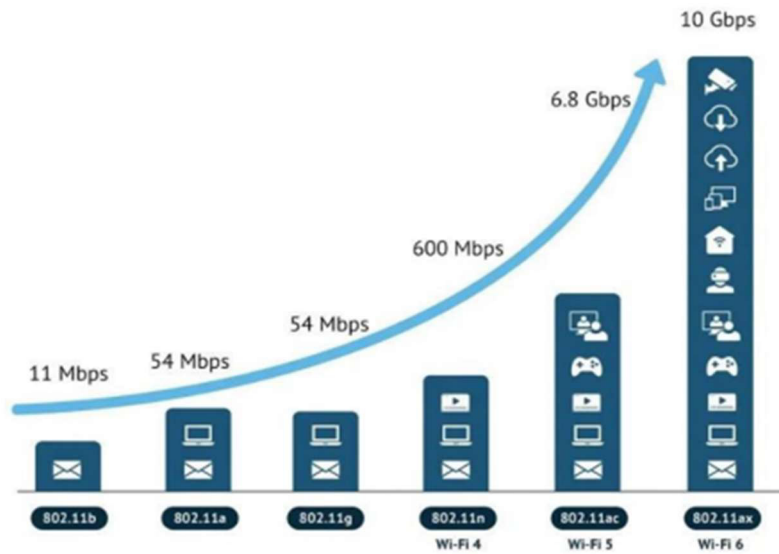
Tecnologías de Red Inalámbrica

Tipo de red	WWAN	WMAN	WLAN	WPAN
Nombre	Wireless Wide Area Network	Wireless Metropolitan Area Network	Wireless Local Area Network	Wireless Personal Area Network
Estándar	GSM/GPRS/UMTS	IEEE 802.16	IEEE 802.11	IEEE 802.15
Denominación/Certificación	2G/3G	WiMAX	WiFi	Bluetooth, Zigbee
Velocidad	9.6/170/2000 Kb/s	15–134 Mb/s	1–2–11–54–300 Mb/s, 1 Gb/s	721 Kb/s
Frecuencia	0.9/1.8/2.1 GHz	2–66 GHz	2.4 y 5 GHz, Infrarrojos	2.4 GHz
Rango	Máx. 35 Km por célula	1.6–50 Km	30–150 m	10 m
Técnica radio	Varias	Varias	FHSS, DSSS, OFDM	FHSS
Itinerancia (Roaming)	Sí	Sí (802.16e)	Sí	No
Equivalente a	Conexión telefónica (modem)	ADSL, CATV	LAN	Cables de conexión

Fuente. Tomado de (Sánchez, 2023).

La tabla 2.5, presenta una tabla comparativa de diferentes tipos de redes inalámbricas, detallando varios aspectos técnicos clave entre cuatro categorías de redes: WWAN, WMAN, WLAN y WPAN.

- **WWAN (Wireless Wide Area Network):** Esta red se emplea para extensas zonas geográficas, generalmente en telecomunicaciones móviles. Funciona con estándares como GSM, GPRS y UMTS, que pertenecen a las tecnologías de segunda y tercera generación (2G y 3G). La tasa de transmisión de datos oscila entre 9,6 Kb/s y 2000 Kb/s, operando en bandas de frecuencia de 0,9 GHz, 1,8 GHz y 2,1 GHz. El rango de cobertura está limitado por las celdas y puede alcanzar hasta 35 kilómetros por celda. Esta red soporta itinerancia (roaming), lo que significa que los usuarios pueden moverse entre diferentes redes sin perder la conexión. Es equivalente a conexiones telefónicas o modem.
- **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network):** Esta red, como su nombre indica, cubre áreas metropolitanas y utiliza el estándar IEEE 802.16, conocido como WiMAX. La velocidad de transmisión puede alcanzar hasta 134 Mb/s y su frecuencia varía entre 2 y 66 GHz. Su rango de cobertura es amplio, de entre 1.6 y 50 kilómetros, lo que la convierte en una alternativa viable para sistemas de red a nivel de ciudades o municipios. Además, permite itinerancia (roaming) y es comparable con tecnologías como ADSL o CATV.
- **WLAN (Wireless Local Area Network):** WLAN, también llamada red inalámbrica de área local, se fundamenta en la norma IEEE 802.11, ampliamente reconocida como WiFi. Este tipo de red es utilizada en espacios cerrados como hogares o oficinas. Ofrece velocidades variables que van desde 1 Mb/s hasta 1 Gb/s, y utiliza frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz, además de infrarrojos. El rango de cobertura está limitado a entre 30 y 150 metros. Es comúnmente utilizada en LAN (red de área local) y también soporta itinerancia Toma de (Sánchez, 2023).

Figura 2.20*Desarrollo y Transformación de la Tecnología WiFi*

Fuente. Tomado de (Cees, 2022).

La figura 2.20, muestra la evolución de los diferentes estándares de WiFi, destacando las velocidades máximas de transferencia de datos que cada uno puede alcanzar, así como los tipos de dispositivos y aplicaciones que pueden beneficiarse de ellos. A medida que avanza cada generación, las velocidades aumentan significativamente, lo que permite una mejor conectividad y rendimiento para una mayor variedad de usos.

- **802.11b:** Con una velocidad máxima de 11 Mbps. Este es uno de los primeros estándares de WiFi, adecuado principalmente para el despacho y recepción de mensajes electrónicos y tareas básicas de internet.
- **802.11a y 802.11g:** Ambos estándares ofrecen una velocidad máxima de 54 Mbps. Estas versiones permitieron mayor rapidez para la navegación y las aplicaciones que requerían más ancho de banda, pero seguían limitadas a tareas como el correo y la navegación.

- **802.11n (Wi-Fi 4):** Este estándar aumenta significativamente la velocidad máxima a 600 Mbps. Con esta mejora, es posible realizar actividades más exigentes, como la emisión de vídeo en resolución avanzada y el uso de aplicaciones más avanzadas en múltiples dispositivos.
- **802.11ac (Wi-Fi 5):** La velocidad máxima sube hasta 6.8 Gbps, lo que es suficiente para soportar tareas más demandantes, como la transmisión de videos en 4K, juegos en línea, y conexiones rápidas para múltiples dispositivos simultáneamente.
- **802.11ax (Wi-Fi 6):** El estándar más reciente alcanza hasta 10 Gbps, lo que permite un uso eficiente con una gran cantidad de dispositivos conectados al mismo tiempo, mejorando la conectividad en entornos densos. Este estándar es ideal para aplicaciones avanzadas como la realidad virtual, videoconferencias en alta resolución, y la interconexión de dispositivos del Internet de las Cosas (IoT) (Cees, 2022).

Wi-Fi, que significa Fidelidad Inalámbrica, es una tecnología que permite la transferencia de información a través de ondas de radio 5G entre un adaptador incorporado en una computadora portátil (u otro equipo) y una estación de conexión inalámbrica (Singh, 2003).

En el caso de la presente investigación, el medidor inteligente SONOFF POW Ring utiliza conectividad Wi-Fi bajo el estándar IEEE 802.11 b/g/n, que forma parte de las tecnologías agrupadas dentro del rango de Wi-Fi 4 (802.11n). Este estándar permite velocidades de hasta 600 Mbps y es ampliamente utilizado en aplicaciones domésticas y comerciales por su compatibilidad y estabilidad en redes locales. La elección de esta tecnología responde a su disponibilidad en la mayoría de redes residenciales, su facilidad de configuración y su compatibilidad con la plataforma eWeLink, utilizada para la supervisión remota del consumo eléctrico.

2.3.8. Subestaciones

Las subestaciones eléctricas son instalaciones esenciales en el sistema de distribución eléctrica, encargadas de transformar la energía eléctrica de alta tensión en niveles más bajos adecuados para el consumo en hogares e industrias. Actúan como puntos de control, permitiendo el reparto confiable y eficaz de la electricidad. En el contexto de un sistema de medición inteligente, las subestaciones son vitales para obtener información exacta sobre el uso de energía, mejorando la calidad de la facturación y la gestión del servicio para los usuarios (Rodríguez y Contreras, 2012).

Una subestación eléctrica implementa un sistema inteligente que automatiza el monitoreo y control del consumo energético. Este enfoque ofrece múltiples ventajas, tales como:

- A. Monitoreo en tiempo real:** El sistema de monitoreo inteligente permite obtener datos de consumo de energía en tiempo real, lo cual optimiza la gestión de los usuarios y reduce los errores en las facturaciones.
- B. Detección de irregularidades:** Gracias a la medición precisa y constante, se pueden identificar fallas o inconsistencias en los consumos energéticos, permitiendo una rápida intervención y solución.
- C. Impacto económico:** Este sistema ayuda a evitar las lecturas erróneas y a mejorar la eficiencia en la facturación, lo que beneficia tanto a los usuarios como a la empresa distribuidora, reduciendo las quejas por errores de facturación.
- D. Tecnología utilizada:** Los sistemas de medición inteligente se basan en una red de comunicación que facilita la recolección de datos de manera automática y los envía a un sistema central para su análisis (Aguirre y Gonzales, 2022).

2.3.9. Facturaciones promedias consecutivos

El concepto de facturación basada en consumos promedio consecutivos hace referencia a la estimación de los montos de cobro para los usuarios de energía eléctrica, utilizando consumos promedio de dos meses seguidos para calcular el pago mensual. Este enfoque es aplicado cuando no es posible medir con precisión el consumo de manera inmediata, razón por la cual se hace uso de información previos como base para definir las tarifas correspondientes al periodo de facturación (Sanchez, 2023).

Este método de cálculo, que promedia el uso de electricidad en meses consecutivos, garantiza una facturación más equilibrada para los usuarios, evitando fluctuaciones bruscas en los montos a pagar debido a fallas en los equipos de medición o inconsistencias en la recolección de datos (Sanchez, 2023).

Este sistema busca optimizar la eficiencia del proceso de facturación a través de la automatización y la obtención de información en tiempo real, lo cual contribuye a reducir las discrepancias generadas por métodos tradicionales que dependen de lecturas manuales o estimaciones. En particular, la facturación basada en promedios, utilizada cuando no es posible acceder al medidor, puede generar diferencias significativas respecto al consumo real, afectando la precisión del cobro (Gabino y Flores, 2023).

La implementación de tecnologías de medición inteligente influye directamente en la precisión y consistencia de la facturación mensual, al permitir registrar consumos reales y oportunos. Esto mejora la transparencia del servicio tanto para los consumidores como para las compañías proveedoras, y reduce los errores asociados a las prácticas convencionales de estimación o acumulación de consumos (Gabino y Flores, 2023).

2.3.10. Medidores Monofásicos

Un medidor monofásico es un dispositivo utilizado para registrar el consumo de energía eléctrica en sistemas de corriente alterna de una sola fase, típicos en viviendas y pequeñas instalaciones comerciales. Este tipo de medidor opera mediante una conexión compuesta por una línea activa y una neutra. En el caso de los sistemas inteligentes, su funcionalidad puede ser ampliada mediante medidores monofásicos inteligentes, que permiten la recolección de datos en tiempo real, brindan mayor precisión en la medición del consumo y contribuyen a mejorar el proceso de facturación eléctrica (Narciso, 2022). Con la incorporación de sistemas de medición inteligente, los medidores monofásicos pueden proporcionar datos de manera instantánea, incrementando la exactitud de las mediciones y perfeccionando el proceso de facturación, lo que da lugar a una administración más eficaz del consumo energético para los usuarios (Cifuentes y García, 2010).

2.3.11. Medidores Internos

Los medidores internos son dispositivos de medición instalados dentro de los sistemas de distribución eléctrica de una instalación. Estos medidores facilitan el seguimiento del consumo energético en tiempo real y recolectar datos precisos sin la necesidad de intervención manual. En el contexto de la incorporación de un sistema de medición inteligente, los medidores internos proporcionan información detallada que mejora la precisión de la facturación, al tiempo que optimizan el control del uso de la energía en la subestación, garantizando una mayor eficiencia y transparencia en el consumo eléctrico (Ramos et al., 2016).

Además, los medidores internos son aparatos electrónicos que registran el uso de energía eléctrica de manera precisa dentro de una instalación. Estos medidores pueden ser electromecánicos, electrónicos o inteligentes, los cuales juegan un papel clave al proporcionar

datos exactos y en tiempo real, permitiendo a los usuarios y proveedores de energía monitorear y gestionar el consumo de forma eficiente (Narciso, 2022).

2.3.12. Toma de Lectura

El registro de lecturas es el procedimiento de registrar el consumo energético de un medidor, tradicionalmente realizado de manera manual. En un sistema de medición inteligente, este proceso se automatiza, recolectando datos de consumo en tiempo real de forma remota y precisa. Esto elimina el margen de error humano y mejora significativamente la eficiencia, dado que la información se transmite automáticamente a un sistema de almacenamiento de información. La toma de lectura automática optimiza la precisión en la facturación y permite un control más detallado del uso de energía, favoreciendo tanto a los consumidores como a las compañías eléctricas (Semblantes, 2021).

La recopilación de datos en un sistema de supervisión del consumo eléctrico se basa en registrar mensualmente el consumo de cada cliente a través de su medidor. Este proceso es crucial para garantizar la exactitud en la facturación, ya que una lectura incorrecta o no realizada puede generar discrepancias que afectan tanto al cliente como a la empresa. La incorporación de un sistema de medición inteligente automatiza este proceso, asegurando precisión y eficiencia en la recolección de datos y mejorando la calidad del servicio (Lema, 2015).

2.3.13. Sistema SIELSE

El sistema SIELSE es una plataforma completa que facilita la administración eficaz de los procedimientos comerciales dentro de una empresa, tales como la facturación, cobranzas y atención al cliente. Está diseñado para optimizar la administración técnico-comercial de servicios de energía, agua y otros suministros. Gracias a su arquitectura moderna y modular,

facilita la adecuación y ajuste a las demandas específicas de cada organización, permitiendo un control más eficiente sobre las transacciones comerciales (Sistema Comercial, 2024).

Este sistema también cuenta con herramientas para el servicio al usuario, mejorando la vivencia del usuario y asegurando respuestas ágiles y eficientes. Asimismo, proporciona secciones para el seguimiento y control de las operaciones comerciales, lo que asegura una mayor transparencia y precisión en los procesos. La plataforma también soporta la integración con otras aplicaciones, lo que hace una solución integral y flexible para las empresas que buscan optimizar sus procesos comerciales de manera eficiente y segura (Sistema Comercial, 2024).

2.3.14. Interruptor Termomagnético

Un interruptor termomagnético es un mecanismo de seguridad eléctrica creado para interrumpir automáticamente un circuito cuando detecta una sobrecarga (mediante su mecanismo térmico) o un cortocircuito (mediante su mecanismo magnético). Estos interruptores son importantes para asegurar la protección de los sistemas eléctricos, evitando daños a los equipos y reduciendo la posibilidad de incendios o fallas críticas en el sistema. En un sistema de medición inteligente, como el planteado en la investigación, aseguran la protección de los equipos de medición, mejorando la eficiencia y fiabilidad del suministro energético (Reinoso, 2016).

2.3.15. Abrazadera

El Sonoff POW Ring Smart Power Meter utiliza una abrazadera con un transformador de corriente de núcleo dividido, capaz de detectar hasta 100 amperios de corriente sin necesidad de tocar directamente los conductores energizados, lo que elimina el peligro de sufrir una descarga eléctrica. Esto lo convierte en una opción ideal para la implementación de un sistema

de medición inteligente, ya que permite una instalación segura y eficiente para la identificación y seguimiento del consumo de energía en la subestación, mejorando así la precisión de la facturación y el control del consumo energético (MiaMa, 2024).

2.3.16. App eWeLink

El uso de la aplicación eWeLink podría ser relevante en varios aspectos:

- A. Control Remoto de Dispositivos:** La App eWeLink permite encender y apagar dispositivos eléctricos de forma remota, lo que podría facilitar el monitoreo y la gestión de los sistemas de medición inteligente desde cualquier lugar. Esto garantiza que los usuarios puedan gestionar su consumo energético de manera eficiente y en tiempo real.
- B. Visualización del Estado de los Dispositivos:** Con eWeLink, se puede visualizar el estado en tiempo real de los equipos conectados, lo que podría integrarse para proporcionar una visión detallada del consumo energético en la subestación. Esto permitiría a los usuarios conseguir información exacta y tomar decisiones basadas en hechos para disminuir el consumo y mejorar la precisión de la facturación.
- C. Temporización y Automatización:** La aplicación también permite configurar temporizadores y automatizar el encendido y apagado de los dispositivos. Esto es útil para optimizar el uso de la energía durante ciertos periodos del día, mejorando la eficiencia del sistema de medición inteligente implementado.
- D. Notificaciones y Sincronización:** La app envía notificaciones en tiempo real y mantiene la sincronización de los dispositivos, lo que asegura que cualquier cambio o acción realizada por el usuario se refleje de inmediato, contribuyendo a la

transparencia en la gestión del consumo de energía y su facturación (Soler et al, 2019).

La integración de eWeLink en un sistema de medición inteligente podría mejorar la interacción de los usuarios con la subestación, permitiéndoles un mayor control sobre su consumo energético y, por lo tanto, optimizando la calidad de la facturación (Soler et al, 2019).

2.3.17. Forma remota y monitoreo

La adopción de sistemas de medición avanzada en subestaciones eléctricas facilita la supervisión remota y en tiempo real del uso de energía, lo que influye de manera considerable en la exactitud de la facturación. Este tipo de soluciones, basadas en tecnologías como el Bluetooth y aplicaciones móviles, ofrecen a los usuarios una mayor visibilidad sobre su uso energético, facilitando una gestión más eficiente y consciente del consumo, lo que resulta en reducción de costos y una mejora en la calidad del servicio (Cuevas y Lozano, 2017).

- **Monitoreo Remoto:** El medidor inteligente permite la transferencia de datos a través de módulos de comunicación inalámbrica como Bluetooth, lo que facilita el monitoreo de manera instantánea sobre el uso de energía eléctrica desde dispositivos móviles. Esto permitiría a los usuarios de la subestación disponer de acceso instantáneo a los datos sobre su consumo de energía, mejorando la precisión en la facturación.
- **Interfaz para Usuario:** El sistema mencionado en el documento utiliza una aplicación basada en Android para proporcionar a los usuarios les permite ingresar a datos esenciales, como el uso de energía, voltaje, corriente y costo asociado. La implementación de una solución similar en la subestación 1000043 permitiría a los usuarios tomar decisiones más fundamentadas sobre su consumo energético.

- **Impacto en la Facturación:** Al proporcionar datos detallados sobre el consumo energético en tiempo real, los usuarios podrían ajustar su comportamiento de consumo para reducir costos. Esto impactaría directamente en la calidad de la facturación, permitiendo una facturación más precisa y basada en datos en tiempo real.
- **Medición de Parámetros:** El sistema inteligente mide voltaje, intensidad eléctrica, energía útil y no útil, y el coeficiente de rendimiento eléctrico. Estos parámetros pueden ser esenciales para ajustar las tarifas de facturación en función del uso real de la energía, especialmente en sistemas de mayor complejidad como la subestación 1000043 (Cuevas y Lozano, 2017).

2.3.18. Sistema de Facturación

Un sistema de facturación es un software creado para adaptarse a las necesidades y especificaciones de cada empresa. Este sistema combina métodos, procedimientos y recursos empleados para monitorear las actividades de la empresa y presentarlas de forma conveniente para los tomadores de decisiones. El beneficio principal de estos sistemas es que simplifican las tareas. Además de generar y entregar facturas impresas a los usuarios, estos sistemas permiten enviar las facturas por correo electrónico, facilitando que los usuarios las guarden en sus computadoras personales. Esto no solo ayuda a los usuarios a llevar un mejor control de sus transacciones, sino que también permite a la empresa mantener un registro más eficiente de sus operaciones.

Existen diversos tipos de sistemas de facturación, cada uno adaptado a diferentes necesidades y contextos empresariales. Sin embargo, es crucial tomar ciertas medidas de seguridad para prevenir fraudes o estafas. Al implementar un sistema de facturación, las empresas deben asegurarse de que el software cuente con mecanismos robustos de seguridad y

autenticación, para proteger tanto los datos de la compañía como los de su clientela. Además, la integración de estos sistemas con otras herramientas de gestión empresarial puede optimizar aún más los procesos, facilitando la automatización de tareas y la generación de informes detallados. De esta manera, un sistema de facturación no solo contribuye a la eficacia operacional, sino que además optimiza la precisión y la transparencia en la gestión financiera de la empresa (Salvador, 2021). Los costos vinculados al consumidor, también conocidos como tarifas fijas, incluyen los desembolsos por la lectura del medidor, el procesamiento de dicha información, así como la generación, envío y cobro de facturas. Las redes de distribución eléctrica presentan pérdidas en su funcionamiento. Los valores agregados de distribución (VAD) en media y baja tensión (VADMT y VADBT) permiten calcular los gastos recurrentes en inversión, mantenimiento y operación. El costo de conectar el alimentador de media tensión de la subestación de transmisión al punto de conexión del servicio del usuario se denomina VAD. Los gastos se revisan en noviembre de cada cuatro años (Piña, 2018).

Un sistema de medición avanzado hace referencia a las infraestructuras y tecnologías que permiten medir, recopilar (mediante dispositivos especializados) y analizar (mediante programas informáticos) el consumo energético. Entre estos dispositivos se encuentran los medidores inteligentes de electricidad, los cuales pueden captar datos (como mediciones de voltaje, corriente, potencia, entre otros), gestionarlos y procesarlos. Además, estos sistemas pueden tomar decisiones y recibir instrucciones (Alvarado, 2011).

Figura 2.21*Medición Inteligente cliente - empresa*

Fuente. Tomado de (ENEL, 2023). (<https://www.enel.cl/es/clientes/informacionutil/medicion-inteligente.html>)

Estos sistemas suelen ser activos de las empresas encargadas de proporcionar los servicios de distribución de energía eléctrica. De manera general, un Sistema de Medición Inteligente (SMI) está compuesto por cinco elementos principales:

- Contador Inteligente
- Concentrador de datos o Access Point
- Sistema de Gestión y Operación de Datos del Medidor (MDC)
- Red de Comunicaciones
- Mecanismos de Seguridad

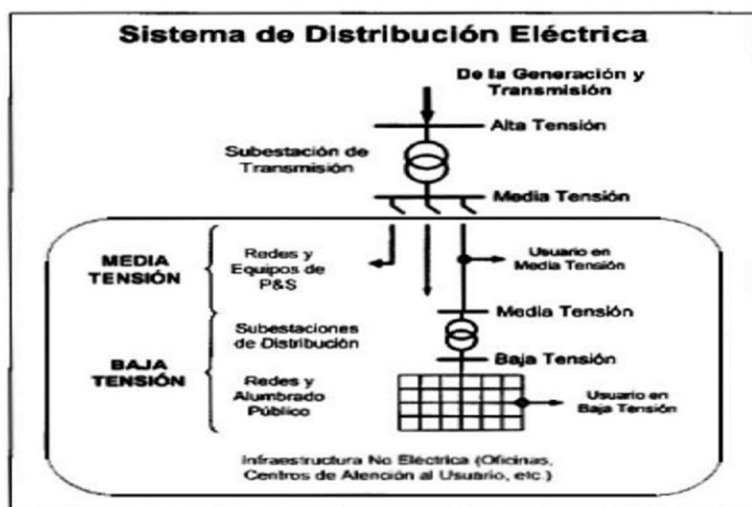
(Martínez y Magallanes, 2024).

2.3.19. Componentes Tarifarios

Las tarifas de electricidad incluyen los gastos relacionados con la producción distribución y entrega de energía eléctrica, las cuales son necesarias para proporcionar el servicio eléctrico de carácter público.

Figura 2.22

Distribución eléctrica en una subestación



Fuente. Tomado de (Piña, 2018)

La tarifa de potencia y la tarifa de energía constituyen los dos elementos principales de las tarifas eléctricas. La tarifa de potencia se calcula en función del gasto de capital en una entidad de generación térmica (TG) de ciclo simple y varía únicamente con las fluctuaciones en los costos de inversión. Por otro lado, la tarifa de energía fluctúa según las condiciones del mercado y requerimientos. Un incremento en la demanda, manteniendo estable la oferta, incrementa el precio, mientras incremento en la oferta, manteniendo estable la demanda, reduce el precio. Estas tarifas se ajustan cada seis meses, en noviembre y mayo (Piña, 2018).

$$\text{Tarifa de Transmisión} = \text{Ingreso Tarifario} + \text{Peaje} + \text{GRP}$$

Los costos de la electricidad están conformados por distintos elementos que determinan el monto total que los usuarios abonan por el servicio eléctrico. Estos aspectos fluctúan dependiendo de la ubicación y el esquema tarifario aplicado, reflejando los gastos vinculados con la producción, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Los ingresos arancelarios son la cantidad que los productores de energía deben remitir a las emisoras. Sin embargo, una tarifa fija es una cantidad que un cliente debe pagar a una emisora para cubrir el coste del servicio. El importe que los clientes deben abonar a los distribuidores de la red se les garantiza sus ingresos previstos a través de lo que se conoce como la Garantía de la Red Principal de Camisea (GRP). El peaje por conexión y el GRP disminuyen a medida que aumenta la demanda. Estos valores se modifican anualmente en mayo (Piña, 2018).

2.3.20. Tarifa de Distribución

La tarifa de distribución, que cubre los gastos asociados con el transporte de energía eléctrica desde las subestaciones eléctricas hasta los lugares de uso final, como las viviendas, comercios e industrias, constituye un componente de las facturas eléctricas. Este costo abarca los gastos relacionados con la operación, el mantenimiento, la expansión y mejora de los sistemas de distribución de energía eléctrica. Los consumidores finales obtienen energía de estas infraestructuras por medio del sistema de transmisión.

El Valor Agregado de Distribución (VAD), que incluye:

- Cargos fijos asociados con el usuario.
- Pérdidas típicas en la distribución
- Costos de distribución, mantenimiento y operación.

$$\text{Tarifa de Distribución} = \text{Costos asociados al usuario} + \text{Pérdidas} + \text{VADMT} + \text{VADBT}$$

Esta tarifa se aplica a todos los usuarios del sistema de distribución, pero distingue entre usuarios conectados en media tensión (VADMT) y los conectados en baja tensión (VADBT). El VAD incorpora todos los costos necesarios para garantizar una distribución eficiente y continua de electricidad a los usuarios finales.

La inclusión de los componentes tarifarios en esta investigación permite comprender cómo la precisión en la medición del consumo eléctrico influye directamente en el cálculo de los montos facturados. Dado que el sistema de medición inteligente tiene como objetivo principal mejorar la exactitud de los registros de consumo, resulta necesario conocer la forma en que las tarifas se estructuran y aplican. Esto permite identificar posibles variaciones en los importes cobrados al usuario cuando existen errores de lectura o se utilizan valores promedios, situación común antes de la implementación del sistema inteligente. Asimismo, el análisis tarifario brinda una base para evaluar el impacto económico que puede generar una facturación más precisa y ajustada al consumo real, tanto para el usuario como para la empresa distribuidora.

2.3.21. Calidad del Servicio Eléctrico

El despliegue de los Sistemas de Medición Inteligente ofrece un beneficio significativo para los usuarios con bajo consumo eléctrico (menos de 125 kWh). Esto se debe a que los medidores inteligentes registran de manera continua diversos parámetros eléctricos, como el nivel de voltaje, la cantidad y duración de interrupciones, y las perturbaciones. Este monitoreo constante permite verificar si las compañías distribuidoras de electricidad están

proporcionando un servicio ininterrumpido, apropiado y fiable, de acuerdo con las normativas vigentes de calidad (Muñoz et al., 2019).

