



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB-MÓVIL MEDIANTE
OCR PARA LA SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS PARA LA JUNTA
DE AGUA POTABLE DEL SECTOR LA BUENA ESPERANZA EN EL
CANTÓN CAYAMBE”**

Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero en Sistemas de Información

Autor:

Richard Fabrizio Farinango Chimarro

Tutor:

PhD. José Augusto Cadena Moreano

LATACUNGA – ECUADOR

MARZO – 2026

Latacunga, marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo FARINANGO CHIMARRO RICHARD FABRIZIO declaro ser autor del proyecto de titulación "Desarrollo de una aplicación web-móvil mediante OCR para la sistematización de procesos para la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza en el cantón Cayambe", siendo el Ph.D. José Augusto Cadena Moreano tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

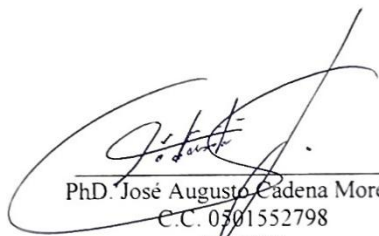


Farinango Chimarro Richard Fabrizio
CC.1756000590

Latacunga, marzo 2026

AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título: “Desarrollo de una aplicación web-móvil mediante OCR para la sistematización de procesos para la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza en el cantón Cayambe”, propuesto por el estudiante FARINANGO CHIMARRO RICHARD FABRIZIO de la Carrera de Sistemas de Información, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



PhD. José Augusto Cadena Moreano
C.C. 0301552798
TUTOR


Latacunga, marzo 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “ **Desarrollo de una aplicación web-móvil mediante OCR para la sistematización de procesos para la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza en el cantón Cayambe** ”, propuesto por el estudiante FARINANGO CHIMARRO RICHARD FABRIZIO con C.I. 1756000590 de la Carrera de Sistemas de Información, me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Propuesta Tecnológica en virtud de lo cual los postulantes puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.


Atentamente,



Lector 1 (Presidente)
Mgtr. Manuel Villa
CC: 1803386950



Lector 2
Mgtr. Diego Falconi
CC: 0550080774



Lector 3
Mgtr. Diego Reinoso
CC: 0503024051



JUNTA ADMINISTRADORA COMUNITARIA DE AGUA

POTABLE Y SANEAMIENTO

LA BUENA ESPERANZA

Resolución N° Senagua 95-2017
Pichincha - Cayambe – Cangahua

Cayambe-La Buena Esperanza, febrero de 2026

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Por medio del presente, yo, Mery Elizabeth Coyago Chimarro, portador de la cédula de identidad N° 1752642221, en calidad de Presidenta de la JUNTA ADMINISTRADORA COMUNITARIA DE AGUA POTABLE DE LA BUENA ESPERANZA, del cantón Cayambe, provincia de Pichincha, otorgo el presente aval para hacer constar lo siguiente:

Que la institución que represento autoriza y respalda la implementación del sistema informático del proyecto de titulación denominado " Desarrollo de una aplicación web-móvil mediante OCR para la sistematización de procesos para la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza en el cantón Cayambe", desarrollado por parte del estudiante Richard Fabrizio Farinango Chimarro con cedula N° 1756000590.

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA
POTABLE Y ALCANTARILLADO
LA BUENA ESPERANZA DE COTOPAXI

Mery Elizabeth Coyago Chimarro

PRESIDENTE

Correo: elizabeth_coyago@yahoo.com

Cel: 0990149203

AGRADECIMIENTO

A lo largo de esta etapa agradezco a la gloriosa "Universidad Técnica de Cotopaxi" de la bella ciudad de Latacunga, por abrirme las puertas en la institución y brindarme la educación necesaria. A los docentes de la carrera, por su orientación académica y profesional durante mi formación universitaria. Sus enseñanzas, consejos y experiencia contribuyeron significativamente a mi desarrollo como profesional y a la consolidación de los conocimientos aplicados en este trabajo de titulación. A mi mejor amigo Luis Jerez quien me ha ayudado mucho con sus guías y consejos, al director de tesis, por su dedicación a lo largo de todo el proceso de titulación. A todas las personas que, de manera directa o indirecta, colaboraron con aportes, sugerencias y apoyo moral durante el desarrollo de este proyecto académico.

Richard Fabrizio Farinango Chimarro

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, su sacrificio constante y por haber sido el pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Su apoyo inquebrantable y sus enseñanzas de vida me guiaron en cada paso de este camino académico.

A mis hermanos, por su compañía, comprensión y por ser fuente de motivación en los momentos más desafiantes de esta etapa universitaria.

A mi familia en general, cuyo cariño y aliento permanente me impulsaron a alcanzar esta meta académica.

A todas aquellas personas que creyeron en mis capacidades y me motivaron a perseverar hasta culminar este proyecto de titulación.

Si el mundo se hizo en siete días como no voy a hacer la tesis en una noche.

Richard Fabrizio Farinango Chimarro

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO:” Desarrollo de una aplicación web-móvil mediante OCR para la sistematización de procesos para la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza en el cantón Cayambe”

Autor: Richard Fabrizio Farinango Chimarro

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una aplicación híbrida web-móvil con tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para sistematizar el proceso de recolección de datos de medidores de agua potable en el sector La Buena Esperanza, perteneciente a la Junta de Agua Potable del cantón Cayambe. El estudio surgió a partir de la identificación de una problemática operativa: el registro de lecturas se ejecutaba de forma manual, lo que generaba errores de digitación, retrasos en los procesos de facturación y reclamos frecuentes por cobros incorrectos. La metodología se fundamentó en el marco de trabajo Scrumban, combinando prácticas ágiles de Scrum con la flexibilidad de Kanban para la gestión del desarrollo de software, lo que permitió adaptar el proceso a los requerimientos emergentes durante el ciclo de desarrollo. La arquitectura del sistema fue híbrida, utilizando Django como framework de backend, Flutter para la aplicación móvil, y ML Kit Text Recognition de Google como motor de reconocimiento óptico de caracteres. El sistema incorpora funcionalidad offline mediante almacenamiento local en SQLite con sincronización automática hacia una base de datos PostgreSQL cuando la conectividad está disponible. Los resultados obtenidos durante el piloto demostraron una reducción significativa en los tiempos de recolección de datos, una disminución considerable de los errores de transcripción y una mejora en la trazabilidad de la información. Se concluye que la herramienta desarrollada constituye una alternativa viable para modernizar la gestión de juntas de agua en contextos rurales, donde las restricciones de infraestructura tecnológica representan un desafío frecuente.

Palabras clave: reconocimiento óptico de caracteres, aplicación móvil, sistematización de procesos, medidores de agua, junta de agua potable, Flutter, Django.

}

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “Development of a Web–Mobile Application Using Optical Character Recognition (OCR) for the Systematization of Processes in the Drinking Water Board of the La Buena Esperanza Sector in the Canton of Cayambe”

Author: Richard Fabrizio Farinango Chimarro

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a hybrid web–mobile application using Optical Character Recognition (OCR) technology to systematize the process of collecting water meter data in the La Buena Esperanza sector, which belongs to the Drinking Water Board of the canton of Cayambe. The study emerged from the identification of an operational problem: meter readings were recorded manually, which caused typing errors, delays in the billing process, and frequent complaints due to incorrect charges. The methodology was based on the Scrumban framework, which combines agile practices from Scrum with the flexibility of Kanban for software development management. This approach allowed the development process to adapt to emerging requirements during the project lifecycle. The system architecture was hybrid, using Django as the backend framework, Flutter for the mobile application, and Google ML Kit Text Recognition as the optical character recognition engine. In addition, the system includes offline functionality through local data storage in SQLite, with automatic synchronization to a PostgreSQL database when internet connectivity is available. The results obtained during the pilot test showed a significant reduction in data collection time, a considerable decrease in transcription errors, and an improvement in information traceability. In conclusion, the developed tool represents a viable alternative for modernizing the management of water boards in rural contexts, where technological infrastructure limitations often represent a common challenge.

Keywords: optical character recognition, mobile application, process systematization, water meters, drinking water board, Flutter, Django.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.	SITUACIÓN PROBLÉMICA	10
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.3.	OBJETIVO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	10
1.3.1.	OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.3.2.	CAMPO DE ACCIÓN	10
1.4.	BENEFICIARIOS	11
1.4.1.	DIRECTOS.....	11
1.4.2.	INDIRECTOS	11
1.5.	JUSTIFICACIÓN	11
1.6.	OBJETIVOS	12
1.6.1.	GENERAL	12
1.6.2.	ESPECÍFICOS	12
1.6.3.	SISTEMAS DE TAREAS.....	12
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
2.1.	SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS.....	16
2.1.1.	DEFINICIÓN DE SISTEMATIZACIÓN.....	16
2.2.	APLICACIÓN WEB-MÓVIL.....	16
2.2.1.	FUNDAMENTOS DE LAS APLICACIONES WEB-MÓVIL (HÍBRIDA)	16
2.2.2.	ARQUITECTURA CLIENTE SERVIDOR	16
2.2.3.	ARQUITECTURA DE TRES CAPAS	17

2.3.	APLICACIÓN WEB	17
2.3.1.	DEFINICIÓN DE APLICACIÓN WEB	17
2.3.2.	FRAMEWORK DJANGO	17
2.3.3.	ARQUITECTURA MTV (MODELO-VISTA-TEMPLATE)	18
2.3.4.	MOTOR DE PLANTILLAS JINJA2	19
2.3.5.	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PYTHON	19
2.3.6.	Django REST Framework	19
2.3.7.	Servidores Web y Despliegue.....	19
2.4.	APLICACION MOVIL	20
2.4.1.	FUNDAMENTOS DE APLICACIONES MÓVILES	20
2.4.2.	SISTEMA OPERATIVO ANDROID	20
2.4.3.	FRAMEWORK FLUTTER.....	20
2.4.4.	LENGUAJE DART	21
2.5.	RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES (OCR).....	21
2.5.1.	DEFINICIÓN Y FUNDAMENTOS	21
2.5.2.	FUNCIONAMIENTO DEL OCR	22
2.5.3.	PRECISIÓN DEL OCR	22
2.5.4.	ML Kit PARA OCR MÓVIL	22
2.6.1.	Conceptos Fundamentales de Imagen Digital	23
2.6.2.	Técnicas de Preprocesamiento	24
2.6.3.	Segmentación de Texto	24
2.7.	GESTOR DE BASES DE DATOS	25
2.7.1.	POSTGRESQL.....	25

2.7.2.	SQLite PARA APLICACIONES MÓVILES	26
2.7.3.	FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS.....	26
2.8.	API (INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES).....	26
2.8.1.	DEFINICIÓN DE API.....	26
2.8.2.	API REST	27
2.8.3.	Autenticación con JSON Web Tokens (JWT).....	28
2.9.	METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	28
2.9.1.	METODOLOGÍAS ÁGILES	28
2.9.2.	SCRUM	28
2.9.3.	KANBAN	29
2.9.4.	SCRUMBAN.....	29
3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	30
3.1.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	30
3.1.1.	INVESTIGACIÓN APLICADA.....	30
3.1.2.	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA	30
3.1.3.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	30
3.2.	TECNICAS DE INVESTIGACIÓN	30
3.2.1.	ENCUESTA	30
3.2.2.	REVISION DOCUMENTAL	30
3.3.	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	31
3.3.1.	CUESTIONARIO.....	31
3.3.2.	FICHA DE ANALISIS DOCUMENTAL.....	31
3.4.	METODOLOGIA DE DESARROLLO	31
3.4.1.	ELEMENTOS DE SCRUMBAN APLICADAS AL PROYECTO.....	32

3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
3.6.	PRUEBAS DE SOFTWARE.....	34
3.7.	ESTIMACIÓN DE COSTOS	34
4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
4.1.	ANÁLISIS DE ENCUESTA	35
4.1.1.	ANÁLISIS DE LA ENCUESTA A OPERARIOS	35
4.1.2.	ANÁLISIS DE LA ENCUESTA A USUARIOS	40
4.2.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SCRUMBAN.....	48
4.2.1.	Product Backlog	48
4.2.2.	Priorización.....	49
4.2.3.	Tablero Iteraciones	51
4.3.	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	53
4.3.1.	DIAGRAMA DE ARQUITECTURA.....	53
4.3.2.	DIAGRAMA DE MODULOS	56
4.3.3.	DIAGRAMA DE CLASES	57
4.4.	IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONALIDADES CLAVE.....	59
4.4.1.	Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR).....	59
4.4.2.	Sincronización Offline-Online	60
4.5.	DISEÑO DE INTERFACES	61
4.5.1.	Aplicación Web (Administrativa)	61
4.5.2.	Aplicación Móvil (Operativa)	65
4.6.	PRUEBAS FUNCIONALES.....	66
4.7.	CONDICIONES OPERATIVAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA OCR	81
4.7.1.	Parámetros Técnicos de Captura	81
4.7.2.	Limitaciones del Sistema.....	81

4.7.3.	Tasa de Correcciones Manuales	82
4.7.4.	Análisis Comparativo por Tipo de Dispositivo	83
4.8.	DESPLIEGUE	84
4.8.1.	Configuración del entorno del servidor	84
4.8.2.	Implementación de la aplicación en el servidor	84
4.8.3.	Compilación de la Aplicación Móvil.....	85
4.9.	ESTIMACIÓN DE COSTOS	85
4.10.	Análisis de resultados y validación	88
4.10.1.	Resultados descriptivos de la encuesta	89
4.10.2.	Respuesta a la pregunta de investigación	90
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1.	CONCLUSIONES	97
5.2.	RECOMENDACIONES.....	97
6.	REFERENCIAS	99
7.	ANEXOS	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Arquitectura MTV Django	18
Tabla 2 Características de PostgreSQL	25
Tabla 3 Principios de API RESTful	27
Tabla 4 Tamaño Población	33
Tabla 5 Cuáles son los PRINCIPALES PROBLEMAS que enfrenta en el proceso actual de recolección?	35
Tabla 6Cuál de estas funcionalidades sería MÁS ÚTIL en una aplicación móvil?	37
Tabla 7 ¿Estaría dispuesto a usar la nueva app móvil?	39
Tabla 8 ¿Cómo calificaría la CLARIDAD y facilidad de lectura de su recibo de agua?	40
Tabla 9 ¿Le gustaría ver su HISTORIAL COMPLETO de consumo de los ÚLTIMOS 12 MESES en el recibo?	42
Tabla 10 ¿cuál es la NECESIDAD de mejorar la TRANSPARENCIA en cómo se registran las lecturas?	44
Tabla 11 ¿Le gustaría usar su recibo de pago como 'ticket' para marcar asistencia a sesiones, escaneando un código QR?	45
Tabla 12 En caso de reclamo sobre una lectura, ¿te gustaría que la Junta tuviera una FOTO del medidor como evidencia?	47
Tabla 13 HU Product Backlog.....	48
Tabla 14 Priorización del Product Backlog.....	50
Tabla 15 Ciclos de Iteraciones.....	52
Tabla 16 Prueba Funcional CP-01.....	67
Tabla 17 Prueba Funcional CP-02.....	68

Tabla 18 Prueba Funcional CP-03.....	70
Tabla 19 Prueba Funcional CP-04.....	72
Tabla 20 Prueba Funcional CP-05.....	74
Tabla 21 Prueba Funcional CP-06.....	76
Tabla 22 Prueba Funcional CP-07.....	77
Tabla 23 Prueba Funcional CP-08.....	79
Tabla 24 Tasa de correcciones manuales	82
Tabla 25 Rendimiento por Tipo de Dispositivo (n=30 lecturas por categoría).....	83
Tabla 26 Especificaciones técnicas del VPS	84
Tabla 27 Estimación de Costo del software	87
Tabla 28 Estimación de Costo de Software (infraestructura).....	88
Tabla 29 Estimación de Costo de Software (Total).....	88
Tabla 30 Resultado encuesta Operarios.....	89
Tabla 31 ¿El sistema reduce errores de registro?	90
Tabla 32 ¿El tiempo de registro se redujo?	91
Tabla 33 ¿El historial es más rápido y confiable.....	92
Tabla 34 ¿La interfaz es fácil de usar?	94
Tabla 35 ¿Ha mejorado la organización del trabajo?	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.4.1.1. Tablero Scrumban	32
Figura 2.4.1.1 Gráfico de barras de Problemas en el Proceso de Recolección	36
Figura 3.4.1.1. Gráfico de funcionalidades propuestas	38
Figura 4.4.1.1. Gráfico de disposición de uso	39
Figura 5.4.1.2. Gráfico de claridad del recibo	41
Figura 6.4.1.2. Gráfico de demanda de historial	42
Figura 7 ¿cuál es la NECESIDAD de mejorar la TRANSPARENCIA en cómo se registran las lecturas?	44
Figura 8 En caso de reclamo sobre una lectura, ¿te gustaría que la Junta tuviera una FOTO del medidor como evidencia?	47
Figura 9.4.3.2. Tablero de Iteraciones	51
Figura 10 DIAGRAMA DE ARQUITECTURA	54
Figura 11 DIAGRAMA DE MODULOS.....	56
Figura 12 DIAGRAMA DE CLASES	58
Figura 13 Interfaz de inicio de sesión (Web)	61
Figura 14 Panel principal de navegación (Dashboard).....	62
Figura 15 Gestión y actualización de lecturas	62
Figura 16 Módulo de registro de pagos y generación de recibos	63
Figura 17 Módulo de reportes de pagos con filtros avanzados	63
Figura 18. Módulo de reportes de lecturas por período.....	64
Figura 19. Sección de descarga de APK.....	64

Figura 20.4.5.2. Pantalla de login móvil	65
Figura 21 Interfaz de captura de lectura con OCR	66
Figura 22 Interfaz de actualización de datos (CP-01)	68
Figura 23 Mensaje de registro exitoso (CP-01).....	68
Figura 24 Captura y reconocimiento OCR (CP-02)	70
Figura 25 Estado de sincronización (CP-03).....	72
Figura 26 Recibo PDF generado con código QR (CP-04)	74
Figura 27 Confirmación de asistencia (CP-05)	75
Figura 28 Prueba Funcional CP-06	77
Figura 29.4.6. Gráfico de historial de consumo (CP-07)	79
Figura 30.4.6. Alerta de validación de error (CP-08).....	80
Figura 31 ¿El sistema reduce errores de registro?.....	91
Figura 32 ¿El tiempo de registro se redujo?	92
Figura 33 ¿El historial es más rápido y confiable?.....	93
Figura 34 ¿La interfaz es fácil de usar?.....	94
Figura 35 ¿Ha mejorado la organización del trabajo?.....	95

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

En el contexto actual, la transformación digital se ha consolidado como una tendencia global a lo largo de la última década, generando un impacto considerable en múltiples sectores, especialmente en los servicios públicos [1]. La automatización de aquellas tareas que resultan repetitivas y susceptibles a errores humanos se ha posicionado como una alternativa eficaz para incrementar la precisión operativa y disminuir los costos asociados. En el ámbito del agua potable, la adopción de tecnologías como el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) ha resultado determinante para optimizar la recolección de información proveniente de los medidores, reduciendo así los errores de digitación y agilizando los procedimientos establecidos [2].

El sector La Buena Esperanza presenta una problemática relevante en lo que respecta a la recolección y el cálculo de los datos obtenidos de los medidores de agua potable. En la actualidad, dicho procedimiento se ejecuta de forma enteramente manual; los inspectores deben anotar las lecturas en hojas de papel para posteriormente transcribirlas hacia un sistema centralizado. Esta metodología conlleva diversas desventajas, entre las que destaca su alta susceptibilidad a errores de digitación, lo que deriva en una marcada ineficiencia del proceso en su conjunto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo sistematizar el proceso de recolección de datos de medidores de agua potable en la Junta de La Buena Esperanza para reducir los errores de digitación y optimizar la eficiencia operativa?

1.3. OBJETIVO Y CAMPO DE ACCIÓN

1.3.1. OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Aplicación web-móvil para la sistematización de procesos

1.3.2. CAMPO DE ACCIÓN

1203.18 Sistemas de Información, Diseño de componentes

1.4. BENEFICIARIOS

1.4.1. DIRECTOS

Entre los beneficiarios directos de este proyecto de titulación se encuentran:

El técnico encargado de la recolección de datos y el encargado del cobro de agua: Podrán evitar errores tipográficos y agilizar su trabajo mediante el uso del aplicativo web y móvil.

1.4.2. INDIRECTOS

Los beneficiarios indirectos del proyecto de titulación son:

Población del sector La Buena Esperanza que depende del servicio de agua potable: Los usuarios contarán con mayor transparencia al reducirse los errores en los comprobantes de pago.

Personal administrativo: Mejorará la gestión de procesos mediante la automatización de tareas repetitivas.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El tema fue seleccionado debido a la cantidad de beneficiarios que se verían favorecidos, ya que el sector La Buena Esperanza cuenta con una población significativa que depende del servicio de agua potable. La implementación de una solución tecnológica que integre OCR y una aplicación web-móvil permitirá reducir los errores de digitación en la recolección de datos, optimizar el tiempo mediante la agilización de los procesos de recolección y procesamiento de información, y mejorar la eficiencia a través de la sincronización cuando el dispositivo se encuentre con conexión a internet, asegurando que los datos se actualicen de manera eficiente.

Con el fin de atender estas carencias, se plantea el desarrollo de una aplicación híbrida web-móvil que integre tecnología OCR. Esta herramienta busca sistematizar el procedimiento de captura de lecturas de medidores, permitiendo que los inspectores registren la información directamente desde sus dispositivos móviles. De esta manera, se suprimirá la necesidad de realizar anotaciones manuales y se reducirán de forma considerable los errores de digitación. Asimismo, la aplicación contará con una base de datos local que permitirá su funcionamiento continuo en zonas con conectividad restringida, asegurando la sincronización de los datos con el servidor central en el momento en que se establezca conexión a la red.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. GENERAL

Desarrollar un sistema web-móvil mediante OCR para sistematizar los procesos en la Junta de Agua Potable ubicada en el sector La Buena Esperanza, Cayambe-Ecuador.

1.6.2. ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica sobre sistematización de procesos, a partir de fuentes científicas de alto impacto, para definir una base teórica que permita el diseño de un sistema eficiente.
- Diagnosticar los procesos de recolección de datos en la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza, identificando las problemáticas actuales y oportunidades de mejora que orienten al diseño de la solución tecnológica.
- Implementar el sistema Web-móvil mediante OCR para sistematizar los procesos en la Junta de Agua Potable ubicada en el sector La Buena Esperanza. Cayambe-Ecuador.

1.6.3. SISTEMAS DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar una revisión bibliográfica sobre sistematización de procesos, a partir de fuentes científicas de alto impacto, para definir una base teórica que permita el diseño de un sistema eficiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión estructurada de fuentes científicas y académicas • Valoración y clasificación de documentos según relevancia • Recopilación y estructuración 	Marco teórico definido	<ul style="list-style-type: none"> • Exploración documental • Fuentes científicas • Gestor de referencias

	conceptual de información <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del marco teórico 		
Diagnosticar los procesos de recolección de datos en la junta de agua potable del sector La Buena Esperanza, mediante la aplicación de encuestas y observación directa, para identificar las problemáticas actuales y oportunidades de mejora que orienten al diseño de la solución tecnológica.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de instrumentos de recolección • Observación directa de los procesos de recolección de lecturas • Análisis de documentación existente 	Diagnóstico donde se identifique problemáticas, flujos de trabajo actuales y oportunidades de mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Observación directa • Análisis documental
Implementar un sistema Web-móvil mediante OCR para sistematizar los procesos en la Junta de Agua Potable ubicada en el sector La Buena Esperanza. Cayambe-Ecuador.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la arquitectura del sistema • Despliegue del sistema • Capacitación al personal 	Sistema web-móvil funcional con modulo OCR integrado	<ul style="list-style-type: none"> • Django • Flutter • Dispositivo móvil

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

ANTECEDENTES

Díaz Villar desarrolló un aplicativo móvil para registrar las lecturas de los medidores de agua y una sincronización del mismo a una base de datos centralizada en Paraguay[1]. La investigación concluye que la implementación de tecnología móvil proporciona mejoras en

la precisión, menorando los errores que conlleva el registro manual del consumo de agua. El autor destaca que la sincronización de datos permite una gestión eficiente de la información, evitando pérdidas y duplicaciones.

También Tibán Chito desarrolló una aplicación web móvil con la tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para capturar la lectura de los medidores de consumo de agua en el sector del cantón Mocha[2]. El proyecto fue realizado en la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), utilizando tecnologías como un servidor local XAMPP con Apache y MySQL, Node.js y Express para la aplicación web programada en JavaScript, y el framework Ionic basado en Angular para la aplicación móvil con PHP para la conexión a la base de datos. Para el OCR implementó la librería Tesseract.js. La metodología de desarrollo empleada fue SCRUM. Como resultado, la aplicación permite al operario capturar una fotografía del medidor, reconocer el código mediante OCR, consultar datos del propietario y registrar la lectura, mejorando significativamente la confiabilidad, calidad y objetividad de la información, agilizando la facturación y reduciendo errores y reclamos.

Por otro lado, Rodríguez Sánchez desarrolló una aplicación web móvil mediante el uso de SDK Flutter para el proceso de toma de lecturas de consumo de energía de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A [3]. El proyecto de la Universidad Regional Autónoma de los Andes empleó Flutter como framework de desarrollo multiplataforma junto con el lenguaje Dart, SQLite para almacenamiento local, y Angular con Node.js para la aplicación web complementaria. La metodología utilizada fue Programación Extrema (XP) con un paradigma cuali-cuantitativo. Como producto resultante, la aplicación móvil permite registrar las lecturas de consumos de los medidores y posteriormente sincronizar el envío y recepción de información al servidor web, además de guardar los datos en una base de datos local del dispositivo móvil. El autor concluye que la implementación de Flutter permite optimizar recursos y tiempo mediante la generación de aplicaciones compatibles con Android y iOS desde un solo código.

Otro caso de una aplicación web-móvil se presenta en el trabajo de Dúran Urgiles, quien elaboro un sistema web orientado para la gestión administrativa de la Junta de Agua de la Cabecera Parroquial Simón Bolívar con registro de planilla instantánea a través de móviles [4]. El proyecto de la Universidad Regional Autónoma de los Andes tuvo como objetivo permitir, mediante un teléfono celular con acceso a internet, se pudieran ingresar los datos

correspondientes al código del medidor y la lectura de consumo expresada en metros cúbicos. El sistema recibe como respuesta los datos actualizados del contribuyente junto con los montos a cancelar, permitiendo la impresión inmediata de la planilla de consumo. El autor concluye que la implementación del sistema web contribuye a mejorar la gestión administrativa de la Junta de Agua Potable.

Naranjo Huertas desarrolló una aplicación web destinada a la gestión de recaudación de la junta de agua potable de la Parroquia de Urbina de la ciudad de Tulcán[5]. El proyecto de la Universidad Regional Autónoma de los Andes aplicó metodología de investigación mixta cualitativa-cuantitativa utilizando entrevistas y encuestas. El autor constato que el 90% de los integrantes de la Junta Parroquial efectuaban el proceso de cobro de manera manual. Como resultado, la aplicación web mejoró la administración de recaudos, permitiendo perfeccionar la administración de recaudos, facilitando el registro de información sobre los contribuyentes beneficiarios del agua, generando informes para el presidente de la Junta y apoyando la planificación y toma de decisiones.

Flores Barahona desarrolló una aplicación web para la gestión de información de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de la Comunidad de Gualsaquí[6]. El proyecto de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador utilizó metodología Scrum para el desarrollo, con herramientas como PHP, JavaScript, HTML y Bootstrap. El sistema se enfocó en subsanar las deficiencias del sistema anterior, mejorar la organización de información e impulsar la automatización de procesos, dando lugar a una solución informática que coadyuva a la administración y gestión de los datos de la junta de agua.

Mejía Yépez desarrolló una aplicación móvil multiplataforma destinada al ingreso de lecturas de consumo de agua en la Junta de Administración de Agua Potable de Zumbahuayco[7]. El proyecto de la Universidad Técnica Particular de Loja adopto la metodología ágil Scrum para el desarrollo. La solución permite optimizar el tiempo de recolección de datos y mejorar la precisión en el registro de lecturas.

Caiza Toaquiza[8] desarrolló una aplicación móvil para la gestión de información de lecturas de agua potable en la Universidad Técnica de Cotopaxi. El proyecto tuvo como finalidad optimizar el tiempo que toma la recolección de lecturas y mejorar la eficiencia del proceso administrativo.

2.1. SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS

2.1.1. DEFINICIÓN DE SISTEMATIZACIÓN

La sistematización puede entenderse como un proceso continuo y acumulativo orientado a la creación de conocimientos a partir de una experiencia de intervención en una realidad social, lo que representa un primer nivel de teorización sobre la práctica [9]. Conforme a lo señalado por Jara[10], sistematizar conlleva disponer algo conforme a un sistema, es decir, un conjunto de elementos ordenados que mantienen relaciones y que permiten alcanzar un objetivo especificado.

La sistematización de procesos busca ordenar y organizar el desarrollo, los procedimientos y los resultados de un proyecto, intentando aclarar y explicar el sentido que el proceso ha tenido para los actores involucrados[10]. En el contexto empresarial, sistematizar procesos tiene como fin mejorar la eficiencia y la calidad mediante la documentación y estandarización de rutinas de trabajo [11].

2.2. APLICACIÓN WEB-MÓVIL

2.2.1. FUNDAMENTOS DE LAS APLICACIONES WEB-MÓVIL (HÍBRIDA)

Se denomina aplicación híbrida a aquella que tiene la capacidad de operar en diferentes sistemas operativos móviles, integrando características propias de las aplicaciones nativas con elementos de las aplicaciones web[12]. Este tipo de soluciones, también identificadas como aplicaciones multiplataforma, se construyen empleando tecnologías web convencionales y poseen la particularidad de poder ejecutarse tanto en dispositivos móviles como en navegadores web a partir de un mismo código base[13].

Las aplicaciones híbridas se fundamentan en un núcleo (core) compartido para todos los sistemas operativos, aspecto que disminuye de manera considerable los costos asociados al desarrollo y mantenimiento en contraposición con la creación de aplicaciones nativas individuales para cada plataforma[13]. De acuerdo con lo reportado por AppsFlyer[14], estas aplicaciones tienen la posibilidad de acceder a funcionalidades nativas del dispositivo, tales como el GPS, la cámara y las notificaciones push, ofreciendo así una experiencia de uso comparable a la de las aplicaciones nativas.

2.2.2. ARQUITECTURA CLIENTE SERVIDOR

La arquitectura cliente-servidor constituye un paradigma de diseño de software en el cual las responsabilidades se distribuyen entre quienes suministran los recursos o servicios

(servidores) y quienes los solicitan (clientes). En el marco de las aplicaciones web-móvil, el componente cliente opera en los dispositivos móviles, mientras que tanto la lógica de negocio como el almacenamiento de datos se ubican en servidores remotos[15].

2.2.3. ARQUITECTURA DE TRES CAPAS

La arquitectura de tres capas (three-tier architecture) es un modelo de software bien establecido que organiza la aplicación en tres capas lógicas y físicas separadas: la capa de presentación (interfaz de usuario), la capa de lógica de negocio (procesamiento de datos y reglas) y la capa de datos (almacenamiento y gestión de la base de datos). Esta separación permite que cada capa se desarrolle, mantenga y escale de forma independiente, mejorando la modularidad y facilitando la reutilización del código[15].

2.3. APLICACIÓN WEB

2.3.1. DEFINICIÓN DE APLICACIÓN WEB

Las aplicaciones web consisten en programas de software que se ejecutan en un servidor web y son accesibles mediante un navegador. A diferencia del software convencional, no exigen una instalación local y pueden utilizarse desde cualquier dispositivo que cuente con conexión a internet[16]. El framework Django favorece el desarrollo de aplicaciones web robustas y seguras a través de su arquitectura modular y sus funcionalidades integradas.

2.3.2. FRAMEWORK DJANGO

Django es un framework de desarrollo web de código abierto programado en Python, concebido para agilizar la creación de aplicaciones web que sean tanto robustas como seguras[17]. Desde su introducción en 2005, este framework ha alcanzado una notable popularidad gracias a su orientación hacia la reutilización de componentes y su principio de "baterías incluidas", el cual consiste en proveer múltiples funcionalidades integradas que simplifican sustancialmente el proceso de desarrollo[16].

Entre las características principales de Django se encuentran:

- Desarrollo rápido: Permite construir aplicaciones web de forma eficiente merced a la reutilización de código y la integridad de sus funcionalidades[17].
- Escalabilidad y flexibilidad: Su arquitectura modular hace posible incorporar o suprimir componentes de acuerdo con los requerimientos del proyecto[16].

- Seguridad integrada: Incorpora mecanismos de protección frente a ataques habituales como SQL injection, cross-site scripting (XSS) y cross-site request forgery (CSRF)[16], [17].
- ORM integrado: Facilita la interacción con la base de datos sin necesidad de redactar sentencias SQL de manera directa[17].

2.3.3. ARQUITECTURA MTV (MODELO-VISTA-TEMPLATE)

Django implementa el patrón arquitectónico MVT (Model-View-Template), una variación del tradicional MVC (Modelo-Vista-Controlador). Esta arquitectura separa claramente los datos, la lógica de la aplicación y la interfaz de usuario, facilitando una estructura organizada y mantenible[17].

Tabla 1 Arquitectura MTV Django

Componente	Función	Archivo en Django
Modelo (Model)	Define la estructura de los datos y la interacción con la base de datos. El ORM de Django mapea las clases Python a tablas de la base de datos.	models.py
Vista (View)	Contiene la lógica del proyecto, procesa las peticiones del usuario y retorna las respuestas apropiadas.	views.py
Template (Plantillas)	Se encarga de la presentación visual y el diseño de la interfaz de usuario final mediante archivos HTML con sintaxis especial de Django.	Carpeta "templates/"

El flujo de información en Django sigue el siguiente proceso: el usuario realiza una petición HTTP, las URLs la enrutan a la vista correspondiente, la vista consulta el modelo si es necesario, y finalmente renderiza una plantilla que se envía como respuesta al usuario[18].

2.3.4. MOTOR DE PLANTILLAS JINJA2

Jinja2 es un motor de plantilla para Python moderno y cargado de funciones, desarrollado inicialmente para el framework Flask, pero compatible con Django[19]. Se caracteriza por ser más rápido que el motor de plantillas por defecto de Django con un consumo de memoria similar, representando una ventaja significativa para sitios web con alto tráfico.

Características de Jinja2:

- Sintaxis similar a la de Django, facilitando la transición
- Mayor rendimiento en la renderización de plantillas
- Filtros y macros integrados para lógica de renderizado compleja
- Herencia de plantillas para reducir duplicación de código[19]

2.3.5. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PYTHON

Python es considerado un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y de propósito general, reconocido por tipo de sintaxis clara y legible. Django está construido completamente en Python, aprovechando sus métodos de programación orientada a objetos y su amplio ecosistema en bibliotecas[20].

2.3.6. Django REST Framework

Django REST Framework (DRF) es un toolkit potente y flexible para construir APIs web sobre Django. Permite la serialización de datos complejos (conversión de objetos de base de datos a formatos como JSON) y proporciona herramientas robustas para la autenticación y autorización, siendo el estándar actual para el desarrollo de backends RESTful en el ecosistema Django[16].

2.3.7. Servidores Web y Despliegue

El despliegue de aplicaciones web requiere un servidor que gestione las peticiones HTTP. Nginx es un servidor web de alto rendimiento y proxy inverso que se utiliza comúnmente para servir archivos estáticos y gestionar el tráfico de red. Para aplicaciones Python/Django, se emplea Gunicorn (Green Unicorn), un servidor WSGI (Web Server Gateway Interface) que actúa como intermediario entre Nginx y la aplicación Django, traduciendo las peticiones web al código Python. Esta combinación garantiza escalabilidad y seguridad en entornos de producción[16].

2.4. APLICACION MOVIL

2.4.1. FUNDAMENTOS DE APLICACIONES MÓVILES

Las aplicaciones móviles son programas de software desarrollados específicamente para funcionar en dispositivos móviles como smartphones y tabletas. El desarrollo de aplicaciones ha evolucionado desde enfoques puramente nativos hacia soluciones multiplataforma que permiten mayor eficiencia en el desarrollo[21].

2.4.2. SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Android constituye un sistema operativo móvil construido sobre el núcleo Linux y otros componentes de software de código abierto, cuyo desarrollo corresponde a Google. Esta plataforma fue concebida para dispositivos móviles con pantallas táctiles y en la actualidad se posiciona como el sistema operativo de mayor adopción a escala mundial, operando en más de dos mil millones de dispositivos[22].

Entre las características principales de Android destacan las siguientes:

- Código abierto: Posibilita que los fabricantes adapten la experiencia del usuario según sus requerimientos.
- Núcleo basado en Linux: Ofrece seguridad, además de una gestión eficiente de memoria y procesos.
- Arquitectura de software en capas: Comprende la interfaz de usuario, la plataforma de aplicaciones y el núcleo del sistema.
- Sistema de aplicaciones sandbox: Cada aplicación opera en su propio entorno aislado, lo que resguarda la privacidad del usuario.
- Almacenamiento local: Emplea SQLite para la gestión de datos en el dispositivo.

2.4.3. FRAMEWORK FLUTTER

Flutter es un framework de código abierto creado y mantenido por Google que hace posible el desarrollo de aplicaciones móviles, web y de escritorio partiendo de una única base de código. En los últimos años, Flutter se ha consolidado como uno de los frameworks con mayor aceptación para el desarrollo móvil multiplataforma, situándose por encima de React Native conforme a datos de 2021[23].

Las características principales de Flutter son:

- Rendimiento cercano al nativo: Flutter compila de forma directa a código máquina, lo que garantiza una ejecución rápida y eficiente.
- Hot Reload: Permite visualizar las modificaciones en el código de manera instantánea sin necesidad de reiniciar la aplicación, agilizando así el desarrollo[21].
- Widgets personalizables: Emplea su propio motor gráfico (Skia) para renderizar la interfaz, asegurando uniformidad visual en todas las plataformas.
- Único código base: Un mismo código es válido para iOS, Android, web y escritorio.
- Desarrollo multiplataforma: Compatible con seis plataformas: iOS, Android, web, Windows, MacOS y Linux[21].

2.4.4. LENGUAJE DART

Dart es un lenguaje de programación de código abierto desarrollado por Google, el cual ha sido optimizado para el desarrollo de cliente y para entornos multiplataforma. Este lenguaje constituye la opción principal empleada por Flutter y se distingue por combinar elementos de la programación orientada a objetos con rasgos de la programación funcional[24].

Entre las características de Dart se encuentran:

- Tipado fuerte y seguro: Cada variable posee un tipo específico asociado, lo que coadyuva a la detección de errores durante la compilación.
- Compilación JIT y AOT: Just-In-Time para un desarrollo ágil y Ahead-Of-Time para producción con el máximo rendimiento posible[25].
- Hot Reload: Habilita la visualización instantánea de los cambios realizados en el código[24].
- Sintaxis familiar: Guarda similitud con lenguajes como Java, C# y JavaScript, facilitando su aprendizaje.
- Multiplataforma: Puede compilarse a código nativo o a JavaScript para su ejecución en navegadores[24].

2.5. RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES (OCR)

2.5.1. DEFINICIÓN Y FUNDAMENTOS

El Reconocimiento Óptico de Caracteres, conocido por sus siglas en inglés como OCR (Optical Character Recognition), es una tecnología que recurre a la extracción automatizada

de datos con el propósito de transformar imágenes de texto en un formato interpretable por máquinas. El OCR posibilita extraer y reutilizar información proveniente de documentos escaneados, fotografías capturadas con cámara y archivos PDF, eliminando así la exigencia de digitación manual y disminuyendo de manera considerable los errores humanos[26].

2.5.2. FUNCIONAMIENTO DEL OCR

El procedimiento de OCR sigue una secuencia de etapas para el reconocimiento de caracteres [27], [28]:

- **Preprocesamiento de imagen:** Los documentos se escanean o digitalizan para generar un mapa de bits. El software suaviza los bordes de las letras, suprime imperfecciones y convierte la imagen a blanco y negro con el fin de facilitar el reconocimiento.
- **Segmentación del texto:** Se identifican las zonas de la imagen que contienen texto y se separan los caracteres individuales dentro de dichas zonas.
- **Reconocimiento de patrones:** Los caracteres individuales se someten a algoritmos de clasificación que emplean modelos de aprendizaje automático o aprendizaje profundo. Estos modelos examinan las características visuales y las cotejan con patrones conocidos.
- **Posprocesamiento:** El texto reconocido se contrasta con diccionarios internos para verificar el contexto y mejorar la precisión.
- **Conversión de formato:** Los datos extraídos se transforman al formato requerido (PDF, texto simple, HTML, JSON, entre otros).

2.5.3. PRECISIÓN DEL OCR

La mayor parte de las soluciones OCR contemporáneas son capaces de alcanzar una precisión del 98 al 99% a nivel de página en condiciones controladas[27]. Los sistemas avanzados que incorporan Inteligencia Artificial mediante el Procesamiento Inteligente de Documentos (IDP) consiguen tasas de precisión aún superiores[28]. La precisión guarda una relación significativa con la calidad de la imagen de entrada, resultando recomendable aplicar técnicas de preprocesamiento para optimizar los resultados obtenidos.

2.5.4. ML Kit PARA OCR MÓVIL

ML Kit es un SDK de machine learning desarrollado por Google que suministra APIs on-device para implementar funcionalidades de inteligencia artificial en aplicaciones

móviles[29]. La API de reconocimiento de texto de ML Kit hace posible identificar texto en imágenes o videos en múltiples idiomas, abarcando caracteres latinos, chinos, japoneses y coreanos.

Las características de ML Kit Text Recognition son:

- Procesamiento on-device: El modelo puede ejecutarse localmente sin necesidad de conexión a internet.
- Integración con Flutter: Disponible mediante el paquete `google_mlkit_text_recognition`[29].
- Soporte multiidioma: Reconoce texto en diversos conjuntos de caracteres.
- Información estructurada: Proporciona el texto reconocido organizado en bloques, líneas, elementos y símbolos con coordenadas de posición.

2.6. FUNDAMENTOS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES

El procesamiento de imágenes digitales constituye un campo interdisciplinario que combina elementos de matemáticas, física de la óptica y ciencias de la computación para la manipulación y análisis de imágenes mediante algoritmos computacionales. En el contexto del reconocimiento óptico de caracteres aplicado a medidores de agua, comprender estos fundamentos resulta esencial para optimizar la calidad de las imágenes capturadas y, consecuentemente, la precisión del reconocimiento.

2.6.1. Conceptos Fundamentales de Imagen Digital

Una imagen digital se define como una representación bidimensional de una señal visual, compuesta por elementos discretos denominados píxeles. Cada píxel representa la intensidad luminosa en una posición espacial específica, cuantizada según la profundidad de color del sistema. La resolución de una imagen, expresada en píxeles (por ejemplo, 1920×1080), determina la cantidad de detalle capturable. En aplicaciones de OCR para medidores, resoluciones mínimas de 1280×720 píxeles resultan necesarias para garantizar que los dígitos posean suficiente información para su reconocimiento[27].

La profundidad de color define el número de bits utilizados para representar la intensidad de cada píxel. Las imágenes en escala de grises utilizan típicamente 8 bits (256 niveles de intensidad), mientras que las imágenes a color en formato RGB emplean 24 bits (8 bits por canal rojo, verde y azul). Para el reconocimiento de dígitos en medidores, la conversión a

escala de grises constituye un paso de preprocesamiento habitual, pues reduce la complejidad computacional sin pérdida significativa de información relevante [27].

2.6.2. Técnicas de Preprocesamiento

El preprocesamiento de imágenes comprende un conjunto de operaciones orientadas a mejorar la calidad visual de la imagen antes de su análisis por el motor OCR. Las principales técnicas aplicables a los medidores de agua son:

La conversión a escala de grises ya que esta transformación convierte una imagen a color en una representación de intensidad única por píxel. Esta operación reduce el volumen de datos a procesar y simplifica las etapas posteriores.

La binarización transforma una imagen en escala de grises en una representación de dos niveles (blanco y negro), donde los píxeles por encima de un umbral T se asignan a blanco y los inferiores a negro. El método de Otsu determina automáticamente el umbral óptimo minimizando la varianza intra-clase, resultando particularmente efectivo para imágenes con distribuciones bimodales de intensidad, como los medidores. Alternativamente, la umbralización adaptativa calcula umbrales locales para regiones de la imagen, mejorando los resultados cuando la iluminación no es uniforme.

El ruido en imágenes capturadas con dispositivos móviles proviene principalmente del sensor de la cámara en condiciones de baja iluminación. Los filtros de suavizado, como el filtro gaussiano o el filtro de mediana, reducen el ruido a costa de cierto desenfoque. El filtro de mediana resulta preferible para preservar bordes, aspecto crítico para la segmentación de caracteres.

2.6.3. Segmentación de Texto

La segmentación constituye el proceso de aislar las regiones de texto del fondo de la imagen. Para medidores de agua, esto implica identificar el área del medidor y posteriormente separar los dígitos individuales. Los algoritmos de detección de bordes, como el operador de Canny, identifican transiciones abruptas de intensidad que delimitan caracteres. La segmentación precisa resulta crítica minimizando errores que ocasionan fallos en el reconocimiento posterior[27].

2.7. GESTOR DE BASES DE DATOS

2.7.1. POSTGRESQL

PostgreSQL es una base de datos relacional de código abierto con más de 35 años de desarrollo activo, reconocida por su fiabilidad, flexibilidad y soporte de estándares técnicos abiertos[30].

A diferencia de otros RDBMS, PostgreSQL soporta tanto tipos de datos relacionales como no relacionales, convirtiéndola en una de las bases de datos más versátiles disponibles[31].