La adopción de un sistema de medición inteligente permitiría que los consumidores se vean favorecidos por una mejora en la calidad del servicio eléctrico (OSINERGMIN, 2019c).

A. Calidad de Producto

La calidad del producto entregado se evalúa según las desviaciones en los rangos de voltaje, frecuencia y otras alteraciones. Estas evaluaciones se llevan a cabo mensualmente (denominados “Períodos de Control”) y se dividen en “Períodos de Medición mensual” de siete días calendario, con excepciones en el caso de la frecuencia, que se mide de manera continua. Los valores inmediatos de los parámetros se promedian durante periodos determinados con el fin de analizar la calidad del producto.

B. Calidad de Suministro

Se determina mediante la constancia del suministro, evaluada por la frecuencia y duración de las interrupciones. Estas pueden originarse por múltiples factores, y solo se contabilizan aquellas que superan los tres minutos (Piña, 2018). Para su análisis, se emplean dos métricas clave: el número total de cortes por usuario en cada semestre y el tiempo acumulado de dichas interrupciones.

a. Indicadores de Nivel de Calidad de la Cantidad de Suministro

Ambos indicadores principales, calculados para períodos de control de seis meses, se utilizan para medir la calidad del suministro eléctrico.

- La cantidad total de cortes experimentados por cada cliente durante el trimestre (N) refleja la frecuencia de interrupciones en el servicio que cada cliente experimenta en un semestre.

- El tiempo total acumulado de las interrupciones de un cliente (D) suma todas las interrupciones en el suministro eléctrico que afectan a cada cliente durante un semestre. Se calcula utilizando la fórmula y se expresa en horas:

$$D = \sum (K_i \cdot d_i)$$

Donde d_i es el tiempo de cada interrupción independiente y K_i son los factores de ponderación según el tipo de interrupción:

- Interrupciones programadas para expansión o refuerzo
- Interrupciones programadas para mantenimiento
- Otras interrupciones

Las interrupciones programadas se notifican a los clientes con al menos 48 horas de antelación, indicando las horas exactas de comienzo y conclusión de las acciones de crecimiento, fortalecimiento o conservación de infraestructuras de conexión. Si existe una discrepancia entre el tiempo efectivo y el previsto de la suspensión, se toma en cuenta lo siguiente para calcular la duración total ponderada:

- $K_i = 0$ si el tiempo real es menor que el planificado.
- $K_i = 1$ si el tiempo real es mayor que el planificado.

El cálculo de los indicadores N y D no tiene en cuenta las suspensiones por desconexión de carga a causa de una frecuencia reducida.

C. Calidad del Servicio Comercial

La atención al cliente, los recursos disponibles para el cliente y la exactitud de la medición de la energía facturada son los tres componentes principales de la evaluación.

1. Gestión Automatizada con Medidores Inteligentes. El Sistema de Medición Inteligente es capaz de realizar de manera automatizada, rápida y eficaz, tareas que hasta el momento necesitan ser llevadas a cabo de forma manual o mediante procesos mecanizados (Muñoz et al., 2019).

A través del uso de la Medición Inteligente se automatizarán los siguientes procedimientos:

a. Procesos desde la lectura del Medidor hasta la facturación.

El medidor inteligente facilita la automatización del proceso que comienza con la obtención remota de datos del medidor y termina con la creación y envío de la factura, sin la necesidad de intervención manual (Muñoz et al., 2019).

Con el sistema de medición vigente, el procedimiento se desarrolla de la siguiente manera:

- La empresa distribuidora de energía establece áreas, sectores y rutas específicas para la toma de lecturas y distribución de facturas.
- Se define un calendario mensual que incluye la lectura, facturación y entrega.
- El equipo designado por la compañía se encarga de registrar las lecturas de los medidores en los puntos de instalación (utilizando plataformas móviles o registrando manualmente en hojas de trabajo).
- La empresa responsable de la distribución centraliza los datos, incluyendo los reportes y registros (como inmuebles no encontrados, acceso limitado, lecturas inexactas, entre otros).

- Se realiza una revisión de las lecturas obtenidas en campo, tomando en cuenta las apreciaciones del lector y su contraste con el consumo promedio.
- Si es necesario, la empresa ordena revisiones adicionales en determinados instrumentos de medición, generando nuevas solicitudes de tarea.
- Se digitalizan las hojas de cálculo en las que se registraron los datos consignados.
- Después de la inspección y validación, la información se registra en la plataforma digital de la empresa para llevar a cabo el proceso de facturación.
- Finalmente, una vez emitida la factura, se genera el recibo físico y se distribuye a los clientes en las zonas de concesión, siguiendo el cronograma y las rutas preestablecidas (Muñoz et al., 2019).

b. Proceso de Corte y Reconexión

El medidor inteligente posibilita la automatización del proceso, desde la obtención remota de datos hasta la elaboración y envío de la factura, eliminando la necesidad de intervención humana. Con el método de medición vigente, la operación se ejecuta del modo siguiente:

- La empresa distribuidora de energía establece áreas, sectores y rutas específicas para la toma de lecturas y distribución de facturas.
- Se define un calendario mensual que incluye la lectura, facturación y entrega.

- El equipo designado por la compañía se encarga de registrar las lecturas de los medidores en los puntos de instalación (utilizando plataformas móviles o registrando manualmente en hojas de trabajo).
- La compañía distribuidora consolida la información, incluyendo los registros y anotaciones.
- Se lleva a cabo una revisión de los datos recolectados en campo, considerando los comentarios del operario y comparándolos con el patrón habitual de consumo.
- Se digitalizan los documentos de trabajo donde se registraron los datos obtenidos.
- Luego de la revisión y validación, la información es ingresada en el sistema informático de la empresa para proceder con la facturación.
- Finalmente, una vez emitida la factura, se genera el recibo físico y se distribuye a los clientes en las zonas de concesión, siguiendo el cronograma y las rutas preestablecidas (Muñoz et al., 2019).

c. Proceso de Atención de Emergencias

El Sistema de Medición Inteligente permite monitorear a distancia y en tiempo real las variables anteriormente señaladas, lo que brinda a la Empresa de Distribución Eléctrica varias ventajas:

- Implementar de forma inmediata medidas correctivas si se detectan desviaciones con respecto a los valores establecidos.
- Identificar si el problema en el suministro eléctrico se genera dentro de la propiedad y, en consecuencia, no es responsabilidad de la empresa.
- Ubicar el área donde se produce la avería eléctrica, lo que brinda datos esenciales a los técnicos encargados de la reparación. Esto permite

reducir el tiempo de interrupción del servicio y optimizar los costos asociados a las inspecciones necesarias para detectar la falla (Muñoz et al., 2019).

Con el método de evaluación vigente, el procedimiento se desarrolla a continuación:

- Las empresas responsables de la distribución de energía eléctrica únicamente se enteran de los inconvenientes relacionados con la calidad del servicio cuando el usuario realiza un reclamo formal.
- Para determinar si el problema proviene del interior de la propiedad, el personal asignado debe realizar una inspección física en el sitio.
- Para identificar el origen de la falla o anomalía, los técnicos encargados deben realizar inspecciones exhaustivas, recolectar más datos y llevar a cabo sondeos adicionales, lo que prolonga el tiempo de respuesta a las reclamaciones y extiende la presencia de las fallas en la red, ocasionando pérdidas considerables para los clientes (Muñoz et al., 2019).

d. Calidad de Alumbrado Público:

Se evalúa a través de la longitud de los segmentos de caminos públicos que no alcanzan los niveles de iluminación establecidos. La proporción de la longitud de las vías con iluminación insuficiente se utiliza como indicador, con una tolerancia del 10%. Si no se cumplen los estándares establecidos, los proveedores deben indemnizar a sus clientes.

2.3.22. Procedimiento 115-2017-OS-CD

El Procedimiento 115-2017-OS-CD, emitido por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinerghmin), establece las directrices para supervisar y regular el proceso de facturación en el servicio público de electricidad en el Perú. Este marco normativo tiene como objetivo garantizar la precisión, transparencia y eficiencia en la emisión de facturas, asegurando que se basen en consumos reales y cumplan con las normativas vigentes. Además, promueve la preservación de las garantías de los consumidores, estableciendo mecanismos para minimizar errores en la facturación y resolver de manera oportuna los reclamos relacionados con este proceso. La norma también regula la toma de lecturas, el uso de tecnologías avanzadas en la recopilación de información y la generación de comprobantes de pago, exigiendo estándares de calidad que fortalecen la confianza entre las compañías proveedoras y los clientes. En caso de incumplimiento, se contemplan sanciones para garantizar la adherencia al procedimiento (OSINERGMIN, 2019).

2.4. Marco Conceptual

2.4.1. Proceso de Facturación

Es el conjunto de etapas mediante las cuales se convierte la lectura del medidor en un monto facturable. Incluye la recolección de datos de consumo, validación, aplicación de tarifas vigentes y emisión del recibo. Cuando se utiliza medición inteligente, este proceso se automatiza, reduciendo errores manuales y mejorando la precisión del cálculo (OSINERGMIN, 2017).

2.4.2. Consistencia de Lecturas

Hace referencia a la coherencia entre lecturas consecutivas de un suministro. Se busca identificar valores atípicos, lecturas estimadas o registros erróneos que puedan afectar la

facturación. Un sistema confiable clasifica estas lecturas e indica cuándo se requiere promedio o regularización (OSINERGMIN, 2017).

2.4.3. *Libro de Lectura*

Es el registro donde se almacenan las lecturas mensuales recolectadas por el personal técnico. Este documento puede estar en formato digital y permite el seguimiento, validación y posterior procesamiento para la facturación. Facilita la trazabilidad y control de datos por parte de la empresa distribuidora (OSINERGMIN, 2017).

2.4.4. *Zona Geográfica de la Facturación*

Corresponde a la delimitación territorial establecida por la distribuidora para organizar los suministros eléctricos. Esta zonificación permite definir rutas de lectura, programar mantenimientos y facilitar el análisis del comportamiento de consumo por sectores (OSINERGMIN, 2017).

2.4.5. *Incremento y Acumulación de Consumos*

Se produce cuando no se realiza una lectura efectiva durante uno o más meses, acumulando el consumo y reflejándolo en un solo periodo. Esto puede generar una percepción errónea del consumo mensual real y causar reclamos, ya que el incremento registrado no corresponde a un único mes (OSINERGMIN, 2017).

2.4.6. *Promedio del crecimiento del Usuario*

Es un valor estimado calculado en base al historial de consumo del usuario, utilizado cuando no se cuenta con lecturas reales. Este promedio permite realizar facturaciones

referenciales, pero debe emplearse con cautela para no distorsionar el comportamiento real del suministro (OSINERGMIN, 2017).

2.4.7. *Periodo de Facturación*

Es el intervalo de tiempo entre dos lecturas válidas del medidor, generalmente de 28 a 33 días. La regularidad del periodo de facturación es fundamental para asegurar una estimación adecuada del consumo mensual y mantener la confianza del usuario en el proceso (OSINERGMIN, 2017).

2.4.8. *Opción Tarifaria BT5B*

Es una tarifa aplicada a usuarios en baja tensión con demandas superiores a 20 kW. Incluye un cargo fijo por disponibilidad del servicio y un cargo variable por energía consumida. Esta opción tarifaria está regulada por el marco normativo vigente y se aplica principalmente a usuarios comerciales e instituciones (OSINERGMIN, 2017).

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO DE ESTUDIO

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analiza el diagnóstico del sistema de lectura de medidores en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay, identificando los principales problemas que afectan la precisión de la facturación. El análisis permitirá comprender cómo estas limitaciones impactan en la gestión del servicio eléctrico y justificar la necesidad de una medición inteligente, que optimice la recolección de datos, elimine la dependencia de lecturas manuales y garantice mayor transparencia en la facturación.

3.2. Diagnóstico de lecturas

El diagnóstico de lecturas es fundamental para evaluar la precisión y eficiencia del sistema de medición eléctrica. En esta sección se presentan y analizan los datos relacionados con la cantidad de clientes en diferentes zonas de Abancay, la frecuencia de lecturas inaccesibles y la determinación de una muestra representativa para el estudio.

La tabla 3.1 presenta el número de clientes distribuidos en diferentes zonas de Abancay, organizados por rutas de lectura. El objetivo de este análisis es conocer la cantidad de suministros eléctricos en cada sector, lo que permite identificar las zonas con mayor demanda de lecturas y posibles dificultades en la facturación.

Tabla 3.1

Listado de clientes por libros Abancay

Nro.	Ruta	Nombre Libro	Clientes
1	101-01-01	CERCADO ABANCAY	534
2	101-01-02	CERCADO ABANCAY	1194
3	101-01-03	CERCADO ABANCAY	1064
4	101-01-04	CERCADO ABANCAY	1351
5	101-01-05	CERCADO ABANCAY	1615

6	101-01-06	PATIBAMBA1	1122
7	101-01-07	PATIBAMBA2	1799
8	101-01-08	GARCILASO-NUÑEZ	1329
9	101-01-09	PRADO LA VICTORIA	864
10	101-01-10	AV SEOANE - LOS INGENIEROS	990
11	101-01-13	CONDEBAMBA	859
12	101-01-16	URB BANCO DE LA NACION	0
13	101-01-21	URB. MARÍÑO	0
14	101-01-11	LAS AMERICAS	1654
15	101-01-12	LAS AMERICAS - PANAMERICANA	2317
16	101-01-14	SAN ANTONIO Y SECTORES	1574
17	101-01-15	P.J. CENTENARIO	1478
18	101-01-17	LOS ROSALES	230
19	101-01-18	URB. MAGISTERIAL	468
20	101-01-19	SAN LUIS Y SECTORES	836
21	101-01-20	URB. POLICIAL	475
22	101-01-22	TAMBURCO	1802
23	101-01-23	MAUCACALLE	1225
24	101-01-24	MANUEL SCORZA - ILLANYA	1824
25	101-01-25	LIMAPATA - HUAYLLABAMBA	475
26	101-01-26	PACHACHACA - QUITASOL	685
27	101-01-27	JUAN PABLO II - TAMBURCO	309
28	101-01-28	ASOC. VICTOR ACOSTA RIOS - TAMBURCO	446
29	101-01-29	SAHUANAY MAUCACALLE	708
30	101-01-31	ABANCAY-SAN GABRIEL	178
31	101-01-32	ILLANYA	68
32	101-01-33	SAN ISIDRO CONDEBAMBA	70
33	101-01-34	QUISAPATA	158
34	101-01-35	ASILLO - MARCAHUASI	201
35	101-01-36	ATUMPATA	318
36	101-01-37	LIMAPATA	264
37	101-01-38	SAN FRANCISCO	1042
38	101-01-39	ABANCAY-TRUJIPATA	563
39	101-01-41	ABANCAY-PANTILLAY	263
40	101-01-43	MOYOCORRAL PUCAPUCA	136
41	101-01-44	CCOCHA - PUMARANRA	25
42	101-01-46	CCANABAMBA - LLANUCANCHA	12
43	101-01-51	SER CCACSA	58
44	101-01-52	SER KARKATERA	76
45	101-01-53	SER FACCHACPATA	50
			32,709

Nota. Extraído la base de datos SIELSE

El total de clientes registrados en la base de datos es de 32,709 usuarios, distribuidos en diversas zonas de la ciudad. Se observan sectores con una alta densidad de clientes, como Las Américas - Panamericana (2,317 clientes) y Patibamba 2 (1,799 clientes), lo que sugiere una mayor carga operativa para los encargados de la toma de lecturas. Asimismo, existen sectores con cero clientes registrados, como URB. Banco de la Nación y URB. Mariño, lo que indica que estas rutas pueden no estar activas o haber sido reorganizadas en la base de datos.

La tabla 3.2 identifica las rutas donde los operarios han enfrentado dificultades para acceder a los medidores y tomar lecturas de consumo eléctrico durante un año. Estas limitaciones generan facturación promediada, lo que puede provocar errores en el cobro y reclamos de los usuarios.

Se observa que la ruta GARCILASO-NUÑEZ (101-01-08) presenta el mayor número de suministros inaccesibles, con 37 lecturas promediadas en el año. Le siguen AV. SEOANE - LOS INGENIEROS (31 registros) y P.J. CENTENARIO (30 registros).

Estos datos revelan que ciertas áreas tienen dificultades recurrentes en la toma de lecturas, lo que puede deberse a factores como:

- Medidores ubicados en lugares inaccesibles (dentro de viviendas, en techos o zonas de difícil acceso).
- Falta de mantenimiento de los equipos de medición, lo que impide una correcta lectura.
- Barreras de seguridad (rejas, perros guardianes, zonas restringidas).

La alta incidencia de lecturas promediadas puede afectar la confianza del usuario en la empresa distribuidora y generar disputas por discrepancias en el cobro. Este análisis justifica la importancia de adoptar soluciones tecnológicas, como medidores inteligentes, que faciliten la recopilación de información en tiempo real sin requerir acceso presencial.

Tabla 3.2*Listado de clientes por libros inaccesibles*

Ruta	Nombre Libro	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	total
101-01-08	GARCILASO-NUÑEZ	3	4	3	4	3	4	3	3	2	1	4	3	37
101-01-10	AV SEOANE - LOS INGENIEROS	3	4	2	1	2	4	2	3	2	3	2	3	31
101-01-15	P.J. CENTENARIO	3	2	3	2	1	3	2	3	3	3	2	3	30
101-01-11	LAS AMERICAS	2	1	2	4	1	3	2	3	1	3	2	2	26
101-01-09	PRADO LA VICTORIA	2	2	2	2	4	1	1	2	3	1	3	2	25
101-01-18	URB. MAGISTERIAL	1	4	2	2	1	3	1	2	2	2	1	3	24
101-01-12	LAS AMERICAS - PANAMERICANA	2	1	3	0	3	1	1	3	1	2	0	5	22
101-01-17	LOS ROSALES	2	2	0	2	1	0	2	0	2	1	2	2	16
101-01-24	MANUEL SCORZA - ILLANYA	2	2	2	0	1	0	2	0	2	2	1	2	16
101-01-35	ASILLO - MARCAHUASI	1	2	2	0	1	2	2	1	0	2	2	1	16
101-01-41	ABANCAY-PANTILLAY	0	0	2	2	1	1	2	0	1	2	2	2	15
101-01-36	ATUMPATA	2	1	0	0	2	1	2	1	1	0	2	2	14
101-01-39	ABANCAY-TRUJIPATA	0	1	0	2	2	1	1	1	1	2	2	1	14
101-01-14	SAN ANTONIO Y SECTORES	1	0	1	2	1	0	0	2	2	2	2	1	14
101-01-25	LIMAPATA - HUAYLLABAMBA	1	1	1	1	1	0	1	2	2	2	1	1	14
101-01-07	PATIBAMBA2	1	2	1	1	0	0	2	1	1	2	0	2	13
101-01-04	CERCADO ABANCAY	0	0	2	0	2	0	2	1	2	1	2	1	13
101-01-19	SAN LUIS Y SECTORES	2	0	0	1	1	1	1	1	2	0	2	2	13
101-01-06	PATIBAMBA1	1	0	0	2	0	2	2	2	0	1	2	0	12
101-01-05	CERCADO ABANCAY	0	1	1	1	0	2	1	2	1	0	2	1	12
101-01-34	QUISAPATA	2	1	2	1	2	1	1	1	0	1	0	0	12
101-01-37	LIMAPATA	1	0	1	1	0	2	2	1	1	1	1	1	12
101-01-38	SAN FRANCISCO	0	0	1	1	2	1	2	0	2	2	0	1	12
101-01-13	CONDEBAMBA	2	0	1	1	1	0	1	1	1	2	1	0	11
101-01-03	CERCADO ABANCAY	0	2	0	1	1	1	2	0	0	2	1	1	11

101-01-52	SER KARKATERA	2	2	0	0	1	1	2	1	0	0	1	1	11
101-01-28	ASOC. VICTOR ACOSTA RIOS - TAMBURCO	1	0	1	0	0	1	1	1	0	2	2	2	11
101-01-29	SAHUANAY MAUCACALLE	1	2	0	2	0	0	0	0	2	2	1	0	10
101-01-26	PACHACHACA - QUITASOL	1	0	0	1	0	2	2	0	2	1	1	0	10
101-01-27	JUAN PABLO II - TAMBURCO	0	2	0	1	1	0	0	0	0	2	2	2	10
101-01-02	CERCADO ABANCAY	0	0	0	0	1	2	0	2	1	2	0	1	9
101-01-43	MOYOCORRAL PUCAPUCA	2	0	0	1	2	1	0	0	0	2	0	1	9
101-01-22	TAMBURCO	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	1	8
101-01-20	URB. POLICIAL	0	0	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0	7
101-01-23	MAUCACALLE	0	0	0	2	0	0	0	1	1	1	0	2	7
101-01-01	CERCADO ABANCAY	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	5
101-01-31	ABANCAY-SAN GABRIEL	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4
101-01-51	SER CCACSA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
101-01-33	SAN ISIDRO CONDEBAMBA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3
101-01-53	SER FACCHACPATA	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
101-01-32	ILLANYA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
101-01-46	CCANABAMBA - LLANUCANCHA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
101-01-16	URB BANCO DE LA NACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101-01-21	URB. MARIÑO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101-01-44	CCOCHA - PUMARANRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		45	40	36	45	43	43	45	44	45	57	49	54	546

Nota. Cuadro de diagnóstico, donde se obtuvo 3 libros que sobrepasan 30 suministros facturados promedio durante un año del cual se escogió como objeto de estudio el primer libro con mayor cantidad de problemas

Dado que la ruta GARCILASO-NUÑEZ (101-01-08) presenta el mayor número de lecturas inaccesibles, se seleccionó esta zona como muestra de estudio para analizar con mayor profundidad las causas de estos problemas y evaluar el impacto de posibles soluciones.

Tabla 3.3

Muestra escogida de ruta 101-01-08

Ruta	Nombre Libro	Clientes	INA
101-01-08	GARCILASO-NUÑEZ	1328	37

Nota. Ruta escogida a partir del análisis de la Tabla 9

La ruta seleccionada cuenta con 1,328 clientes, de los cuales 37 presentaron registros inaccesibles durante el año, lo que representa aproximadamente un 2.8% del total de suministros en esta zona. No obstante, para fines de la presente investigación, se trabajó exclusivamente con una muestra reducida de 18 registros representativos de casos con problemas de accesibilidad. Esta selección permite un análisis enfocado en los principales puntos críticos de la ruta 101-01-08, donde los medidores presentan mayor dificultad de lectura. La evaluación de esta muestra permite identificar patrones, ubicar físicamente los medidores con mayor incidencia de inaccesibilidad y plantear soluciones prácticas para mejorar la precisión y continuidad del proceso de facturación. La tabla 3.3 detalla las subestaciones que abastecen la ruta GARCILASO-NUÑEZ (101-01-08) y la cantidad de clientes que dependen de cada una. El objetivo es identificar qué subestaciones presentan mayores problemas de accesibilidad en la toma de lecturas y seleccionar un suministro específico para el análisis detallado.

Tabla 3.4

Subestaciones del libro 101-01-08

SED	Nombre SED	Clientes	INA
TA030043	JR. CUSCO (BARRIO LOS INGENIEROS)	191	18
TA030045	PROLONGACION ARICA	240	11

TA030046	ESQUINA HUANCAMELICA	260	8
TA020002	PROLONGACION AV. HUANCAMELICA	96	0
TA020004	PROLONGACION NUÑEZ	73	0
TA020005	AV. PRADO CON NUÑEZ	49	0
TA020964	URB. TUPAC AMARU	1	0
TA030044	URB. SANTA MARTHA - JR. CUSCO	163	0
TA030047	JR. CUSCO CON PRADO	133	0
TA030049	SEÑOR DE LA CAIDA	106	0
TA040111	AV. PERU (ENTEL PERU) SEOANE (SED REUBICADA 1000051)	10	0
TA041077	BARRIO LAS INTIMPAS (SED REUBICADA 1000075)	3	0
TA041377	Av. MAUCACALLE	3	0
		1328	37

Nota. Se escoge la SED con mayores problemas, seleccionando un suministro para el estudio

Entre las subestaciones analizadas (Ver tabla 3.4), la que presenta mayores problemas de accesibilidad es JR. CUSCO (BARRIO LOS INGENIEROS) (TA030043), con 191 clientes y 18 registros de lecturas inaccesibles.

Este análisis indica que esta subestación es la más afectada en términos de medición, lo que podría deberse a factores como:

- Alta densidad de usuarios en la zona, lo que dificulta la labor de los operarios de lectura.
- Condiciones geográficas o de infraestructura que impiden el acceso fácil a los medidores.
- Fallas en los dispositivos de medición o en el proceso de recolección de datos.

Dado que esta subestación presenta el mayor número de problemas, se seleccionará un suministro dentro de ella para realizar un análisis detallado. Esta elección permitirá evaluar de manera precisa los factores que dificultan la toma de lecturas y proponer estrategias efectivas para mejorar la medición en la zona.

CAPÍTULO IV

PLIEGO TARIFARIO DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como propósito analizar la estructura tarifaria vigente en la zona de estudio, con el objetivo de evaluar su impacto en la facturación y la sostenibilidad del servicio eléctrico. La revisión del pliego tarifario es fundamental para comprender cómo se determinan los costos de suministro eléctrico, las variaciones en las tarifas según el consumo y las implicancias económicas para los usuarios.

El análisis tarifario se fundamenta en el Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, y su reglamento aprobado mediante el Decreto Supremo N° 009-93-EM, los cuales establecen los principios de equidad, eficiencia y acceso universal en la prestación del servicio eléctrico. Asimismo, se consideran las regulaciones establecidas por OSINERGMIN, entidad supervisora encargada de garantizar que las tarifas reflejen los costos reales de operación, mantenimiento y expansión del sistema eléctrico.

Esta investigación se enfoca en la zona de Abancay, donde el sistema tarifario sigue criterios diferenciados según el nivel de consumo, el tipo de conexión y los servicios complementarios, como cortes, reconexiones y mantenimiento de infraestructura. En este contexto, se abordarán tres aspectos esenciales:

1. Estructura de costos del consumo eléctrico, analizando las tarifas aplicables según los niveles de consumo.
2. Tipos de conexión en el sistema, diferenciando entre instalaciones monofásicas, trifásicas y los costos asociados.
3. Límites tarifarios para servicios de corte y reconexión, elementos claves para la gestión financiera del servicio eléctrico.

4.2. Consumo de energía eléctrica

En el pliego tarifario para el consumo de energía eléctrica en el sistema BT5B en Abancay, se establecen las tarifas específicas para usuarios residenciales en función de su nivel de consumo mensual. Estas tarifas están organizadas en dos categorías: aquellos con un consumo igual o menor a 140 kWh por mes y aquellos que superan este umbral. Para los usuarios residenciales con un consumo de hasta 140 kWh mensuales, la carga fija mensual es de S/ 3.91, aplicable tanto para los primeros 30 kWh como para los consumos que se sitúan entre 31 y 140 kWh. En esta categoría, la carga por energía activa varía: los primeros 30 kWh tienen un costo de 54,1 ctm.S/./kW.h, mientras que el consumo adicional entre 31 y 140 kWh se divide en dos tramos, con una carga inicial de S/ 16.23 y un costo por energía activa de 77.28 ctm.S/./kW.h para el exceso sobre los primeros

Por otro lado, los usuarios residenciales que exceden los 140 kWh de consumo mensual se enfrentan a una carga fija mensual ligeramente superior, de S/ 3.92, y una carga por energía activa de 79.75 ctm.S/./kW.h. Esta estructura tarifaria busca promover un consumo responsable y asegurar que los costos del servicio se ajusten al uso de energía, beneficiando a quienes mantienen un consumo moderado y estable en el hogar.