Características principales de PostgreSQL:

Tabla 2 Características de PostgreSQL

Característica	Descripción
Código abierto y gratuito	Instalación sin restricciones en múltiples plataformas (Unix, Linux, Windows)[32].
Gran escalabilidad	Se ajusta al número de CPUs y cantidad de memoria disponible de forma óptima[32].
ACID Compliant	Garantiza Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad en las transacciones[32].
Alta disponibilidad	Soporta Hot-Standby para consultas de solo lectura durante mantenimiento[30].
Extensibilidad	Permite crear funciones personalizadas en múltiples lenguajes (Perl, Java, Python, C++)[30].
Soporte geoespacial	Mediante la extensión PostGIS para análisis de datos geográficos[31].

Característica	Descripción
MVCC	Control de concurrencia multiversión para procesamiento simultáneo sin interbloqueos[32].

2.7.2. SQLite PARA APLICACIONES MÓVILES

SQLite representa una base de datos relacional de carácter ligero que se incorpora directamente en las aplicaciones, resultando especialmente idónea para el almacenamiento local de información en dispositivos móviles. Flutter establece interacción con SQLite mediante el paquete "sqflite", el cual disponibiliza APIs de Dart para la ejecución de consultas SQL.

Las ventajas de SQLite en Flutter comprenden:

- Operatividad sin conexión: Las aplicaciones pueden desempeñar sus funciones sin requerir conexión a internet[33].
- Alto rendimiento: Gestiona grandes volúmenes de datos de manera local con eficiencia.
- Implementación sencilla: Integración directa a través de paquetes disponibles en pub.dev.
- Ligero y eficiente: Particularmente adecuado para dispositivos móviles con recursos restringidos[33].

2.7.3. FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS

Una base de datos puede definirse como una colección organizada de datos estructurados, los cuales son almacenados de forma electrónica en un sistema informático. Los sistemas de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) emplean el lenguaje SQL para definir, manipular y consultar datos que se hallan organizados en tablas relacionadas entre sí[34].

2.8. API (INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES)

2.8.1. DEFINICIÓN DE API

Una API (Application Programming Interface) consiste en un conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar sistemas de software. Las APIs hacen

posible la interacción con sistemas con el objeto de obtener datos o ejecutar funciones, actuando como intermediarias entre los usuarios o clientes y los recursos o servicios web[35].

2.8.2. API REST

Una API REST (Representational State Transfer) constituye una interfaz de programación que se adhiere a los principios de diseño del estilo arquitectónico REST. Este estilo comprende un conjunto de reglas y recomendaciones orientadas a diseñar APIs web que resulten escalables, mantenibles y eficientes[35].

Entre los principios de una API RESTful destaca:

Tabla 3 Principios de API RESTful

Principio	Descripción
Arquitectura cliente-servidor	Separación entre clientes y servidores con gestión de solicitudes mediante HTTP[35].
Sin estado (Stateless)	No se almacena información del usuario entre peticiones; cada petición es independiente[36].
Almacenamiento en caché	Las respuestas pueden almacenarse en caché para optimizar el rendimiento[35].
Interfaz uniforme	Los recursos se identifican mediante URIs y se manipulan a través de representaciones estándar[36].
Sistema en capas	La arquitectura puede organizarse en capas jerárquicas (seguridad, balanceo de carga, etc.)[35].

Formato de intercambio de datos:

Las APIs REST emplean típicamente JSON (JavaScript Object Notation) como formato de intercambio de datos, si bien también pueden soportar HTML, XML, Python y texto plano. JSON se ha consolidado como el formato de mayor utilización por ser legible tanto para máquinas como para humanos, además de resultar independiente del lenguaje de programación[35].

2.8.3. Autenticación con JSON Web Tokens (JWT)

Para garantizar la seguridad en el acceso a las APIs REST, se utiliza comúnmente JSON Web Token (JWT). JWT es un estándar abierto (RFC 7519) que define una forma compacta y autónoma de transmitir información de manera segura entre partes como un objeto JSON. Este token es firmado digitalmente y se utiliza habitualmente para la autenticación en arquitecturas cliente-servidor modernas, permitiendo validar la identidad del usuario en cada petición sin necesidad de mantener el estado en el servidor[36].

2.9. METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

2.9.1. METODOLOGÍAS ÁGILES

Las metodologías ágiles conforman un conjunto de marcos de trabajo para el desarrollo de software que otorgan prioridad a la entrega continua de valor, la colaboración con el cliente y la adaptación al cambio, por encima de la documentación exhaustiva y la planificación rígida[37]. Estas metodologías tienen su fundamento en el Manifiesto Ágil, publicado en 2001, el cual establece cuatro valores fundamentales y doce principios para el desarrollo de software.

2.9.2. SCRUM

Scrum constituye un marco de trabajo ágil que permite a los equipos completar sus tareas de forma continua en lapsos de duración fija llamados "Sprints"[38]. Con cada Sprint, el equipo hace entrega una iteración funcional del producto. Scrum define roles específicos (Product Owner, Scrum Master, Development Team), eventos (Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review, Sprint Retrospective) y artefactos (Product Backlog, Sprint Backlog, Incremento) que guían el proceso de desarrollo[38].

2.9.3. KANBAN

Kanban es un marco ágil basado en la filosofía de mejora continua, donde el trabajo se "extrae" del backlog para formar un flujo regular[37]. Se distingue por la visualización del flujo de trabajo mediante tableros, la imposición de límites al trabajo en progreso (WIP) y la gestión del flujo continuo sin iteraciones predefinidas[39].

2.9.4. SCRUMBAN

Scrumban es una metodología híbrida que fusiona la estructura iterativa de Scrum con el flujo de trabajo visual y los límites WIP de Kanban[37]. Conforme a lo señalado por Atlassian[37], Scrumban adopta los Sprints, las reuniones rápidas y las retrospectivas de Scrum, al tiempo que incorpora el tablero visual y las restricciones de trabajo en curso propias de Kanban.

Las características principales de Scrumban incluyen:

- Sprints flexibles: Los equipos trabajan en iteraciones de duración definida, aunque con mayor flexibilidad para incorporar cambios[37].
- Tablero visual continuo: A diferencia de Scrum, el tablero no se reinicia tras cada Sprint, preservando así la continuidad del proyecto[39].
- Límites WIP: Se establecen restricciones al trabajo en progreso con el fin de evitar la sobrecarga y mantener un flujo constante[37].
- Planificación bajo demanda: La planificación se lleva a cabo cuando resulta necesario, no únicamente al inicio del Sprint[39].
- Reuniones diarias: Encuentros breves destinados a sincronizar el trabajo del equipo[37].
- Retrospectivas: Análisis del desempeño al finalizar cada Sprint con miras a la mejora continua[39].

Scrumban resulta especialmente apropiado para proyectos de desarrollo de software con requisitos en evolución, en aquellos casos donde se precisa simultáneamente flexibilidad y estructura[37]. Esta metodología se presenta como ideal para equipos reducidos, startups o proyectos en los cuales las prioridades pueden experimentar modificaciones constantes[39].

3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA

Se orienta a resolver un problema práctico específico, en este caso, la sistematización de los procesos de recolección de datos en la Junta de Agua Potable del sector La Buena Esperanza. Hernández Sampieri et al. Al igual que la investigación aplicada busca generar conocimiento que tenga aplicación directa a los problemas de la sociedad[40].

3.1.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Permite caracterizar y describir los procesos actuales de recolección de datos de medidores, identificando sus características, flujos de trabajo y problemáticas. Este tipo de investigación busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice[40].

3.1.3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se realiza en el lugar donde ocurren los hechos, mediante la observación directa de los procesos de recolección de lecturas y la aplicación de encuestas al personal de la Junta de Agua Potable y a los usuarios del servicio.

3.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. ENCUESTA

Es una técnica cuantitativa que permite recopilar información de manera sistemática a través de un cuestionario estructurado. Se aplicará tanto al personal técnico y administrativo de la Junta de Agua Potable como a una muestra representativa de usuarios del servicio, con el fin de conocer las problemáticas actuales, tiempos de proceso, errores frecuentes en facturación y expectativas sobre el sistema propuesto[40].

3.2.2. REVISIÓN DOCUMENTAL

Consiste en el análisis de documentos existentes como formularios de registro, libros de lecturas, comprobantes de pago, registros históricos de consumo y normativas internas de la Junta. Esta técnica es importante para comprender el contexto, los procesos establecidos y la información que actualmente se maneja de forma manual[40].

3.3. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. CUESTIONARIO

De acuerdo con lo expuesto por Hernández Sampieri et al., el cuestionario se constituye como el instrumento primordial para la aplicación de encuestas. Este formulario se encuentra integrado por preguntas cerradas y de escala Likert, las cuales han sido diseñadas con el propósito de medir las percepciones del personal y de los usuarios respecto al proceso actual de recolección de lecturas, los errores de mayor frecuencia en la facturación, el tiempo promedio de atención y las necesidades de mejora que han sido identificadas. El cuestionario dirigido al personal administrativo se centra en aspectos operativos y técnicos, en tanto que el cuestionario para usuarios se orienta hacia la satisfacción con el servicio y las problemáticas experimentadas con los cobros[40].

3.3.2. FICHA DE ANALISIS DOCUMENTAL

Se trata de un formato concebido para registrar y clasificar la información pertinente extraída de los documentos objeto de revisión. Este instrumento hace posible organizar datos tales como el tipo de documento analizado, la información en él contenida, la fecha de emisión, las inconsistencias halladas y su relevancia para el diagnóstico del proceso vigente. Su utilización se dirige principalmente al análisis de formularios de registro manual, comprobantes de pago históricos y registros de consumo de los usuarios[40].

3.4. METODOLOGIA DE DESARROLLO

Para el desarrollo del presente proyecto se ha optado por emplear la metodología híbrida Scrumban, decisión que se fundamenta en las siguientes razones:

- Flexibilidad ante cambios: Scrumban hace posible realizar ajustes en tiempo real sin la necesidad de aguardar el término de un Sprint, aspecto que resulta fundamental en un proyecto donde los requisitos pueden experimentar evoluciones según las necesidades que se identifiquen durante el diagnóstico[37].
- Desarrollo iterativo e incremental: Conserva la estructura de Sprints de Scrum, permitiendo la entrega de funcionalidades de manera gradual y la obtención de retroalimentación temprana por parte del cliente[39].

- Gestión visual del trabajo: Incorpora el tablero Kanban para visualizar el flujo de trabajo, detectar cuellos de botella y limitar el trabajo en progreso (WIP), evitando así la sobrecarga del desarrollador[37].
- Planificación bajo demanda: A diferencia de Scrum tradicional, en Scrumban la planificación se lleva a cabo cuando resulta necesario, adaptándose de mejor manera a proyectos con un solo desarrollador[39].
- Mejora continua: Las retrospectivas brindan la oportunidad de reflexionar sobre el proceso y aplicar mejoras en cada iteración[37].

3.4.1. ELEMENTOS DE SCRUMBAN APLICADAS AL PROYECTO

3.4.1.1. TABLERO SCRUMBAN

Se utilizará un tablero visual con las siguientes columnas: Backlog donde tenemos las tareas pendientes por iniciar, To Do que son las planificadas para el Sprint actual, In Progress las que están en desarrollo activo, Code Review la revisión de código, Testing para las pruebas funcionales y Done las tareas completadas y validadas. Este tablero permite visualizar el estado de cada tarea y el flujo general del proyecto como se ve en la Figura 1.



Figura 1.3.4.1.1. Tablero Scrumban

3.4.1.2. PRIORIZACIÓN DE REQUISITOS

A diferencia de Scrum, donde el alcance se define al inicio de cada Sprint, Scrumban permite la priorización continua bajo demanda. Cuando el equipo tiene capacidad para iniciar nuevas tareas (el columpio To Do se vacía), se seleccionan los ítems más importantes del Product Backlog. Para esta selección, Scrumban recomienda utilizar métodos de clasificación que maximicen el valor del negocio, como el método MoSCoW (Must, Should, Could, Won't) o clases de servicio basadas en el costo de retraso[37]. En este proyecto, la priorización se realizará en función de la criticidad de la necesidad detectada en el diagnóstico, clasificando las historias de usuario en Críticas, Altas y Medias para asegurar que las soluciones a los problemas más urgentes se desarrollen primero.

3.4.1.3.LIMITES WIP (Work in Progress)

Se establecerá un límite de 2-3 tareas simultáneas en la columna "En progreso" para mantener el enfoque y evitar la multitarea excesiva, así limitando la carga de trabajo, manteniendo un progreso entre columnas del tablero.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del presente proyecto está conformada por el personal de la Junta de Agua Potable que corresponde al personal técnico y administrativo que participa directamente en los procesos de recolección de datos, cobros y gestión de la Junta de Agua, y por los usuarios que cuentan con medidor de agua potable instalado y son beneficiarios del servicio de agua potable en el sector La Buena Esperanza.

Tabla 4 Tamaño Población

Cargo	Cantidad
Técnico recolector de lecturas	1
Encargado de cobros	1
Presidente de la Junta	1
Usuarios con medidor de agua potable	320
Total, Población	323

Para establecer el tamaño de la muestra de los beneficiarios, se aplicará la fórmula de muestreo para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Ecuación 1 Muestra de la población

Donde:

$$N = 323 \text{ usuarios}$$

$$Z = (95\%) = 1.96$$

$$q = 1$$

$$p = 0.5$$

$$e = 0.05$$

Aplicando la formula obtenemos:

$$n = \frac{323 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.05)^2 \cdot (323 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

Ecuación 2 Aplicación de la ecuación para obtener la muestra

$$n = 176$$

3.6. PRUEBAS DE SOFTWARE

Las pruebas de software son el proceso de ejecutar un programa o sistema con la intención de encontrar errores. Dentro del ciclo de vida del desarrollo de software, las pruebas funcionales son fundamentales para verificar que el sistema cumple con los requisitos funcionales especificados. Este tipo de pruebas se basan en la técnica de "caja negra", donde se evalúa la salida del sistema ante entradas específicas sin considerar la estructura interna del código[40]. Donde fueron diseñados casos de prueba para validar cada historia de usuario implementada.

3.7. ESTIMACIÓN DE COSTOS

La planificación financiera del proyecto se basa en la técnica de estimación por Punto de Función o, en su defecto, por Hombre-Día (HD). Un Hombre-Día se define como la unidad de medida que representa el trabajo realizado por una persona durante una jornada laboral estándar. Esta estimación permite cuantificar el esfuerzo técnico y económico necesario para completar las historias de usuario definidas en el Product Backlog, considerando el salario promedio del mercado para el rol de desarrollador y los costos indirectos de infraestructura[38].

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANALISIS DE ENCUESTA

4.1.1. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA A OPERARIOS

10. Cuáles son los PRINCIPALES PROBLEMAS que enfrenta en el proceso actual de recolección?

Tabla 5 Cuáles son los PRINCIPALES PROBLEMAS que enfrenta en el proceso actual de recolección?

Problema	Frecuencia	Total	Porcentaje
Errores de digitación al escribir números	3	4	75%
Números ilegibles en papel (mala caligrafía)	3	4	75%
Lectura ilegible en medidores (números borrosos)	3	4	75%
Pérdida o daño de formularios/papeles	3	4	75%
Falta de comunicación técnico-procesador	2	4	50%
Tiempo excesivo en transcripción manual	2	4	50%

Problema	Frecuencia	Total	Porcentaje
No se registran referencias visuales (fotos)	2	4	50%

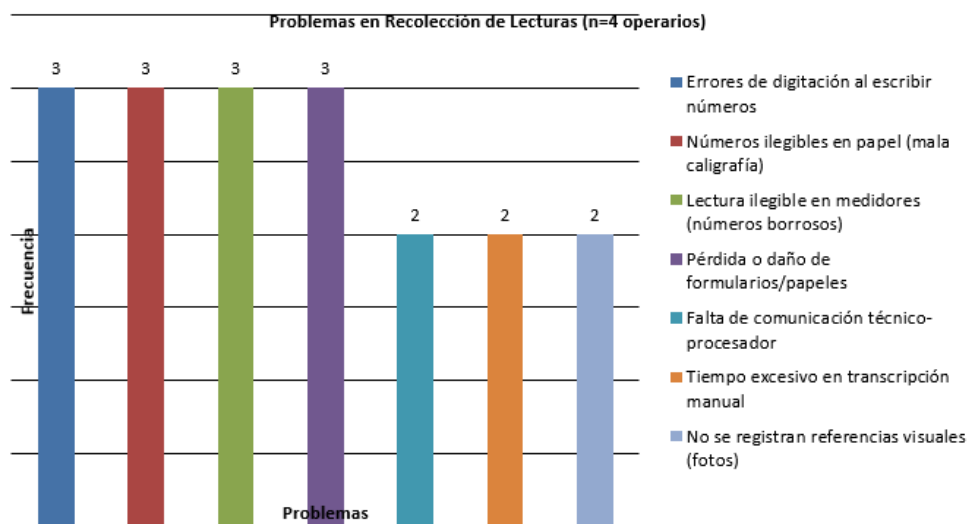


Figura 2.4.1.1 Gráfico de barras de Problemas en el Proceso de Recolección

La pregunta diez indagó sobre los principales problemas enfrentados por los operarios durante el proceso manual de recolección de datos de medidores como resultado la Figura 2. Este hallazgo es fundamental para justificar tecnológicamente la implementación de módulos específicos del sistema propuesto. El análisis revela que el setenta y cinco por ciento de operarios (tres de cuatro) reporta múltiples problemas graves en el proceso manual, incluyendo errores de digitación, números ilegibles en papel, lectura borrosa en medidores, y pérdida de documentos. Adicionalmente, el cincuenta por ciento reporta falta de comunicación entre el técnico recolector y el procesador de datos, tiempo excesivo en transcripción manual, y la ausencia de registros visuales (fotografías) para validación.

Estos hallazgos son críticos porque identifican vulnerabilidades sistemáticas en la cadena de recolección de datos que conducen directamente a errores y pérdida de información.

Los errores de digitación (75%), números ilegibles (75%) y lecturas borrosas en medidores (75%) demuestran que el método manual es inherentemente propenso a errores, lo cual se alinea con lo expuesto por Díaz Villar[1], y limitado en precisión. La pérdida de documentos (75%) sugiere que no existe un mecanismo robusto de backup o almacenamiento que

garantice la permanencia de los datos, problema que la sistematización de procesos busca resolver mediante bases de datos centralizadas[11].

Posteriormente, se presentó a los operarios nueve funcionalidades propuestas para el sistema y se solicitó su evaluación en escala Likert del 1 al 5.

13.Cuál de estas funcionalidades sería MÁS ÚTIL en una aplicación móvil?

Tabla 6 Cuál de estas funcionalidades sería MÁS ÚTIL en una aplicación móvil?

Funcionalidad	Promedio (1-5)
Capturar foto del medidor	4.75
Almacenamiento local (sin internet)	4.75
OCR: Leer números automáticamente	4.50
Sincronización de datos automática	4.50
Código QR para asistencia en eventos	4.50
Registrar lectura si OCR falla	4.25
Ver historial de lecturas previas	4.25
Mostrar medidores en mapa con GPS	4.25
Buscar usuario por código de medidor	4.00

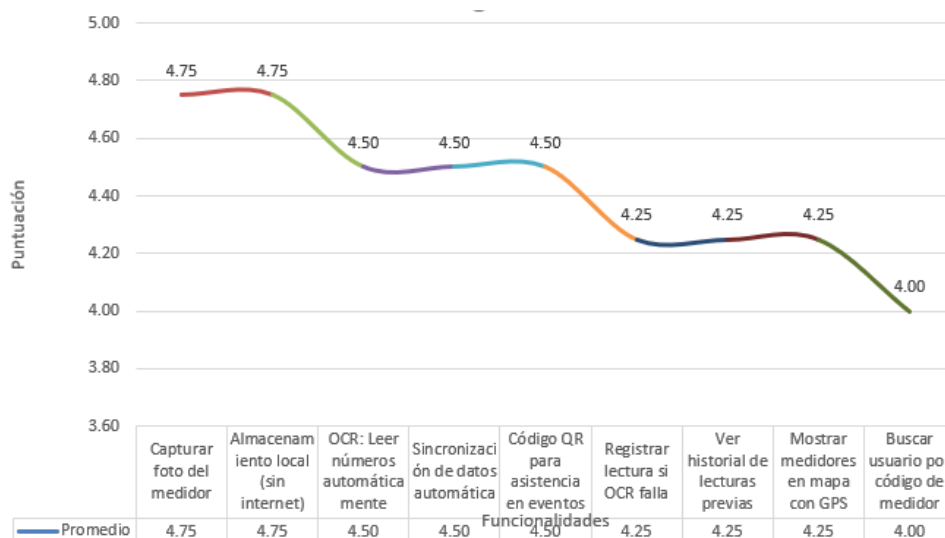


Figura 3.4.1.1. Gráfico de funcionalidades propuestas

Este hallazgo es particularmente significativo porque demuestra validación integral de la propuesta de solución ver Figura 3: el cien por ciento de operarios valida todas las funcionalidades propuestas, con un promedio general de 4.35 sobre 5.0, indicando consenso perfecto y disposición inequívoca para adoptar la solución tecnológica.

Las funcionalidades con mayor aprobación fueron capturar foto del medidor (4.75/5) y almacenamiento local sin internet (4.75/5) confirmando la necesidad de arquitecturas híbridas con SQLite[15] para zonas sin conectividad., reflejando que los operarios reconocen la necesidad crítica de resolver los problemas identificados en la pregunta anterior. Funcionalidades de impacto medio incluyeron OCR automático (4.50/5) lo cual nos indica la viabilidad de implementar tecnologías de reconocimiento óptico como las descritas por IBM[26] y Google[29], sincronización de datos (4.50/5) y código QR para asistencia en eventos (4.50/5). Incluso la funcionalidad de menor puntuación, búsqueda de usuarios por código de medidor (4.00/5), obtuvo calificación positiva, indicando que ninguna funcionalidad propuesta fue rechazada.

Finalmente, se abordó la disposición de los operarios para utilizar una aplicación móvil dedicada.

20. ¿Estaría dispuesto a usar la nueva app móvil?

Tabla 7 ¿Estaría dispuesto a usar la nueva app móvil?

Escala	Promedio (1-5)
Totalmente de acuerdo	3
De acuerdo	1
Neutral	0
En desacuerdo	0
Totalmente en desacuerdo	0

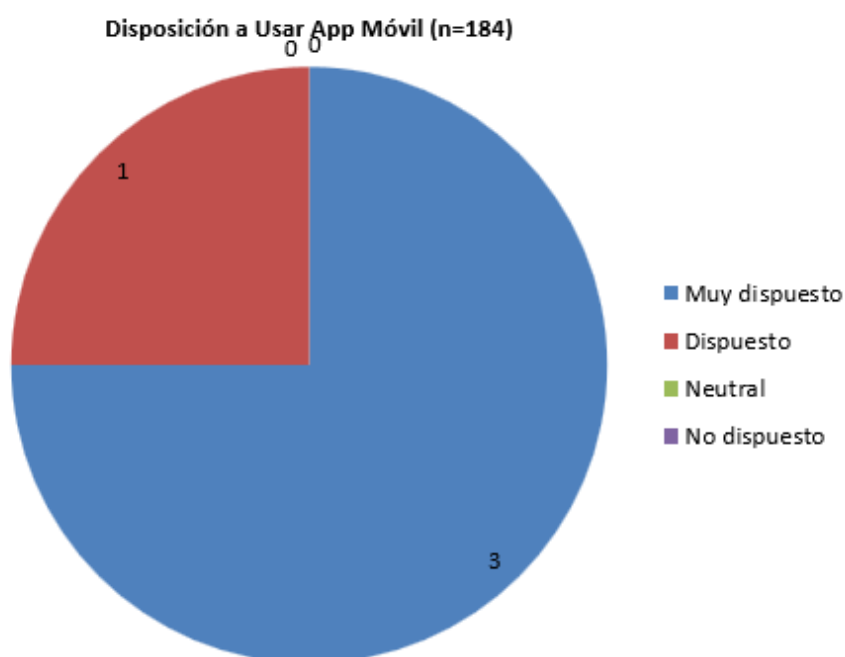


Figura 4.4.1.1. Gráfico de disposición de uso

Esta pregunta abordó específicamente la disposición de operarios para utilizar una aplicación móvil dedicada. Es fundamental aclarar que esta aplicación móvil es exclusivamente para operarios y no para usuarios finales del servicio.

Los resultados muestran que el setenta y cinco por ciento de operarios tiene disposición muy positiva (3/4) ver Figura 4, y el 24% tiene disposición positiva (1/4), obteniendo cien por

ciento de disposición favorable combinada. Ningún operario mostró neutralidad o rechazo hacia la aplicación móvil. Este hallazgo confirma que la propuesta de interfaz móvil en Flutter es apropiada y tendrá adopción satisfactoria por parte del grupo operativo.

4.1.2. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA A USUARIOS

Se evaluó la satisfacción de los usuarios respecto a la claridad y facilidad de lectura de los recibos actuales de agua potable con las siguientes preguntas:

4. ¿Cómo calificaría la CLARIDAD y facilidad de lectura de su recibo de agua?

Tabla 8 ¿Cómo calificaría la CLARIDAD y facilidad de lectura de su recibo de agua?

Escala	Frecuencia	Total	Porcentaje
1 - Muy poco claro	17	184	9.2%
2 - Poco claro	48	184	26.1%
3 - Neutral	56	184	30.4%
4 - Claro	45	184	24.5%
5 - Muy claro	18	184	9.8%

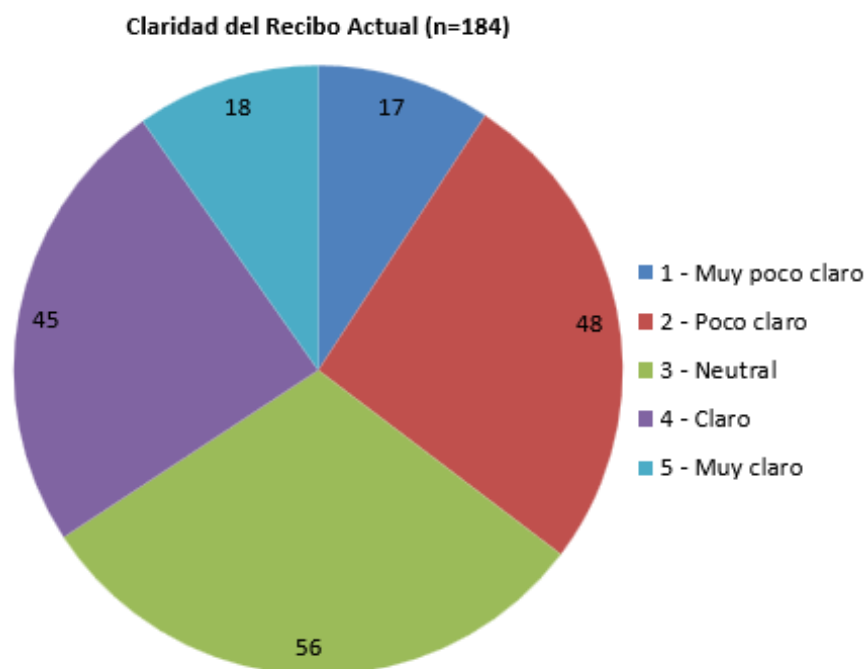


Figura 5.4.1.2. Gráfico de claridad del recibo

La pregunta evaluó la satisfacción de usuarios respecto a la claridad y facilidad de lectura de los recibos actuales de agua potable, utilizando escala Likert de uno a cinco ver Figura 5. Este indicador es importante porque refleja la experiencia de usuario actual y justifica la necesidad de módulos de mejora de recibos en la solución propuesta. El análisis revela que el 35.3% de usuarios (65 de 184) expresó insatisfacción, divididos entre muy poco claro (9.2%) y poco claro (26.1%). Aproximadamente un tercio de usuarios (30.4%) expresó neutralidad hacia la claridad de los recibos, mientras que el 34.3% restante mostró satisfacción, divididos entre claro (24.5%) y muy claro (9.8%). Esta distribución indica que existe una base significativa de usuarios insatisfechos con la presentación actual de información, representando una oportunidad de mejora inmediata.

8. ¿Le gustaría ver su **HISTORIAL COMPLETO** de consumo de los **ÚLTIMOS 12 MESES** en el recibo?

Tabla 9 ¿Le gustaría ver su **HISTORIAL COMPLETO** de consumo de los **ÚLTIMOS 12 MESES** en el recibo?

Respuesta	Frecuencia	Total	Porcentaje
Sí, es muy importante	164	184	89.1%
Sí, sería útil	10	184	5.4%
Neutral	8	184	4.3%
No es necesario	2	184	1.1%
No me interesa	0	184	0.0%

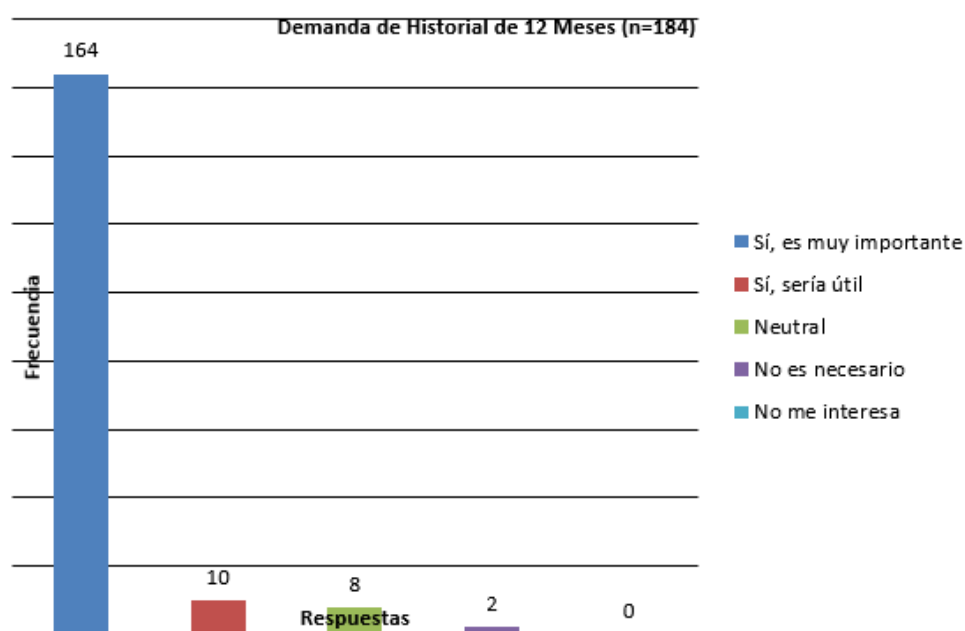


Figura 6.4.1.2. Gráfico de demanda de historial

La pregunta ocho indagó si usuarios desearían acceder a un historial de doce meses de consumo de agua en sus recibos. Este hallazgo es crítico porque identificó una de las demandas más urgentes de usuarios y revela una oportunidad para establecer confianza y

transparencia. El 89.1% de usuarios (164 de 184) respondió afirmativamente, distribuido en 5.4% que lo considera muy importante y 4.3% que lo considera útil. Únicamente el 1.2% mostró neutralidad y el 0% respondió que no es necesario, confirmando que la demanda es prácticamente universal en la población de usuarios. Este nivel de consenso es excepcional en investigación de requisitos y proporciona validación incuestionable para priorizar el módulo de historial de consumo.

18. ¿Cuál es la NECESIDAD de mejorar la TRANSPARENCIA en cómo se registran las lecturas?

Tabla 10 ¿cuál es la NECESIDAD de mejorar la TRANSPARENCIA en cómo se registran las lecturas?

Escala	Frecuencia	Total	Porcentaje
1 - No es necesario	2	184	1.1%
2 - Baja necesidad	8	184	4.3%
3 - Necesidad media	0	184	0.0%
4 - Alta necesidad	32	184	17.4%
5 - Muy alta necesidad	142	184	77.2%

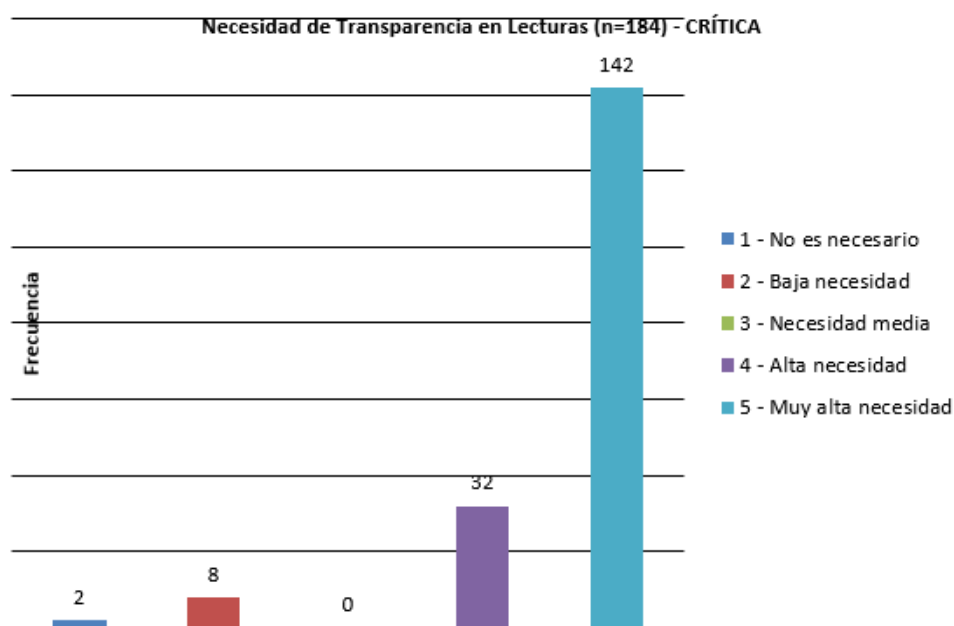


Figura 7 ¿cuál es la NECESIDAD de mejorar la TRANSPARENCIA en cómo se registran las lecturas?

La pregunta dieciocho presentó una pregunta abierta sobre la necesidad de mejorar transparencia en el proceso de lecturas, permitiendo a usuarios expresar sus preocupaciones. Este hallazgo reveló una crisis de confianza subyacente que, aunque no fue detectada explícitamente en el diagnóstico preliminar, emerge como la vulnerabilidad institucional más crítica identificada en el estudio. El 94.6% de usuarios (174 de 184) expresó necesidad muy alta o alta de mejorar transparencia, principalmente relacionada con dudas sobre la precisión de lecturas, posibles errores en cálculos de consumo y falta de evidencia visual que respalden los valores cobrados. Específicamente, 77.2% consideró la transparencia muy urgente (calificación 5/5), indicando que esta es una necesidad de importancia que afecta la confianza en la institución. Únicamente el 5.4% (10 usuarios) expresó baja o ninguna necesidad de mejora. Este patrón sugiere que existe una brecha significativa entre la percepción de usuarios sobre la calidad del servicio actual y la confianza en los procesos administrativos de la Junta.

21. ¿Le gustaría usar su recibo de pago como “ticket” para marcar asistencia a sesiones, escaneando un código QR?

Tabla 11 ¿Le gustaría usar su recibo de pago como 'ticket' para marcar asistencia a sesiones, escaneando un código QR?

Escala	Frecuencia	Total	Porcentaje
1 - Sí, definitivamente	156	184	84.8 %
2 - Sí, probablemente	20	184	10.8%
3 - Neutral	6	184	3.2%
4 - No, prefiero el sistema actual	2	184	1.9%
5 – No sé	0	184	0%

La pregunta veintiuno evaluó la disposición de los usuarios para utilizar su recibo de pago como “ticket” de entrada a sesiones y asambleas de la Junta, escaneando un código QR impreso en el propio comprobante. Este planteamiento busca modernizar el registro de asistencia y reducir el uso de papel adicional, manteniendo siempre la opción tradicional de firma manual para quienes así lo prefieran.

De los ciento ochenta y cuatro usuarios encuestados, el 84.8 % (156 usuarios) respondió “Sí, definitivamente”, mientras que el 10.8% (20 usuarios) indicó “Sí, probablemente”, sumando un 95.6% por ciento de disposición favorable hacia el uso del recibo como ticket de asistencia mediante QR. Un 3.2% (6 usuarios) se mantuvo neutral, y solo un 1.9% (2 usuarios) expresó rechazo explícito al preferir el sistema actual de firma en papel; ningún usuario marcó la opción “No sé”, lo que indica que la mayoría tiene una opinión clara frente a esta innovación.

Este nivel de aceptación confirma que la incorporación de un código QR en los recibos es percibida como una mejora conveniente y alineada con la digitalización de procesos de la Junta. La funcionalidad debe implementarse como un mecanismo opcional: los usuarios que lo deseen podrán registrar su asistencia escaneando el QR, mientras que quienes prefieran la modalidad tradicional podrán continuar firmando en papel sin afectación en su participación. Esta característica complementa la funcionalidad de asistencia QR para operarios descrita previamente, extendiendo el uso de tecnologías de código QR también a la relación con los usuarios finales.

22. En caso de reclamo sobre una lectura, ¿te gustaría que la Junta tuviera una FOTO del medidor como evidencia?

Tabla 12 En caso de reclamo sobre una lectura, ¿te gustaría que la Junta tuviera una FOTO del medidor como evidencia?

Respuesta	Frecuencia	Total	Porcentaje
Sí, definitivamente	156	184	84.8%
Sí, probablemente	20	184	10.9%
Neutral	6	184	3.3%
No es necesario	2	184	1.1%

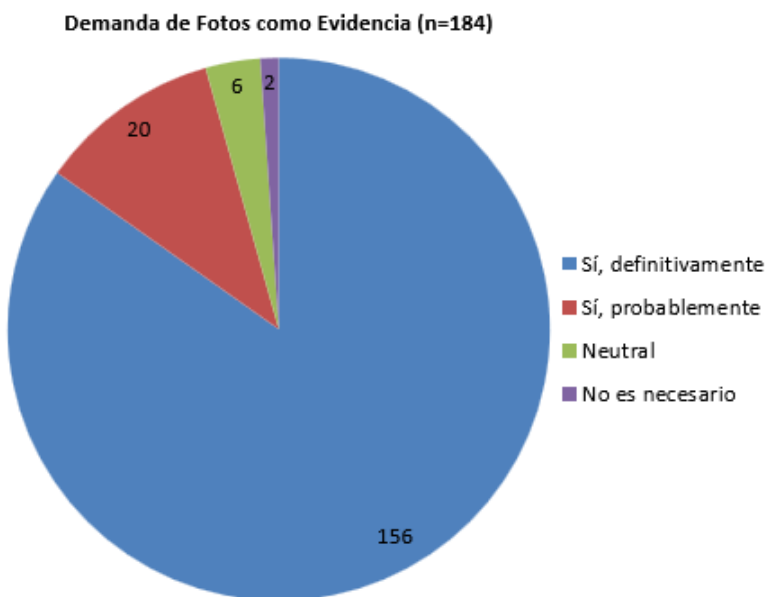


Figura 8 En caso de reclamo sobre una lectura, ¿te gustaría que la Junta tuviera una FOTO del medidor como evidencia?

Esta pregunta interrogó a usuarios sobre su disposición a que se capturen fotos de medidores durante la recolección de lecturas, con el propósito de proporcionar evidencia visual que respalde los valores facturados. Este hallazgo valida directamente la viabilidad técnica y

social de implementar el módulo de fotos en la solución. El 95.7% de usuarios (176 de 184) aceptó positivamente la captura de fotos, distribuido en 84.8% que desea definitivamente fotos y 10.9% que desea probablemente fotos.

Únicamente el 4.4% mostró neutralidad o rechazo (6 usuarios neutrales y 2 usuarios negativos), confirmando aceptación prácticamente universal. Este nivel de aceptación es importante porque valida que la solución propuesta no solo es técnicamente viable, sino que es deseada y aceptada por el usuario final. Algunos usuarios incluso expresaron espontáneamente que las fotos les darían mayor seguridad de que la lectura fue correcta.

4.2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SCRUMBAN

4.2.1. Product Backlog

A partir del diagnóstico realizado y las necesidades identificadas en las encuestas, se elaboró el Product Backlog conformado por historias de usuario (HU). Este listado priorizado define el alcance funcional del sistema web-móvil.

Tabla 13 HU Product Backlog

Código	Detalles
HU-01	Como operario de lectura, quiero tomar una foto clara del medidor desde la app móvil, para tener evidencia visual de cada lectura.
HU-02	Como operario de lectura, quiero que la app lea automáticamente el número del medidor usando OCR, para evitar errores de digitación.
HU-03	Como sistema web, quiero validar que la lectura nueva sea coherente con la anterior, para detectar posibles errores en la captura u OCR.
HU-04	Como personal administrativo, quiero generar un recibo en pantalla con los datos de la lectura y el consumo del mes, para entregar información más clara al usuario.
HU-05	Como personal administrativo, quiero descargar el recibo en formato PDF listo para impresión, para archivar y entregar físicamente al usuario.

Código	Detalles
HU-06	Como app móvil de operario, quiero sincronizar automáticamente las lecturas guardadas en el celular cuando haya internet, para que los datos lleguen al servidor sin pasos manuales.
HU-07	Como personal administrativo, quiero consultar el historial de consumo de un usuario de los últimos 12 meses, para analizar variaciones y explicar los cambios en los recibos.
HU-08	Como personal administrativo, quiero ver un gráfico mensual del consumo de agua de cada usuario, para identificar aumentos o disminuciones de forma visual.
HU-09	Como operario de lectura, quiero registrar lecturas y fotos aunque no tenga internet, para trabajar en sectores sin cobertura y sincronizar después.
HU-10	Como operario de lectura, quiero escanear códigos QR en eventos o asambleas, para registrar la asistencia de forma rápida.
HU-11	Como personal administrativo, quiero generar un código QR en el recibo para cada evento o asamblea, para que usuarios tengan disponibilidad del QR.
HU-12	Como personal administrativo, quiero ver reportes (lecturas realizadas, pagos), para tomar decisiones de gestión.

4.2.2. Priorización

Las historias de usuario se priorizaron considerando directamente los problemas y necesidades detectados en las encuestas de usuarios y operarios. En primer lugar, se marcaron como Críticas aquellas relacionadas con la captura correcta de lecturas (foto del medidor, OCR, validación de coherencia), el funcionamiento offline y la consulta del historial de consumo, ya que abordan la desconfianza en las lecturas y la falta de transparencia identificadas como problemas principales. En segundo lugar, se asignó

prioridad Alta a funcionalidades que mejoran la presentación de la información y la gestión administrativa, como los recibos en pantalla/PDF, los reportes y los gráficos de consumo, pues aportan claridad, pero dependen de que las lecturas críticas ya funcionen correctamente. Finalmente, las historias asociadas al uso de códigos QR para asistencia y disponibilidad el QR en el recibo se clasificaron como Media, al tratarse de mejoras importantes, pero no indispensables para resolver el problema central de errores y falta de confianza en las lecturas

Tabla 14 Priorización del Product Backlog

Código	Detalle	Prioridad
HU-01	Tomar una foto clara del medidor desde la app móvil para tener evidencia de cada lectura.	Crítica
HU-02	Leer automáticamente el número del medidor usando OCR para evitar errores de digitación.	Crítica
HU-03	Validar que la lectura nueva sea coherente con la anterior para detectar errores en la captura u OCR.	Crítica
HU-04	Generar un recibo en pantalla con los datos de la lectura y consumo del mes.	Alta
HU-05	Descargar el recibo en PDF listo para impresión y archivo físico.	Alta
HU-06	Sincronizar automáticamente las lecturas guardadas en el celular cuando haya internet.	Crítica
HU-07	Consultar el historial de consumo de un usuario de los últimos 12 meses.	Crítica
HU-08	Ver un gráfico mensual del consumo de agua de cada usuario.	Alta
HU-09	Registrar lecturas y fotos, aunque no haya internet (modo offline) y sincronizar después.	Crítica
HU-10	Escanear códigos QR en eventos o asambleas para registrar asistencia rápidamente.	Media

Código	Detalle	Prioridad
HU-11	Generar un código QR en el recibo para cada evento o asamblea, para que los usuarios lo tengan disponible.	Media
HU-12	Ver reportes de lecturas realizadas y pagos, para tomar decisiones de gestión.	Alta

4.2.3. Tablero Iteraciones

Se diseñó el tablero Scrumban para monitorear el flujo de trabajo, visualizando el estado de cada historia de usuario desde su inicio hasta su validación final. El tablero se estructura en columnas: Backlog, To Do, In Progress, Code Review, Testing y Done, ver 3.4.1.1. Tablero Scrumban Figura 9.

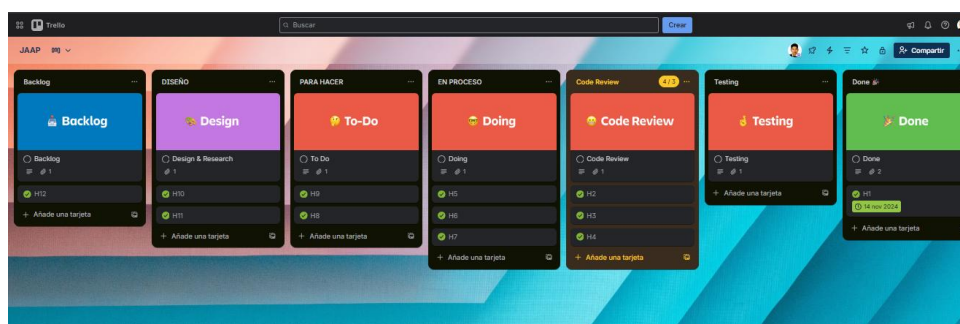


Figura 9.4.3.2. Tablero de Iteraciones

Tabla 15 Ciclos de Iteraciones

Fechas (inicio – fin)	Objetivo principal	Ítems de mayor prioridad completados	Ítems en curso	Próximos ítems / HU
01- oct- 2025 – 15- nov- 2025	Implementar el núcleo de captura de lecturas con evidencia y coherencia, priorizando HU críticas.	HU-01, HU-02, HU-03, HU-09 (Done)	HU-05 (In Progress – desarrollo), HU-02 (Testing – validación OCR), HU-03 (Code Review – reglas de coherencia)	HU-06, HU-07 (To Do – planificadas para el siguiente ciclo)
16- nov- 2025 – 31-dic- 2025	Completar las de mayor prioridad, enfocadas en transparencia y entrega de información al usuario.	HU-04, HU-05, HU-06, HU-07, HU-08 (Done)	HU-01, HU-02, HU-03 (Testing – pruebas integrales del flujo lectura, validación, recibo)	HU-10, HU-11, HU-12 (To Do – funcionalidades complementarias)

Fechas (inicio – fin)	Objetivo principal	Ítems de mayor prioridad completados	Ítems en curso	Próximos ítems / HU
01-ene-2026 – 15-ene-2026	Completar módulos complementarios de gestión (eventos, QR y reportes) y dejar el sistema listo para uso real.	HU-10, HU-11, HU-12 (Done)	HU-04, HU-05, HU-06, HU-07, HU-08 (Testing – pruebas finales e integración)	Sin nuevas HU; solo bugfixing y preparación de despliegue (Backlog vacío para nuevas funcionalidades en este periodo)

Como se observa en la Tabla 15, la primera iteración (01-oct-2025 al 15-nov-2025) se enfocó en implementar las historias de usuario críticas relacionadas con la captura de lecturas (HU-01, HU-02, HU-03, HU-09), logrando completar el núcleo del sistema. La segunda iteración (16-nov-2025 al 31-dic-2025) priorizó la transparencia y entrega de información al usuario mediante la generación de recibos, historial y gráficos de consumo (HU-04 a HU-08). Finalmente, la tercera iteración (01-ene-2026 al 15-ene-2026) completó los módulos complementarios de gestión de eventos, códigos QR y reportes administrativos (HU-10 a HU-12), dejando el sistema funcional y listo para despliegue.