Tabla 4.1

Tarifas de consumo de energía eléctrica residencial en Abancay (BT5B) libre de IGV

Categoría	Concepto	Unidad	Abancay
BT5B	a) Residencial con consumo menor o igual a 140 kWh por mes		
	Consumo entre 0 -30 kWh		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	3.91
	Carga por energía activa	ctm.S/./kW.h	54.1
	Consumo entre 31-140 kWh		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	3.91
	Carga por energía activa - Primeros 30 kWh	S/./mes	16.23
	Carga por energía activa - Exceso de 30 kWh	ctm.S/./kW.h	77,28

b) Residencial con consumo mayor a 140 kWh por mes			
Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.92	
Carga por energía activa	ctm.S./kW.h	79,75	

Fuente. Elaboración Propia

Este esquema tarifario busca incentivar un consumo eficiente de la energía. Sin embargo, para aquellos usuarios que superan el umbral de 100 kWh/mes, los costos aumentan significativamente, lo que hace que una medición precisa y confiable sea clave para evitar cobros innecesarios o excesivos. En este sentido, la implementación de un Sistema de Medición Inteligente permitirá a los usuarios monitorear su consumo con mayor exactitud y evitar facturaciones erróneas, alineándose con los objetivos de la investigación.

4.3. Conexiones del sistema eléctrico

En el esquema de conexiones en baja tensión a 220 V para la zona de Abancay, la opción tarifaria BT5B (2 hilos) se utiliza como muestra representativa para este estudio, destacando su aplicación tanto en zonas urbanas como rurales y adaptándose a las necesidades locales de los usuarios. Este sistema tarifario considera diferentes categorías de conexión, divididas entre instalaciones monofásicas y trifásicas, así como entre conexiones aéreas y subterráneas (Ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2

Conexiones en Baja Tensión 220 V - Soles

Fases	Tipo	Subtipo	Potencia Conectada (Pc)	Opción Tarifaria	Aérea (2)	Subterránea (2) (3)
Monofásica	C1	C1.1	$P_c \leq 3 \text{ kW}$	BT5A	596	733
				BT5B (2 hilos)	339	468
				BT5B (2 hilos) - Rural (1)	392	
				BT5B (3 hilos)	342	478
				BT5B (3 hilos) - Rural (1)	395	
				BT6	273	424
				BT5F	596	733

Trifásica	C1.2	$3 \text{ kW} < P_c \leq 10 \text{ kW}$	BT5I (2 hilos) (4)	369	505	
			BT5I (3 hilos) (4)	369	505	
			BT5A	621	739	
			BT5B (2 hilos)	363	481	
			BT5B (3 hilos)	366	484	
			BT6	297	428	
			BT5F	621	737	
			BT5I (2 hilos) (4)	394	511	
			BT5I (3 hilos) (4)	394	511	
	C2	C2.1	$P_c \leq 10 \text{ kW}$	BT5A	782	936
				BT5B	583	740
				BT6	445	557
				BT2/BT3/BT4	2,639	2,750
				BT5F	782	938
				BT5I (4)	471	628
		C2.2	$10 \text{ kW} < P_c \leq 20 \text{ kW}$	BT5A	802	940
				BT5B	603	745
				BT6	465	562
				BT2/BT3/BT4	2,795	2,891
				BT5I (4)	491	633
	C3	C3.1	$20 \text{ kW} < P_c \leq 50 \text{ kW}$	BT5A/BT5B/BT2/ BT3/BT4	3,538	3,885
	C4	C4.1	$50 \text{ kW} < P_c \leq 75 \text{ kW}$	BT2/BT3/BT4	3,545	4,590
		C4.2	$75 \text{ kW} < P_c \leq 150 \text{ kW}$	BT2/BT3/BT4		6,217
		C4.3	$150 \text{ kW} < P_c \leq 225 \text{ kW}$	BT2/BT3/BT4		8,392
		C4.4	$225 \text{ kW} < P_c \leq 300 \text{ kW}$	BT2/BT3/BT4		9,948

Fuente. Información tomada del pliego tarifario brindada por Osinergmin.

Para las conexiones monofásicas, en el tipo C1 con una potencia conectada menor o igual a 3 kW, la tarifa para la opción BT5B (2 hilos) es de S/ 339 para conexiones aéreas y de S/ 468 para subterráneas, mientras que en zonas rurales el costo se ajusta a S/ 392. Este tipo de conexión ofrece una alternativa accesible para usuarios residenciales y pequeños comercios con un consumo moderado. En el rango C1.2, que cubre potencias entre 3 y 10 kW, la opción BT5B (2 hilos) eleva sus tarifas a S/ 363 en conexiones aéreas y S/ 481 en subterráneos, garantizando un servicio adecuado para consumidores con mayores necesidades energéticas. En las conexiones trifásicas, la opción tarifaria BT5B sigue siendo significativa. En el tipo C2.1, con potencia conectada hasta 10 kW, el costo de esta opción es de S/ 583 para conexiones

aéreas y de S/ 740 para subterráneos. Esto refleja la capacidad de la opción BT5B para cubrir demandas más altas, manteniendo un equilibrio entre costo y eficiencia en el servicio.

La tarifa de conexiones en baja tensión Múltiple a 220 V para la zona de Abancay se estructura en función de la fase, el tipo de conexión y la potencia conectada (P_c). En este esquema, la opción tarifaria BT5B, utilizada como referencia en este estudio, se presenta en modalidades de 2 y 3 hilos, ofreciendo flexibilidad tanto para usuarios residenciales como comerciales con requerimientos específicos de energía. Para las conexiones monofásicas del tipo C1, con potencias conectadas hasta 3 kW (C1.1), la opción BT5B (2 hilos) tiene un costo de S/ 194 para la conexión y de S/ 98 para la caja toma. La versión de 3 hilos tiene un costo similar en la conexión, de S/ 197, manteniendo el mismo precio en la caja toma, lo que permite que los usuarios elijan la opción más adecuada según su instalación. En el subtipo C1.2, para potencias entre 3 y 10 kW, las tarifas aumentan ligeramente, con S/ 210 para la conexión de 2 hilos y S/ 173 para la caja toma, lo cual asegura el servicio para consumos mayores. En conexiones trifásicas, destinadas a usuarios con demandas de hasta 20 kW, se establecen los tipos C2.1 y C2.2. En el rango C2.1, para potencias de hasta 10 kW, la opción tarifaria BT5B tiene un costo de S/ 368 en la conexión y S/ 175 en la caja toma, ofreciendo un servicio accesible y confiable para instalaciones con mayores exigencias energéticas. Para el subtipo C2.2, que abarca potencias entre 10 y 20 kW, las tarifas se incrementan, con S/ 379 para la conexión y S/ 354 para la caja toma, adaptándose a las demandas específicas de instalaciones de mayor capacidad.

Tabla 4.3

Conexiones en Baja Tensión Múltiples 220 V - Soles

Fases	Tipo	Subtipo	Potencia Conectada (P_c)	Opción Tarifaria	Conexión	Caja toma (1)
Monofásica	C1	C1.1	$P_c \leq 3 \text{ kW}$	BT5B (2 hilos)	194	98
				BT5B (3 hilos)	197	98

Trifásica	C2	C1.2	3 kW < Pc ≤ 10 kW	BT5F	451	98
				BT5I (2 hilos) (2)	224	98
				BT5I (3hilos) (2)	224	98
				BT5E	295	
				BT5B (2 hilos)	210	173
				BT5B (3 hilos)	213	173
				BT5F	467	173
				BT5I (2hilos) (2)	240	173
				BT5I (3 hilos) (2)	240	173
				BT5E	386	
		C2.1	Pc ≤ 10 kW	BT5B	368	175
				BT5F	567	175
				BT5I (2)	256	175
				BT5E	543	
		C2.2	10 kW < Pc ≤ 20 kW	BT5B	379	354
				BT5I (2)	267	354
				BT5E	733	

Fuente. Información tomada del pliego tarifario brindada por Osinergmin.

Continuando con las conexiones del sistema eléctrico, la estructura tarifaria para los elementos electromecánicos en media tensión en Abancay abarca componentes clave en instalaciones aéreas y subterráneas, adaptados a diferentes niveles de potencia conectada y tensiones (10 kV, 13.2/7.62 kV y 20-22.9/13.2 kV). Esta clasificación permite a los usuarios seleccionar elementos específicos para sus necesidades operativas (Ver Tabla 4.3).

Tabla 4.4*Elementos electromecánicos en media tensión - Soles*

Elemento	Tipo de red	Potencia Conectada (Pc)	Descripción	10 kV	13.2/7.62 kV	20 kV - 22.9/13.2 kV
Empalme de acometida	Aérea	$P_c \leq 1000 \text{ kW}$	A red aérea con cable autoportante	1,263	1,098	1,051
			A red aérea con conductor desnudo	183	183	183
		$1000 \text{ kW} < P_c \leq 2500 \text{ kW}$	A red aérea con cable autoportante	1,263	1,098	1,051
			A red aérea con conductor desnudo	183	183	183
	Subterránea	$P_c \leq 1000 \text{ kW}$	A red subterránea	6,986	6,986	6,986
		$1000 \text{ kW} < P_c \leq 2500 \text{ kW}$	A red subterránea	6,986	6,986	6,986
Cable de acometida	Aérea	$P_c \leq 1000 \text{ kW}$	Con cable autoportante y salida a red subterránea	7,784	7,456	7,586
			Con conductor desnudo y salida a red aérea	6,267	6,280	6,613
			Con conductor desnudo y salida a red subterránea	6,468	6,318	6,381
		$1000 \text{ kW} < P_c \leq 2500 \text{ kW}$	Con cable autoportante y salida a red subterránea	8,146	7,456	7,586
			Con conductor desnudo y salida a red aérea	7,100	6,341	6,613
			Con conductor desnudo y salida a red subterránea	7,079	6,379	6,381
	Subterránea-Aérea	$P_c \leq 1000 \text{ kW}$	Con conductor desnudo y salida a red subterránea	7,681	7,352	8,295
		$1000 \text{ kW} < P_c \leq 2500 \text{ kW}$	Con conductor desnudo y salida a red subterránea	8,207	7,352	8,295
Caja de protección	Subterránea	$P_c \leq 1000 \text{ kW}$	Para celda interior	7,298	7,042	7,259
		$1000 \text{ kW} < P_c \leq 2500 \text{ kW}$	Para celda interior	7,298	7,042	7,259
Sistema de protección y seccionamiento	Aérea	$P_c \leq 100 \text{ kW}$	Con seccionador cut-out	2,743	2,373	2,866
		$100 \text{ kW} < P_c \leq 400 \text{ kW}$	Con seccionador cut-out	2,749	2,376	2,865
		$400 \text{ kW} < P_c \leq 700 \text{ kW}$	Con seccionador cut-out	2,772	2,388	2,873
		$700 \text{ kW} < P_c \leq 1000 \text{ kW}$	Con seccionador cut-out	2,813	2,406	2,876

	Subterránea	1000 kW < Pc ≤ 2500 kW	Con seccionador cut-out	7,959	7,092	7,644
		Pc ≤ 1000 kW	Con seccionador de potencia para celda interior	23,238	24,141	31,210
		1000 kW < Pc ≤ 2500 kW	Con seccionador de potencia para celda interior	35,865	36,882	31,064
Protección sobretensión	Aérea		Para instalación exterior	1,192	1,277	1,641
	Subterránea		Para instalación interior	1,975	2,409	2,730
Zanja (metro lineal)	Aérea/Subterránea		Para PMI o celda interior	67	67	67
Rotura y reparación de vereda (m²)	Aérea/Subterránea		Para PMI o celda interior	145	145	145
Murete	Aérea		Para PMI	332	332	332
Protección de estructuras	Aérea		Bloque de concreto	1,045	1,045	1,045
			Riel de acero	206	206	206

Fuente. Información tomada del pliego tarifario brindada por Osinergmin.

Para los empalmes de acometida, las opciones varían según el tipo de red y la potencia conectada (Pc). En redes aéreas, el empalme con cable autoportante tiene un costo de entre S/ 1,051 y S/ 1,263, mientras que el empalme con conductor desnudo mantiene un costo estándar de S/ 183. En redes subterráneas, el costo del empalme es significativamente mayor, con un valor de S/ 6,986 para potencias hasta 2500 kW, independientemente del nivel de tensión.

En cuanto a los cables de acometida, el costo depende del tipo de salida y la potencia. Por ejemplo, en configuraciones aéreas con cable autoportante y salida a red subterránea, el costo varía de S/ 7,456 a S/ 8,146, según la potencia conectada. Las conexiones con conductor desnudo y salida a red aérea o subterránea presentan costos diferenciados, optimizando los valores de acuerdo con la capacidad de carga requerida.

El sistema de protección y seccionamiento incluye opciones para redes aéreas y subterráneas. En instalaciones aéreas, un seccionador tipo cut-out tiene costos que varían desde S/ 2,373 hasta S/ 7,959, dependiendo del rango de potencia conectada. En instalaciones subterráneas, los seccionadores de potencia, diseñados para celdas interiores, presentan costos más elevados, desde S/ 23,238 hasta S/ 36,882. Otros elementos incluyen la protección contra sobretensión, con tarifas que varían entre S/ 1,192 y S/ 2,730 según el tipo de instalación (exterior o interior), y la zanja por metro lineal, con un costo uniforme de S/ 67 estructurales, como muretes, bloques de concreto y rieles de acero, presentan tarifas estándar, permitiendo una instalación robusta y segura para los equipos de media tensión.

Para las instalaciones en baja tensión en Abancay, los costos de elementos de infraestructura como veredas, muretes y mástiles metálicos están establecidos con el fin de proporcionar una estructura segura y funcional para la distribución de energía eléctrica. Estos componentes son esenciales tanto para proteger las conexiones eléctricas como para integrar las instalaciones en el entorno urbano y residencial (Ver Tabla 4.5).

El costo de rotura y resane de vereda en baja tensión es de S/ 145 por metro cuadrado (m^2), y se aplica cuando es necesario intervenir el pavimento para realizar conexiones eléctricas subterráneas. Este servicio garantiza que, tras la instalación, las áreas afectadas queden

restauradas y seguras para el uso público. Los muretes en baja tensión están diseñados para brindar soporte a las conexiones eléctricas, con costos diferenciados según el tipo de conexión. Para una conexión monofásica, el costo por murete es de S/ 172 por unidad, mientras que, en el caso de una conexión trifásica, el costo asciende a S/ 280, ajustándose a los requerimientos técnicos de cada tipo de conexión ya la mayor capacidad. que exige la trifásica. En cuanto a los mástiles metálicos, utilizados para asegurar las líneas de distribución, se presentan dos opciones de altura: un mástil de 3 metros con un costo de S/ 142 por unidad y otro de 6 metros por S/ 148. La elección de altura permite adaptar la instalación a diversas condiciones del terreno y necesidades del usuario, promoviendo así una distribución confiable y segura.

Tabla 4.5

Costo por vereda, murete y mástil en baja tensión - Soles

Descripción	Unidad	Costo
Rotura y resane de vereda en baja tensión	m ²	145
Murete baja tensión, conexión monofásica	Unidad	172
Murete baja tensión, conexión trifásica	Unidad	280
Mástil metálico de 3 m	Unidad	142
Mástil metálico de 6 m	Unidad	148

Fuente. Elaboración Propia

Este análisis permite entender que una correcta planificación de infraestructura eléctrica puede reducir costos operativos y facilitar la expansión del servicio eléctrico. Asimismo, un control eficiente de la facturación y la medición permitirá a los usuarios conocer el verdadero impacto de su consumo eléctrico en la tarifa aplicada.

4.4. Importes máximos de corte y reconexión

Los importes máximos para los servicios de corte y reconexión en conexiones eléctricas de baja tensión monofásica en Abancay están determinados por el tipo de conexión y el método de intervención. Estos costos reflejan las tarifas establecidas para garantizar un servicio seguro

y accesible, a incluir diferentes modalidades de corte y reconexión en instalaciones con potencias de hasta 10 kW, bajo opciones tarifarias como BT5A, BT5B, BT5C, BT6, BT5F y BT5-I (Ver Tabla 4.6).

Tabla 4.6

Tarifas eléctricas por tipo de conexión y potencia

Tipo de Conexión	Descripción		Costo Total (S/.)
	Tipo	Modalidad	
Monofásica hasta 10 kW BT5A- BT5B- BT5C-BT6- BT5F-BT5-I	Corte	Fusible o interruptor (tapa sin ranura)	8.13
		Interruptor (tapa con ranura)	10.99
		Caja de medición (aislamiento acometido)	11.98
		Línea aérea (empalme)	28.97
	Reconexión	Fusible o interruptor (tapa sin ranura)	10.64
		Interruptor (tapa con ranura)	13.44
		Caja de medición (aislamiento acometido)	14.59
		Línea aérea (empalme)	35.03

Fuente. Elaboración Propia

Para el servicio de corte, los costos varían según el tipo de intervención requerida. La opción más básica, el corte mediante fusible o interruptor con tapa sin ranura, tiene un costo de S/ 8.13, mientras que el uso de un interruptor con tapa ranurada incrementa el importe a S/ 10.99. Para una mayor protección, como en el caso de cortes en la caja de medición con aislamiento en el acometido, el costo es de S/ 11.98, y para cortes en la línea aérea (mediante empalme), el valor es de S/ 28.97.

En cuanto a la reconexión, los costos también dependen de la modalidad. La reconexión mediante fusible o interruptor con tapa sin ranura tiene un valor de S/ 10.64, mientras que la opción con tapa ranurada asciende a S/ 13.44. En el caso de reconexión en la caja de medición con aislamiento en el acometido, el costo es de S/ 14.59, y la reconexión en la línea aérea

mediante empalme tiene una importación de S/ 35.03. Estas importaciones buscan cubrir los costos operativos de los servicios de corte y reconexión, permitiendo a los usuarios de baja tensión en Abancay acceder a opciones seguras y económicamente viables en sus instalaciones eléctricas.

En las conexiones eléctricas monofásicas con potencias de hasta 10 kW, los costos de traslado y reinstalación varían en función del tipo de conexión y la ubicación, con tarifas diferenciadas para áreas urbanas y rurales en Abancay. Este desglose tarifario, aplicable a opciones como BT5A, BT5B, BT5C, BT6, BT5F y BT5-I, busca cubrir los gastos de transporte y operación para asegurar la continuidad y calidad del servicio eléctrico (Ver Tabla 4.7).

Tabla 4.7

Costos de traslado y reinstalación para conexiones eléctricas monofásicas

		Descripción		Costo Total (S/.)	
Tipo de Conexión	Tipo	Modalidad	Traslado	Urbana Provincia	Rural
Monofásica hasta 10 kW BT5A-BT5B-BT5C-BT6-BT5F-BT5-I	Retiro	RT conexión aérea	Camioneta	62.98	62.46
		RT conexión subterránea	Camioneta	59.46	59.72
		RT conexión mixta	Camioneta	59.46	59.72
	Reinstalación	RI conexión aérea	Camioneta	102.93	110.23
		RI conexión subterránea	Camioneta	79.04	84.89
		RI conexión mixta	Camioneta	79.04	84.89

Fuente. Elaboración Propia

Para el servicio de retiro, los costos están determinados por el tipo de conexión. En conexiones aéreas, el costo del traslado en camioneta es de S/ 62.98 en zonas urbanas y S/ 62.46 en áreas rurales. Las conexiones subterráneas y mixtas tienen un costo ligeramente inferior, de S/ 59.46 en áreas urbanas y S/ 59.72 en rurales, reflejando las variaciones logísticas y técnicas según el tipo de instalación. En el caso de la reinstalación, los costos también varían según el tipo de conexión. Para reinstalaciones en conexiones aéreas, el costo es de S/ 102.93

en zonas urbanas y se eleva a S/ 110.23 en áreas rurales. Las conexiones subterráneas y mixtas presentan costos de reinstalación de S/ 79.04 en zonas urbanas y de S/ 84.89 en áreas rurales, ofreciendo una opción accesible y adaptada a las condiciones locales.

Ahora para las conexiones eléctricas monofásicas de hasta 10 kW en Abancay, los costos de corte, reconexión, retiro y reinstalación están detallados en función del tipo de conexión y la modalidad de servicio, con tarifas diferenciadas entre áreas urbanas y rurales. Estas tarifas se aplican a las opciones tarifarias BT5A, BT5B, BT5C, BT6, BT5F y BT5-I, ajustadas a los requisitos específicos de cada intervención (Ver Tabla 4.8).

Tabla 4.8

Costos de corte y reinstalación para conexiones monofásicas

		Descripción		Costo Total (S/.)	
Tipo de Conexión	Tipo	Modalidad	Traslado	Urbana Provincia	Rural
Monofásica hasta 10 kW BT5A-BT5B-BT5C-BT6-BT5F-BT5-I	Corte	Caja de medición (aislamiento acometido bloqueada)	Camioneta	26.99	31.42
	Reconexión	Caja de medición (aislamiento acometido bloqueada)	Camioneta	25.08	29.50
	Retiro	RT conexión subterránea (empalme y cable de acometida)	Camioneta	206.84	214.11
		RT conexión mixta (empalme y cable de acometida)	Camioneta	206.84	214.11
	Reinstalación	RI conexión subterránea (empalme y cable de acometida)	Camioneta	279.96	289.67
		RI conexión mixta (empalme y cable de acometida)	Camioneta	279.96	289.67

Fuente. Elaboración Propia

En el servicio de corte, realizado en la caja de medición con aislamiento en acometida bloqueada, el costo es de S/ 26.99 en zonas urbanas y S/ 31.42 en áreas rurales, reflejando las particularidades de cada entorno en la prestación del servicio. Para el servicio de reconexión en la misma modalidad, el costo es de S/ 25.08 en áreas urbanas y se incrementa a S/ 29.50 en

zonas rurales. Los costos de retiro varían según el tipo de conexión. En conexiones subterráneas y mixtas, el traslado para retiro mediante empalme y cable de acometida tiene un costo de S/ 206.84 en áreas urbanas y S/ 214.11 en zonas rurales, adaptándose a la infraestructura de cada área. En cuanto a la reinstalación, tanto en conexiones subterráneas como mixtas, el costo asciende a S/ 279.96 en áreas urbanas ya S/ 289.67 en zonas rurales, cubriendo los gastos técnicos y logísticos para reestablecer la conexión de manera segura y eficiente.

Actualmente, estos procesos requieren intervención manual, lo que incrementa los costos operativos y prolonga el tiempo de restablecimiento del servicio. La implementación de medidores inteligentes permitirá realizar cortes y reconexiones de manera remota, eliminando los costos operativos asociados y garantizando una gestión más eficiente de los suministros.

CAPÍTULO V

INCORPORACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la incorporación del sistema de medición inteligente en el servicio de distribución eléctrica de Electro Sur Este, una tecnología implementada para optimizar la precisión en la medición y facturación del consumo en una concesión amplia y geográficamente diversa. Este sistema permite obtener lecturas remotas y monitorear la calidad del suministro en tiempo real, minimizando la necesidad de visitas físicas y aumentando la eficiencia operativa en áreas de difícil acceso. La tecnología de medición inteligente facilita la adhesión a los estándares de calidad definidos por OSINERGMIN, en particular los del procedimiento 115-2017-OS/CD, mejorando la exactitud y transparencia en la facturación. Además, contribuye a una relación más confiable entre la empresa y los usuarios, ya que permite una facturación ajustada al consumo real y asegura un servicio eficiente y confiable en cada punto de la red.

Para la implementación del sistema de medición inteligente se evaluaron diversas opciones tecnológicas para la transmisión de datos, considerando alternativas como redes de comunicación celular (GSM, LTE), redes de radiofrecuencia (RF) y redes de fibra óptica. Sin embargo, se optó por la red WiFi debido a las siguientes limitaciones económicas y normativas:

1. Altos costos de infraestructura y operación:

- La instalación de una red de comunicación más amplia, como una red de radiofrecuencia propia o una red basada en tecnología LTE, requiere una inversión significativa en torres de transmisión, antenas y licencias de espectro.
- La alternativa de usar redes celulares (GSM o LTE) implicaba costos recurrentes de servicio y dependencia de operadores móviles, lo que encarecería el sistema y reduciría la autonomía del proyecto.

2. Restricciones normativas y alcance del estudio:

- OSINERGMIN y la regulación vigente limitan la intervención en suministros de terceros, lo que impide realizar pruebas a gran escala sin acuerdos específicos con clientes.
- Por este motivo, la investigación se restringió a un solo suministro, lo que hacía inviable la instalación de una infraestructura de comunicación más compleja para una cantidad reducida de medidores.

3. Minimización de riesgos y reclamos de clientes:

- La implementación de una red más amplia podría generar inquietudes entre los usuarios sobre la privacidad y seguridad de los datos.
- En experiencias previas, algunos clientes han manifestado preocupaciones sobre cambios en la medición de su consumo, lo que podría derivar en reclamos y resistencias a la implementación de la tecnología.

Dado este contexto, la red WiFi fue la solución más viable, ya que permite una implementación rápida, con costos mínimos y sin necesidad de intervención en la infraestructura de terceros. Aunque esta tecnología tiene limitaciones en cobertura y estabilidad, resulta adecuada para la fase inicial de la investigación, permitiendo evaluar la viabilidad del sistema antes de una posible expansión con tecnologías más robustas.

5.2. Medidor SONOFF POW RING

Para la incorporación del sistema de medición inteligente, se ha seleccionado el medidor SONOFF POW RING modelo POWCT como el dispositivo ideal, dada su capacidad para cumplir con los requisitos técnicos y operativos necesarios en el contexto de Electro Sur Este. Este equipo no solo permite un monitoreo preciso y en tiempo real del consumo eléctrico,

sino que también ofrece una conectividad confiable y segura a través de Wi-Fi, lo cual facilita el acceso remoto a los datos de consumo sin necesidad de visitas físicas constantes.

La elección del SONOFF POW RING se fundamenta en varias características clave:

Rango de Detección de Corriente: Con capacidad para medir hasta 100 A, este medidor cumple con la categoría de medición CAT II y es adecuado para el rango de tensión utilizado en la red de distribución de la empresa. Esto permite registrar con exactitud tanto consumos bajos como altos, cubriendo así una amplia variedad de usuarios.

- a) Seguridad y facilidad de instalación:** El transformador de corriente de núcleo dividido permite su instalación sin contacto directo con cables activos, reduciendo el riesgo de accidentes eléctricos y facilitando un montaje seguro y rápido, lo cual es esencial en áreas con limitaciones de acceso.
- b) Retención de datos y análisis:** Este medidor ofrece almacenamiento de datos históricos de hasta 6 meses, una característica fundamental para el análisis del consumo y la detección de patrones en los usuarios. Además, su capacidad para retener datos durante cortes de energía asegura la continuidad del registro de información, indispensable para mantener la precisión en la facturación.
- c) Control de contactores y confiabilidad operativa:** Equipado con un relé de contacto seco de 2A, el SONOFF POW RING permite la conmutación de cargas en combinación con un contactor, lo cual agrega un nivel de control sobre el flujo de energía en casos específicos. Asimismo, el equipo ha sido sometido a pruebas rigurosas, como resistencia a rayos y condiciones extremas, garantizando su durabilidad y confiabilidad en distintos entornos.