4.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

4.3.1. DIAGRAMA DE ARQUITECTURA

El sistema implementa una arquitectura cliente-servidor híbrida de tres capas, diseñada para garantizar escalabilidad, modularidad y operación offline, mostrando la interacción entre los componentes web, móviles y de backend.

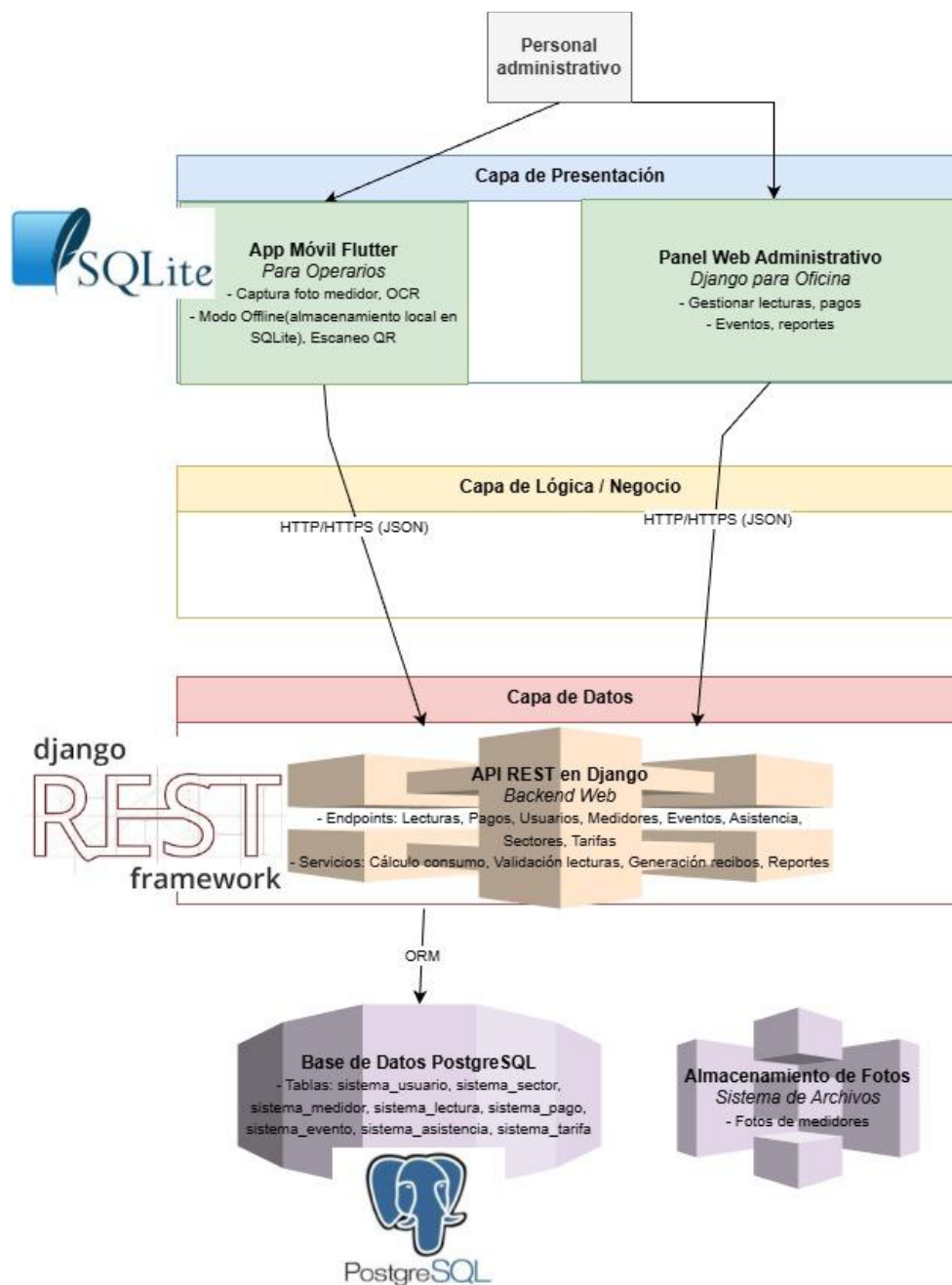


Figura 10 DIAGRAMA DE ARQUITECTURA

La arquitectura se compone en tres capas principales:

Capa de Presentación (Frontend):

Aplicación Web (Django): Interfaz administrativa para gestión de usuarios, medidores, tarifas, eventos y generación de reportes. Desarrollada con el framework Django y motor de plantillas Jinja2 para renderizado dinámico de HTML. Se comunica con el backend mediante solicitudes HTTP/HTTPS.

Aplicación Móvil (Flutter): Aplicación nativa Android desarrollada en Flutter/Dart, orientada a operarios de campo. Incluye funcionalidades de captura de fotos, reconocimiento OCR, almacenamiento local (SQLite) y sincronización automática con el servidor cuando hay conectividad.

Capa de Lógica de Negocio (Backend):

Django REST Framework: API RESTful que expone endpoints para operaciones CRUD sobre usuarios, medidores, lecturas, pagos y eventos. Implementa autenticación basada en tokens JWT (JSON Web Tokens) para garantizar seguridad en las comunicaciones.

Lógica de Validación: Algoritmos de validación de coherencia de lecturas que comparan valores nuevos con histórico para detectar anomalías (variaciones >50% o lecturas menores a la anterior).

Capa de Datos (Persistencia):

PostgreSQL (Servidor): Base de datos relacional centralizada que almacena usuarios, medidores, lecturas, pagos, tarifas, eventos y fotografías (como rutas de archivos). Garantiza integridad referencial mediante claves foráneas y restricciones ACID.

SQLite (Dispositivo Móvil): Base de datos local embebida en la aplicación móvil que permite operación offline. Almacena lecturas pendientes de sincronización y caché de datos de medidores para consulta sin conexión.

Flujo de datos:

1. El operario captura una foto del medidor desde la app móvil (Flutter).
2. La librería ML Kit Text Recognition procesa la imagen localmente y extrae el texto mediante OCR.
3. La lectura se valida contra el histórico (si hay conexión) o se almacena localmente (SQLite) si no hay internet.
4. Cuando el dispositivo recupera conexión, la app sincroniza automáticamente las lecturas pendientes con el servidor mediante la API REST.
5. El backend (Django) recibe las lecturas, ejecuta validaciones de coherencia y almacena los datos en PostgreSQL.
6. El personal administrativo accede a la aplicación web para consultar lecturas, generar recibos PDF y exportar reportes.

4.3.2. DIAGRAMA DE MODULOS

La Figura 11 presenta la descomposición funcional del sistema en módulos independientes y cohesivos, siguiendo principios de diseño modular para facilitar mantenimiento y escalabilidad

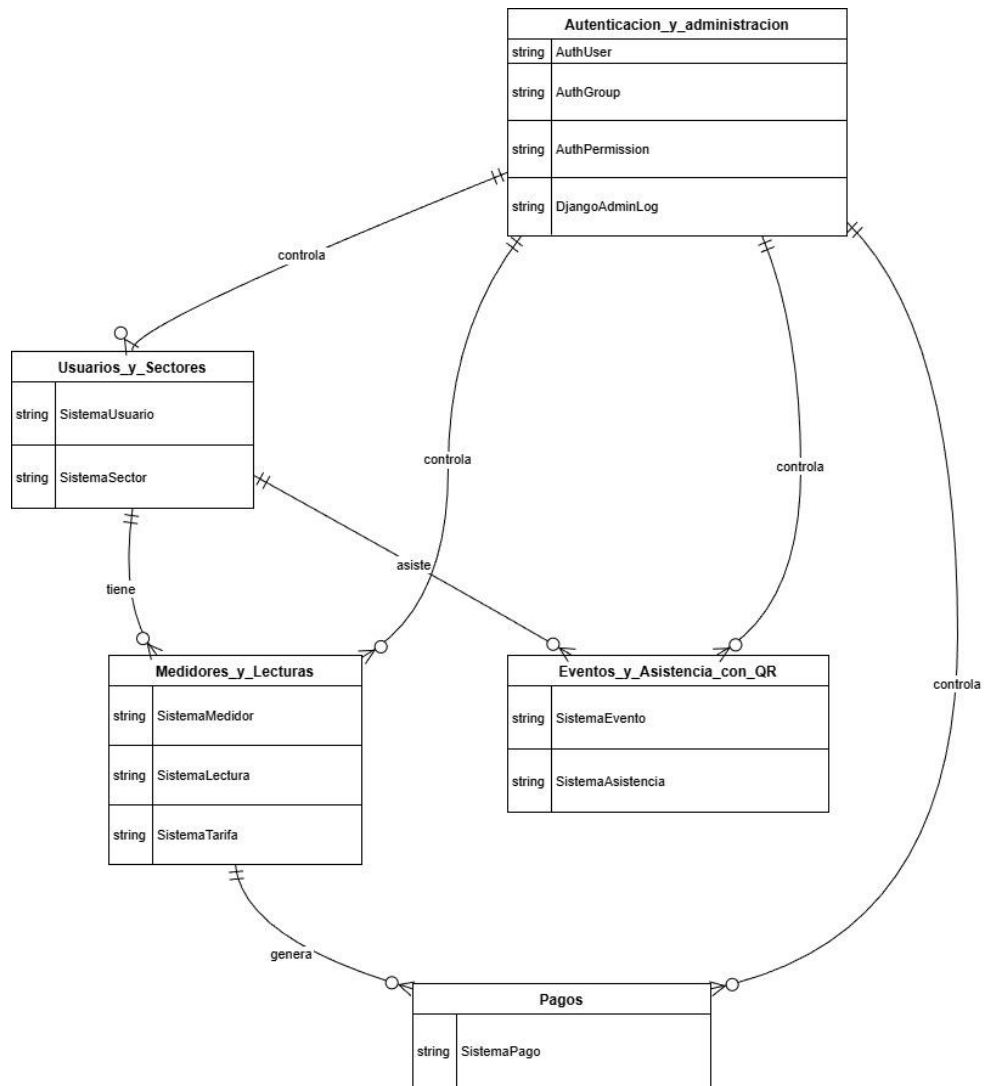


Figura 11 DIAGRAMA DE MODULOS

Descripción de módulos:

El sistema se estructura en ocho módulos principales:

Módulo de Autenticación: Gestiona login/logout de usuarios administrativos y operarios. Implementa autenticación basada en tokens JWT con tiempo de expiración de 24 horas.

Módulo de Usuarios: CRUD completo de usuarios beneficiarios del servicio de agua potable. Incluye validación de cédula ecuatoriana mediante algoritmo de módulo 10, asignación de sectores y gestión de estado (activo/inactivo).

Módulo de Medidores: Registro y administración de medidores de agua con asignación a usuarios, geolocalización (latitud/longitud) para visualización en mapas y número de serie único.

Módulo de Lecturas: Núcleo del sistema. Permite registro manual y automático (OCR) de lecturas mensuales, validación de coherencia mediante comparación con histórico, almacenamiento de fotografías como evidencia y cálculo automático de consumo (lectura actual - lectura anterior).

Módulo de Pagos: Gestión de cobros de servicios de agua. Genera recibos en pantalla y PDF con desglose de consumo, tarifa aplicada, multas (si aplica) y código QR para asistencia a eventos. Marca lecturas como "pagadas" para impedir modificaciones posteriores.

Módulo de Tarifas: Administración de estructuras tarifarias por rangos de consumo (0-10 m³, 11-20 m³, >20 m³). Solo permite una tarifa activa simultáneamente; al activar una nueva, las anteriores pasan a estado "inactiva" automáticamente.

Módulo de Eventos: Gestión de asambleas y sesiones de la Junta. Crea eventos con fecha/hora, genera lista de asistencia de todos los usuarios registrados y permite registro de asistencia mediante escaneo de código QR impreso en recibos o manualmente.

Módulo de Reportes: Generación de reportes exportables (Excel/CSV) de lecturas y pagos con filtros por fecha, sector, estado de pago y usuario. Incluye gráficos de consumo mensual de los últimos 12 meses para cada usuario.

4.3.3. DIAGRAMA DE CLASES

El diagrama de clases Figura 12 representa la estructura estática del modelo de datos, mostrando las entidades principales, sus atributos y las relaciones entre ellas según el patrón de diseño ORM (Object-Relational Mapping) de Django.

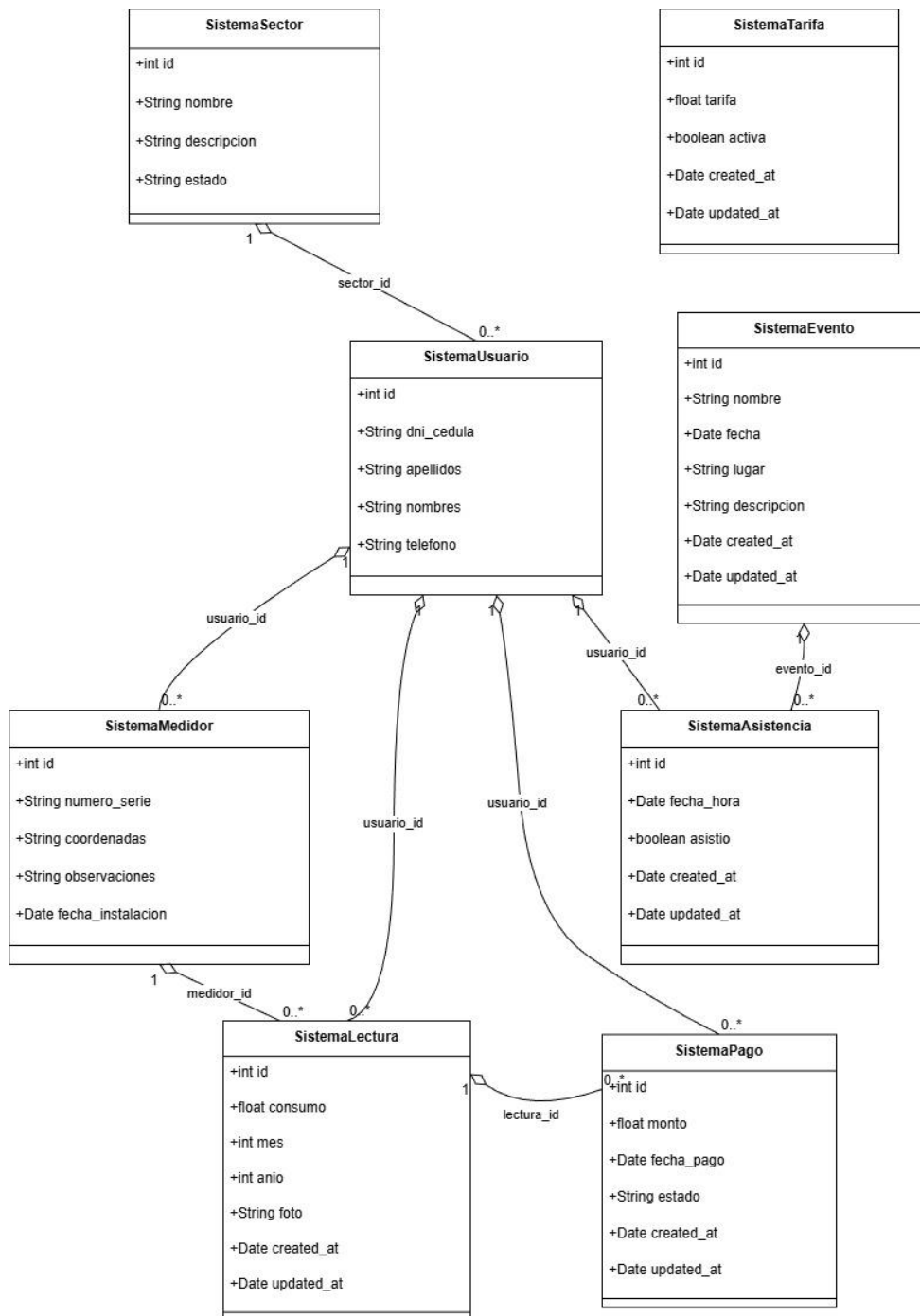


Figura 12 DIAGRAMA DE CLASES

Descripción de clases principales:

Usuario: Representa a los beneficiarios del servicio. Atributos: cédula/pasaporte (unique), nombres, apellidos, email, teléfono, sector, estado. Relaciones: Un usuario puede tener múltiples medidores (1:N).

Medidor: Representa los medidores físicos de agua. Atributos: número de serie (unique), latitud, longitud, fecha de instalación, estado, usuario_id (FK). Relaciones: Pertenece a un usuario (N:1), tiene múltiples lecturas (1:N).

Lectura: Registro mensual de consumo. Atributos: medidor_id (FK), fecha_lectura, lectura_actual, lectura_anterior, consumo (calculado), foto_path, estado_validacion, observaciones. Relaciones: Pertenece a un medidor (N:1), puede tener un pago asociado (1:1).

Pago: Representa transacciones de cobro. Atributos: lectura_id (FK), fecha_pago, monto_total, tarifa_id (FK), estado, código_qr_path. Relaciones: Asociado a una lectura (1:1) y una tarifa (N:1).

Tarifa: Estructura de precios. Atributos: nombre, rango_min, rango_max, precio_por_m3, multa, estado (activa/inactiva), fecha_vigencia. Relaciones: Aplicada a múltiples pagos (1:N).

Evento: Asambleas o sesiones. Atributos: nombre, descripción, fecha_hora, lugar. Relación: Tiene múltiples asistencias (1:N).

Asistencia: Registro de participación en eventos. Atributos: evento_id (FK), usuario_id (FK), fecha_registro, método (QR/manual). Relaciones: Pertenece a un evento (N:1) y un usuario (N:1).

4.4. IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONALIDADES CLAVE

4.4.1. Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)

El proceso de reconocimiento automático de lecturas de medidores se implementó utilizando la biblioteca ML Kit Text Recognition de Google, que opera localmente en el dispositivo (on-device) sin requerir conexión a internet[29]. El flujo de procesamiento OCR consta de las siguientes etapas:

- **Captura de imagen:** El operario enfoca la cámara del dispositivo móvil hacia el display del medidor y captura una fotografía en resolución mínima de 1280x720 píxeles.
- **Preprocesamiento:** La imagen capturada se convierte a escala de grises y se aplica un filtro de binarización adaptativa (Otsu's method) para mejorar el contraste entre los

dígitos y el fondo del medidor, reduciendo ruido y reflejos que podrían afectar la lectura.

- Reconocimiento de texto: La biblioteca ML Kit analiza la imagen binarizada, detecta bloques de texto mediante algoritmos de deep learning (redes neuronales convolucionales) y extrae los caracteres numéricos reconocidos. El modelo está optimizado para caracteres latinos, alcanzando una precisión promedio del 92-95% en condiciones de buena iluminación.
- Filtrado y validación: El texto reconocido se procesa mediante expresiones regulares (regex) para extraer únicamente secuencias numéricas de 4-7 dígitos (rango típico de lecturas de medidores residenciales). Se descartan caracteres no numéricos y símbolos.
- Corrección manual opcional: Si el OCR no logra detectar texto o la confianza del reconocimiento es <70%, el operario puede corregir manualmente la lectura antes de guardarla.
- Almacenamiento: La lectura reconocida y la fotografía original se almacenan localmente en SQLite (modo offline) o se envían directamente al servidor (modo online) mediante la API REST.

4.4.2. Sincronización Offline-Online

La sincronización de datos entre la aplicación móvil (Flutter) y el servidor (Django) se implementa mediante una arquitectura de cola bidireccional con resolución automática de conflictos.

Mecanismo de sincronización:

Detección de conectividad: La app móvil utiliza el paquete `connectivity_plus` para monitorear el estado de la red (WiFi/datos móviles) cada 30 segundos.

Cola de sincronización: Cuando el operario registra una lectura sin conexión, esta se almacena en SQLite con un flag ``sincronizado = false`` y se agrega a una cola de pendientes.

Envío automático: Al detectar conectividad, la app ejecuta automáticamente un proceso de sincronización que serializa las lecturas pendientes a formato JSON, las fotografías del

medidor se codifican en Base64 para su inclusión en la petición, y se envían al endpoint `/api/lecturas/sync/` con autenticación JWT.

Validación en servidor: El backend Django recibe las lecturas, valida coherencia contra el histórico y responde con un código de estado HTTP (200 OK para éxito, 400 Error de validación, 409 Conflicto).

Actualización local: Si la sincronización es exitosa (200 OK), la aplicación marca la lectura como sincronizado = true. En caso de error (400/409), se notifica al operario mediante una alerta para corrección manual.

Descarga de datos actualizados: La aplicación también sincroniza datos maestros del servidor (nuevos usuarios, medidores, tarifas) mediante solicitudes GET para mantener la base de datos local actualizada.

4.5. DISEÑO DE INTERFACES

A continuación, se presenta el diseño de las interfaces gráficas de usuario (GUI) para el sistema web y la aplicación móvil, orientadas a la usabilidad y eficiencia operativa.

4.5.1. Aplicación Web (Administrativa)

La interfaz web se desarrolló bajo un enfoque minimalista y funcional, permitiendo la gestión centralizada de la información.

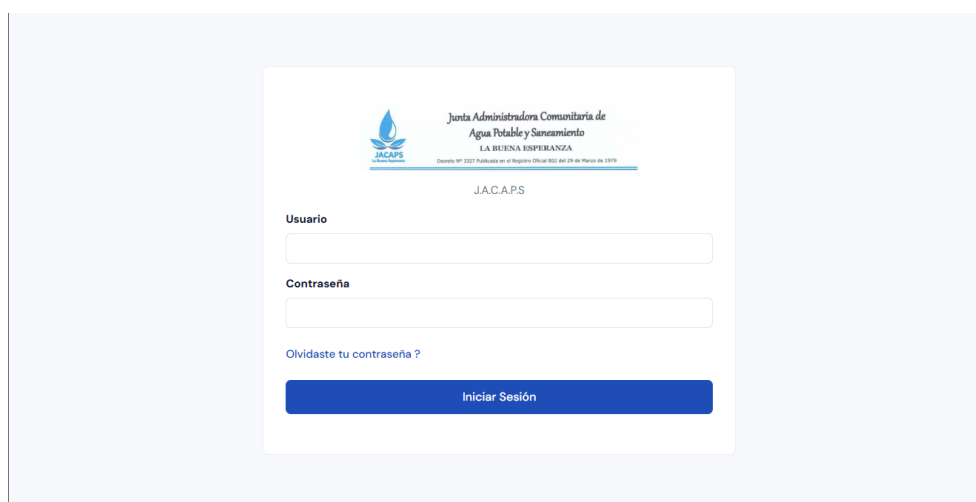


Figura 13 Interfaz de inicio de sesión (Web)

La Figura 13 muestra la pantalla de autenticación, donde los usuarios administrativos ingresan sus credenciales. El sistema implementa un control de acceso unificado,

permitiendo que las mismas credenciales sirvan tanto para la plataforma web como para la móvil.

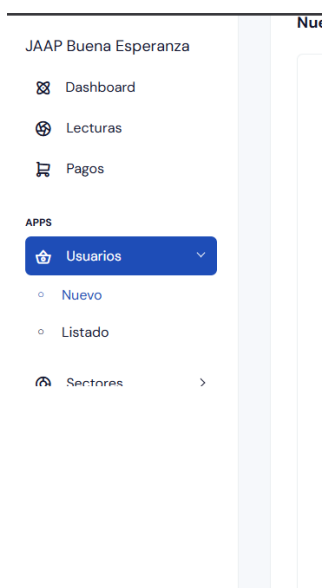


Figura 14 Panel principal de navegación (Dashboard)

El panel principal, ilustrado en la Figura 14, centraliza el acceso a los módulos del sistema: Usuarios, Medidores, Lecturas, Pagos, Eventos, Reportes y la opción de descarga de la aplicación móvil. Este diseño facilita la navegación rápida entre las funcionalidades críticas.

Sector	DNI/Cedula	Usuario	Medidor	Lectura anterior	Lectura actual	Consumo	Pagado
Sector 7	1756000590	Farinango Chimarro Richard Fabrizio	000001		2		Si
Sector 7	1756000590	Farinango Chimarro Richard Fabrizio	155		2		No
Sector 7	1756000590	Farinango Chimarro Richard Fabrizio	8888888				No

Figura 15 Gestión y actualización de lecturas

La Figura 15 presenta la interfaz de gestión de lecturas. El sistema permite visualizar el historial de consumo por usuario. Se implementó una regla de negocio clave: una vez que una lectura es marcada como "pagada", el sistema bloquea su edición para garantizar la integridad de los registros financieros.

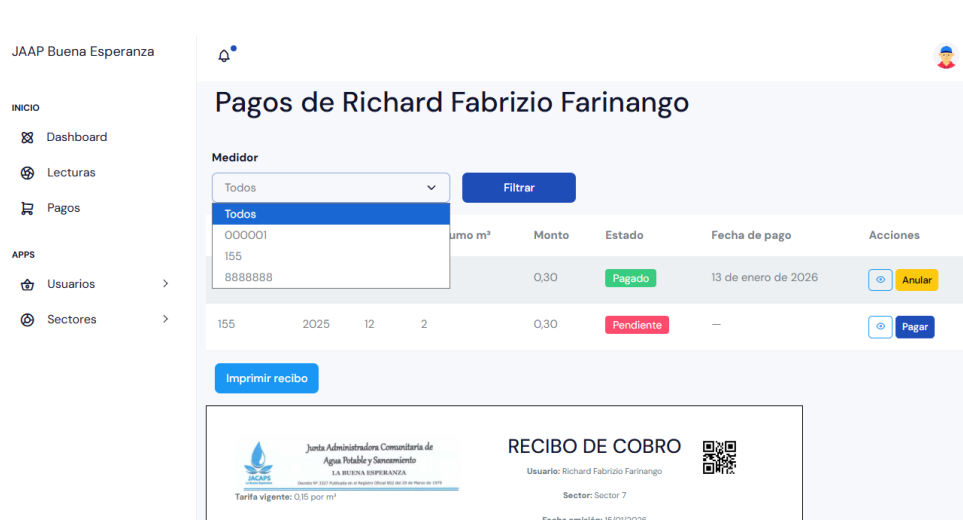


Figura 16 Módulo de registro de pagos y generación de recibos

En el módulo de pagos de la Figura 16, el administrador puede listar las deudas pendientes, filtrar por número de medidor y procesar los cobros. El sistema genera automáticamente el recibo detallado con el consumo y los valores a cancelar.



Figura 17 Módulo de reportes de pagos con filtros avanzados

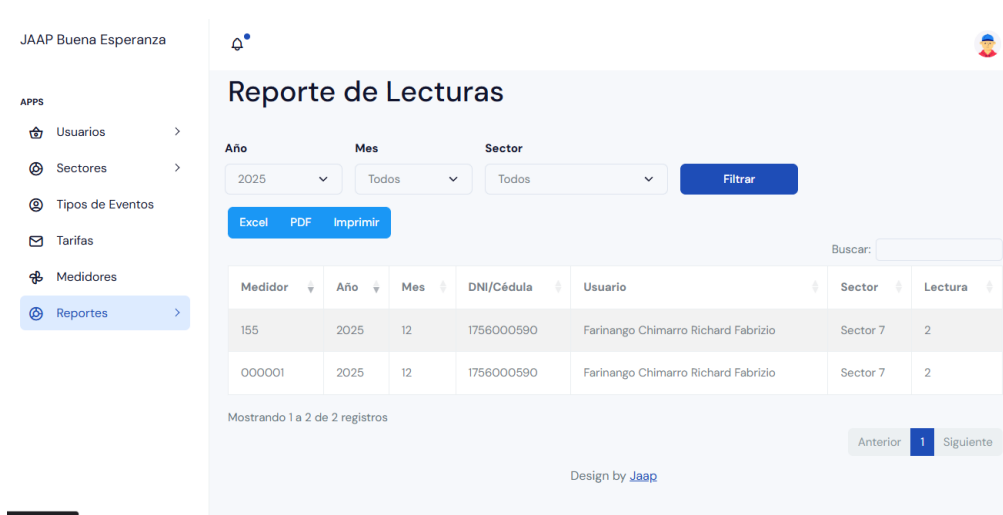


Figura 18. Módulo de reportes de lecturas por período

Las Figuras 17 y 18 muestran los módulos de reportes. Se han implementado filtros dinámicos por fecha, sector y estado de pago (o año/mes para lecturas), permitiendo exportar los datos resultantes a formatos compatibles con hojas de cálculo para análisis externos.

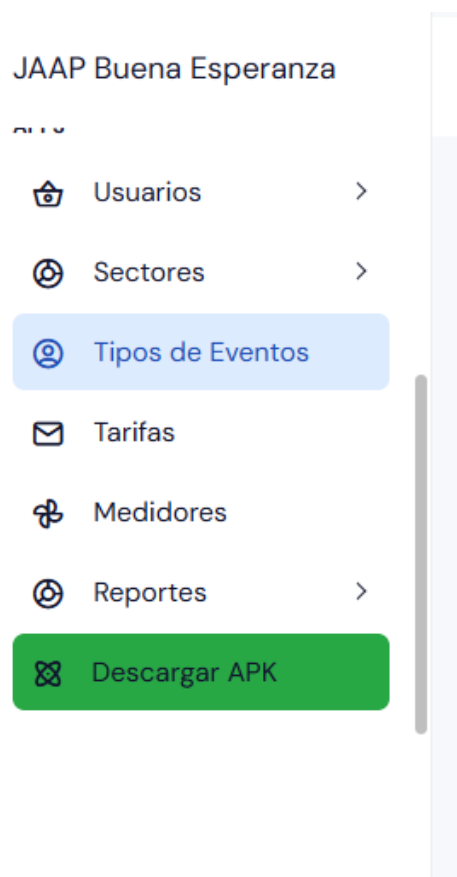


Figura 19. Sección de descarga de APK

Finalmente, la Figura 19 detalla la opción de despliegue del sistema móvil. Los operarios pueden descargar el archivo de instalación (APK) directamente desde la interfaz web, facilitando la distribución de actualizaciones en un entorno controlado.

4.5.2. Aplicación Móvil (Operativa)

La aplicación móvil está optimizada para el trabajo de campo, priorizando la velocidad de captura de datos.

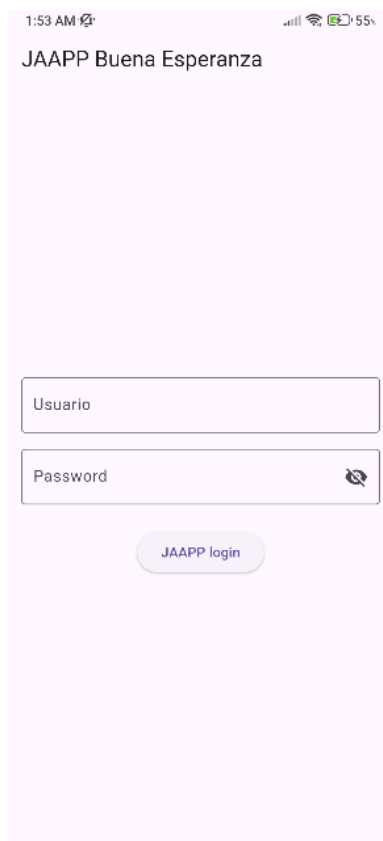


Figura 20.4.5.2. Pantalla de login móvil

La Figura 20 muestra la pantalla de acceso móvil. La unificación de credenciales permite que el personal administrativo pueda, si es necesario, operar también la aplicación móvil con su mismo usuario.

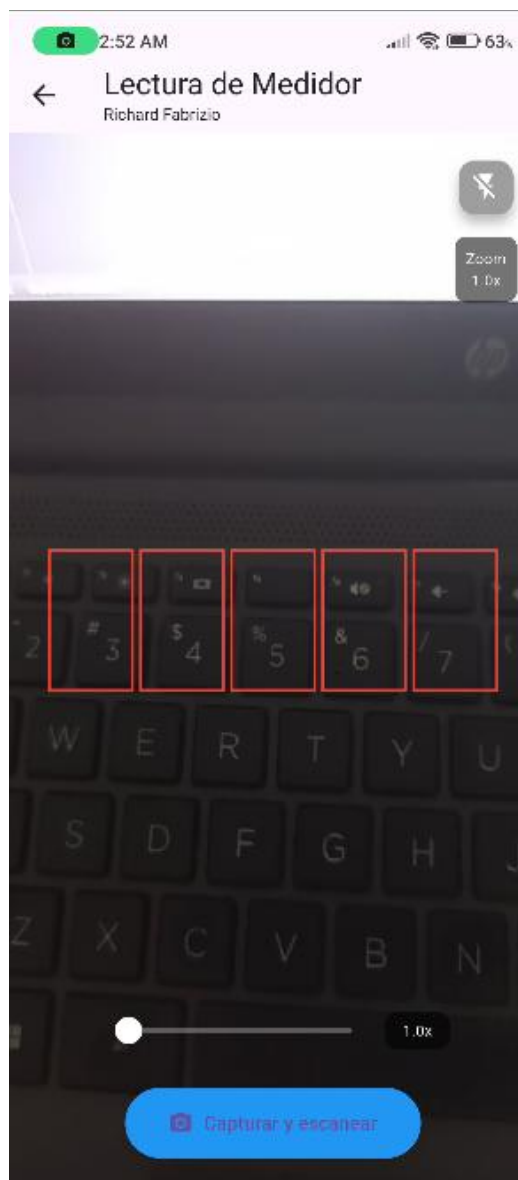


Figura 21 Interfaz de captura de lectura con OCR

El núcleo de la aplicación se observa en la Figura 21. La interfaz guía al operario para encuadrar el medidor; al capturar la foto, el sistema procesa la imagen mediante OCR y muestra el resultado extraído, permitiendo la corrección inmediata si la lectura automática no fuese correcta.

4.6. PRUEBAS FUNCIONALES

Para validar el correcto funcionamiento del sistema y el cumplimiento de los requisitos, se diseñaron y ejecutaron pruebas funcionales basadas en la técnica de caja negra. Cada caso de prueba (CP) se asocia a una historia de usuario (HU) específica para garantizar la trazabilidad.

CP-01: Registro de lectura manual en aplicación web

Tabla 16 Prueba Funcional CP-01

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-01
Módulo	Lecturas (Web)
Historia de usuario relacionada	HU-01
Descripción	Verificar que el administrador pueda registrar manualmente una lectura de medidor desde la aplicación web
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Usuario autenticado como administrador - Existe al menos un medidor registrado en el sistema
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo "Actualizar lecturas" 2. Seleccionar un medidor de la lista 3. Ingresar la lectura actual (34 m³ la anterior es 33) 4. Hacer clic en "Guardar"
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema guarda la lectura correctamente - Calcula el consumo (lectura actual - lectura anterior) - Muestra la lectura registrada en el historial
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	El sistema validó que la lectura actual sea mayor que la anterior

Al ejecutar el caso CP-01, se verificó que el sistema permite la actualización de datos de forma correcta. En la Figura 22 se observa la interfaz donde el administrador ingresa la nueva

lectura, y posteriormente, la Figura 23 evidencia el mensaje de registro exitoso tras la validación de los datos.

Figura 22 Interfaz de actualización de datos (CP-01)

Figura 23 Mensaje de registro exitoso (CP-01)

CP-02: Lectura de medidor mediante OCR en aplicación móvil

Tabla 17 Prueba Funcional CP-02

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-02
Módulo	Lecturas Móvil (OCR)
Historia de usuario relacionada	HU-02
Descripción	Verificar que el operario pueda capturar una foto del medidor y que el sistema reconozca automáticamente los dígitos mediante OCR
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Usuario autenticado como operario en la app móvil - Permisos de cámara habilitados - Medidor con dígitos visibles

Campo	Detalle
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir el módulo móvil de registro de lecturas 2. Seleccionar un medidor 3. Tocar el botón "Capturar foto" 4. Enfocar la cámara hacia el medidor 5. Capturar la imagen 6. Revisar el texto reconocido por OCR
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema procesa la imagen con ML Kit - Reconoce los dígitos numéricos (3280) - Muestra el valor en el campo de lectura - Permite al operario confirmar o corregir manualmente
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	En condiciones de buena iluminación, la precisión fue del 95% aproximadamente

Este caso de prueba validó la funcionalidad crítica de reconocimiento óptico. El proceso de captura y el resultado del reconocimiento automático se ilustran en la Figura 24, donde se detalla la extracción correcta de los dígitos del medidor.

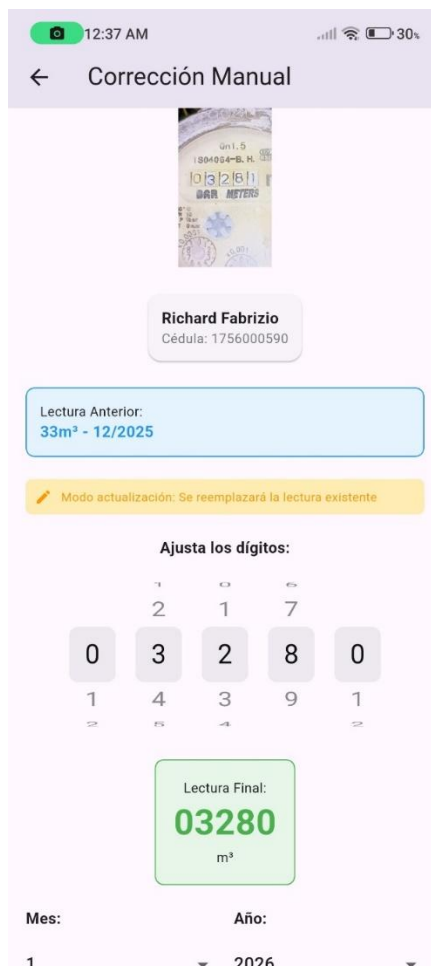


Figura 24 Captura y reconocimiento OCR (CP-02)

CP-03: Registro de lectura sin conexión a internet (modo offline)

Tabla 18 Prueba Funcional CP-03

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-03
Módulo	Lecturas Móvil (Sincronización offline)

Campo	Detalle
Historia de usuario relacionada	HU-09
Descripción	Verificar que la aplicación móvil permita registrar lecturas sin conexión a internet y las sincronice automáticamente al recuperar conectividad
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Usuario autenticado en la app móvil - Dispositivo sin conexión WiFi ni datos móviles
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desactivar WiFi y datos móviles del dispositivo 2. Abrir el módulo de registro de lecturas 3. Registrar una lectura (manual o por OCR) 4. Guardar la lectura 5. Reactivar la conexión WiFi o datos móviles 6. Verificar que la lectura se sincronice automáticamente con el servidor
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - La lectura se guarda localmente en SQLite con estado "pendiente" - Al recuperar conexión, la app envía automáticamente la lectura al servidor - El servidor marca la lectura como "sincronizada"
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	La sincronización se completó en menos de 5 segundos tras recuperar conexión

La prueba de sincronización demostró la robustez del sistema en escenarios sin conectividad. La Figura 25 muestra el estado del registro local y la posterior sincronización exitosa con el servidor central al restablecerse la red.

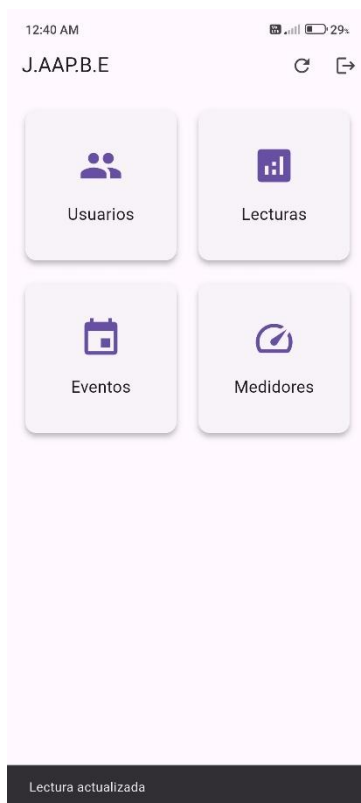


Figura 25 Estado de sincronización (CP-03)

CP-04: Registro de pago y generación de recibo PDF con código QR

Tabla 19 Prueba Funcional CP-04

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-04
Módulo	Pagos (Web)
Historia de usuario relacionada	HU-05

Campo	Detalle
Descripción	Verificar que el administrador pueda registrar un pago de consumo de agua y que el sistema genere automáticamente un recibo en formato PDF con código QR
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Usuario autenticado como administrador - Existe al menos una lectura registrada y no pagada
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo "Pagos" 2. Seleccionar una lectura pendiente de pago 3. Verificar el monto calculado según la tarifa vigente 4. Hacer clic en "Registrar pago" 5. Hacer clic en "Generar recibo PDF"
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema registra el pago correctamente - Marca la lectura como "pagada" - Genera un archivo PDF con: <ul style="list-style-type: none"> - Datos del usuario - Detalle de consumo y monto - Código QR con cedula del usuario
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	El código QR fue validado correctamente mediante escaneo externo.

Se verificó la generación de documentos oficiales de pago. El documento generado, el cual incluye el desglose de consumo y el código QR para asistencia, se presenta en la Figura 26.

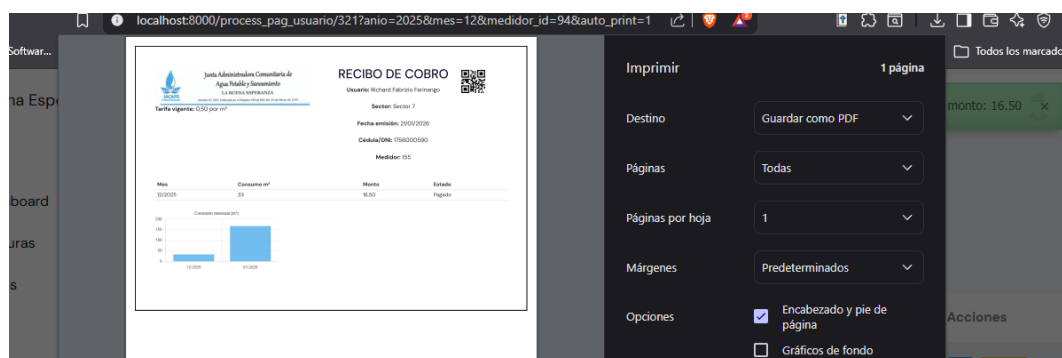


Figura 26 Recibo PDF generado con código QR (CP-04)

CP-05: Registro de asistencia a evento mediante escaneo de código QR

Tabla 20 Prueba Funcional CP-05

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-05
Módulo	Eventos (Móvil)
Historia de usuario relacionada	HU-10
Descripción	Verificar que el sistema permita registrar asistencia a un evento escaneando el código QR impreso en el recibo de pago
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Existe un evento creado en el sistema - El usuario tiene un recibo de pago con código QR válido - Operario autenticado en la app móvil con permisos de escaneo
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir el módulo de "Eventos" en la app móvil 2. Seleccionar el evento actual

Campo	Detalle
	3. Tocar "Escanear código QR" 4. Enfocar la cámara hacia el código QR del recibo 5. Verificar el resultado del escaneo
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema lee el código QR correctamente - Identifica al usuario asociado al pago - Registra la asistencia con fecha y hora actual - Muestra mensaje de confirmación
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	El escaneo fue instantáneo y preciso

La funcionalidad de control de asistencia fue validada exitosamente. La Figura 27 detalla la interfaz móvil donde se confirma la asistencia del usuario tras el escaneo del código QR.



Figura 27 Confirmación de asistencia (CP-05)

CP-06: Generación de reporte de lecturas con filtros

Tabla 21 Prueba Funcional CP-06

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-06
Módulo	Reportes (Web)
Historia de usuario relacionada	HU-12
Descripción	Verificar que el administrador pueda generar reportes de lecturas aplicando filtros y exportación a Excel.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Usuario autenticado. - Existen lecturas registradas en el sistema.
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo "Reportes" 2. Seleccionar "Reporte de lecturas" 3. Aplicar filtros (Año 2026, Mes 01, Sector: 7) 4. Hacer clic en "Filtrar" 5. Hacer clic en "Exportar a Excel"
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema muestra un listado de lecturas que cumplen con los filtros - El reporte incluye: usuario, medidor, fecha, lectura, consumo, estado - Se genera correctamente el archivo Excel descargable
Resultado obtenido	Cumplido

Campo	Detalle
Observaciones	El archivo Excel se abrió correctamente con todos los datos ver Figura 28.4.6..

La generación de informes administrativos cumplió con los parámetros esperados. En la Figura 28 se aprecia la interfaz de reportes aplicando los filtros establecidos y la visualización correcta de los datos exportables.