Estas características hacen del SONOFF POW RING una solución adecuada para las necesidades de Electro Sur Este, permitiendo monitorear el consumo energético de manera eficiente y cumpliendo con los estándares de seguridad y precisión exigidos por la normativa vigente. La elección de este dispositivo responde a la búsqueda de una tecnología que no solo mejora la exactitud de la facturación, sino que además mejora el funcionamiento y simplifica el cumplimiento regulatorio, asegurando un servicio confiable para los usuarios.

Figura 5.1

Medidor SONOFF POW RING modelo POWCT



Fuente. Tomado de MiaMa (2024)

El medidor SONOFF POW Ring opera mediante una red WLAN (Wireless Local Area Network) de 2.4 GHz, permitiendo la transmisión continua y remota de datos energéticos hacia la plataforma de gestión eWeLink. La tecnología WLAN ofrece una conexión inalámbrica de corto alcance, ideal para aplicaciones residenciales o de pequeña escala, donde no se dispone de infraestructura de red cableada. Gracias a esta conectividad, se elimina la necesidad de

intervenciones físicas para la recolección de datos, permitiendo monitoreo en tiempo real, corte y reconexión remota, y acceso inmediato al historial de consumo por parte del usuario o el operador del sistema.

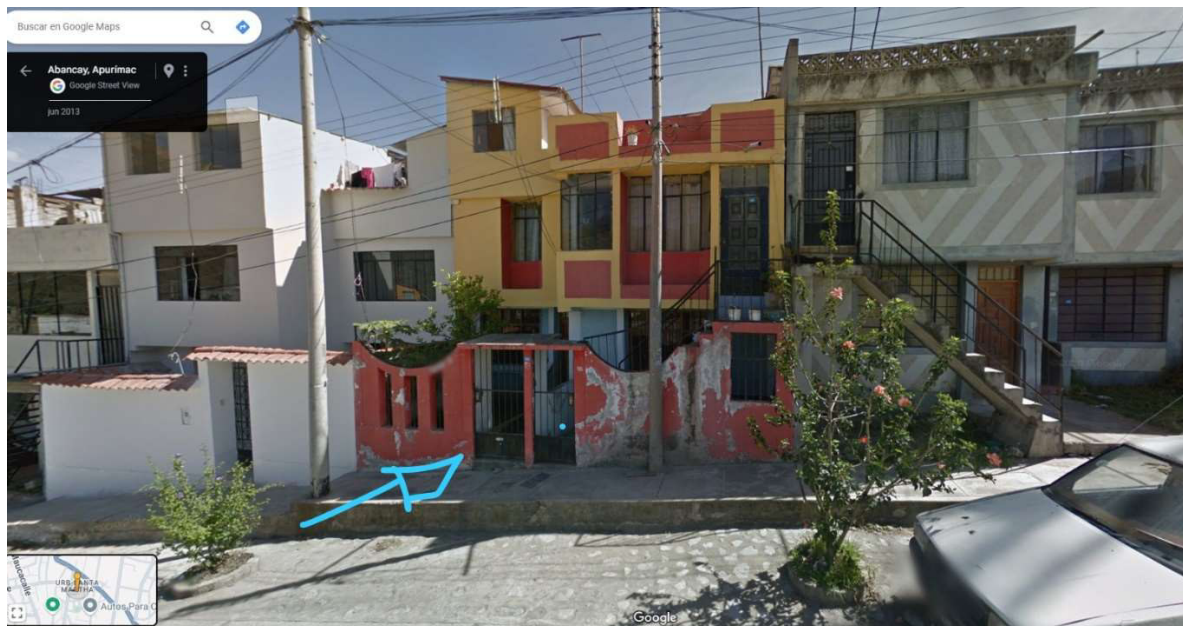
5.3. Criterios de selección del usuario para la instalación del medidor inteligente

Para la instalación del medidor inteligente, se establecen criterios específicos orientados a identificar aquellos usuarios cuya situación presenta mayores dificultades en la toma de lecturas y donde el beneficio de un sistema de medición remota sería más significativo. Tras un diagnóstico a nivel de las subestaciones en la ciudad de Abancay, se seleccionó la SED 1000043 ubicada en Jr. Cusco, donde se obtuvo una alta frecuencia de facturaciones promedio consecutivas debido a limitaciones en el acceso a los medidores.

Dentro de esta subestación, se identificó un cliente particular que cumple con los criterios definidos para la implementación del medidor inteligente (Ver Figura 5.2), el cual utilice la opción tarifaria BT5B (2 hilos), una tarifa adecuada para usuarios residenciales con características de consumo moderado. Este cliente posee dos medidores monofásicos, uno de los cuales presentó un reclamo por facturación excesiva en octubre de 2023. Además, cuenta con una orden de trabajo para la reubicación de los medidores internos, los cuales se encuentran inaccesibles debido a su ubicación en el interior del domicilio, protegido por rejas que el cliente instaló por motivos de seguridad. El cliente ha manifestado que, por razones económicas, no puede realizar los ajustes necesarios para que el acceso sea más viable.

Figura 5.2

Ubicación del domicilio para la instalación del medidor inteligente



Fuente. Tomado de empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A

A lo largo de 2023, el proceso de lectura se realizó con normalidad en esta vivienda, aunque con ciertas complicaciones. El personal técnico debía tocar la puerta del domicilio y esperar a que el cliente guardara a su mascota, lo cual ralentizaba la actividad de toma de lecturas y generaba contratiempos en el trabajo del personal. En noviembre de 2023, debido a la inaccesibilidad del medidor, la facturación se realizó mediante un consumo promedio de 58 kWh, de acuerdo con la normativa vigente que permite a la empresa concesionaria aplicar una facturación promedio cuando no es posible acceder a la lectura. Este promedio se calcula en base a los consumos de los seis meses anteriores.

Estos factores hicieron de este usuario un candidato ideal para la instalación del medidor inteligente, ya que este sistema permitirá obtener lecturas remotas y precisas, eliminando la necesidad de acceso físico al medidor y mejorando la precisión en la facturación. El diagnóstico realizado en el domicilio del usuario reveló dos problemas principales que

retrasaron la instalación del medidor inteligente: el acceso restringido al medidor y la presencia de una mascota de comportamiento agresivo (Ver Figura 5.3).

Figura 5.3

Domicilio cerrado con mascota agresiva



Fuente. Tomado de empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A

El cliente ha instalado rejas en su propiedad para mayor seguridad, lo cual dificulta el acceso directo al medidor ubicado dentro de la vivienda. Además, la presencia de un perro que representa un riesgo para el personal técnico implica que cada visita requiere una coordinación previa para asegurar a la mascota, lo cual añade tiempo y complejidad al proceso de toma de lectura. Por estos motivos anteriormente descritos se decidió la elección de este cliente en particular, después de coordinaciones con el cliente se realizó la instalación de medidor inteligente el Domingo 07 de enero 2024 con la autorización y acceso al interior donde se encuentra el medidor del usuario previa coordinación con el mismo, explicándole la finalidad de la implementación del medidor, así mismo se pudo indagar que gran parte de la familia saldría de viaje de vacaciones partes del mes de enero, febrero y parte de marzo y quedándose

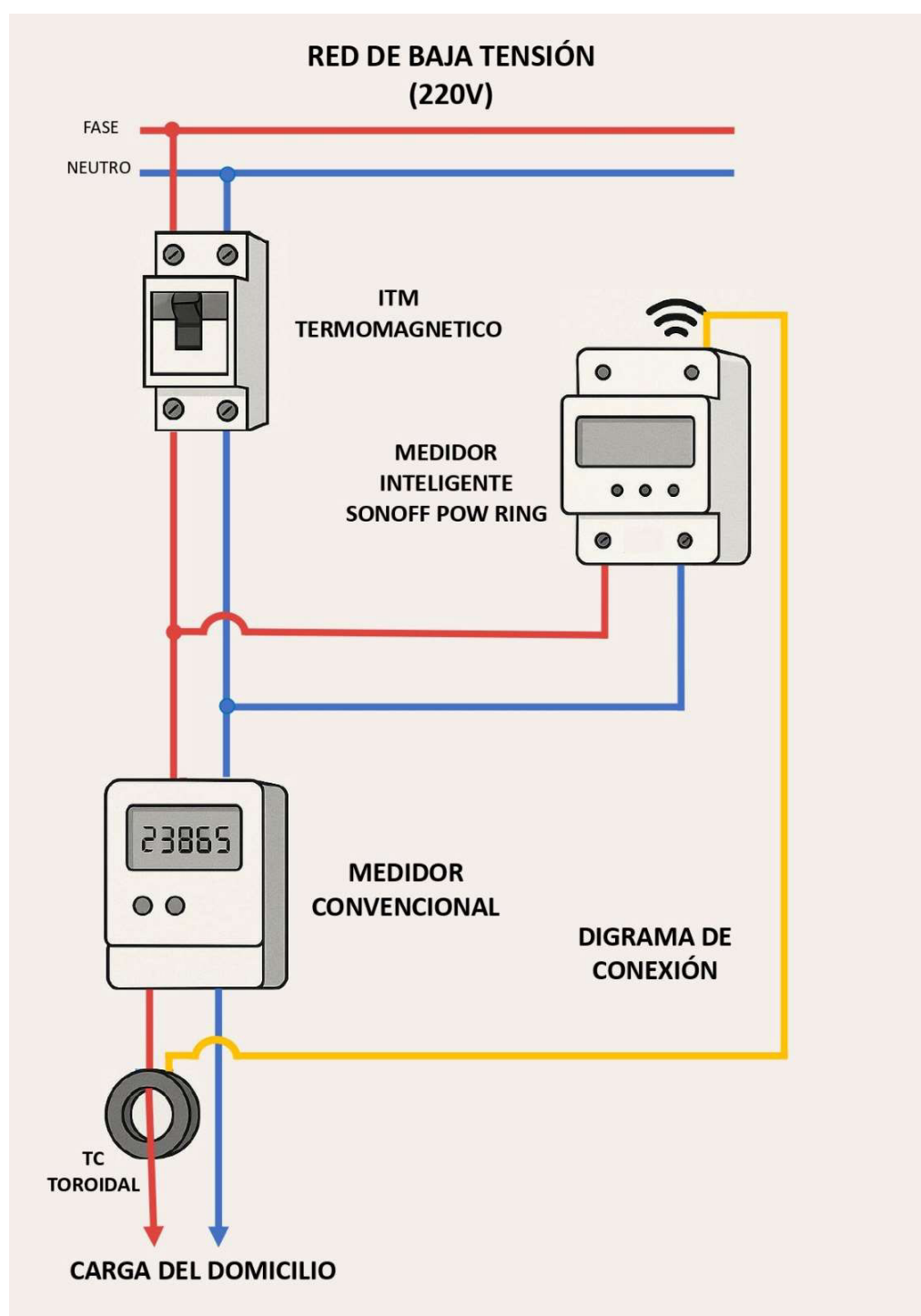
a cargo del domicilio una sola persona de las 4 que viven en cada piso, el cual nos pone en cuenta que su consumo debería bajar esos próximos meses las cuales se verán al final de la investigación si es correcta esa hipótesis. La instalación se realiza precisamente días antes del día 09 del mes, ya que según el cronograma comercial de la empresa distribuidora las lecturas se realizan cada 9 de cada mes, así mismo también porque en el domicilio del usuario solo disponen de tiempo los domingos, por estos motivos se programa la instalación del medidor para esa fecha.

5.3.1. Instalación del medidor inteligente

Para la implementación del sistema de medición inteligente, se empleó una configuración en paralelo que permite mantener operativo el medidor convencional mientras se incorpora el SONOFF POW Ring. En el esquema se observa la inclusión de un transformador toroidal (TC) para la detección de corriente, conectado sin necesidad de modificar el sistema principal. Esta disposición asegura la obtención de datos en tiempo real mediante conexión Wi-Fi, garantizando precisión en el monitoreo del consumo eléctrico sin afectar la infraestructura existente.

Figura 5.4

Diagrama de conexión del medidor inteligente SONOFF POW Ring



Fuente. Elaboración Propia

Es importante señalar que el medidor inteligente SONOFF POW Ring cuenta con la capacidad de realizar cortes y reconexiones remotas de energía eléctrica, función que se ejecuta

de forma automatizada o programada según parámetros definidos desde la plataforma de control. Esta funcionalidad permite prescindir de intervenciones físicas en el domicilio para dichos procesos. Por otro lado, el interruptor termomagnético (ITM) instalado en el sistema actúa como elemento de protección eléctrica y permanece activo en todo momento, cumpliendo su función de resguardar la instalación ante sobrecargas o cortocircuitos. Su operación es independiente del medidor inteligente y no se ve afectada por las órdenes de conexión o desconexión emitidas remotamente.

La instalación del medidor inteligente en el domicilio seleccionado comenzó con el ingreso del técnico al perímetro exterior de la propiedad, como se observa en la Figura 5.5. Dado que el medidor actual estaba ubicado en una zona inaccesible desde el exterior y protegido por rejas, el personal técnico necesitó coordinar previamente con el cliente para asegurar el acceso al dispositivo. Esta actividad fue realizada siguiendo protocolos de seguridad, ya que el domicilio presenta condiciones especiales, como la presencia de una mascota (perro) en el área de acceso. El técnico verificó que el cliente asegurara a la mascota antes de proceder con la instalación, garantizando así tanto la seguridad del personal como la integridad del equipo a instalar.

Figura 5.5*Ingreso al domicilio*

Fuente. Tomado de empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A

En la Figura 5.6 se observa el proceso de instalación del sistema de medición inteligente en el domicilio seleccionado. El técnico realiza la conexión del medidor inteligente en el panel de medición, siguiendo los protocolos de seguridad y operación definidos, tales como el Protocolo de Seguridad en Instalaciones Eléctricas y el Protocolo de Manipulación de Equipos de Medición. Estos protocolos incluyen el uso de equipo de protección personal (EPP), verificación de ausencia de corriente antes de la manipulación y aseguramiento adecuado de los cables y dispositivos. Esta fase de instalación permitió activar el sistema de monitoreo

remoto, el cual permite registrar y transmitir el consumo eléctrico del usuario mediante conectividad Wi-Fi sin la necesidad de visitas periódicas al domicilio.

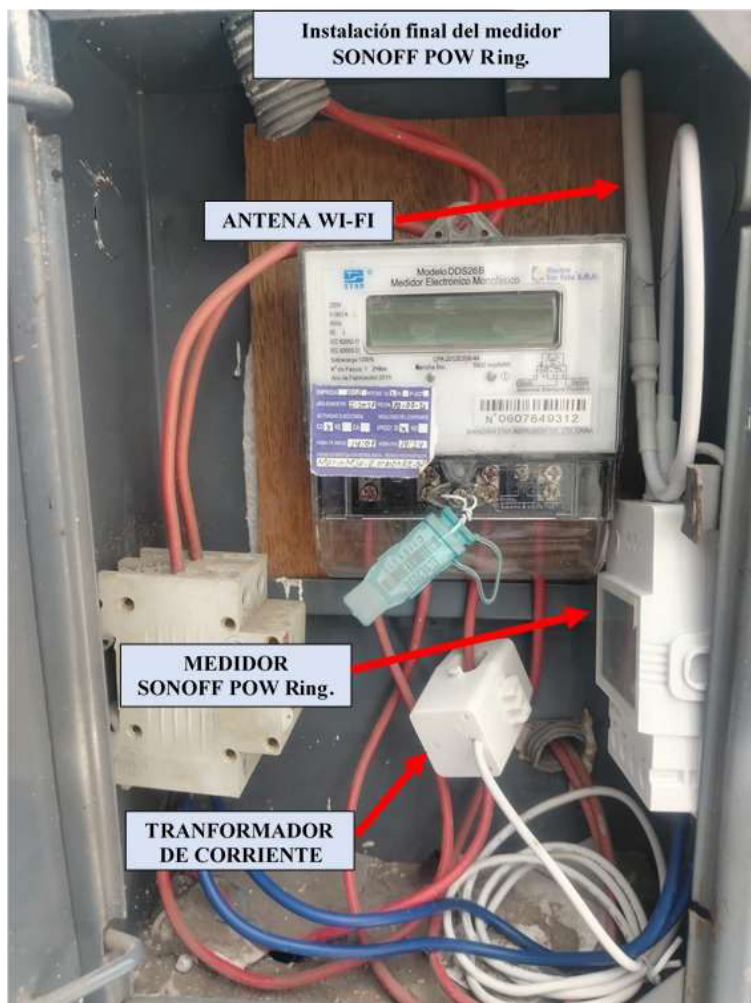
Figura 5.6

Instalación del sistema de medición inteligente en el domicilio



Fuente. Tomado de empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A

La Figura 5.7 muestra la instalación final del medidor inteligente SONOFF POW RING, incluyendo sus componentes clave: la antena Wi-Fi, el medidor principal SONOFF POW RING y el transformador de corriente. Esta configuración ha sido diseñada para optimizar la medición y monitoreo del consumo eléctrico en tiempo real, permitiendo una facturación precisa y minimizando la necesidad de acceso físico al medidor.

Figura 5.7*Instalación final del medidor SONOFF POW RING*

Fuente. Tomado de empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A

- a) **Antena Wi-Fi:** La incorporación de una antena Wi-Fi permite al medidor conectarse a la red inalámbrica y transmitir datos de consumo a la plataforma de monitoreo en tiempo real. Esta capacidad es fundamental, ya que elimina la dependencia de visitas físicas para la lectura de consumos, una solución ideal en situaciones donde el acceso al medidor es limitado o restringido, como en este caso. La transmisión remota de datos asegura que la facturación se base en mediciones exactas y actualizadas, mejorando la transparencia y confiabilidad del servicio.

b) Medidor SONOFF POW RING: El medidor actúa como el núcleo del sistema de medición inteligente, registrando el consumo de energía con alta precisión. Este dispositivo permite monitorear de forma constante y confiable el consumo eléctrico del usuario, almacenando los datos y manteniendo un historial que puede ser consultado en caso de requerirse un análisis detallado del uso de energía. Su estructura reducida y su aptitud para conectarse con la antena Wi-Fi hacen del SONOFF POW RING una herramienta eficiente y moderna para optimizar la gestión de energía en instalaciones residenciales.

c) Transformador de corriente: El transformador de corriente, de tipo núcleo dividido, permite medir la corriente sin contacto directo con los cables activos, lo que garantiza una instalación segura para el técnico. Este transformador tiene una capacidad de medición de hasta 100A, lo cual es suficiente para cubrir los rangos de consumo típicos en el entorno residencial del usuario seleccionado. Además, su diseño facilita la instalación y mantenimiento, permitiendo un acceso rápido en caso de que sea necesario algún ajuste o revisión.

Durante la instalación:

- Primero, se toma la lectura del medidor de la empresa concesionaria. Luego, se procede a bajar el interruptor termomagnético e instalar el medidor inteligente en paralelo. Se coloca la abrazadera del transformador de corriente de núcleo dividido en la fase de ingreso a la carga, con capacidad para detectar corriente de hasta 100 Amperios sin contacto directo con los cables activos, lo cual elimina el riesgo de descarga eléctrica.
- A continuación, se revisa el circuito y se realiza la energización al volver a activar el interruptor termomagnético, verificando el encendido del medidor inteligente SONOFF

POW RING. Posteriormente, se revisan los valores de corriente, tensión y potencia, y se configura el dispositivo mediante la aplicación eWeLink para su operatividad. La conexión a la red Wi-Fi del usuario permite el envío de información de forma remota y el monitoreo a través de la aplicación móvil o la plataforma eWeLink Web.

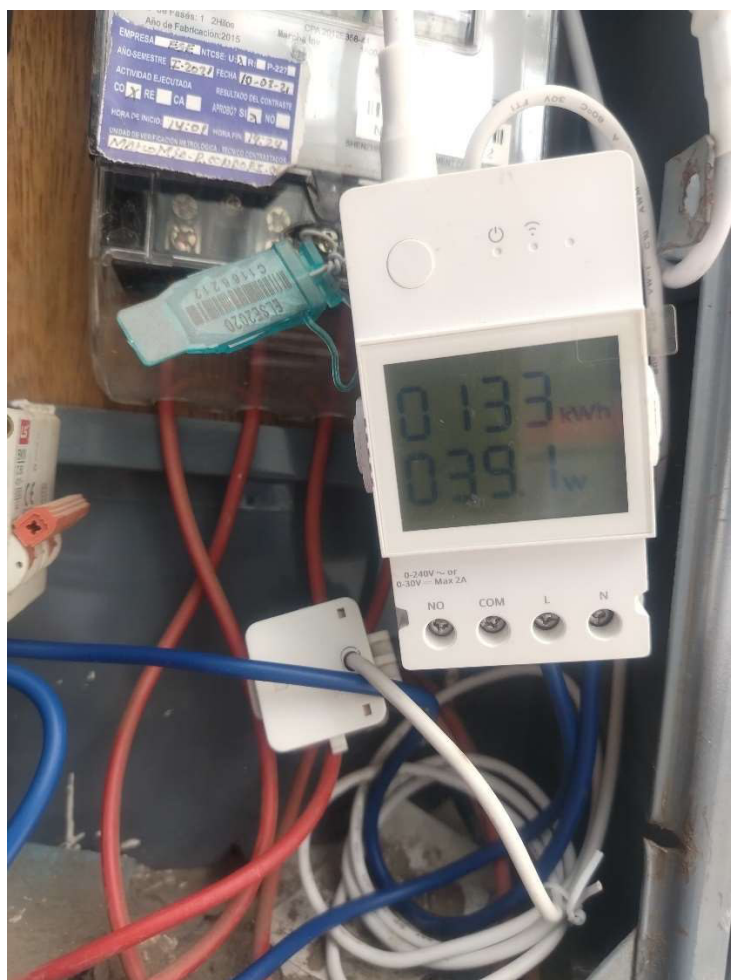
- Finalmente, una vez verificadas la conectividad y el funcionamiento, se procede a cerrar la caja de toma del medidor, completando así la instalación.

En la Figura 5.8 se presenta el medidor inteligente SONOFF POW RING operando en tiempo real, mostrando el consumo acumulado en kilovatios hora (kWh) y la potencia instantánea en vatios (W). Este sistema permite una medición continua y precisa del consumo eléctrico, eliminando la dependencia de estimaciones o promedios y garantizando que la facturación refleje el consumo exacto del usuario. La capacidad de este medidor para registrar datos de consumo en tiempo real y transmitirlos automáticamente a la plataforma de monitoreo mediante conexión Wi-Fi es clave para superar los desafíos de accesibilidad en el domicilio del usuario. Gracias a esta tecnología, la empresa puede evitar visitas frecuentes, ya que el consumo se registra y transmite de manera continua y sin interrupciones, incluso en situaciones donde el acceso físico al medidor es complicado o llega.

Además, el monitoreo en tiempo real permite detectar patrones de consumo específicos y analizar tendencias, lo cual es útil tanto para el cliente, que puede ajustar sus hábitos de consumo, como para la empresa, que puede prever y gestionar la demanda de energía de manera más efectivo. La transmisión remota de datos también asegura que, en caso de anomalías o incrementos inusuales en el consumo, tanto el usuario como la empresa pueden ser notificados de inmediato, mejorando la capacidad de respuesta ante posibles problemas.

Figura 5.8

Medidor inteligente en funcionamiento: Registro de consumo en tiempo real



Fuente. Tomado de empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A

5.4. Monitoreo del medidor inteligente

El monitoreo del consumo eléctrico mediante un sistema de medición inteligente es crucial para garantizar la precisión y eficiencia en la facturación. En este apartado, se presenta el monitoreo realizado entre los consumos reales registrados por el medidor inteligente SONOFF POW RING y los valores facturados por la empresa distribuidora ELSE. Este monitoreo busca evidenciar las diferencias entre el consumo real y el consumo facturado, analizando cómo el uso de tecnología avanzada puede optimizar el proceso de facturación y eliminar la dependencia de estimaciones o promedios. La Tabla 5.1, muestra los datos

recolectados desde el mes de enero hasta el mes de octubre 2024, comparando el consumo registrado por el medidor inteligente con el consumo facturado por la distribuidora.

Tabla 5.1

Consumo SonOff vs. Consumo Facturado por ELSE

Periodo	Fecha	Consumo medidor SonOff (kWh)	Consumo ELSE
Ene-24	9/12/2023	111.24	-
	7/01/2024 (instalación)	1.86	-
	8/01/2024	2.16	-
	9/01/2024	Total 115	INA 70 (PROMEDIO)
Feb-24	9/02/2024	46	INA 70 (PROMEDIO)
Mar-24	9/03/2024	62	INA 70 (PROMEDIO)
Abr-24	9/04/2024	64	77
May-24	9/05/2024	84	INA 70 (PROMEDIO)
Jun-24	9/06/2024	97	INA 70 (PROMEDIO)
Jul-24	9/07/2024	90	131
Ago-24	9/08/2024	87	INA 70 (PROMEDIO)
Set-24	9/09/2024	138	INA 70 (PROMEDIO)
Oct-24	9/10/2024	119	204

Fuente. Elaboración Propia

A continuación, se destacan los principales puntos del análisis:

a) Periodo inicial (año de 2024):

- El consumo registrado por el medidor inteligente fue de 115 kWh, mientras que ELSE facturó 70 kWh promedio, debido a que no se realizó una lectura real. Esto resalta la falta de precisión en el sistema tradicional.

- La instalación del medidor SONOFF a inicios de enero permitió un monitoreo más detallado desde ese momento.

b) Discrepancias en meses consecutivos (febrero a junio de 2024):

- Durante este período, ELSE continuó utilizando consumos promedio de 70 kWh, mientras que el medidor inteligente mostró variaciones en el consumo real, con valores como 46 kWh (febrero), 62 kWh (marzo) y 97 kWh (junio). Estas diferencias evidencian inconsistencias entre el consumo real y el consumo facturado.

c) Meses con lecturas reales (abril, julio y octubre de 2024):

- En abril, se facturó un valor cercano al consumo real, con una pequeña diferencia entre los 64 kWh medidos y los 77 kWh facturados.
- En julio, la distribuidora facturó 131 kWh, superando el consumo real registrado de 90 kWh.
- En octubre, el consumo facturado por ELSE fue 204 kWh, muy superior a los 119 kWh medidos por el SONOFF, posiblemente debido a ajustes o regularizaciones.

d) Meses con consumos promedio persistentes (mayo, agosto y septiembre de 2024)

- En estos meses, el medidor registró consumos reales, como 84 kWh (mayo) y 138 kWh (septiembre), pero la distribuidora inteligente mantuvo valores promedio de 70 kWh. Esto resalta la dependencia de las estimaciones en el sistema tradicional, incluso con datos reales disponibles.