Reporte lecturas 2026								
Año	Mes	DNI/Cédula	Usuario	Sector	Consumo m ³	Monto	Estado	Fecha pago
2026	1	1756000590	Farinango Chimarro Richard Fabrizio	Sector 7	4567	-	Pendiente	-
2026	1	1756000590	Farinango Chimarro Richard Fabrizio	Sector 7	3281	-	Pendiente	-

Figura 28 Prueba Funcional CP-06

CP-07: Consulta de historial de consumo de los últimos 12 meses

Tabla 22 Prueba Funcional CP-07

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-07
Módulo	Historial de consumo (Web)
Historia de usuario relacionada	HU-07
Descripción	Verificar que el usuario pueda visualizar su historial de consumo de los últimos 12 meses

Campo	Detalle
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Usuario autenticado - Existen lecturas históricas registradas para el medidor del usuario
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo "Pagos" 2. Seleccionar el medidor del usuario 3. Hacer clic en "Ver historial"
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema muestra una tabla de barras con las lecturas de los últimos 12 meses - La tabla incluye: mes, lectura anterior, lectura actual, consumo, monto - Los datos son correctos y están ordenados cronológicamente
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	Se mostró correctamente el historial completo

El sistema permitió la visualización gráfica del historial de consumo solicitado por los usuarios. La Figura 29 muestra el gráfico de barras generado dinámicamente con los datos de los últimos 12 meses.



Figura 29.4.6. Gráfico de historial de consumo (CP-07)

CP-08: Validación de coherencia de lecturas (detección de anomalías)

Tabla 23 Prueba Funcional CP-08

Campo	Detalle
ID del caso de prueba	CP-08
Módulo	Lecturas (Validación)
Historia de usuario relacionada	HU-03
Descripción	Verificar que el sistema detecte automáticamente lecturas incoherentes (lectura menor a la anterior o variación extrema)
Precondiciones	- Existe un medidor con lectura anterior de 33 m ³

Campo	Detalle
Pasos de ejecución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Intentar registrar una lectura de 32 m³ (menor a la anterior) 2. Observar la respuesta del sistema
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema muestra una alerta de error: "La lectura actual no puede ser menor que la anterior" - No permite guardar la lectura hasta que se corrija
Resultado obtenido	Cumplido
Observaciones	La validación funcionó correctamente, evitando registros erróneos

Finalmente, se probaron las validaciones lógicas del sistema. La Figura 30 exhibe la alerta de error generada al intentar ingresar una lectura incoherente, comprobando la eficacia de los mecanismos de control.

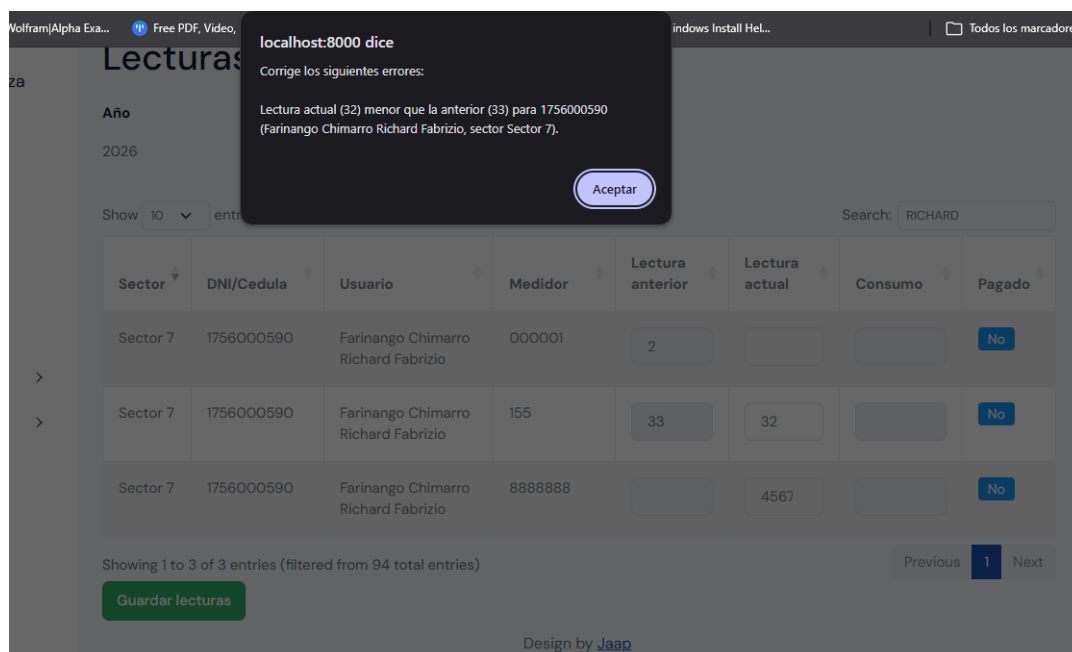


Figura 30.4.6. Alerta de validación de error (CP-08)

4.7. CONDICIONES OPERATIVAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA OCR

El análisis del sistema OCR requiere un entendimiento de las condiciones en las cuales opera de manera efectiva, así también las limitaciones del reconocimiento óptico de caracteres aplicado a los medidores de agua esto de acuerdo a los detalles técnicos de captura, los factores que afectan la precisión del reconocimiento, las limitaciones identificadas y las estrategias implementadas para garantizar la operatividad del sistema.

4.7.1. Parámetros Técnicos de Captura

Para la captura de imágenes se requiere el cumplimiento de parámetros específicos que aumenta la probabilidad de un mejor reconocimiento ya que estos parámetros fueron determinados durante la fase de desarrollo y validados durante el período de prueba.

La distancia de captura se determinó que la distancia óptima entre el dispositivo móvil y del medidor se ubica en el rango de 15 a 30 centímetros. A esta distancia, los dígitos del medidor ocupan aproximadamente el 40-60% del área de la imagen capturada. En distancias menores a 10 centímetros provocan dificultades en el enfoque automático de la cámara, generando imágenes borrosas que reducen la precisión. Para distancias superiores a 40 centímetros resultan en imágenes donde los dígitos representan menos del 20% del área total, incrementando la probabilidad de errores de segmentación.

El tipo de iluminación para un nivel mínimo de reconocimiento debe ser equivalente a un nivel típico de interiores residenciales durante el día, para un nivel superior de precisión se requiere eliminación equivalente a un día nublado al aire libre, si las condiciones donde se encuentra el medidor no cuentan con suficiente iluminación se requiere la activación del flash del dispositivo.

4.7.2. Limitaciones del Sistema

Las limitaciones presentes son derivadas de la naturaleza de la tecnología de reconocimiento óptico de caracteres y las características específicas de los medidores de agua.

Los dígitos en transición de los medidores de agua análogos operan mediante un sistema de rodillos mecánicos que giran progresivamente conforme el flujo de agua atraviesa el medidor, durante este proceso de rotación los dígitos pueden quedar posicionados parcialmente entre dos valores numéricos, situación que se presenta con mayor frecuencia en los dígitos de menor orden que son las unidades y decenas los cuales rotan más rápidamente. Cuando un dígito se encuentra en posición de transición, mostrando

simultáneamente partes de dos números, el reconocimiento puede interpretar erróneamente el carácter. Durante las pruebas, este escenario se identificó como la causa principal de errores de reconocimiento en medidores con lecturas recientes.

Los medidores dañados o deteriorados con cristales rayados, abollados o con depósitos de minerales presentan superficies irregulares que distorsionan la imagen capturada. Esta situación afecta principalmente a medidores instalados hace más de 10 años. En estos casos la precisión del reconocimiento disminuye significativamente, requiriendo validación manual en la mayoría de las lecturas.

Las condiciones ambientales extremas como son las condiciones de iluminación muy baja, lluvia durante la captura, o temperaturas extremas que generan condensación en el cristal del medidor, representan escenarios donde el sistema de reconocimiento opera con precisión reducida.

4.7.3. Tasa de Correcciones Manuales

La tasa de correcciones manuales cuantifica la proporción de lecturas que requirieron intervención del operario debido a errores de reconocimiento. Esta métrica resulta crítica para evaluar la eficiencia operativa real del sistema.

Tabla 24 Tasa de correcciones manuales

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Sin corrección requerida	161	87.5%
Corrección de 1 dígito	18	9.8%
Corrección de 2 dígitos	4	2.2%
Corrección de 3+ dígitos	1	0.5%
Total correcciones	23	12.5%

El 87.5% de las lecturas no requirieron corrección, validando la precisión del sistema. Las correcciones se concentraron en dígitos de confusión frecuente: 0-8, 3-5, y 6-8. El promedio de correcciones fue de 0.15 dígitos por lectura, equivalente a un dígito cada 6.7 lecturas aproximadamente.

4.7.4. Análisis Comparativo por Tipo de Dispositivo

Se evaluó el rendimiento del sistema en tres categorías de dispositivos móviles para identificar posibles restricciones de hardware. La Tabla 25 presenta los resultados comparativos.

Tabla 25 Rendimiento por Tipo de Dispositivo (n=30 lecturas por categoría)

Indicador	Gama Alta	Gama Media	Gama Baja
RAM	8 GB	4 GB	3 GB
Cámara	108 MP	64 MP	12 MP
Tiempo captura	3.8 s	4.2 s	5.1 s
Tiempo OCR	0.5 s	0.8 s	1.4 s
Precisión OCR	93.2%	91.3%	86.7%
Consumo batería/hora	8%	12%	18%

Los dispositivos de gama baja presentaron un incremento del 40% en tiempo de procesamiento OCR y una reducción de 6.5 puntos porcentuales en precisión respecto a dispositivos de gama alta. Sin embargo, el rendimiento se mantuvo dentro de umbrales aceptables para operación de campo, con tiempos totales por lectura inferiores a 10 segundos.

4.8. DESPLIEGUE

4.8.1. Configuración del entorno del servidor

El sistema fue desplegado en un servidor privado virtual (VPS) con el sistema operativo Ubuntu 22.04 LTS. Este servidor aloja la Aplicación web y la API REST desarrollada en Django, la base de datos PostgreSQL junto a los archivos estáticos y multimedia del sistema. Las especificaciones técnicas de este servidor se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26 Especificaciones técnicas del VPS

Componente	Especificación
Proveedor	Cloud VPS 20 proveedor: Contabo
Sistema operativo	Ubuntu 22.04 LTS
Procesador	AMD EPYC (6 núcleos asignados)
Memoria RAM	12GB DDR4
Almacenamiento	400 GB SSD
Ancho de banda	1 interfaz 300Mps
Acceso	SSH mediante clave pública

La configuración del software base incluyó: Python 3.10+ para el ejecución del framework, PostgreSQL como gestor de base de datos, Nginx como servidor web y proxy inverso, Gunicorn como servidor WSGI, Certbot para la gestión de certificados SSL/TLS (HTTPS) y UFW como firewall para la seguridad de la red.

4.8.2. Implementación de la aplicación en el servidor

El código fuente se gestionó mediante control de versiones Git alojado en un repositorio privado de GitHub. El proceso de implementación en el servidor de producción siguió los siguientes pasos:

1. Clonación del repositorio

El proyecto se clonó desde GitHub al directorio del servidor mediante el comando:

<https://github.com/fabro00150/jaappbe.git>

2. Creación de entorno virtual

Se creó un entorno virtual de Python para aislar las dependencias del proyecto:

```
python3 -m venv venv
```

```
source venv/bin/actívale
```

3. Instalación de dependencias

Se instalaron todas las librerías necesarias especificadas en el archivo requirements.txt:

```
pip install -r requirements.txt
```

4.8.3. Compilación de la Aplicación Móvil

Para la aplicación móvil, se generó el paquete de instalación (APK) en modo release para garantizar el rendimiento y la firma digital del código.

Distribución de la aplicación:

La distribución se realizó mediante dos canales controlados:

Descarga web: Se habilitó un módulo en el sistema web administrativo para la descarga directa del APK.

Instalación manual: Transferencia directa a los dispositivos de los operarios.

Para la instalación, los dispositivos Android requirieron la habilitación de la opción "Instalar aplicaciones de fuentes desconocidas" en los ajustes de seguridad, siguiendo las políticas de seguridad de Google para aplicaciones fuera de la Play Store.

4.9. ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos para el desarrollo e implementación del sistema web-móvil con tecnología OCR ha sido elaborada considerando un esquema de trabajo unipersonal, donde la única variable de mano de obra es el programador. Para definir el valor de esta tarifa, se tomó como referencia el sueldo promedio de mercado para un Desarrollador Junior en Ecuador, establecido en \$750.00 USD mensuales. Considerando el peso de cada historia de usuario, se obtiene un costo por día de trabajo (Hombre-Día) aproximado de \$34.09 USD.

Con el fin de contemplar posibles imprevistos técnicos y asegurar un margen de seguridad en la gestión del tiempo, se ha decidido redondear esta cifra a \$35.00 USD por día laborable.

Partiendo de esta base, se procedió a calcular el presupuesto de desarrollo asignando una cantidad de días a cada funcionalidad según su complejidad técnica y prioridad dentro del Product Backlog. Tareas críticas que requieren una lógica más robusta, como la implementación del motor OCR para la lectura automática o la gestión de la sincronización en modo offline, demandan un mayor esfuerzo y fueron estimadas en 8 y 7 días respectivamente. Por el contrario, funcionalidades de visualización o generación de códigos QR tienen un peso menor.

Sin embargo, para que el sistema sea completamente operativo, este costo de desarrollo debe complementarse con una inversión en infraestructura y herramientas de ejecución. Se incluyen en este rubro elementos indispensables para el despliegue y pruebas del sistema, tales como la adquisición de una laptop para el diseño y programación, un smartphone Android para las pruebas de campo, el servidor VPS para el hospedaje de la base de datos y

la aplicación web durante el primer año, el registro del dominio y los materiales necesarios para la capacitación del personal.

Finalmente, al integrar tanto la inversión de tiempo del desarrollador como los costos de equipos y servicios externos, el presupuesto total requerido para el proyecto de la Junta de Agua Potable del sector La Buena Esperanza se detalla a continuación:

Tabla 27 Estimación de Costo del software

CÓDIGO	HISTORIA DE USUARIO	DÍAS EST.	COSTO (USD)
HU-01	Tomar foto clara del medidor (Evidencia).	5	\$175.00
HU-02	Leer número del medidor mediante OCR.	8	\$280.00
HU-03	Validar coherencia lectura nueva vs anterior.	3	\$105.00
HU-04	Generar recibo en pantalla.	3	\$105.00
HU-05	Descargar recibo en PDF.	4	\$140.00
HU-06	Sincronización automática (Online).	5	\$175.00
HU-07	Consultar historial de consumo (12 meses).	3	\$105.00
HU-08	Ver gráfico mensual de consumo.	4	\$140.00
HU-09	Modo offline y sincronización posterior.	7	\$245.00
HU-10	Escanear QR para asistencia.	2	\$70.00
HU-11	Generar QR en el recibo.	2	\$70.00
HU-12	Ver reportes de gestión (Lecturas/Pagos).	4	\$140.00
Total, Desarrollo		50	\$1,750.00

Tabla 28 Estimación de Costo de Software (infraestructura)

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Servidor VPS	2 CPU, 4 GB RAM, 80 GB SSD (1 año)	\$300.00
Herramientas de diseño	Laptop HP 245 G8	\$550.00
Dispositivo móvil	Smartphone Android para pruebas	\$200.00
Dominio web	Registro por 1 año	\$12.00
Material capacitación	Manuales y guías	\$80.00
Subtotal Ejecución		\$1,142.00

Tabla 29 Estimación de Costo de Software (Total)

CATEGORÍA	MONTO (USD)
Desarrollo de Software (Personal)	\$1,750.00
Equipos y Servicios (Ejecución)	\$1,142.00
TOTAL, PROYECTO	\$2,892.00

4.10. Análisis de resultados y validación

Con el objetivo de evaluar el impacto de la solución implementada, se aplicó una encuesta de satisfacción post-implementación al 100% del personal interno de la Junta de Agua Potable del sector La Buena Esperanza. El instrumento, estructurado bajo una escala Likert

de cinco puntos, permitió medir la percepción respecto a la reducción de errores, eficiencia operativa y usabilidad del sistema.

4.10.1. Resultados descriptivos de la encuesta

Para el análisis se juntaron las respuestas en tres niveles: “De acuerdo/Totalmente de acuerdo”, “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” y “En desacuerdo/Totalmente en desacuerdo”. La Tabla 4.9.1 presenta los resultados del alcance obtenido en los cinco ítems aplicados al personal administrativo.

Tabla 30 Resultado encuesta Operarios

Ítem	Pregunta resumida	De acuerdo o totalmente de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo o totalmente en desacuerdo
P1	El sistema reduce errores de registro	4/4	0/4	0/4
P2	El tiempo de registro se redujo	4/4	0/4	0/4
P3	El historial es más rápido y confiable	4/4	0/4	0/4
P4	La interfaz es fácil de usar	3/4	1/4	0/4
P5	Ha mejorado la organización del trabajo	4/4	0/4	0/4

Los datos muestran que la totalidad del personal administrativo (4/4) percibe que el sistema reduce los errores de registro y disminuye el tiempo necesario para registrar y procesar las lecturas, lo que evidencia una mejora directa en la precisión y eficiencia del proceso. Asimismo, los 4 encuestados señalan que la consulta del historial de consumos y pagos es más rápida y confiable, y que la organización del trabajo administrativo ha mejorado con la introducción de la aplicación web-móvil.

En cuanto a la usabilidad, 3 de las 4 personas (75%) consideran que la interfaz del sistema es fácil de aprender y utilizar, mientras que 1 se mantiene en una posición neutral, sin registrarse opiniones negativas, esto indica que la solución es usable y no introduce barreras significativas para el personal.

4.10.2. Respuesta a la pregunta de investigación

La pregunta de investigación formulada en el apartado 1.1 fue: “¿Cómo sistematizar el proceso de recolección de datos de medidores de agua potable en la Junta de La Buena Esperanza para reducir los errores de digitación y optimizar la eficiencia operativa?”. Los resultados obtenidos se obtuvieron mediante una encuesta al personal administrativo que indican si la aplicación implementada redujo los errores de digitación, acorto los tiempos de registro y consulta, mejoro el acceso a la información y contribuyo a una mejor organización del trabajo, obtenido las siguientes respuestas:

1. ¿El sistema reduce errores de registro?

Tabla 31 ¿El sistema reduce errores de registro?

Categoría	Porcentaje
De acuerdo	100.00%
Ni de acuerdo	0.00%

Categoría	Porcentaje
En desacuerdo	0.00%



Figura 31 ¿El sistema reduce errores de registro?

En la Figura 31 se observa que el 100.00% del personal administrativo se ubica en la categoría “De acuerdo”, mientras que las categorías “Ni de acuerdo” y “En desacuerdo” se mantienen en 0.00%. Esto refleja una percepción unánime de que la aplicación web-móvil mediante OCR efectivamente reduce los errores de digitación en el registro de lecturas, validando uno de los principales objetivos funcionales del sistema.

2. ¿El tiempo de registro se redujo?

Tabla 32 ¿El tiempo de registro se redujo?

Categoría	Porcentaje
De acuerdo	100.00%
Ni de acuerdo	0.00%

Categoría	Porcentaje
En desacuerdo	0.00%

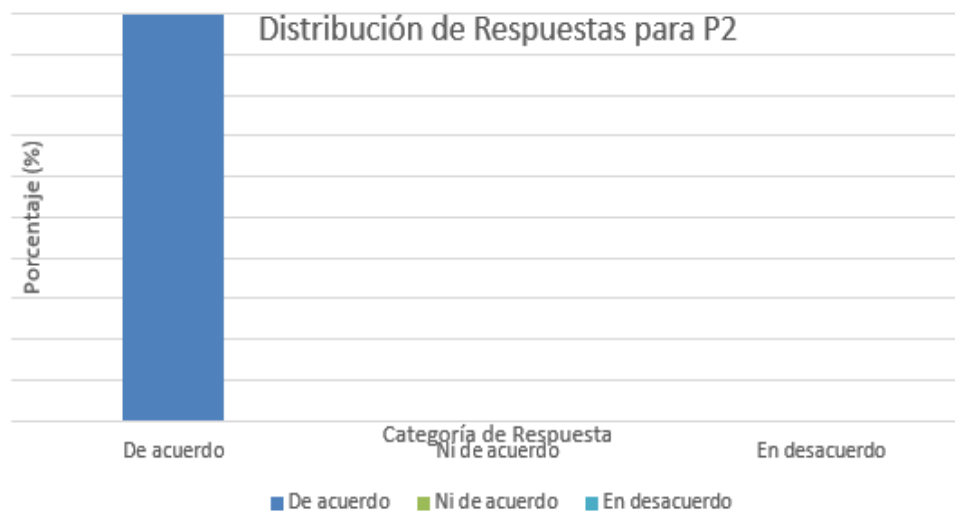


Figura 32 ¿El tiempo de registro se redujo?

La figura 32 muestra nuevamente que el 100.00% de los encuestados selecciona la categoría “De acuerdo”, sin respuestas en “Ni de acuerdo” ni en “En desacuerdo”. Este comportamiento indica que todos los administrativos perciben una disminución clara en el tiempo requerido para registrar la información, lo que evidencia una mejora directa en la eficiencia operativa de los procesos de lectura y facturación.

3. ¿El historial es más rápido y confiable?

Tabla 33 ¿El historial es más rápido y confiable

Categoría	Porcentaje
De acuerdo	100.00%

Categoría	Porcentaje
Ni de acuerdo	0.00%
En desacuerdo	0.00%

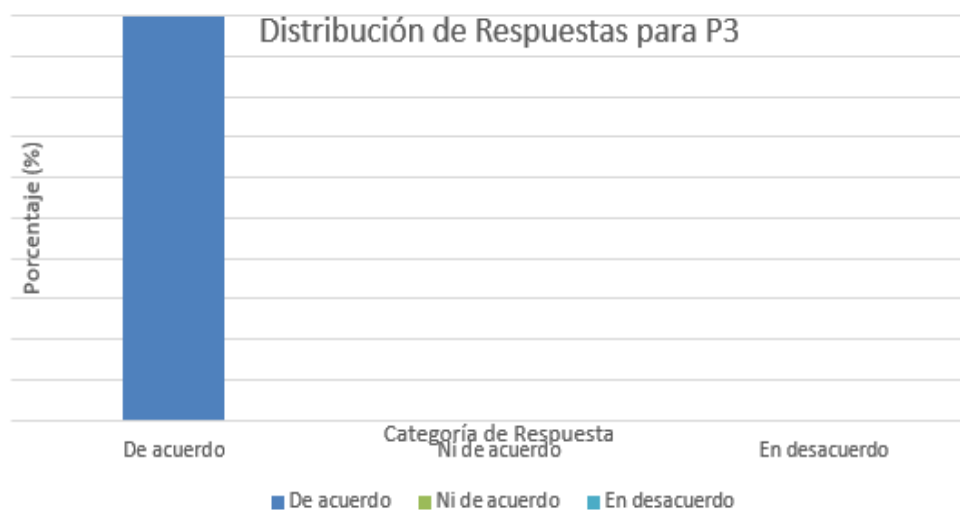


Figura 33 ¿El historial es más rápido y confiable?

En la Figura 33 las barras revelan que el 100.00% del personal se encuentra en la categoría “De acuerdo”, manteniéndose en 0.00% las categorías restantes. Este resultado sugiere que la consulta del historial de consumos y pagos se percibe como más ágil y segura, lo que mejora la calidad de la información para la toma de decisiones y la atención a los usuarios.