Como parte del análisis del consumo eléctrico registrado por el medidor inteligente SONOFF POW RING, se presenta un resumen detallado de los consumos registrados en

periodos mensuales consecutivos. Este resumen, basado en los datos de los Anexos N° 2 y N° 3, permite observar con claridad la variación del consumo eléctrico en intervalos aproximados de 30 días, correspondientes a los periodos regulares de facturación. Si bien el número exacto de días varía según el mes (por ejemplo, 29 días en febrero y 31 días en enero), el sistema se encuentra configurado para emitir registros y facilitar el procesamiento de facturas al cierre de cada mes calendario. Esta información complementa la Tabla 5.2, enfocándose en el comportamiento del consumo dentro del tiempo promedio de emisión de facturas y resaltando la utilidad del medidor inteligente en la mejora de la precisión y eficiencia del proceso de facturación eléctrica.

Tabla 5.2
Resumen de Consumo del medidor SonOff

De	Hasta	Días	Consumo (kWh)
9 diciembre 2023	9 enero 2024	31	115
9 enero 2024	9 febrero 2024	31	46
9 febrero 2024	9 marzo 2024	29	62
9 marzo 2024	9 abril 2024	31	64
9 abril 2024	9 mayo 2024	30	84
9 mayo 2024	9 junio 2024	31	97
9 junio 2024	9 julio 2024	30	90
9 julio 2024	9 agosto 2024	31	87
9 agosto 2024	9 septiembre 2024	31	138
9 septiembre 2024	9 octubre 2024	30	119

Fuente. Elaboración Propia

Por consiguiente, se destacan los puntos clave:

- a) Inicio del registro de consumo con el medidor inteligente:**
- El primer período abarca del 9 de diciembre de 2023 al 9 de enero de 2024, donde se registró un consumo total de 115 kWh, incluyendo el impacto de

festividades como Navidad y Año Nuevo. Esto se alinea con el análisis previo que identificó un incremento en el uso de energía en ese período.

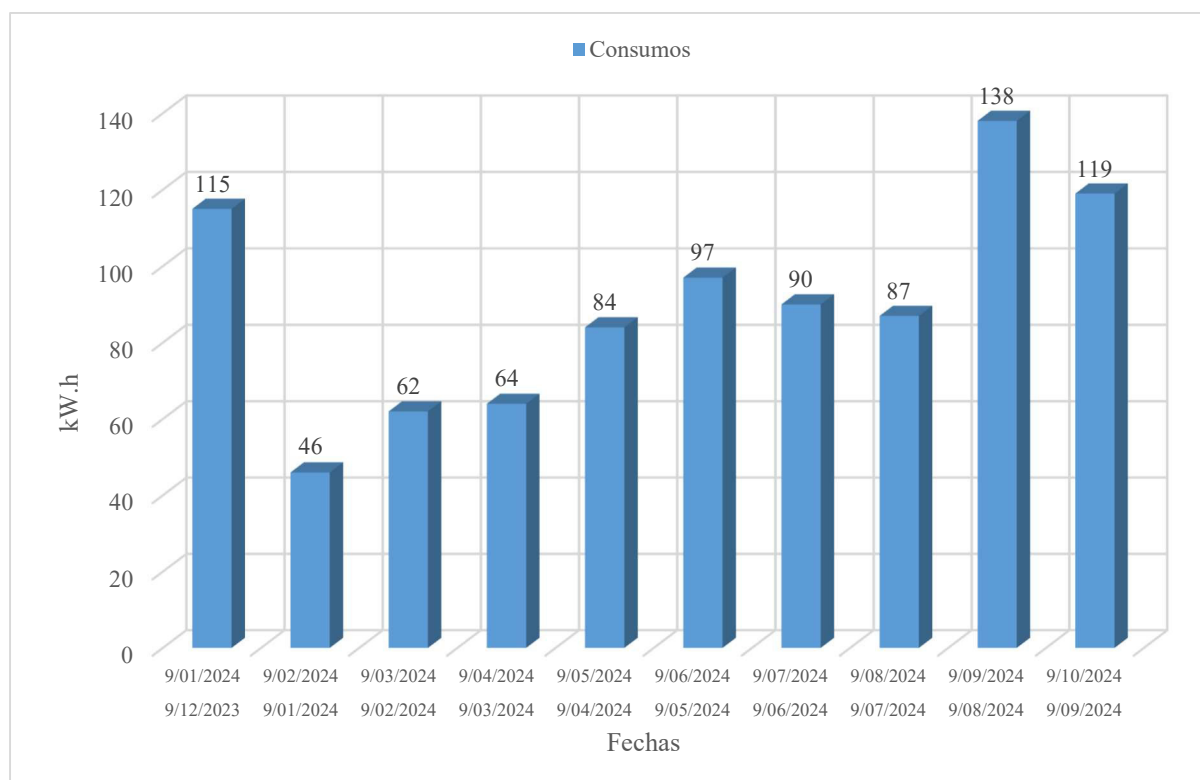
b) Variación mensual del consumo:

- Los valores de consumo registrados reflejan fluctuaciones mensuales, con periodos de mayor consumo en mayo (84 kWh), junio (97 kWh) y septiembre (138 kWh), posiblemente debido a factores estacionales o hábitos de consumo del usuario.
- En otros meses, como febrero y marzo, se registraron valores más bajos (46 kWh y 62 kWh, respectivamente), lo que puede estar relacionado con cambios en el uso de energía o menos actividad en el hogar.

c) Consumo continuo y regularidad en los datos:

- A diferencia de las facturaciones promediadas de la distribuidora, el medidor inteligente proporcionó datos reales y continuos en cada período, lo que garantiza una mayor transparencia y precisión en el monitoreo del consumo eléctrico.

La Figura 5.9, presenta una representación gráfica del consumo eléctrico registrada mensualmente por el medidor inteligente SONOFF POW RING. Esta figura fue elaborada a partir de los datos sintetizados en la Tabla 17, que recopila información derivada de los Anexos N° 2 y N° 3 del análisis registrado del uso del medidor inteligente. La gráfica ilustra los valores de consumo real medidos en el intervalo que va del 9 de diciembre de 2023 al 9 de octubre de 2024, proporcionando una visión de las variaciones mensuales en el uso de energía.

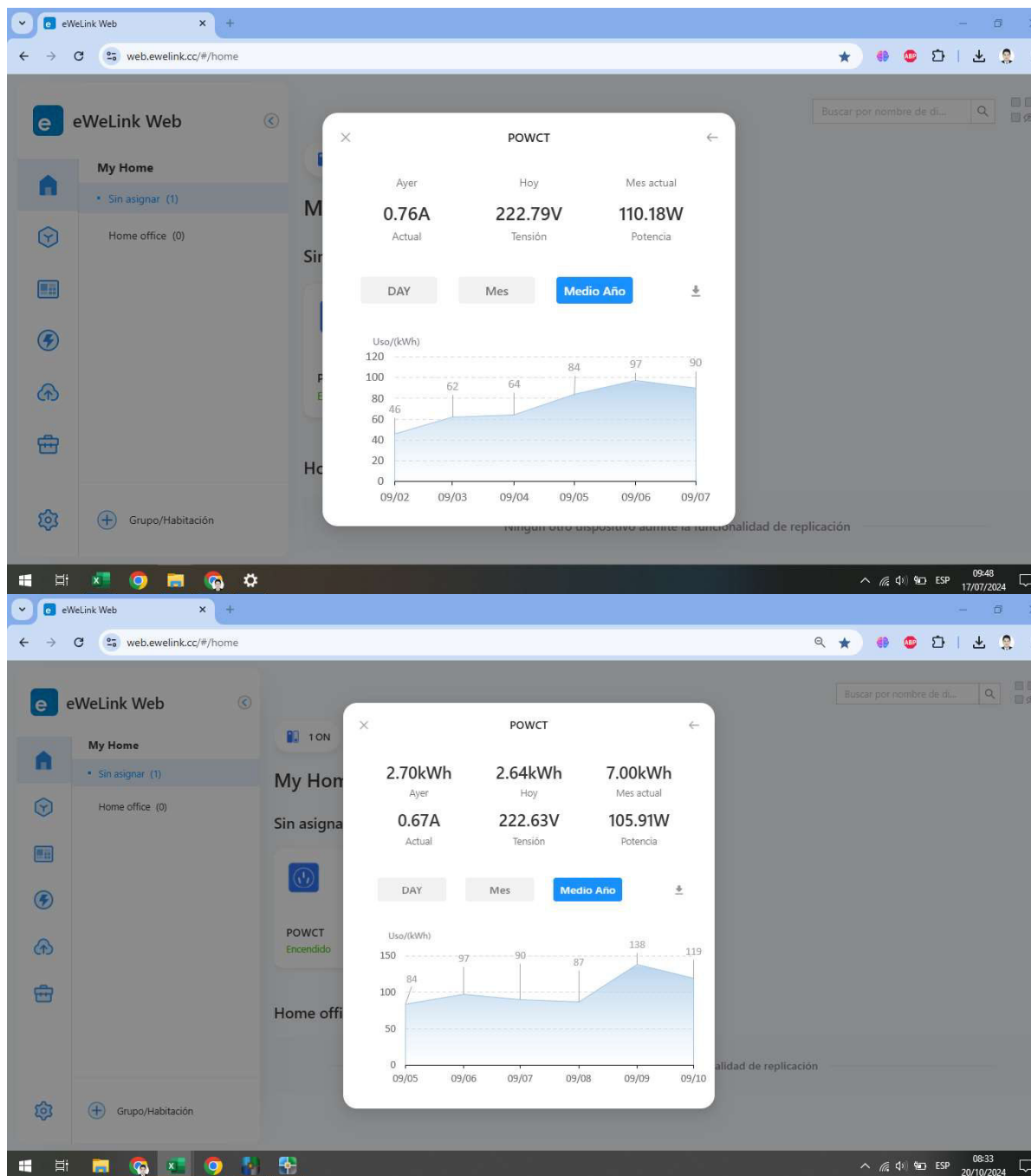
Figura 5.9*Consumo medidor SonOff*

Fuente. Elaboración Propia

Seguidamente, se muestra la Figura 5.10, en la que se observa el uso de la plataforma eWeLink Web en tiempo real. Esta plataforma es utilizada para monitorear el consumo eléctrico y los parámetros asociados registrados por el medidor inteligente SONOFF POW RING. Este monitoreo abarca el período entre los meses de enero y octubre de 2024, con los valores detallados disponibles en el Anexo N° 4, donde se presenta una representación gráfica del consumo mensual. La interfaz permite observar información como el consumo diario, mensual y acumulado, así como parámetros eléctricos en tiempo real, incluyendo la corriente (A), tensión (V) y potencia (W). Estas herramientas de monitoreo proporcionan datos precisos y accesibles, fundamentales para optimizar la gestión del consumo eléctrico y garantizar una facturación alineada con el uso real de energía.

Figura 5.10

Interfaz de monitoreo de consumo y tensión del medidor inteligente en eWeLink Web



Fuente. Elaboración Propia

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA CALIDAD DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos tras la implementación del sistema de medición inteligente en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay, con énfasis en su impacto sobre la calidad de la facturación eléctrica. Se evalúan y comparan los datos registrados con el sistema convencional y el sistema inteligente, analizando indicadores como la precisión del usuario en la facturación, la eficiencia operativa y la satisfacción del usuario. Además, se estudia cómo esta tecnología influye en la reducción de costos operativos y en la optimización del servicio de facturación, proporcionando una visión integral de los beneficios económicos y operativos. Este análisis incluye aspectos como la correspondencia entre consumo registrado y facturado, la disminución de errores y la capacidad de detección temprana de anomalías.

6.2. Evaluación de consumo

En este capítulo, se realiza un análisis detallado de la calidad de la facturación eléctrica, tomando en cuenta la implementación del medidor inteligente. Para este estudio, se verificaron las fechas de cierre de los consumos, programadas el día 9 de cada mes, empezando en enero y finalizando en agosto, con el objetivo de evaluar la precisión en la facturación de acuerdo con el consumo real.

La Tabla 6.1 detalla la facturación emitida por el distribuidor antes de la implementación del medidor inteligente. Se observa que, en varios meses, la facturación se basó en consumos promedio debido a dificultades en la toma de lecturas, como accesorios restringidos o averías en los medidores convencionales. Estas situaciones generan

discrepancias en la correspondencia entre el consumo real y el consumo facturado, afectando la exactitud del proceso. Aunque en general los valores facturados son correctos, la dependencia de consumos estimados en algunos meses evidencia una necesidad de mejora en la precisión y confiabilidad del sistema.

Con la instalación del medidor inteligente SONOFF POW RING, detallado en la Tabla 6.2, fue posible registrar el consumo en tiempo real, permitiendo comparaciones más precisas entre el consumo medido y el consumo facturado. A partir de noviembre de 2023, los datos muestran discrepancias significativas entre el consumo real registrado y el facturado en ciertos periodos. Por ejemplo, en algunos meses se facturaron valores menores al consumo real, mientras que en otros se excedieron, debido a regularizaciones o errores en la estimación previa. El análisis de estas tablas resalta las mejoras logradas con el sistema inteligente, especialmente en la detección de irregularidades y la reducción del uso de estimaciones. Desde su implementación, se evidencia un aumento en la alineación de la facturación con el consumo real, lo que refuerza la credibilidad del sistema ante el usuario. Esto demuestra la eficacia del medidor inteligente para evitar inconsistencias, minimizar reclamos y optimizar el proceso de facturación eléctrica.

Tabla 6.1*Cuadro Facturado por la distribuidora*

MES	TARIFA	ESTADO	FACTOR	Fecha de lectura	Tipo de lectura	Kw a cuenta	Lectura	Consumo (Dif. Lect)	Consumo Facturado	Observaciones
2023/01	BT5B	NORMAL	1	9/01/2023	OK_	0	11,568.00	49	49	Facturación correcta
2023/02	BT5B	NORMAL	1	8/02/2023	INA	0	11,568.00	45	45	Consumo promedio
2023/03	BT5B	NORMAL	1	10/03/2023	OK_	0	11,660.00	47	47	Facturación correcta
2023/04	BT5B	NORMAL	1	10/04/2023	OK_	0	11,701.00	41	41	Facturación correcta
2023/05	BT5B	NORMAL	1	10/05/2023	OK_	0	11,726.00	25	25	Facturación correcta
2023/06	BT5B	NORMAL	1	9/06/2023	INA	0	11,726.00	44	44	Consumo promedio
2023/07	BT5B	NORMAL	1	10/07/2023	OK_	0	11,828.00	58	58	Facturación correcta
2023/08	BT5B	NORMAL	1	10/08/2023	OK_	0	11,876.00	48	48	Facturación correcta
2023/09	BT5B	NORMAL	1	9/09/2023	INA	0	11,876.00	50	50	Consumo promedio
2023/10	BT5B	NORMAL	1	9/10/2023	OK_	0	12,047.00	121	121	Facturación correcta
2023/11	BT5B	NORMAL	1	9/11/2023	INA	58	12,047.00	58	58	Reclamo por excesivo consumo de Oct 23
2023/12	BT5B	NORMAL	1	9/12/2023	OK_	0	12,188.00	141	83	Reubicación con obs técnicas
2024/01	BT5B	NORMAL	1	9/01/2024	INA	70	12,188.00	0	70	Consumo promedio
2024/02	BT5B	NORMAL	1	9/02/2024	INA	140	12,188.00	0	70	Consumo promedio
2024/03	BT5B	NORMAL	1	9/03/2024	INA	210	12,188.00	0	70	Consumo promedio
2024/04	BT5B	NORMAL	1	9/04/2024	OK_	0	12,475.00	287	77	Regularización, facturación del resto
2024/05	BT5B	NORMAL	1	9/05/2024	INA	70	12,475.00	0	70	Consumo promedio
2024/06	BT5B	NORMAL	1	9/06/2024	INA	140	12,475.00	0	70	Consumo promedio
2024/07	BT5B	NORMAL	1	9/07/2024	OK_	0	12,746.00	271	131	Regularización, facturación
2024/08	BT5B	NORMAL	1	9/08/2024	INA	70	12,746.00	0	70	Consumo promedio
2024/09	BT5B	NORMAL	1	9/09/2024	INA	140	12,746.00	0	70	Consumo promedio
2024/10	BT5B	NORMAL	1	9/10/2024	OK_	0	13,090.00	344	204	Regularización, facturación del resto

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 6.2

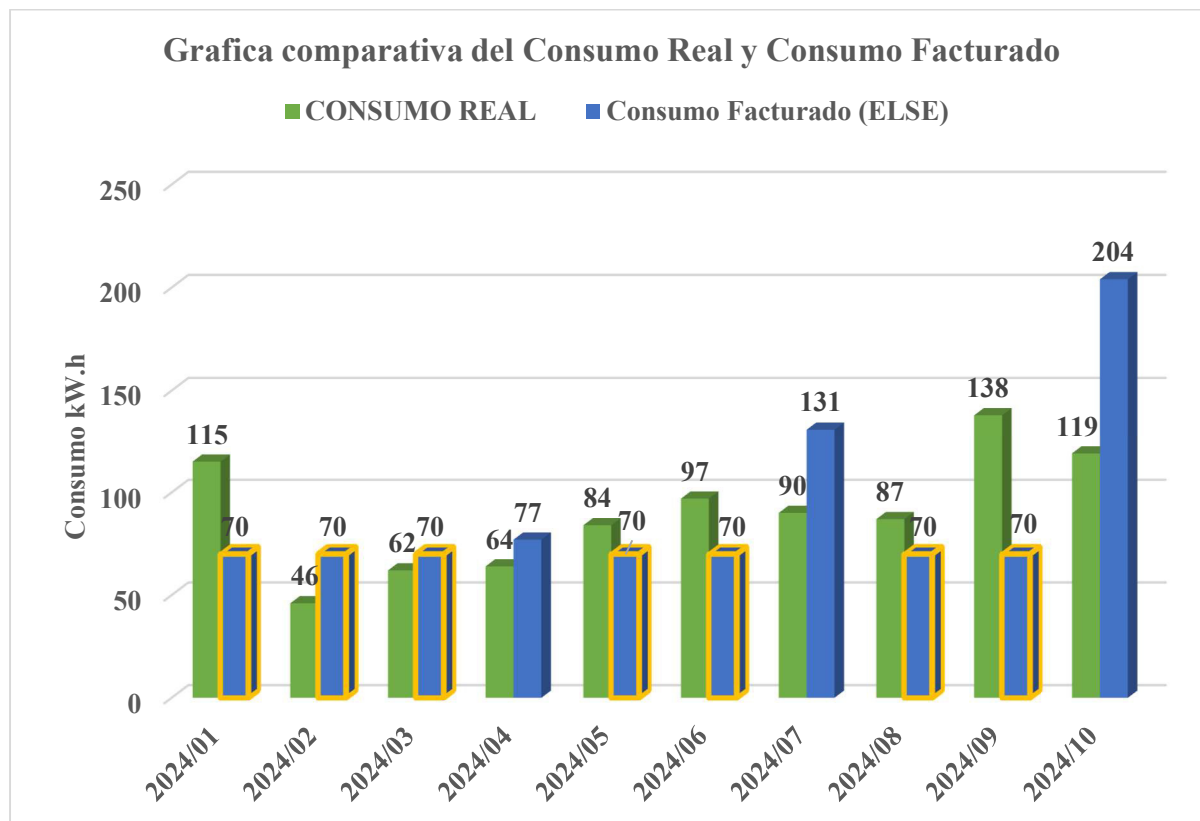
Cuadro comparativo del consumo real y el consumo facturado utilizando el medidor inteligente

Medidor SonOff										
MES	TARIFA	ESTADO	FACTOR	Fecha de lectura	Tipo de lectura	Kw a cuenta	Lectura	CONSUMO REAL	Consumo Facturado (ELSE)	Observaciones
2023/01	BT5B	NORMAL	1	9/01/2023	OK_	0	11,568.00	49	49	Facturación correcta
2023/02	BT5B	NORMAL	1	8/02/2023	INA	45	11,568.00	45	45	Consumo promedio
2023/03	BT5B	NORMAL	1	10/03/2023	OK_	0	11,660.00	47	47	Facturación correcta
2023/04	BT5B	NORMAL	1	10/04/2023	OK_	0	11,701.00	41	41	Facturación correcta
2023/05	BT5B	NORMAL	1	10/05/2023	OK_	0	11,726.00	25	25	Facturación correcta
2023/06	BT5B	NORMAL	1	9/06/2023	INA	44	11,726.00	44	44	Consumo promedio
2023/07	BT5B	NORMAL	1	10/07/2023	OK_	0	11,828.00	58	58	Facturación correcta
2023/08	BT5B	NORMAL	1	10/08/2023	OK_	0	11,876.00	48	48	Facturación correcta
2023/09	BT5B	NORMAL	1	9/09/2023	INA	50	11,876.00	50	50	Consumo promedio
2023/10	BT5B	NORMAL	1	9/10/2023	OK_	0	12,047.00	121	121	Facturación correcta
2023/11	BT5B	NORMAL	1	9/11/2023	INA	58	12,047.00	70	58	Facturación promedio
2023/12	BT5B	NORMAL	1	9/12/2023	OK_	0	12,188.00	141	83	Se factura el resto del consumo real
2024/01	BT5B	NORMAL	1	9/01/2024	OK_	0	12,303.00	115	70	Se facturo un consumo menor al real
2024/02	BT5B	NORMAL	1	9/02/2024	OK_	0	12,303.00	46	70	Se facturo un consumo mayor al real
2024/03	BT5B	NORMAL	1	9/03/2024	OK_	0	12,303.00	62	70	Se facturo un consumo mayor al real
2024/04	BT5B	NORMAL	1	9/04/2024	OK_	0	12,475.00	64	77	Se facturo un consumo mayor al real
2024/05	BT5B	NORMAL	1	9/05/2024	OK_	0	12,475.00	84	70	Se facturo un consumo menor al real
2024/06	BT5B	NORMAL	1	9/06/2024	OK_	0	12,475.00	97	70	Se facturo un consumo menor al real
2024/07	BT5B	NORMAL	1	9/07/2024	OK_	0	12,746.00	90	131	Se facturo un consumo mayor al real
2024/08	BT5B	NORMAL	1	9/08/2024	OK_	70	12,746.00	87	70	Consumo promedio
2024/09	BT5B	NORMAL	1	9/09/2024	OK_	140	12,746.00	138	70	Consumo promedio
2024/10	BT5B	NORMAL	1	9/10/2024	OK_	0	13,090.00	119	204	Regularización, facturación del resto

Fuente. Elaboración Propia

Figura 6.1

Consumo real vs Consumo Facturado del sistema de medición inteligente



Nota. Elaboración Propia

La Figura 6.1 presenta una comparación gráfica entre el consumo real medido por el sistema de medición inteligente SONOFF POW RING y el consumo facturado por la empresa distribuidora durante varios meses. Las barras verdes representan el consumo real, mientras que las barras azules indican el consumo facturado.

En varios meses, como enero, febrero y julio de 2024, se evidencian discrepancias notables entre ambos valores. Estas diferencias son atribuibles a la aplicación de consumos promedios y ajustes realizados debido a limitaciones en el acceso a los medidores convencionales. Sin embargo, a medida que se implementó el sistema de medición inteligente,

se logró una correspondencia más precisa entre el consumo real y el facturado, como se observa en agosto de 2024, donde ambos valores coinciden perfectamente.

La gráfica destaca el impacto positivo del medidor inteligente, especialmente en la eliminación de estimaciones y la precisión en la facturación. Esto no solo optimiza el proceso operativo de la empresa distribuidora, sino que también refuerza la confianza del usuario en el sistema al garantizar que la facturación se alinee con el consumo energético real.

A partir de los resultados obtenidos, se infiere lo siguiente:

- **Facturación no precisa durante varios meses:** La empresa concesionaria no logró una facturación exacta del consumo del cliente durante un período de 10 meses, comprendido entre enero de 2024 y octubre de 2024. Estas discrepancias se deben a la aplicación de consumos promedio en varios meses debido a dificultades en la toma de lecturas.
- **Incremento de consumo en enero de 2024:** En enero de 2024 (consumo entre el 09/12/2023 y el 09/01/2024), se observa un incremento significativo en el uso de energía, alcanzando 115 kWh, por encima del promedio habitual. Este aumento es atribuible a las festividades de Navidad y Año Nuevo, cuando los usuarios suelen usar electrodomésticos y luces decorativas por períodos más prolongados.
- **Dificultad en la toma de lecturas:** La empresa distribuidora enfrentó dificultades para acceder al medidor en enero, febrero, marzo, mayo, junio, agosto y septiembre de 2024, lo que obligó a facturar consumos promedio en estos meses. En contraste, en meses como abril y octubre de 2024, se realizaron lecturas reales gracias a la accesibilidad proporcionada por el cliente.

- **Impacto de las facturaciones promediadas:**

- Cuando la empresa distribuidora emite facturaciones basadas en consumos promedio, que pueden ser mayores o menores que el consumo real, se generan insatisfacción e incomodidad en el cliente. Este descontento se traduce en reclamos a la empresa y en la negativa de los clientes a pagar dichos montos, al no considerarlos reflejo de su consumo real.
- La facturación promedio se ajusta cuando la empresa puede tomar una lectura real en un mes posterior. En ese caso, se realiza un ajuste que puede llevar a cabo dos situaciones:
 1. Si el consumo promedio facturado fue mayor al real, se factura un consumo de 0 kWh en el siguiente mes, incluyendo únicamente los cargos fijos, y se deja un saldo de kWh a favor del cliente, que se deduce de la facturación del mes siguiente.
 2. Si el consumo promedio facturado fue menor al real, se realiza un ajuste de consumo, facturando la energía faltante en el periodo actual para recuperar la diferencia.

Estas situaciones afectan varios aspectos, como el cálculo de la Ley FOSE, la alícuota de alumbrado público (dado que el factor se aplica en función del rango de consumo), el IGV debido a la variación en el monto facturado, y la tarifa del kWh, que varía mensualmente y es determinado por el regulador OSINERGMIN.

6.3. Impacto del sistema de medición inteligente

La implementación del sistema de medición inteligente SONOFF POW RING en la subestación 1000043 Jr. Cusco - Abancay ha mostrado un impacto significativo en los costos

operativos y la eficiencia de la facturación eléctrica, como lo demuestran los datos analizados en las tablas incluidas en el documento.

a) Reducción de costos operativos

Con el uso del medidor inteligente, se elimina la necesidad de desplazamientos frecuentes para la toma manual de lecturas. Por ejemplo, en los meses de febrero y marzo de 2024, antes de la implementación completa del sistema, se registraron lecturas promediadas de 70 kWh debido a la imposibilidad de acceder estrictamente al medidor. Estos promedios, además de ser imprecisos, representan costos operativos adicionales para la empresa en términos de personal técnico y tiempo. A partir de abril de 2024, el medidor inteligente permitió lecturas reales de 64 kWh, ajustándose a los valores de consumo sin necesidad de visitas técnicas.

b) Incremento en la precisión de la facturación

El sistema de medición inteligente permitió registrar consumos reales en tiempo real, eliminando las discrepancias entre el consumo real y el facturado. Por ejemplo, en julio de 2024, el medidor inteligente registró un consumo real de 90 kWh, mientras que la empresa facturó 131 kWh, generando una diferencia notable. Este tipo de inconsistencias eran frecuentes antes de la adopción de la tecnología, tal como se evidencia entre los meses de enero y marzo de 2024, donde se aplicaron promedios de 70 kWh en lugar de los consumos reales de 115 kWh (enero), 46 kWh (febrero) y 62 kWh (marzo).

Con el medidor inteligente, estas diferencias se redujeron considerablemente, como lo evidencia el dato de octubre de 2024, donde el consumo real registrado fue de 119 kWh y el consumo facturado alcanzó un valor más cercano de 204 kWh, ajustándose gracias a regularizaciones acumulativas.

c) Impacto en la relación con el cliente

El uso del medidor inteligente no solo optimizó el proceso de facturación, sino que también mejoró la relación con el cliente al proporcionar una facturación más transparente. En meses como abril de 2024, el ajuste a una lectura real de 64 kWh permitió que el cliente percibiera una valoración directa con su consumo, disminuyendo los reclamos asociados a facturaciones incorrectas o promediadas, que anteriormente eran frecuentes.

d) Validación de las hipótesis

Los resultados obtenidos permiten validar cada una de las hipótesis planteadas en esta investigación:

- En primer lugar, la hipótesis general que plantea que la implementación del sistema de medición inteligente mejora significativamente la calidad de la facturación eléctrica ha sido confirmada mediante la comparación de datos reales antes y después de la instalación, donde se evidenció una reducción de las discrepancias en el consumo registrado y facturado.
- En cuanto a la primera hipótesis específica, se verifica que el sistema inteligente tiene un desempeño superior al convencional, ya que permite obtener lecturas precisas y automáticas en tiempo real, eliminando la necesidad de promedios estimados y disminuyendo la probabilidad de errores humanos.
- La segunda hipótesis específica también se valida, ya que los resultados muestran que la precisión de los datos de consumo mejoró notablemente con la medición inteligente, lo que se refleja en una mayor concordancia entre el consumo real y el facturado.
- Finalmente, la tercera hipótesis específica, referida a la reducción de costos operativos y aumento de eficiencia en el servicio de facturación, queda corroborada por la evidencia presentada, ya que se eliminaron gastos asociados a visitas técnicas innecesarias, cortes manuales y procesos de reconexión, además de optimizar el tiempo de los trabajadores y mejorar la relación empresa-cliente.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

7.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo desarrolla el análisis técnico-económico de la implementación del Sistema de Medición Inteligente, considerando los costos actuales de facturación, corte, reconexión, inspecciones y mantenimiento, en contraste con los beneficios esperados con la modernización del sistema.

Este análisis se fundamenta en la normativa vigente, específicamente en el Procedimiento de Supervisión de Facturación, Cobranza y Atención al Usuario (Resolución de Consejo Directivo N° 047-2009-OS/CD), el cual ha sido actualizado por el Procedimiento 115-2017. Dichos procedimientos establecen los 13 indicadores de gestión, entre los cuales se incluyen la calidad en la toma de lectura (CTL), la evaluación de la calidad de facturación (ECF) y la desviación en la aplicación de cargos regulados (DAC). Asimismo, se considera el impacto de los costos de facturación en función del consumo eléctrico y la aplicación de la alícuota del alumbrado público, evidenciando cómo los costos aumentan significativamente cuando el consumo promedio supera los 100 kWh, sin incluir el IGV. El análisis técnico-económico permitirá determinar la viabilidad financiera de la implementación del sistema de medición inteligente, evidenciando su impacto en la reducción de costos operativos y en la mejora de la precisión de la facturación, alineándose con los estándares regulatorios establecidos por Osinergmin.

7.2. Análisis técnico-económico de la implementación del Sistema de Medición

La tabla 7.1 detalla los costos unitarios de las principales actividades operativas relacionadas con la gestión del suministro eléctrico, incluyendo la lectura de medidores, el reparto de recibos, la cobranza de facturas y las reconexiones.

Tabla 7.1*Detalle de Precios Unitarios por Actividad*

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Centro de Servicio Mayor	Glb.	72	9,500.00	684,000.00
Centro de Servicio Menor	Glb.	144	4,750.00	684,000.00
Lectura de medidor cliente común	Unid.	1,774,211	0.8	1,419,368.80
Lectura de medidor cliente mayor	Unid.	3,240	8.5	27,540.00
Lectura de medidores de AP y Totalizador en subestaciones	Unid.	24,240	15.5	375,720.00
Reparto de recibo cliente común	Unid.	1,774,211	0.8	1,419,368.80
Reparto de recibo cliente mayor	Unid.	3,240	8.5	27,540.00
Notificación de clientes para campaña de mejoramiento de acometidas o contratación de equipos de medición o deudores u otros	Unid.	24,000	4	96,000.00
Cobranza de recibos	Unid.	1,056,000	0.8	844,800.00
Corte y reconexión tipo I cliente menor	Unid.	60,000	11	660,000.00
Corte y reconexión tipo I cliente mayor	Unid.	120	24	2,880.00
Corte y reconexión tipo II cliente menor	Unid.	1,032	19	19,608.00
Corte y reconexión tipo III cliente menor	Unid.	480	6	2,880.00
Corte cliente deudor mayor a 8 meses (ANULADO)	Unid.	1,008	26	26,208.00

Nota. Costos extraídos del contrato 020-2023

Los gastos relacionados con la toma de registros de los medidores representan un gasto considerable para la empresa distribuidora. Se observa que el servicio de lectura de medidores para clientes comunes tiene un costo total anual de S/ 1,419,368.80, lo que refleja la carga operativa y económica de este procedimiento. Además, los procesos de corte y reconexión de clientes generan costos adicionales significativos. Por ejemplo, el corte y reconexión tipo I para clientes menores cuesta S/ 11.00 por unidad, lo que sumado a la cantidad de procedimientos realizados genera un gasto total de S/ 660,000.00 anuales. Estos valores reflejan ineficiencias

en el sistema convencional de cálculo y facturación, lo que justifica la necesidad de una transición hacia un sistema de medición inteligente, que permita reducir estos costos mediante lecturas automatizadas y cortes remotos.

La tabla 7.2 presenta los costos de mantenimiento de la estructura de evaluación, incluyendo el cambio de acometidas, medidores, sistemas de protección y aperturas de nicho para medidores.

Tabla 7.2

Mantenimiento y Reposición de Suministros

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mejoramiento de Acometida domiciliaria 1Ø o 3Ø (Cambio cable y/o tubo y/o conector y/o templador y/o normalización de altura de cajatomas)	Unid.	2,880	38	109,440.00
Cambio de caja porta medidor 1Ø o 3Ø	Unid.	1,920	36	69,120.00
Cambio de medidor 1Ø o 3Ø	Unid.	2,160	24	51,840.00
Instalación o cambio de mástil	Unid.	48	232.5	11,160.00
Instalación y/o cambio de Sistema de Protección 1Ø o 3Ø	Unid.	2,160	21	45,360.00
Apertura de nicho para caja porta medidor 1Ø o 3Ø	Unid.	1,320	31	40,920.00
Instalación de cable de carga mayor a 10 m., e interruptor general interno	Unid.	48	26.5	1,272.00
Inspección técnica y revisión de Suministro 1Ø o 3Ø	Unid.	4,800	28	134,400.00
Apertura y cierre de caja porta medidores para contrastes y otros	Unid.	24,000	4.8	115,200.00
Inspección Técnica de Suministros de Venta en Bloque 1Ø o 3Ø (Colectivos)	Unid.	72	71	5,112.00

Nota. Costos extraídos del contrato 020-2023

El cambio de medidor 1Ø o 3Ø tiene un costo de S/ 24.00 por unidad, con 2,160 reemplazos anuales generando un gasto total de S/ 51,840.00. Este costo es recurrente y

aumenta con el tiempo debido al deterioro de los equipos actuales. Un aspecto crítico es la inspección técnica y revisión del suministro, con 4,800 inspecciones anuales a un costo unitario de S/ 28.00, lo que representa un gasto total de S/ 134,400.00. Muchas de estas inspecciones son solicitadas por los usuarios debido a anomalías en la facturación, sin embargo, en la mayoría de las situaciones, esto se debe a inconvenientes internos de los clientes y no a deficiencias de la empresa. Con la adopción del sistema de medición inteligente, estos gastos disminuyen significativamente, ya que los medidores modernos pueden detectar fallas automáticamente, permitiendo priorizar solo aquellas inspecciones realmente necesarias.

La tabla 7.3 muestra los costos de adquisición e incorporación del sistema de monitoreo avanzado, considerando la compra de medidores, la membresía anual y la instalación.

Tabla 7.3

Costos para la Implementación del Sistema de Medición Inteligente

Concepto	Costo Unitario (S/)	Total Clientes	Costo Mensual / Total Presupuesto (S/)
Medidor Sonoff Pow Ring	100	32,700	3,270,000.00
Membresía por 1 año	30	32,700	981,000.00
Costo de cambio de medidor (según contrato 020-2023)	24	32,700	784,800.00

Nota. Elaboración Propia

El costo unitario de un medidor Sonoff Pow Ring es de S/ 100.00, con una inversión total de S/ 3,270,000.00 para 32,700 clientes.

Adicionalmente, se establece una membresía anual de S/ 30.00 por cliente, lo que representa un gasto de S/ 981,000.00.

Aunque la inversión inicial es elevada, las ventajas a largo plazo incluyen:

- Reducción de costos operativos al eliminar la lectura manual y los cortes presenciales.

- Mayor precisión en la facturación, reduciendo reclamos y errores.
- Optimización de inspecciones, enfocándose solo en medidores con fallas reales.

Esto demuestra que la inversión en tecnología permitirá recuperar los costos en el mediano plazo y mejorar la eficiencia operativa.

La tabla 7.4 analiza los pagos mensuales que la empresa realiza a la empresa subcontratada responsable del registro de mediciones, cortes y reconexiones.

Tabla 7.4

Pagos Anuales la Empresa Contratista

Actividad	Costo Unitario (S/)	Total Clientes	Pago Anual (S/)
Lectura por Suministro	0.8	32,700	26,160.00
Corte y Reconexión Tipo 1	11	32,700	359,700.00
Corte y Reconexión Tipo 2	19	19,620	621,300.00
Total Pago Anual (sin IGV)	-	-	1,007,160.00

Nota. Elaboración Propia

Actualmente, el pago anual destinado a la empresa contratista por conceptos relacionados con lectura, corte y reconexión del servicio eléctrico asciende a S/ 1,007,160.00, lo que equivale a un gasto mensual promedio aproximado de S/ 83,930.00. La mayor parte de este monto corresponde a las acciones de corte y reconexión, que representan más del 97 % del total anual. En esta estimación se ha considerado una muestra representativa de 32,700 usuarios de la zona de estudio. De ellos, un total de 19,620 usuarios, incurre anualmente en reconexiones no autorizadas, lo cual se categoriza como corte y reconexión tipo 2, con un costo individual de S/ 19. Por otro lado, los cortes y reconexiones tipo 1, asociados a suspensiones por falta de pago o morosidad, se aplican a todos los usuarios registrados en la muestra. Con la implementación de medidores inteligentes en los usuarios, estos costos pueden reducirse al

mínimo, dado que será posible efectuar interrupciones y restablecimientos de forma remota, eliminando la necesidad de enviar personal a realizar estas acciones.

La tabla 7.5 presenta la estrategia de implementación del Sistema de Medición Inteligente, detallando la distribución del trabajo entre los equipos técnicos encargados del reemplazo de medidores en el área de estudio.

Tabla 7.5

Propuesta de Implementación de Medidores

Grupo de Trabajo	Cambios de Medidor por Grupo
G1	17
G2	17
G3	17
G4	17

Nota. Elaboración Propia

El reemplazo de medidores se asigna a cuatro grupos de trabajo (G1, G2, G3 y G4), cada uno con una capacidad de cambio de 17 medidores por jornada laboral. Esta planificación permite una ejecución progresiva y controlada del proyecto, minimizando interrupciones en el suministro eléctrico y garantizando un proceso eficiente. La distribución del trabajo en equipos específicos garantiza que los recursos sean empleados de forma eficiente, evitando sobrecargas operativas y agilizando el proceso de implementación. Además, esta estrategia permite realizar un seguimiento detallado del avance del proyecto, asegurando que se respeten los tiempos definidos y que se atiendan posibles incidencias durante la instalación.

La tabla 7.6 presenta una proyección del número de medidores que serán reemplazados en función del ritmo de trabajo de los equipos asignados.

Tabla 7.6*Resumen de Cambios de Medidores*

Frecuencia	Cantidad de Medidores Cambiados
Diario (Lunes a Viernes)	68
Mensual (20 días)	1,360
Anual	16,320

Nota. El estimado de 17 cambios de medidor por grupo de trabajo se extrae del Contrato 020-2023, actualmente en desarrollo. Dicho contrato cuenta con 4 grupos de trabajo, cada uno conformado por 2 técnicos.

Dado que cada grupo de trabajo puede realizar 17 reemplazos por día, con cuatro grupos operativos se alcanza un total de 68 cambios de medidor por jornada laboral.

Esto se traduce en:

- 1,360 medidores reemplazados por mes (considerando 20 días laborales).
- 16,320 medidores reemplazados por año, lo que indica que en aproximadamente dos años se podría completar el reemplazo de todos los medidores en el área de estudio.

Esta planificación es clave para evaluar la factibilidad del proyecto y su impacto en la operatividad del servicio eléctrico, dado que un reemplazo gradual permite una mejor administración de los costos, evita sobrecargas logísticas y reduce la posibilidad de interrupciones masivas en el suministro de energía. Además, este cronograma es coherente con el Contrato 020-2023, el cual establece la necesidad de una modernización progresiva del sistema de medición, asegurando que los cambios se realicen bajo supervisión técnica adecuada y en cumplimiento con los estándares normativos.

7.3. Análisis del VAN y TIR

La evaluación financiera de la implementación del sistema de medición inteligente se basa en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), indicadores clave para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Estos parámetros permiten

cuantificar el impacto económico de la inversión inicial y los beneficios generados por la disminución de gastos operativos y la mejora en la precisión de la facturación. Para este análisis, se considera el costo de instalación de cada medidor, considerando los insumos, la fuerza laboral, y los equipos de protección personal (EPPs) necesarios para su implementación. Asimismo, se estima el ahorro anual que generará cada medidor en cuanto a la optimización del rendimiento y la minimización de fallos en el proceso de facturación. Con estos datos, se calcula el flujo de caja esperado y se aplica la tasa de descuento correspondiente para obtener el VAN y la TIR.

Seguidamente, en la Tabla 7.7 se muestra el desglose de los costos de instalación de un medidor, información fundamental para el análisis financiero del proyecto.

Tabla 7.7

Costo por instalación de 01 medidor

	Cantidad		Costo		
MEDIDOR	1	Und	S/ 130.00	S/	130.00
BORNERAS	2	und	incluido en el medidor	S/	-
TUERCAS	2	und	incluido en el medidor	S/	-
CABLES	0.7	m	S/ 1.50	S/	1.05
MANO DE OBRA	1		S/ 24.00	S/	24.00
				S/	155.05
EPPS	1	cjt	S/ 150.00	S/	150.00
MULTÍMETRO	1	und	S/ 400.00	S/	400.00
				S/	550.00

Nota. Elaboración Propia

Antes de calcular el VAN y la TIR, recopilamos los datos utilizados para la instalación:

- **Costo por instalación de cada medidor:** S/ 155.05
- **Costo inicial (EPPs y Multímetro):** S/ 550.00

- **Medidores reemplazados por día:** 68
- **Días laborables al mes:** 20
- **Meses por año:** 12
- **Ahorro estimado por medidor al año:** S/ 50
- **Vida útil del sistema:** 10 años
- **Tasa de descuento:** 10% = 0.10

La inversión inicial debe incluir el costo de instalación de todos los medidores anuales.

Cantidad de medidores instalados por año:

$$\text{Medidores anuales} = 68 \times 20 \times 12 = 16320$$

Costo total de instalación:

$$\text{Costo de instalación anual} = 16320 \times 155.05 = 25304016$$

Inversión total (incluyendo EPPs y Multímetro):

$$\text{Costo total ajustado} = 550 + 2530416 = S/2530966$$

Cálculo del Flujo de Caja Anual

Cada medidor instalado genera un ahorro de S/ 50 por año, por lo que el ahorro total anual es:

$$\text{Flujo de caja anual} = 16320 \times 50$$

$$\text{Flujo de caja anual} = S/816000$$

Este será el beneficio anual durante 10 años.

Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

El VAN se determina utilizando la siguiente expresión:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- I = Inversión inicial (S/ 25304016)
- F_t = Flujo de caja anual (S/ 816000)
- r = Tasa de descuento (10% = 0.10)
- n = Vida útil del sistema (10 años)

Aplicando los valores:

$$VAN = -25304016 + \sum_{t=1}^{10} \frac{816000}{(1.10)^t}$$

Calculando cada término:

$$VAN = -25304016 + \left(\frac{816000}{1.10} + \frac{816000}{1.10^2} + \dots + \frac{816000}{1.10^{10}} \right)$$

$$VAN = S/2483000.76$$

El VAN positivo indica que el proyecto es rentable, generando un beneficio neto de S/ 2,483,000.76.

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento r que hace que el VAN sea igual a 0:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Reemplazando los valores:

$$0 = -25304016 + \sum_{t=1}^{10} \frac{816000}{(1 + TIR)^t}$$

Obtenemos:

$$TIR = 29.88\%$$

Esto significa que el proyecto tiene una rentabilidad anual del 29.88%, lo que indica un buen retorno de inversión

CONCLUSIONES

La implementación del sistema de medición inteligente SONOFF POW RING mejoró significativamente la calidad de la facturación eléctrica al garantizar que los consumos registrados correspondan al consumo real de los usuarios. Esto eliminó la dependencia de facturaciones promediadas, redujo errores en la toma de lecturas y aumentó la transparencia del proceso de facturación. Además, la tecnología permitió una detección temprana de irregularidades y facilitó un monitoreo más eficiente del consumo, incrementando la confianza del cliente en el sistema de facturación.

1. El medidor SONOFF POW RING ofreció un desempeño superior frente al sistema convencional, al superar los problemas de inaccesibilidad y registrar el consumo de forma continua. Se observaron mejoras especialmente desde abril de 2024, cuando comenzaron a emitirse lecturas reales en lugar de promedios, como ocurrió en los primeros meses del año.
2. La tecnología inteligente permitió alinear de forma más fiel el consumo registrado con el consumo real del usuario. Por ejemplo, en periodos previos a la implementación del sistema, como enero a marzo de 2024, se aplicaban valores promediados (70 kWh) que no reflejaban los consumos reales, generando discrepancias. Con el sistema inteligente, dichas diferencias se redujeron considerablemente, contribuyendo a una facturación más transparente.
3. La incorporación del sistema de medición inteligente ayudó a disminuir gastos operativos asociados a la toma manual de lecturas y al servicio de corte y reconexión de suministro. El uso del control remoto mediante la red Wi-Fi eliminó la necesidad de desplazamientos del personal técnico, reduciendo también los reclamos de los usuarios por facturación inexacta. Esta mejora impactó favorablemente en la eficiencia del servicio prestado por la empresa.

RECOMENDACIONES

1. Dado el éxito observado en la subestación 1000043 Jr. Cusco – Abancay, se recomienda expandir la instalación de medidores inteligentes a otras subestaciones y zonas de concesión. Esto permitirá mejorar la precisión de la facturación y reducir los reclamos de usuarios en otras áreas, aumentando la transparencia y confianza en el servicio.
2. Se recomienda capacitar a los técnicos en la instalación y mantenimiento de los medidores inteligentes para garantizar su óptimo funcionamiento. Asimismo, es fundamental entrenar al personal de atención al cliente en el uso y características de estos dispositivos, lo que les permitirá responder de manera eficiente a consultas y reclamos, mejorando la comunicación y la calidad del servicio.
3. Se recomienda establecer un sistema centralizado de monitoreo que permita visualizar en tiempo real el consumo registrado por los medidores inteligentes. Esto facilitará la identificación de patrones anómalos de consumo y permitirá una respuesta proactiva a posibles fallas o fraudes, optimizando la operación y aumentando la eficiencia.
4. Se recomienda realizar campañas de concientización dirigidas a los usuarios explicando los beneficios de los medidores inteligentes (precisión en la facturación, ahorro energético, transparencia, etc.) el cual ayudará a mejorar la percepción del sistema. Esto fomentará la aceptación y confianza en la tecnología, reduciendo el número de reclamos y promoviendo un uso eficiente de la energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, V. y Gonzalez, L. (2022). Diseño e implementación de un tablero eléctrico de pruebas para la evaluación de parámetros eléctricos en arranque de motores monofásicos y trifásicos para procesos industriales (Trabajo de titulación, Universidad Estatal Península de Santa Elena). <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8466>
- Alvrado, M. (2011). Servicios de Medición Avanzada (AMI) para Redes Inteligentes y su Adaptabilidad en el Marco de la Legislación Ecuatoriana. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2550>
- Andreu Gómez, J. (2010). Servicios en red. J. Andreu Gómez, Servicios en red, 8-18.
- Arias, G. (2006). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica, 6ª edición, 81. Episteme.
- Bera, S. y Misra, S (2014). Energy-Efficient Smart Metering for Green Smart Grid Communication. pp. 2466.
- Caceres, J., Mamani, D., Y Apaza, P. (2022). Optimización de la eficiencia energética en los hogares, con microred fotovoltaica piloto, con tecnologías de medición inteligente en la ciudad del Cusco. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(5), 1667-1681. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3178
- Cahuana, R. D. (2020). Implementación Del Sistema De Tele-Medición Mediante La Aplicación De Tecnologia Two Way Automatic Communication System (Twacs) En El Sistema Electrico Combapata De Electro Sur Este S.A.A. Cusco Peru: UNSAAC.
- Castillo, A. (2018). Que son las redes LAN, MAN y WAN y para que se usan. Profesional Review. <https://www.profesionalreview.com/2018/12/09/redes-lan-man-wan/>
- Cifuentes, G., y García, A. (2010). Diseño e implementación de un equipo de contrastación de medidores monofásicos. Guayaquil, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3146>
- Cuevas, P. y Lozano, J. (2017). Medidor inteligente de energía eléctrica (Smart Meter). División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato.

<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2071>

- Díaz, C., y Hernández, J. (2011). Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte. *Sistemas & Telemática*, 9 (18), 53-81.
- Echeverría, J. S., y García-Echeverría, J. (2023). Medición avanzada inteligente, retos al consumo responsable del servicio público domiciliario de energía en Colombia. *Revista Chilena De Derecho Y Tecnología*, 11(2), 47–62. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2022.64167>
- Ekanayake, J. y Liyanage, K (2013). *SMART GRID TECHNOLOGY AND APPLICATIONS*, First edit. New Delhi.
- Enel Distribución Perú. (2022). *Memoria Anual 2022*. <https://www.pluz.pe/content/dam/enel-pe/inversores/junta-de-accionistas/junta-general-de-accionistas/-enel-dx-per%C3%BA-26-de-febrero-de-2024/3%20Memoria%202023%20ED%20Peru.pdf>
- Faruqi, A., Harris, D., y Hledik, R. (2010). Unlocking the €53 billion savings from smart meters in the EU: How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU's smart grid investment. *Energy Policy*, 38(10), 6222–6231. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.010>
- Gabino, K., y Flores, R. (2023). Análisis del impacto económico en la facturación del servicio de alumbrado público al determinar la alícuota base mediante la agrupación de sectores típicos [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería en Energía. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4348>
- Gallego, G. (2019). Qué es el WiFi y cómo funciona para conectar todo a Internet. ADSLZone. <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>
- Guidogipi. (2024). Anillo POW de Sonoff con transformador CT - Monitoreo inteligente de energía. Expert4House. https://www.expert4house.com/es/smart-home/interruptor-inteligente/sonoff-pow-ring-ct-medidor-de-potencia-wifi-inteligente?srsId=AfmBOoqP8IjxxIWjv187ATimHsMiC_f7E72qUZ6GJw1ZBp_-vWrSE2Fb

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (6° ed.). México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Idrovo, D., y Reinoso, S. (2012). Análisis de factibilidad para la implementación de un sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure) mediante medidores inteligentes por parte de la Empresa Eléctrica Azogues C.A. Ups.edu.ec. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1933>
- Inga, E., Arias, D., Orejuela, V., y Inga, J. (2013). Comunicaciones celulares para medición inteligente de energía eléctrica en sistemas de distribución. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, (10), 21-33. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5972820>
- Lema, W. (2015). Implementación de una aplicación móvil para la toma de lectura y entrega de planillas del consumo de energía de los medidores de luz para la empresa Marsed S.A. (Tesis de licenciatura). Universidad de Santo Domingo, Santo Domingo, Ecuador. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2681>
- Martinez, O., y Magallanes, B. (2023). Implementación de un sistema de medición inteligente con tecnología G3-PLC para la distribuidora Electro sur este S.A.A. en la ciudad de Cusco. Upc.edu.pe. <http://hdl.handle.net/10757/670774>
- Martinez, O., y Magallanes, B. (2024). Implementación de un sistema de medición inteligente con tecnología G3-PLC para la distribuidora Electro Sur Este S.A.A. en la ciudad de Cusco [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- MiaMa. (2024). Master Your Energy Usage with SONOFF POW Ring Smart Power Meter - SONOFF Official. SONOFF Official. <https://sonoff.tech/product-review/product-insight/master-your-energy-usage-with-sonoff-pow-ring-smart-power-meter/>
- Miranda, J. (2023). Modelo de telecomunicación para la gestión de medidores inteligentes de energía eléctrica. Umsa.bo. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/35290>
- Moshari, A., Yousefi, G. R., Ebrahimi, A., y Haghbin, S. (2010). Demand-Side Behavior in the Smart Grid Environment. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies

- Conference Europe, ISGT Europe, 1–7.
<https://doi.org/10.1109/ISGTEUROPE.2010.5638956>
- Muñoz, C., Pérez, F., Murrieta, M., y Vela, S. (2019). Análisis de costos y beneficios para el despliegue de un sistema de medición inteligente en Lima Metropolitana (Tesis de maestría). Programa de Maestría en Gestión de la Energía, Lima.
<https://hdl.handle.net/20.500.12640/1738>
- Narciso, D. (2022). Sistema de medición inteligente de consumo eléctrico residencial utilizando una red de comunicación inalámbrica. Uch.edu.pe.
<http://hdl.handle.net/20.500.12872/700>
- Narciso, D. (2022). Sistema de medición inteligente de consumo eléctrico residencial utilizando una red de comunicación inalámbrica (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12872/700>
- Obando, N. (2022). Diseño e implementación de un sistema de medición y monitorización del consumo de energía eléctrica, para su integración en medidores de energía domiciliaria en la ciudad de El Ángel. Utn.edu.ec.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13026>
- Oruño, M. (2023). Estudio para la implementación de la medición inteligente en consumidores domiciliarios Caso: Empresa Distribuidora de Electricidad La Paz S.A. DELAPAZ. Umsa.bo. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/34304>
- OSINERGMIN. (2017). Procedimiento para la determinación y aplicación de tarifas eléctricas. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Recuperado de <https://www.osinergmin.gob.pe>
- OSINERGMIN. (2019). Pliegos Tarifarios Aplicables al Cliente Final. Retrieved from <http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulaciontarifaria/pliegos-tarifarios/electricidad/pliegos-tarifarios-cliente-final>.
- Pazmiño, C. (2022). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema avanzado de medición (AMI) en clientes de tarifa general con demanda de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. Utc.edu.ec. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/980>

- Piña, J. (2018). Implementación de un sistema de medición inteligente en la universidad politécnica salesiana sede cuenca. Universidad politécnica salesiana sede Cuenca
- Pomaylle, E. (2019). Utilización del sistema de teledatada para el registro de lecturas de medidores inteligentes en clientes mayores del sector eléctrico Abancay, de la empresa Electro Sur Este S.A.A. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional]. Villa El Salvador. <https://repositorio.unts.edu.pe/handle/123456789/523>
- Ramos, J., Hernández, O., y Silvério, R. (2016). Diseño de un medidor de energía inteligente y sus posibilidades en Cuba. 7º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba; Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.
- Reinoso Ramírez, J. J., y Salazar, G. (2017). Sistema de Medición Inteligente de Energía Eléctrica en la Empresa The Tesalia Springs Company S.A.: Implementación y Análisis de Resultados. Revista Politécnica, 39(2), 33–40. Recuperado a partir de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/767
- Rodríguez, M., y Contreras, J. (2012). El trabajo y la jornada laboral. Caso de estudio: Operadores de subestaciones eléctricas del Estado Carabobo. Visión Gerencial, 2, 369-391. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Ruiz, M. (2015). Interoperabilidad entre medidores inteligentes de energía eléctrica residencial [Tesis de grado, Universidad de Quito]. Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8435>
- Ruiz, M. (2016). Diseño de un sistema híbrido inalámbrico-fibra para transmisión de datos de medidores inteligentes de energía en redes Smart Grid. Uchile.cl. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11293>
- Salazar, J. (2022). Propuesta de sistema de lectura remota de medidores de energía eléctrica, para mejorar la eficiencia del Servicio Ensa – Lambayeque. Unprg.edu.pe. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10969>
- Salvador, N. (2021). Desarrollo de software para el control de usuarios y facturación electrónica en la Empresa EMAPA San Luis S.A. Unheval.edu.pe. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6248>

- Sanchez, J. (2023). Generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la facturación eléctrica en el condominio Puerta de Tingo María - Lima [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional]. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/137623>
- Semblantes, W. (2021). Desarrollo de un sistema web para el proceso de facturación, toma de lectura y consulta de planillas, en la Junta Administradora de Agua Potable Mollepamba de la Parroquia Picaíhua. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33671>
- Servicio de Innovación y Apoyo Técnico a la Docencia y a la Investigación UMH. (2016). VIII Congreso Iberico de Agroingenieria Libro de Actas. Universitas Miguel Hernandez.
- Shargal, M. (2009). From Policy to Implementation: The Status of Europe's Smart Metering Market. Energy, Utilities & Chemicals.
- Shenzhen Sonoff Technologies (2023). User manual POWCT. <https://sonoff.tech/compliance/>
- Singh, R. (2003). Wi-fi. The Computer Bulletin, 45(6), 28–28. <https://doi.org/10.1093/combul/45.6.28>
- Sistema Comercial. (2024). Else.com.pe. <https://www.else.com.pe/SIELSEAyuda/AspectosGenerales/index.html>
- Soler, M., Molina, J. M., Ávila, L., y Ruiz, L. (2019). Automatización de pequeños jardines con Sonoff 4CH Pro R2 y EWelink. X Congreso Ibérico de Agroingeniería, Huesca, España. https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3376
- Valdiosera, A. (2013). Diseño de Medidor inteligente e implementación de sistema De comunicación bidireccional. México Distrito Federal: Instituto Politécnico Nacional.

ANEXOS

ANEXO N°1: MONITOREO DEL CONSUMO SEGÚN LA FECHA DE CORTE DE LA DISTRIBUIDORA

date	Consumo (kWh)	Control de consumo	Observación
2024-01-01 00:00:00	0		
2024-01-02 00:00:00	0		
2024-01-03 00:00:00	0		
2024-01-04 00:00:00	0		
2024-01-05 00:00:00	0		
2024-01-06 00:00:00	0		
2024-01-07 00:00:00	1.86	111.23	Consumo restante mes anterior
2024-01-08 00:00:00	2.16	115.25	Consumo real mensual
2024-01-09 00:00:00	1.03		
2024-01-10 00:00:00	1.45		
2024-01-11 00:00:00	0.83		
2024-01-12 00:00:00	1.26		
2024-01-13 00:00:00	2.46		
2024-01-14 00:00:00	2.40		
2024-01-15 00:00:00	1.24		
2024-01-16 00:00:00	0.99		
2024-01-17 00:00:00	0.80		
2024-01-18 00:00:00	0.63		
2024-01-19 00:00:00	1.52		
2024-01-20 00:00:00	3.15		
2024-01-21 00:00:00	3.18		
2024-01-22 00:00:00	1.05		
2024-01-23 00:00:00	1.03		
2024-01-24 00:00:00	0.40		
2024-01-25 00:00:00	0.58		
2024-01-26 00:00:00	0.93		
2024-01-27 00:00:00	3.30		
2024-01-28 00:00:00	3.56		
2024-01-29 00:00:00	1.41		
2024-01-30 00:00:00	1.04		
2024-01-31 00:00:00	1.48		
2024-02-01 00:00:00	0.29		
2024-02-02 00:00:00	0.62		
2024-02-03 00:00:00	2.14		
2024-02-04 00:00:00	3.35		
2024-02-05 00:00:00	1.14		
2024-02-06 00:00:00	1.52		
2024-02-07 00:00:00	0.34		
2024-02-08 00:00:00	1.07	46.19	Consumo real mensual
2024-02-09 00:00:00	1.50		

2024-02-10 00:00:00	3.13		
2024-02-11 00:00:00	3.73		
2024-02-12 00:00:00	2.07		
2024-02-13 00:00:00	1.52		
2024-02-14 00:00:00	1.25		
2024-02-15 00:00:00	0.72		
2024-02-16 00:00:00	1.62		
2024-02-17 00:00:00	3.35		
2024-02-18 00:00:00	3.90		
2024-02-19 00:00:00	1.35		
2024-02-20 00:00:00	1.13		
2024-02-21 00:00:00	1.23		
2024-02-22 00:00:00	1.26		
2024-02-23 00:00:00	1.10		
2024-02-24 00:00:00	4.30		
2024-02-25 00:00:00	5.02		
2024-02-26 00:00:00	1.06		
2024-02-27 00:00:00	1.61		
2024-02-28 00:00:00	0.69		
2024-02-29 00:00:00	0.98		
2024-03-01 00:00:00	1.69		
2024-03-02 00:00:00	4.16		
2024-03-03 00:00:00	5.16		
2024-03-04 00:00:00	1.47		
2024-03-05 00:00:00	1.01		
2024-03-06 00:00:00	1.90		
2024-03-07 00:00:00	2.07		
2024-03-08 00:00:00	2.06	62.04	Consumo real mensual
2024-03-09 00:00:00	3.56		
2024-03-10 00:00:00	4.56		
2024-03-11 00:00:00	1.74		
2024-03-12 00:00:00	1.21		
2024-03-13 00:00:00	1.68		
2024-03-14 00:00:00	1.70		
2024-03-15 00:00:00	0.93		
2024-03-16 00:00:00	4.29		
2024-03-17 00:00:00	3.38		
2024-03-18 00:00:00	0.65		
2024-03-19 00:00:00	1.01		
2024-03-20 00:00:00	0.84		
2024-03-21 00:00:00	0.70		
2024-03-22 00:00:00	0.79		
2024-03-23 00:00:00	3.56		
2024-03-24 00:00:00	4.25		
2024-03-25 00:00:00	1.58		
2024-03-26 00:00:00	1.23		

2024-03-27 00:00:00	1.18		
2024-03-28 00:00:00	1.45		
2024-03-29 00:00:00	4.44		
2024-03-30 00:00:00	3.47		
2024-03-31 00:00:00	2.98		
2024-04-01 00:00:00	1.17		
2024-04-02 00:00:00	0.36		
2024-04-03 00:00:00	1.67		
2024-04-04 00:00:00	0.46		
2024-04-05 00:00:00	1.23		
2024-04-06 00:00:00	3.11		
2024-04-07 00:00:00	3.21		
2024-04-08 00:00:00	1.62	64.01	Consumo real mensual
2024-04-09 00:00:00	2.41		
2024-04-10 00:00:00	1.60		
2024-04-11 00:00:00	1.70		
2024-04-12 00:00:00	0.59		
2024-04-13 00:00:00	4.71		
2024-04-14 00:00:00	6.25		
2024-04-15 00:00:00	1.43		
2024-04-16 00:00:00	1.94		
2024-04-17 00:00:00	0.91		
2024-04-18 00:00:00	1.11		
2024-04-19 00:00:00	0.51		
2024-04-20 00:00:00	5.08		
2024-04-21 00:00:00	6.30		
2024-04-22 00:00:00	0.85		
2024-04-23 00:00:00	2.27		
2024-04-24 00:00:00	0.55		
2024-04-25 00:00:00	1.84		
2024-04-26 00:00:00	2.62		
2024-04-27 00:00:00	5.35		
2024-04-28 00:00:00	5.91		
2024-04-29 00:00:00	1.90		
2024-04-30 00:00:00	0.70		
2024-05-01 00:00:00	6.22		
2024-05-02 00:00:00	2.03		
2024-05-03 00:00:00	1.38		
2024-05-04 00:00:00	5.31		
2024-05-05 00:00:00	5.98		
2024-05-06 00:00:00	2.08		
2024-05-07 00:00:00	2.76		
2024-05-08 00:00:00	1.76	84.05	Consumo real mensual
2024-05-09 00:00:00	3.09		
2024-05-10 00:00:00	0.90		
2024-05-11 00:00:00	5.37		

2024-05-12 00:00:00	6.99		
2024-05-13 00:00:00	2.76		
2024-05-14 00:00:00	2.32		
2024-05-15 00:00:00	1.96		
2024-05-16 00:00:00	0.89		
2024-05-17 00:00:00	1.20		
2024-05-18 00:00:00	6.63		
2024-05-19 00:00:00	5.34		
2024-05-20 00:00:00	1.79		
2024-05-21 00:00:00	3.07		
2024-05-22 00:00:00	1.51		
2024-05-23 00:00:00	3.08		
2024-05-24 00:00:00	1.69		
2024-05-25 00:00:00	4.68		
2024-05-26 00:00:00	5.73		
2024-05-27 00:00:00	2.41		
2024-05-28 00:00:00	2.77		
2024-05-29 00:00:00	2.29		
2024-05-30 00:00:00	1.48		
2024-05-31 00:00:00	2.79		
2024-06-01 00:00:00	7.55		
2024-06-02 00:00:00	5.33		
2024-06-03 00:00:00	2.76		
2024-06-04 00:00:00	2.85		
2024-06-05 00:00:00	1.24		
2024-06-06 00:00:00	1.28		
2024-06-07 00:00:00	1.18		
2024-06-08 00:00:00	4.65	97.58	Consumo real mensual
2024-06-09 00:00:00	5.12		
2024-06-10 00:00:00	0.67		
2024-06-11 00:00:00	1.54		
2024-06-12 00:00:00	0.73		
2024-06-13 00:00:00	0.70		
2024-06-14 00:00:00	2.17		
2024-06-15 00:00:00	5.10		
2024-06-16 00:00:00	4.68		
2024-06-17 00:00:00	1.41		
2024-06-18 00:00:00	0.89		
2024-06-19 00:00:00	2.53		
2024-06-20 00:00:00	1.54		
2024-06-21 00:00:00	1.70		
2024-06-22 00:00:00	6.51		
2024-06-23 00:00:00	6.03		
2024-06-24 00:00:00	6.89		
2024-06-25 00:00:00	1.76		
2024-06-26 00:00:00	1.15		

2024-06-27 00:00:00	2.54		
2024-06-28 00:00:00	2.10		
2024-06-29 00:00:00	5.95		
2024-06-30 00:00:00	4.66		
2024-07-01 00:00:00	2.33		
2024-07-02 00:00:00	2.53		
2024-07-03 00:00:00	1.69		
2024-07-04 00:00:00	2.08		
2024-07-05 00:00:00	1.62		
2024-07-06 00:00:00	6.38		
2024-07-07 00:00:00	5.10		
2024-07-08 00:00:00	2.32	90.42	Consumo real mensual
2024-07-09 00:00:00	1.81		
2024-07-10 00:00:00	2.85		
2024-07-11 00:00:00	0.65		
2024-07-12 00:00:00	0.64		
2024-07-13 00:00:00	4.70		
2024-07-14 00:00:00	7.26		
2024-07-15 00:00:00	1.75		
2024-07-16 00:00:00	1.76		
2024-07-17 00:00:00	1.23		
2024-07-18 00:00:00	2.72		
2024-07-19 00:00:00	0.61		
2024-07-20 00:00:00	7.41		
2024-07-21 00:00:00	4.85		
2024-07-22 00:00:00	0.97		
2024-07-23 00:00:00	2.03		
2024-07-24 00:00:00	2.21		
2024-07-25 00:00:00	0.67		
2024-07-26 00:00:00	2.00		
2024-07-27 00:00:00	6.95		
2024-07-28 00:00:00	6.09		
2024-07-29 00:00:00	1.27		
2024-07-30 00:00:00	2.47		
2024-07-31 00:00:00	0.61		
2024-08-01 00:00:00	2.99		
2024-08-02 00:00:00	2.37		
2024-08-03 00:00:00	4.73		
2024-08-04 00:00:00	7.66		
2024-08-05 00:00:00	1.03		
2024-08-06 00:00:00	1.83		
2024-08-07 00:00:00	2.57		
2024-08-08 00:00:00	0.68	87.37	Consumo real mensual
2024-08-09 00:00:00	3.82		
2024-08-10 00:00:00	7.99		
2024-08-11 00:00:00	5.98		

2024-08-12 00:00:00	2.55		
2024-08-13 00:00:00	2.24		
2024-08-14 00:00:00	3.33		
2024-08-15 00:00:00	1.91		
2024-08-16 00:00:00	2.03		
2024-08-17 00:00:00	7.06		
2024-08-18 00:00:00	6.68		
2024-08-19 00:00:00	2.38		
2024-08-20 00:00:00	1.05		
2024-08-21 00:00:00	3.09		
2024-08-22 00:00:00	2.97		
2024-08-23 00:00:00	3.13		
2024-08-24 00:00:00	9.45		
2024-08-25 00:00:00	9.15		
2024-08-26 00:00:00	1.37		
2024-08-27 00:00:00	1.18		
2024-08-28 00:00:00	3.64		
2024-08-29 00:00:00	2.64		
2024-08-30 00:00:00	9.25		
2024-08-31 00:00:00	6.89		
2024-09-01 00:00:00	6.41		
2024-09-02 00:00:00	1.85		
2024-09-03 00:00:00	3.52		
2024-09-04 00:00:00	2.71		
2024-09-05 00:00:00	3.88		
2024-09-06 00:00:00	0.80		
2024-09-07 00:00:00	10.17		
2024-09-08 00:00:00	9.34	138.46	Consumo real mensual
2024-09-09 00:00:00	2.73		
2024-09-10 00:00:00	2.63		
2024-09-11 00:00:00	0.71		
2024-09-12 00:00:00	2.27		
2024-09-13 00:00:00	0.92		
2024-09-14 00:00:00	8.86		
2024-09-15 00:00:00	5.31		
2024-09-16 00:00:00	1.70		
2024-09-17 00:00:00	3.57		
2024-09-18 00:00:00	1.73		
2024-09-19 00:00:00	3.84		
2024-09-20 00:00:00	2.28		
2024-09-21 00:00:00	7.89		
2024-09-22 00:00:00	8.42		
2024-09-23 00:00:00	2.66		
2024-09-24 00:00:00	1.75		
2024-09-25 00:00:00	3.46		
2024-09-26 00:00:00	3.38		

2024-09-27 00:00:00	0.77		
2024-09-28 00:00:00	7.25		
2024-09-29 00:00:00	6.73		
2024-09-30 00:00:00	2.55		
2024-10-01 00:00:00	0.85		
2024-10-02 00:00:00	3.01		
2024-10-03 00:00:00	3.68		
2024-10-04 00:00:00	3.61		
2024-10-05 00:00:00	7.83		
2024-10-06 00:00:00	9.42		
2024-10-07 00:00:00	1.58		
2024-10-08 00:00:00	8.31	119.70	Consumo real mensual
2024-10-09 00:00:00	1.45		
2024-10-10 00:00:00	1.26		
2024-10-11 00:00:00	1.24		
2024-10-12 00:00:00	3.15		
2024-10-13 00:00:00	1.03		
2024-10-14 00:00:00	0.40		
2024-10-15 00:00:00	0.58		
2024-10-16 00:00:00	0.93		
2024-10-17 00:00:00	2.07		
2024-10-18 00:00:00	1.52		
2024-10-19 00:00:00	1.25		
2024-10-20 00:00:00	0.72	15.60	Desinstalacion/retiro del medidor

ANEXO N°2: CRONOGRAMA DE PROCESO COMERCIALES



CRONOGRAMA DE PROCESOS COMERCIALES 2024

GERENCIA REGIONAL DE APURÍMAC

FACTURA MES	ZONA FACTURACION	FECHA DE LECTURA	CONSISTENCIA		FACTURACION		REPARTO		FECHA VENCIMIENTO	INICIO CAMPANA CORTES	DURACION PROCESOS (DIAS)			
			INICIO	TERMINO	PROCESOS	EMISION	INICIO	TERMINO			EMISION- COBRANZA	LECTURA- COBRANZA	CONSUMO FACTURADO	PROCESO COMERCIAL
ENERO	GSR APURIMAC 1A	09-Ene	12-Ene	13-Ene	15-Ene	15-Ene	17-Ene	20-Ene	05-Feb	06-Feb	21	27	31	58
	GSR APURIMAC 1B	16-Ene	19-Ene	20-Ene	22-Ene	22-Ene	24-Ene	27-Ene	12-Feb	13-Feb	21	27	31	58
	GSR APURIMAC 1C	24-Ene	27-Ene	29-Ene	30-Ene	30-Ene	01-Feb	04-Feb	19-Feb	20-Feb	20	26	31	57
FEBRERO	GSR APURIMAC 1A	09-Feb	12-Feb	13-Feb	14-Feb	14-Feb	16-Feb	19-Feb	05-Mar	06-Mar	20	25	31	56
	GSR APURIMAC 1B	16-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	21-Feb	23-Feb	27-Feb	11-Mar	12-Mar	19	24	31	55
	GSR APURIMAC 1C	24-Feb	27-Feb	28-Feb	29-Feb	29-Feb	02-Mar	05-Mar	19-Mar	20-Mar	19	24	31	55
MARZO	GSR APURIMAC 1A	09-Mar	12-Mar	13-Mar	14-Mar	14-Mar	16-Mar	19-Mar	02-Abr	03-Abr	19	24	29	53
	GSR APURIMAC 1B	16-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	21-Mar	23-Mar	26-Mar	08-Abr	09-Abr	18	23	29	52
	GSR APURIMAC 1C	25-Mar	30-Mar	01-Abr	02-Abr	02-Abr	05-Abr	08-Abr	22-Abr	23-Abr	20	28	30	58
ABRIL	GSR APURIMAC 1A	09-Abr	12-Abr	13-Abr	15-Abr	15-Abr	17-Abr	20-Abr	06-May	07-May	21	27	31	58
	GSR APURIMAC 1B	16-Abr	19-Abr	20-Abr	22-Abr	22-Abr	24-Abr	28-Abr	08-May	09-May	16	22	31	53
	GSR APURIMAC 1C	25-Abr	29-Abr	30-Abr	02-May	02-May	04-May	08-May	21-May	22-May	19	26	31	57
MAYO	GSR APURIMAC 1A	09-May	13-May	14-May	15-May	15-May	17-May	21-May	03-Jun	04-Jun	19	25	30	55
	GSR APURIMAC 1B	16-May	20-May	21-May	22-May	22-May	24-May	28-May	10-Jun	11-Jun	19	25	30	55
	GSR APURIMAC 1C	24-May	27-May	28-May	29-May	29-May	31-May	03-Jun	18-Jun	19-Jun	20	25	29	54
JUNIO	GSR APURIMAC 1A	09-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	14-Jun	15-Jun	18-Jun	01-Jul	02-Jul	17	22	31	53
	GSR APURIMAC 1B	16-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	21-Jun	24-Jun	27-Jun	08-Jul	09-Jul	17	22	31	53
	GSR APURIMAC 1C	24-Jun	27-Jun	27-Jun	28-Jun	28-Jun	04-Jul	08-Jul	17-Jul	18-Jul	19	23	31	54
JULIO	GSR APURIMAC 1A	09-Jul	12-Jul	13-Jul	15-Jul	15-Jul	20-Jul	23-Jul	05-Ago	06-Ago	21	27	30	57
	GSR APURIMAC 1B	16-Jul	19-Jul	20-Jul	22-Jul	22-Jul	24-Jul	27-Jul	12-Ago	13-Ago	21	27	30	57
	GSR APURIMAC 1C	24-Jul	27-Jul	30-Jul	31-Jul	31-Jul	02-Ago	05-Ago	19-Ago	20-Ago	19	26	30	56
AGOSTO	GSR APURIMAC 1A	09-Ago	12-Ago	13-Ago	14-Ago	14-Ago	16-Ago	19-Ago	03-Set	04-Set	20	25	31	56
	GSR APURIMAC 1B	16-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	21-Ago	23-Ago	26-Ago	09-Set	10-Set	19	24	31	55
	GSR APURIMAC 1C	24-Ago	27-Ago	28-Ago	29-Ago	29-Ago	31-Ago	03-Set	16-Set	17-Set	18	23	31	54
SETIEMBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Set	12-Set	13-Set	16-Set	16-Set	19-Set	22-Set	02-Oct	03-Oct	16	23	31	54
	GSR APURIMAC 1B	16-Set	19-Set	20-Set	23-Set	23-Set	25-Set	28-Set	09-Oct	10-Oct	16	23	31	54
	GSR APURIMAC 1C	24-Set	27-Set	28-Set	30-Set	30-Set	05-Oct	08-Oct	21-Oct	22-Oct	21	27	31	58
OCTUBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Oct	12-Oct	14-Oct	15-Oct	15-Oct	17-Oct	20-Oct	04-Nov	05-Nov	20	26	30	56
	GSR APURIMAC 1B	16-Oct	19-Oct	20-Oct	22-Oct	22-Oct	24-Oct	27-Oct	11-Nov	12-Nov	20	26	30	56
	GSR APURIMAC 1C	24-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	30-Oct	31-Oct	03-Nov	19-Nov	20-Nov	20	26	30	56
NOVIEMBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	14-Nov	16-Nov	19-Nov	03-Dic	04-Dic	19	24	31	55
	GSR APURIMAC 1B	15-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	20-Nov	22-Nov	25-Nov	10-Dic	11-Dic	20	25	30	55
	GSR APURIMAC 1C	23-Nov	26-Nov	27-Nov	28-Nov	28-Nov	30-Nov	03-Dic	16-Dic	17-Dic	18	23	30	53
DICIEMBRE	GSR APURIMAC 1A	09-Dic	12-Dic	14-Dic	16-Dic	16-Dic	19-Dic	22-Dic	06-Ene	07-Ene	21	28	30	58
	GSR APURIMAC 1B	15-Dic	18-Dic	19-Dic	20-Dic	20-Dic	23-Dic	26-Dic	08-Ene	09-Ene	19	24	30	54
	GSR APURIMAC 1C	23-Dic	27-Dic	28-Dic	30-Dic	30-Dic	02-Ene	05-Ene	20-Ene	21-Ene	21	28	30	58

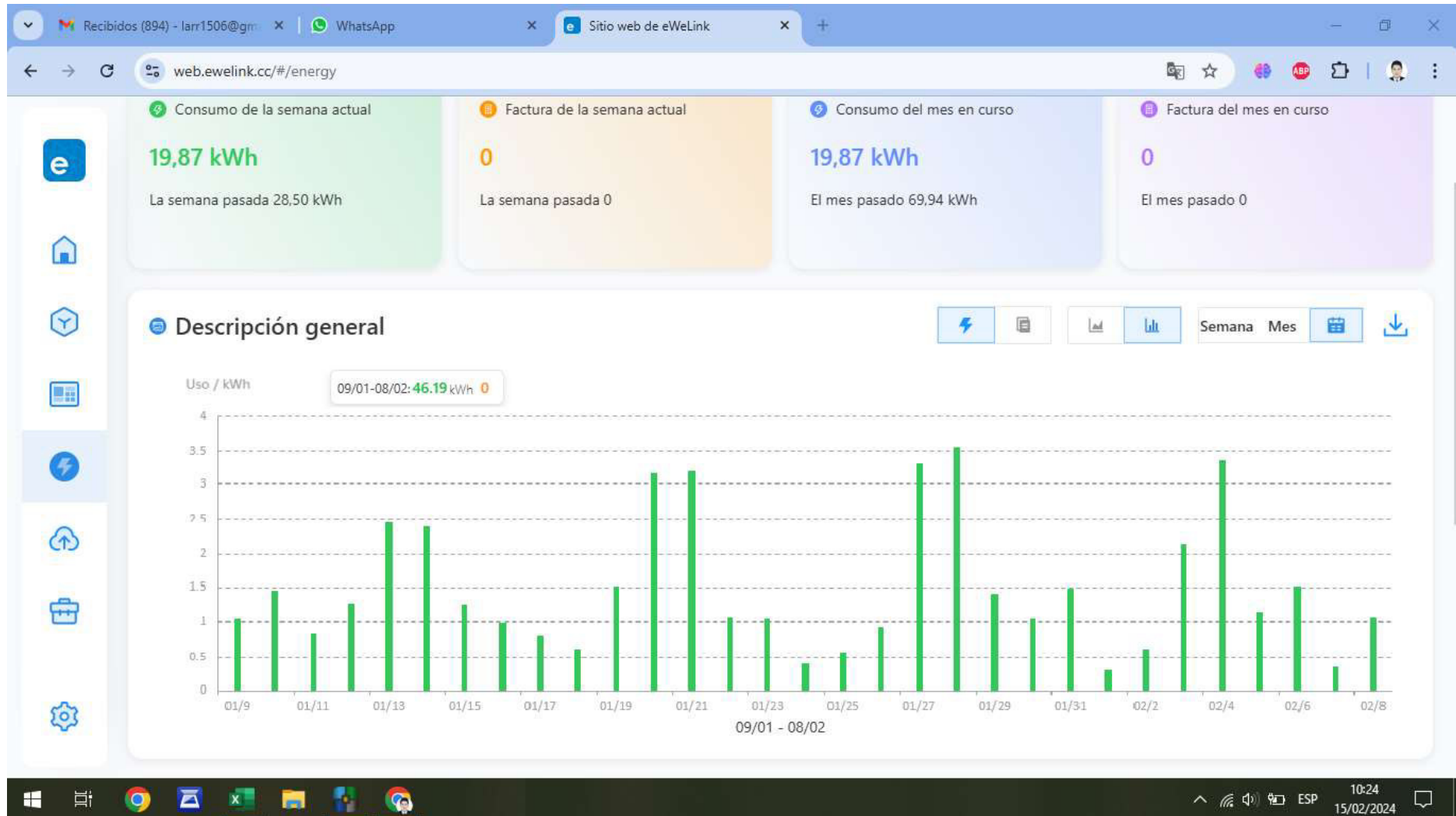
GSR APURIMAC 1A: Abancay Urbano, Andahuaylas Urbano, Antabamba, Aymaraes, Huancayo y Pampachiri | GSR APURIMAC 1B: Grau, Santa Rosa, Chincheros y Uruapan | GSR APURIMAC 1C: Abancay/2, Curahuasi, Huancarama, Andahuaylas 2, Matapuquio, y Pacucha.

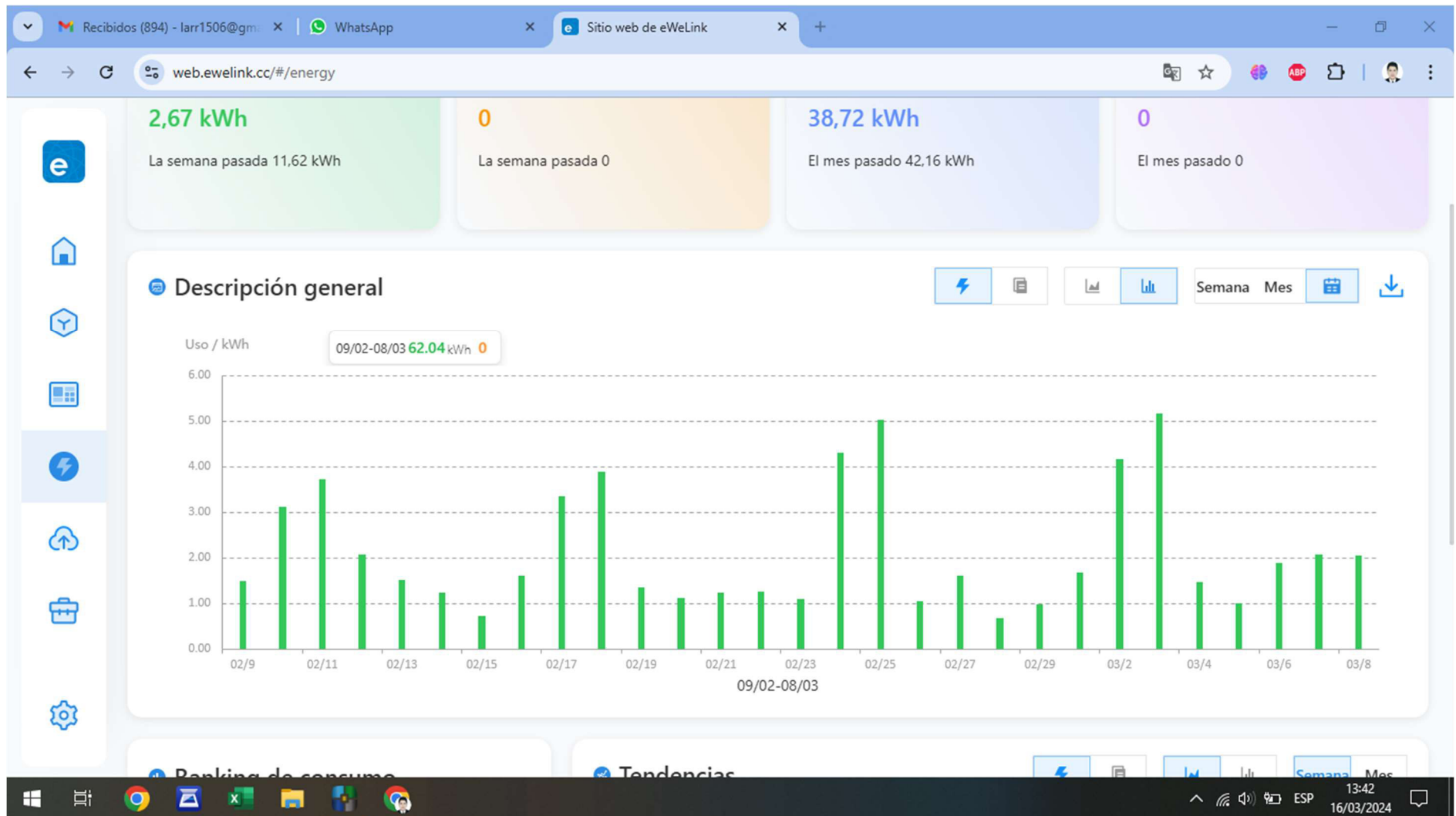
C. MAYORES 2: Zonas mayores de Abancay, Andahuaylas y Puerto Maldonado. (Enero-24: Zonas mayores de Abancay y Andahuaylas fecha lectura 26/01/2024 y para Puerto Maldonado 28/01/2024)

SGC - RE - 017, Ver. 01 - 2024

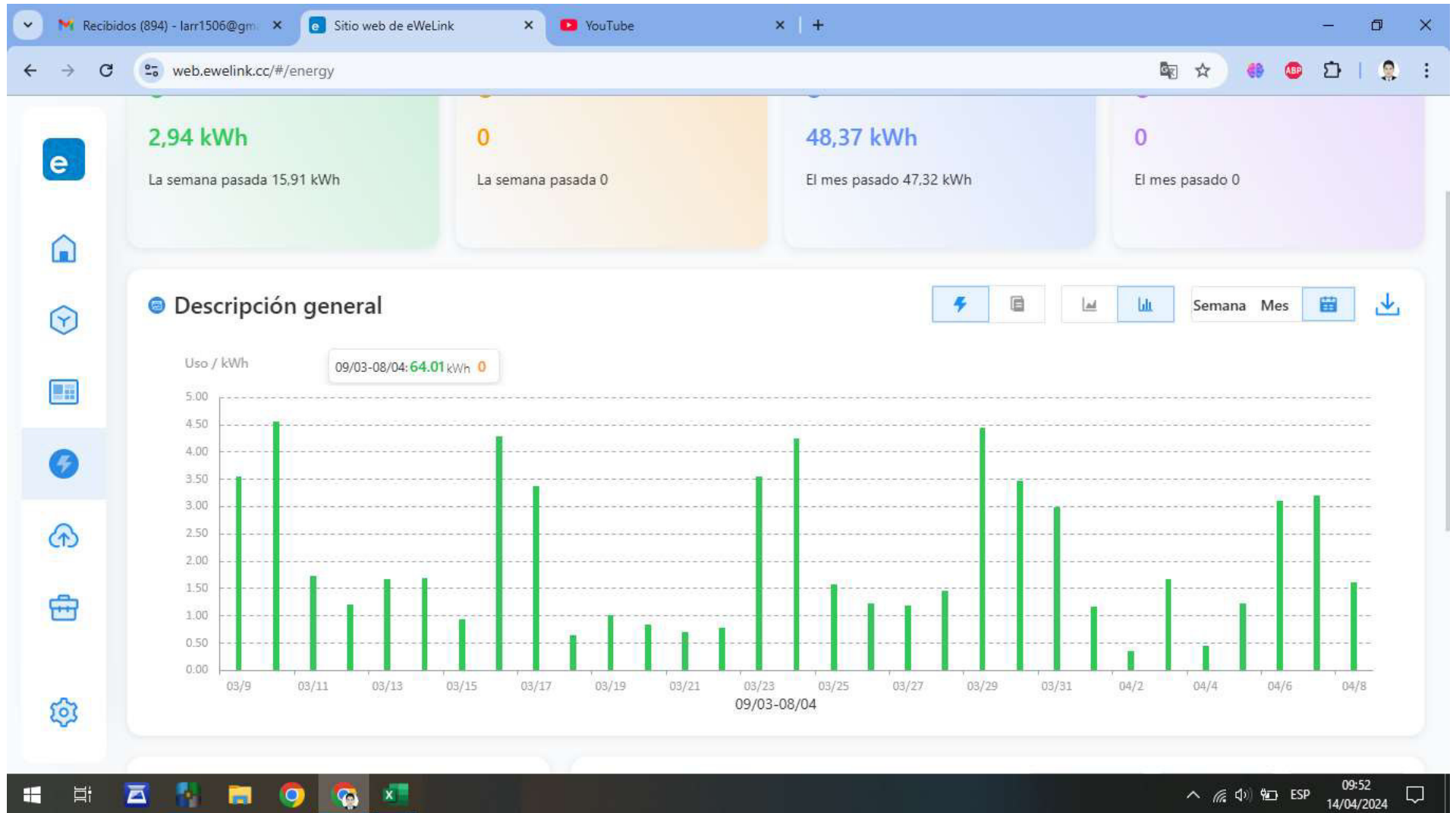
ANEXO N°3: MONITOREO DEL CONSUMO

a) Enero - Febrero

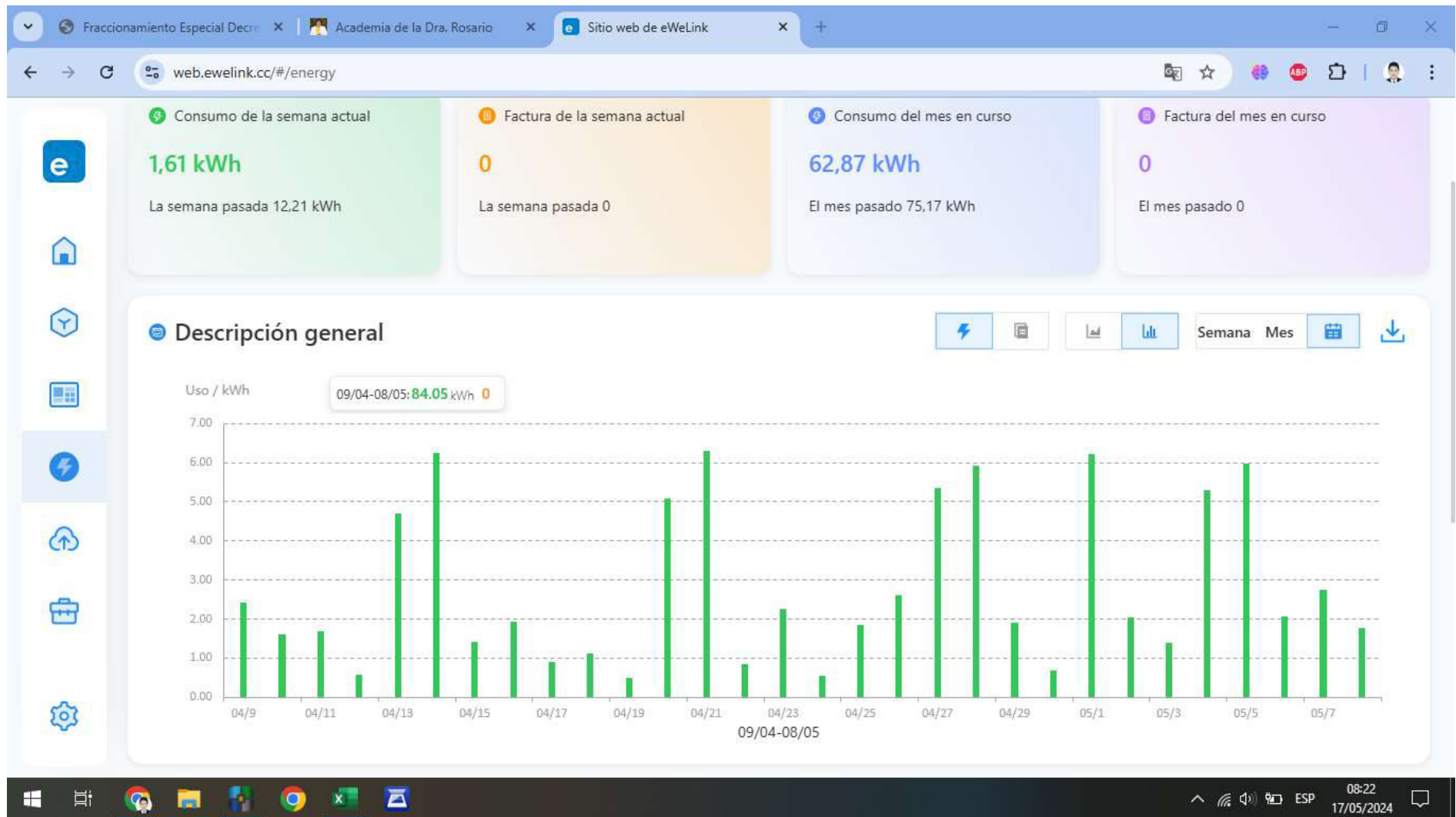


b) Febrero - Marzo

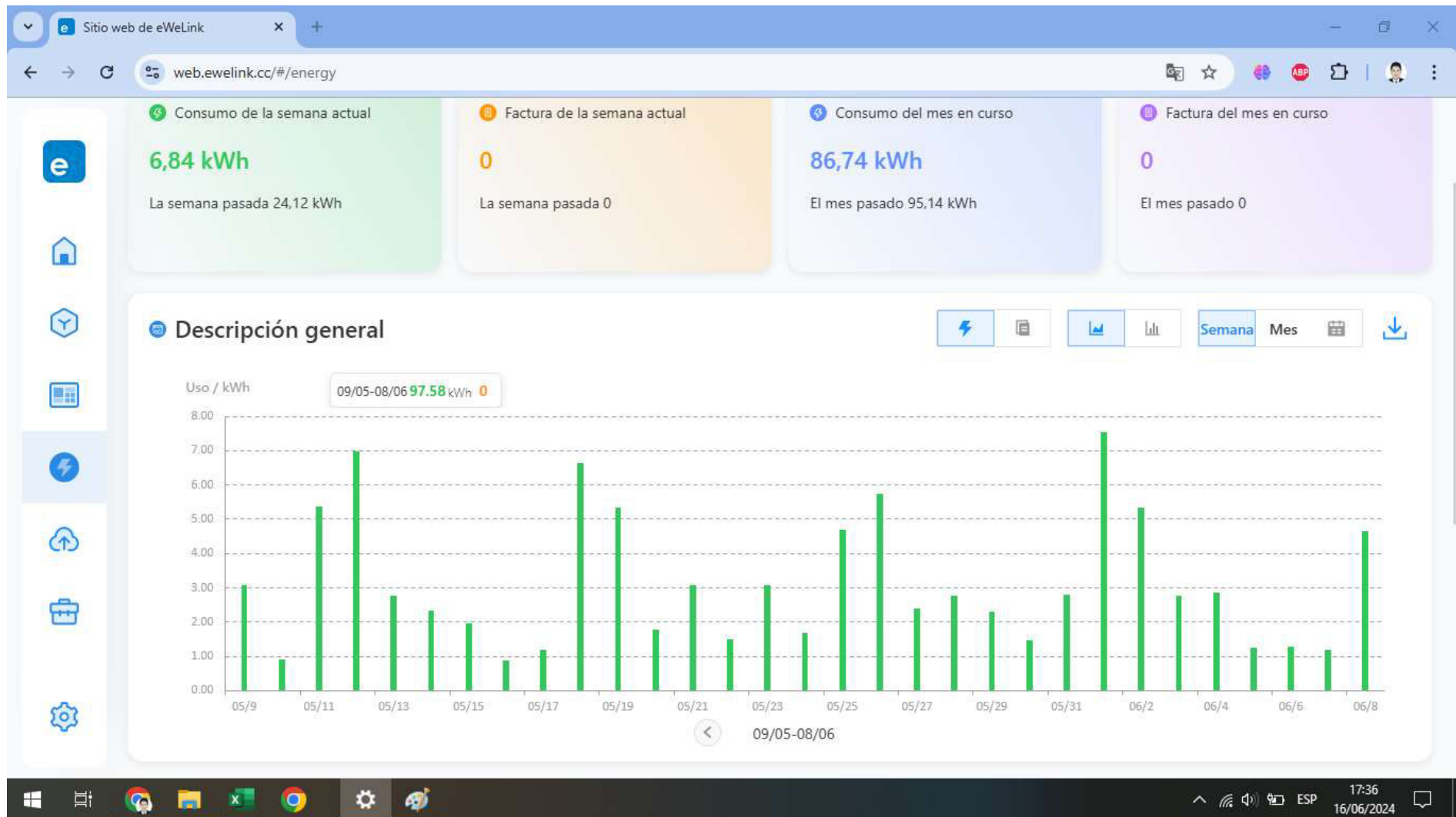
c) Marzo – Abril



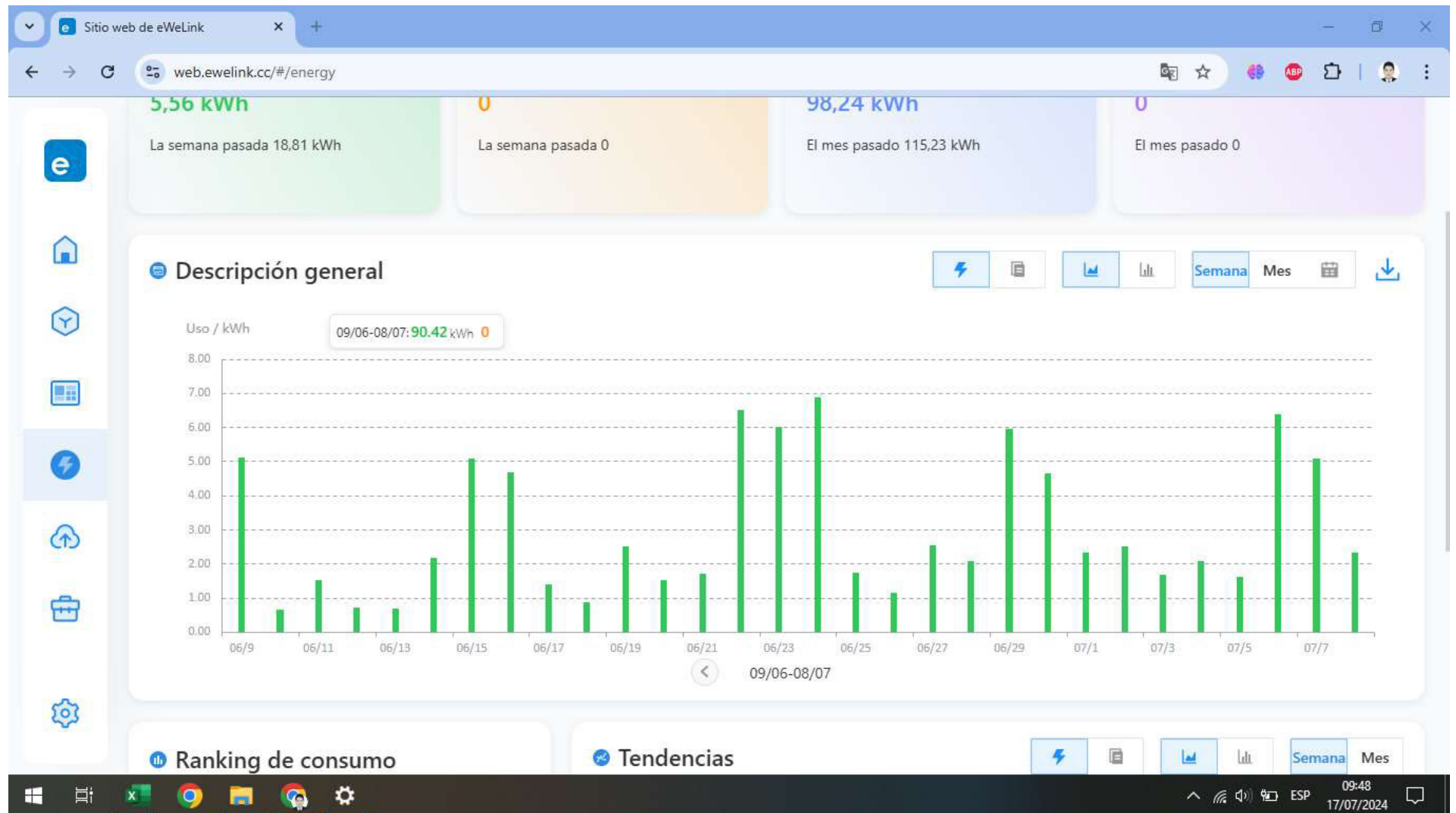
d) Abril – Mayo



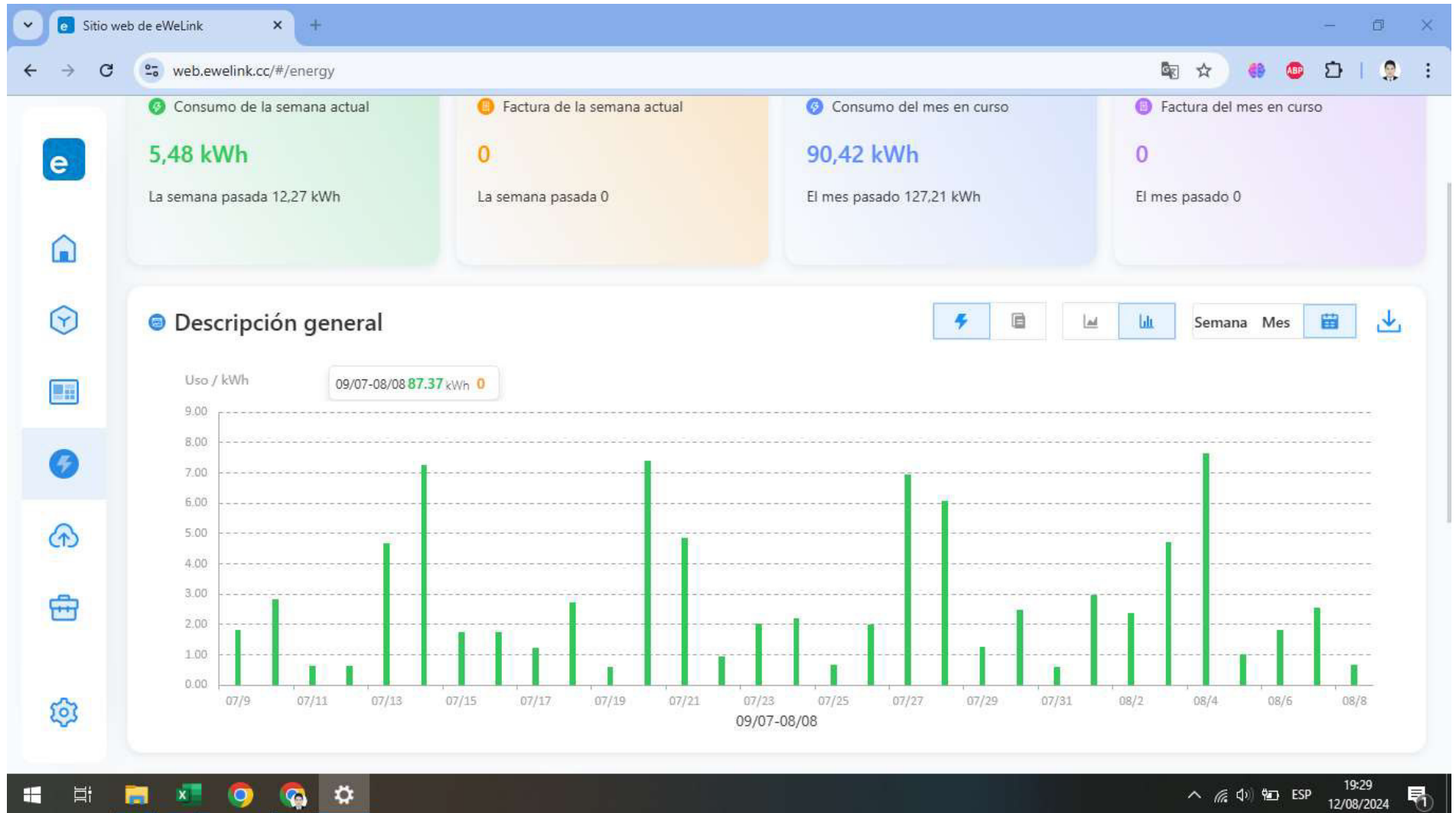
e) Mayo – Junio



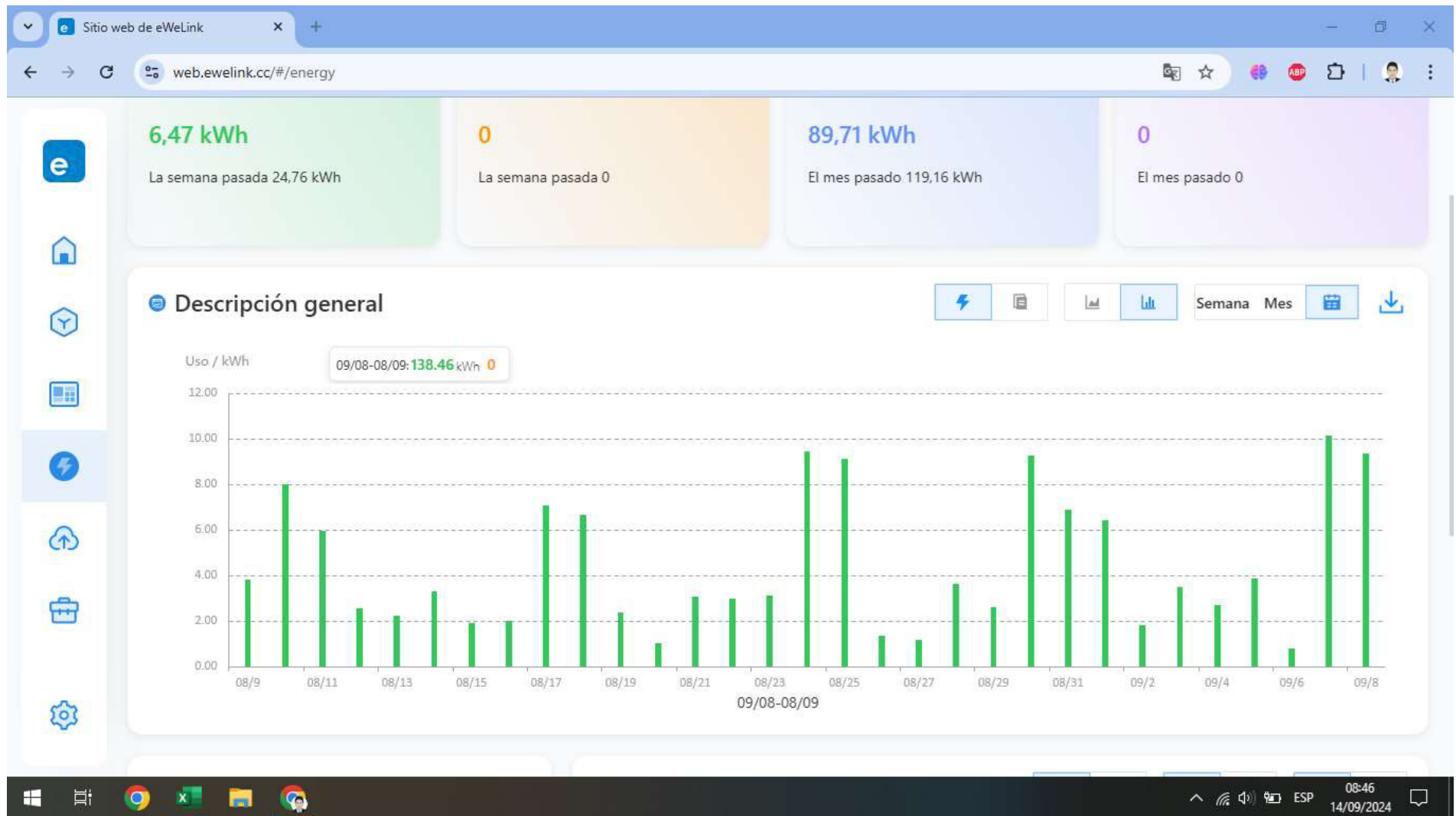
f) Junio - Julio



g) Julio – Agosto



h) Agosto - Setiembre



i) Setiembre – Octubre