4. ¿La interfaz es fácil de usar?

Tabla 34 ¿La interfaz es fácil de usar?

Categoría	Porcentaje
De acuerdo	75.00%
Ni de acuerdo	25.00%
En desacuerdo	0.00%

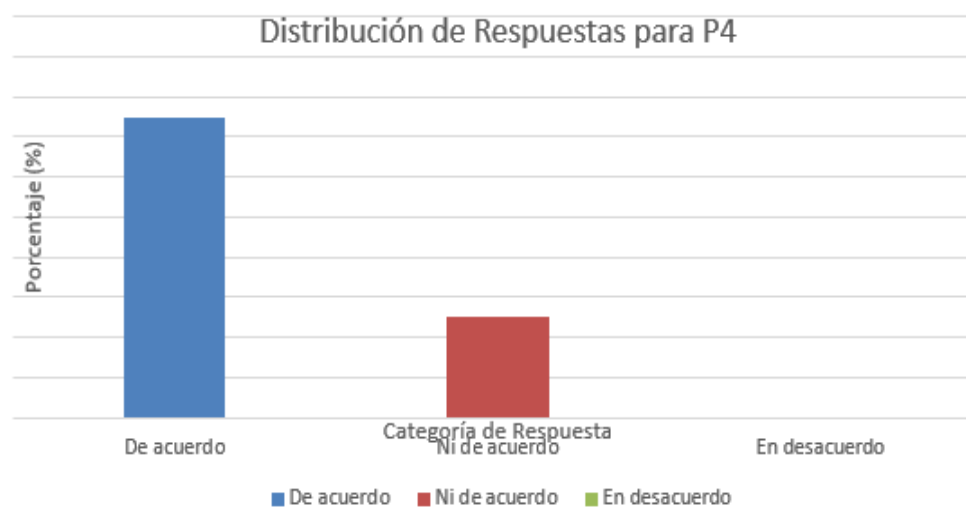


Figura 34 ¿La interfaz es fácil de usar?

El gráfico 34 muestra que el 75.00% del personal se sitúa en “De acuerdo” y el 25.00% en “Ni de acuerdo”, sin respuestas en “En desacuerdo”. Esta distribución indica que la mayoría considera que la interfaz del sistema es fácil de usar, mientras que una minoría adopta una postura neutral, pero sin evidenciar rechazo; en conjunto, esto respalda que la usabilidad es adecuada y no representa una barrera para la adopción del sistema.

5. ¿Ha mejorado la organización del trabajo?

Tabla 35 ¿Ha mejorado la organización del trabajo?

Categoría	Porcentaje
De acuerdo	100.00%
Ni de acuerdo	0.00%
En desacuerdo	0.00%

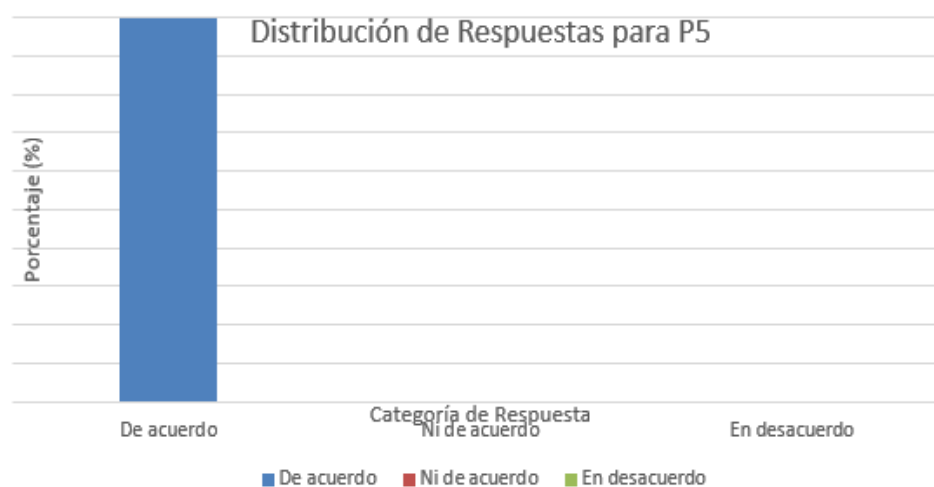


Figura 35 ¿Ha mejorado la organización del trabajo?

En esta última tabla, el Gráfico 35 evidencia que el 100.00% de los administrativos se ubica en “De acuerdo”, sin porcentajes en las otras categorías. Este resultado muestra que la aplicación contribuye a ordenar mejor las tareas, reducir actividades manuales repetitivas y estructurar de forma más clara el flujo de trabajo administrativo dentro de la Junta de Agua Potable.

Con base en la percepción del 100% del personal administrativo encuestado, se concluye que la aplicación web-móvil mediante OCR optimiza efectivamente los procesos de la Junta de Agua Potable del sector La Buena Esperanza, al reducir los errores de digitación y mejorar la eficiencia operativa, proporcionando una respuesta afirmativa y sustentada a la pregunta de investigación.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica confirmó que el uso de tecnologías OCR y el desarrollo de aplicaciones híbridas (Web-móvil) son soluciones viables y eficientes para la sistematización de procesos manuales. Se estableció una base teórica sólida que justificó el diseño del sistema, demostrando que la automatización de tareas repetitivas reduce significativamente la carga operativa y minimiza los errores humanos, cumpliendo con el primer objetivo específico de la investigación.

El diagnóstico de la situación actual en la Junta de Agua Potable reveló fallos críticos en el proceso manual, tales como la pérdida de documentos, la ilegibilidad de los registros y una notable desconfianza de los usuarios respecto a los cobros. Esta etapa fue clave para definir los requisitos del software, orientando el desarrollo hacia la resolución de problemas concretos como la falta de evidencia visual y la ausencia de historiales de consumo confiables.

La implementación del sistema demostró ser funcional y adaptable al entorno rural. La integración de módulos como la captura fotográfica, el reconocimiento OCR y el modo offline permitió resolver las limitaciones de conectividad del sector. El sistema logró sistematizar con éxito todo el flujo de trabajo, desde la recolección de datos en campo, validando la eficacia de la herramienta para reducir errores y optimizar tiempos.

5.2. RECOMENDACIONES

La capacitación continua para el personal técnico y administrativo es esencial para que los operarios dominen procedimientos críticos, como la sincronización de datos offline y la

corrección manual cuando el OCR no detecta la lectura, para garantizar la eficiencia del sistema a largo plazo.

Un módulo que permita a los usuarios reportar anomalías, como fugas de agua o medidores dañados, directamente desde la aplicación o la web, sería una herramienta de gestión integral que permitirá a la Junta actuar preventivamente y mejorar la calidad del servicio.

La Implementación de la extensión PostGIS en la base de datos para gestionar la información geográfica de los medidores permitirá aprovechar las coordenadas GPS capturadas por la aplicación móvil lo que facilitará trazar rutas óptimas de lectura para los operarios, reduciendo los tiempos de recorrido y facilitando la visualización de zonas con mayor consumo o problemas de infraestructura.

6. REFERENCIAS

- [1]L. C. Díaz Villar, «Gestión de datos y sincronización del registro de lectura de los medidores de agua potable a través de un aplicativo móvil», Tesis de Grado, Universidad Nacional de Canindeyú, Paraguay, 2024.
- [2]A. M. Tibán Chito, «Aplicación web móvil con reconocimiento óptico de caracteres para la lectura de los medidores de consumo de agua en el cantón Mocha», Tesis de Grado, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador, 2022.
- [3]Á. R. Rodríguez Sánchez, «Aplicación web móvil mediante el SDK Flutter para la gestión de toma de lecturas de consumo de energía de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.», Tesis de Grado, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador, 2022.
- [4]J. D. Duran Urgiles, «Sistema web para la gestión administrativa de la junta de agua de la cabecera parroquial Simón Bolívar con registros de planilla instantánea a través de móviles», Tesis de Grado, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador, 2017.
- [5]J. S. Naranjo Huertas, «Aplicación web para la gestión de recaudación del consumo de agua potable para la junta de la parroquia de Urbina de la ciudad de Tulcán», Tesis de Grado, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador, 2022.
- [6]D. A. Flores Barahona, «Aplicación web para la gestión de información de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de la Comunidad de Gualsaquí», Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, 2022.
- [7]P. O. Mejía Yépez, «Desarrollo de una app móvil que registra lecturas de medidores de agua potable», Tesis de Grado, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador, 2021.
- [8]J. R. Caiza Toaquiza, «Aplicación móvil para la gestión de información de lecturas de medidores de agua potable», Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador, 2019.
- [9]Universidad Nacional Autónoma de México, *Sistematización de experiencias*. México: Facultad de Filosofía y Letras, 2023.

- [10] O. Jara, *La sistematización de experiencias: práctica y teoría para otros mundos posibles*. San José, Costa Rica: Centro de Estudios y Publicaciones Alforja, 2018.
- [11] Instituto Nacional de Contadores Públicos de Colombia, «Por qué debes sistematizar procesos en tu empresa». 2017. [En línea]. Disponible en: <https://incp.org.co/panorama/panorama-estrategico/>
- [12] ESIC Business & Marketing School, «Aplicaciones web híbridas: qué son, ejemplos y ventajas de uso». 2023.
- [13] Liferay, «Ventajas e inconvenientes de construir una aplicación híbrida». 2023.
- [14] AppsFlyer, «Aplicación híbrida: Definición y características». 2024.
- [15] Flutter.dev, «Persist data with SQLite». 2025.
- [16] Amazon Web Services, «¿Qué es Django? - Explicación del software Django». 2022. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/django/>
- [17] A. A. Villa, «Django al detalle: características y funcionalidades». 2024.
- [18] T. Olanrewaju, «How Django's MVT Architecture Works: A Deep Dive into Models, Views, and Templates». 2024.
- [19] JetBrains, «La guía definitiva de las plantillas de Django». 2025.
- [20] Revista Científica Élite, «Reseña del uso del lenguaje de programación Python en el Desarrollo de Software», *Rev. Científica Élite*, 2025.
- [21] M. U. Riaz, «Comparative Analysis of React Native, Kotlin, and Flutter for Cross-Platform Mobile Development», Master's Thesis, Arcada University of Applied Sciences, 2021.
- [22] R. Montero, *Android: Desarrollo de aplicaciones*. Editorial Universitaria, 2022.
- [23] Statista, «Cross-platform mobile frameworks used by global developers 2023». 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/869224/>

- [24] N. Hlad, B. Verhaeghe, y M. Derras, «Analyzing Dart Language with Pharo: Report and early results», en *International Workshop on Smalltalk Technologies*, 2023.
- [25] W. Crespo, «Examen Complexivo de Grado: Prueba Práctica previo a la obtención del Título», Master's Thesis, Universidad Técnica de Babahoyo, 2023.
- [26] IBM, «Reconocimiento óptico de caracteres (OCR)». 2024.
- [27] Automation Anywhere, «Reconocimiento óptico de caracteres (OCR)». 2025.
- [28] E. Monforte, «OCR: ¿Qué es, para qué sirve y cómo afecta a la firma electrónica?» 2022.
- [29] Google for Developers, «Reconoce texto en imágenes con ML Kit en Android». 2025.
- [30] IBM, «¿Qué es PostgreSQL?» 2025.
- [31] Google Cloud, «¿Qué es PostgreSQL? Explicación de las bases de datos». 2025.
- [32] J. Segovia, «Ventajas y Desventajas de PostgreSQL». 2018.
- [33] Cloudevs, «Using Flutter with SQLite: Offline Data Storage in Apps». 2019.
- [34] Oracle, «What is a Relational Database (RDBMS)?» 2021.
- [35] Red Hat, «¿Qué es una API de REST?» 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-is-a-rest-api>
- [36] Amazon Web Services, «¿Qué es una API de RESTful?» 2022.
- [37] Atlassian, «Scrumban | Atlassian». 2024.
- [38] K. Schwaber y J. Sutherland, *La Guía de Scrum*. Scrum.org, 2020.
- [39] Teamhood, «Kanban, Scrum y Scrumban – Cómo se diferencian». 2024.
- [40] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 7ma ed. México D.F.: McGraw-Hill Education, 2018.

7. ANEXOS

ANEXO 1: CUESTIONARIO A OPERARIOS

INFORMACION GENERAL

1. Cuál es su cargo actual en la Junta de Agua Potable?

- () Técnico recolector de lecturas
- () Encargado de cobros/procesamiento de datos
- () Presidente de la Junta
- () Secretario/a administrativo
- () Otro: _____

2. ¿Cuántos años lleva trabajando en la Junta?

- () Menos de 1 año
- () 1-3 años
- () 4-7 años
- () 8 o más años

3. Cuál es su nivel de familiaridad con aplicaciones móviles y sistemas informatizados?

- () Muy bajo (no usa aplicaciones)
- () Bajo (solo llamadas y mensajes)
- () Medio (usa aplicaciones básicas)
- () Alto (usa múltiples aplicaciones)

- () Muy alto (conocimiento técnico)

4. Tiene experiencia previa usando cámara de celular para capturar datos?

- () Nunca

- () Raramente

- () A veces

- () Frecuentemente

- () Siempre

5. Con qué frecuencia realiza la recolección de lecturas de medidores?

- () Diariamente

- () 2-3 veces por semana

- () Semanalmente

- () Quincenalmente

- () Mensualmente

6. Cuánto tiempo promedio invierte en la recolección de lecturas de TODOS los medidores del sector (en el campo)?

- () Menos de 1 día

- () 1-2 días

- () 3-5 días

- () 1 semana

- () Más de 1 semana

7. Cuál es el método ACTUAL para registrar las lecturas de medidores? (Seleccione todas las que aplican)

- () Papel y lápiz (cuaderno o formulario)

- () Teléfono móvil (anotación manual en notas)

- () Aplicación móvil rudimentaria

- () Se memoriza y se registra en escritorio después

- () Mixto (papel + celular)

- () Otro: _____

8. Después de anotar las lecturas en el campo, ¿cuánto tiempo tarda en TRASPASAR la información a la base de datos central?

- () Menos de 1 hora

- () 1-3 horas

- () 4-8 horas

- () 1-2 días

- () Más de 2 días

9. Durante el traspaso de datos, ¿quién es responsable de VALIDAR o REVISAR que los datos sean correctos?

- () El técnico recolector

- () El encargado de cobros
- () Ambos (revisión cruzada)
- () Nadie (se confía en lo registrado)
- () Otro: _____

10. Cuáles son los PRINCIPALES PROBLEMAS que enfrenta en el proceso actual de recolección? (Seleccione todas las que aplican)

- () Errores de digitación al escribir números
- () Números ilegibles en el papel (mala caligrafía)
- () Pérdida o daño de formularios/papeles
- () Confusión entre medidores similares (números parecidos)
- () Dificultad para ubicar medidores (código de dirección)
- () Lluvia o clima que daña registros
- () Lectura ilegible en medidores (números borrosos)
- () Falta de comunicación entre técnico y procesador de datos
- () Tiempo excesivo en transcripción manual
- () No se registran referencias visuales (fotos)
- () Otro: _____

11. En promedio, ¿cuántos ERRORES DE LECTURA encuentra POR MES que deben ser corregidos?

- () Ninguno

- () 1-5 errores
- () 6-15 errores
- () 16-30 errores
- () Más de 30 errores

12. ¿Ha experimentado PÉRDIDA de datos o lecturas registradas?

- () Nunca
- () Raramente (1-2 veces al año)
- () Ocasionalmente (1-2 veces al mes)
- () Frecuentemente (1-2 veces por semana)
- () Muy frecuentemente (varias veces por semana)

13.Cuál de estas funcionalidades sería MÁS ÚTIL en una aplicación móvil? (Califique de 1-5, donde 1=nada útil, 5=muy útil)

Funcionalidad	1	2	3	4	5
Capturar foto del medidor automáticamente	()	()	()	()	()
OCR: Leer números automáticamente de la foto	()	()	()	()	()

Registrar lectura manualmente si OCR falla	(((((
)))))
Guardar datos localmente (sin internet)	(((((
)))))
Sincronizar datos automáticamente al conectarse	(((((
)))))
Código de barras para registro de asistencia	(((((
)))))
Buscar usuario por código de medidor	(((((
)))))
Ver historial de lecturas previas	(((((
)))))
Notificación de medidores sin lectura	(((((
)))))
Generación de reportes rápidos	(((((
)))))

Guardar foto del medidor como respaldo

Mostrar en el mapa mi ubicación y la del medidor del usuario para ayudar a encontrarlo.

14. Respecto al OCR (lectura automática de números desde foto), ¿cuál sería la precisión MÍNIMA ACEPTABLE?

- () 80% (8 de 10 fotos correctas)
- () 85% (8.5 de 10 correctas)
- () 90% (9 de 10 correctas)
- () 95% (9.5 de 10 correctas)
- () 100% (todas las fotos perfectas)

15. Si el OCR falla o no lee bien, preferiría:

- () Poder ingresar manualmente el número del medidor
- () Poder ingresar solo la lectura actual (consultando la anterior en el sistema)
- () Tomar otra foto y reintentar el OCR
- () Anotarlo en papel y procesarlo después en escritorio
- () Otro: _____

16. ¿Considera útil que un delegado (operario) con la app móvil pueda registrar la asistencia de usuarios escaneando el QR de su recibo?

- Totalmente útil (simplifica el control)

- útil

- Neutral

- Poco útil

- Nada útil (no lo necesitamos)

17. ¿Le parece importante registrar la hora de entrada cuando el usuario es escaneado en sesión?

- Sí, es importante para control de asistencia

- Sí, pero no es crítico

- Neutral

- No, no es necesario registrar hora

- No sé

18. ¿Cuál sería la INTERFAZ ideal de la aplicación móvil? (Seleccione la que prefiera)

- Pantalla principal con botón grande "Capturar Foto"

- Pantalla con búsqueda rápida del usuario primero, luego captura

- Pantalla con múltiples opciones/menú

- Pantalla minimalista (lo menos posible)

- No tengo preferencia

19. ¿Le gustaría recibir NOTIFICACIONES/ALERTAS en la app sobre:

- Lectura exitosa registrada
- Error en lectura (OCR fallo)
- Sincronización completada
- Todas las anteriores
- Ninguna

20. ¿Estaría dispuesto a usar la nueva app móvil?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

21. La aplicación WEB (para oficina) debería permitir: (Seleccione todas las que aplican)

- Ver todas las lecturas capturadas por técnicos
- Validar/revisar lecturas antes de confirmar
- Ver fotos de medidores capturadas
- Generar reportes de lecturas del mes
- Ver historial completo de un usuario

- () Identificar anomalías (cambios abruptos de consumo)
- () Generar recibos con historial de 12 meses
- () Ver estado de sincronización
- () Descargar datos en Excel
- () Otro: _____

22. ¿Con qué frecuencia desearía VALIDAR/REVISAR las lecturas antes de confirmar?

- () Inmediatamente (en línea, mientras se capturan)
- () Al finalizar cada jornada
- () Al finalizar la semana
- () Al finalizar el mes
- () No es necesario (confianza total en OCR)

23. ¿Considera importante que el recibo incluya un historial de consumo de los últimos 12 meses (tabla + gráfico)?

- () Sí, es muy importante
- () Sí, sería útil
- () Neutral
- () No es necesario
- () No, hace el recibo muy largo

24. ¿Considera que contar con FOTOS del medidor (guardadas en la app, disponibles en caso de reclamo) aumentaría la confianza de los usuarios?

- Sí, definitivamente (respaldo para reclamos)

- Probablemente sí

- Neutral

- Probablemente no

- No, no es necesario

25. ¿Cuál sería el nivel de utilidad de incluir un CÓDIGO QR en el recibo como ticket para marcar asistencia en sesiones?

- Muy útil (resuelve problema de asistencia)

- Útil

- Neutral

- Poco útil

- No es necesario

26. ¿Qué tan útil le parece que el sistema guarde y muestre la ubicación GPS de cada medidor, para ayudar a nuevos operarios a encontrarlo en el campo?

Muy útil (facilita mucho el trabajo en campo)

Útil

Neutral

Poco útil

Nada útil

ANEXO 2: CUESTIONARIO A USUARIOS

INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO

1. ¿Cuánto tiempo lleva como usuario del servicio de agua potable en este sector?

- Menos de 1 año

- 1-3 años

- 4-7 años

- 8 o más años

2. Tipo de usuario:

- Residencial (vivienda)

- Comercial (negocio/tienda)

- Institucional (escuela, centro de salud, iglesia, etc.)

- Industrial

- Otro: _____

3. ¿Con qué frecuencia accede a su recibo de agua potable?

- Lo recibe y lo revisa de inmediato

- Lo revisa después de algunos días

- Solo lo revisa si tiene dudas

- () Raramente lo revisa

- () Nunca lo revisa

4. ¿Cómo calificaría la CLARIDAD y facilidad de lectura de su recibo de agua? (Escala 1-5)

- () 1 - Muy poco claro

- () 2 - Poco claro

- () 3 - Neutral

- () 4 - Claro

- () 5 - Muy claro

5. ¿Cómo calificaría su COMPRENSIÓN de los datos mostrados en el recibo?

- () 1 - No entiendo nada

- () 2 - Entiendo poco

- () 3 - Entiendo regular

- () 4 - Entiendo bien

- () 5 - Entiendo perfectamente

6. ¿Le resulta fácil encontrar los datos que busca en el recibo?

- () Muy fácil

- () Fácil

- () Regular

- Difícil

- Muy difícil

7. ¿Qué información le gustaría que incluya su RECIBO? (Seleccione todas las que aplican)

- Lectura anterior (mes previo)

- Lectura actual (mes actual)

- Consumo calculado (diferencia)

- Tarifa aplicada por m³

- Monto a pagar

- Fecha de vencimiento

- Número de medidor

- Foto/referencia visual de la lectura

- Código QR con datos completos

- Historial de últimas 3 lecturas

- Historial de últimas 12 lecturas

- Gráfico de consumo en el tiempo

- Comparación con meses anteriores

- Otra: _____

8. ¿Le gustaría ver su HISTORIAL COMPLETO de consumo de los ÚLTIMOS 12 MESES en el recibo?

- Sí, es muy importante

- Sí, sería útil

- Neutral

- No es necesario

- No me interesa

9. ¿Cuál de los siguientes formatos preferiría para ver su historial de consumo?

- Tabla con números de cada mes

- Gráfico de líneas mostrando tendencia

- Gráfico de barras por mes

- Combinación (tabla + gráfico)

- No le importa el formato

10. ¿Ha experimentado ERRORES o INCONSISTENCIAS en sus recibos de agua?

- Nunca

- Una o dos veces

- Varias veces (3-5)

- Frecuentemente (más de 5)

- Constantemente

11. Si ha tenido inconsistencias, ¿cuál fue el problema más común? (Seleccione uno)

- () Lectura muy diferente a la esperada
- () Cambio abrupto de consumo sin razón
- () Se facturó por un período anterior
- () Se facturo doble por el mismo mes
- () Montos ilógicos (muy altos o muy bajos)
- () Número de medidor incorrecto
- () Otro: _____
- () No ha tenido errores

12. ¿Cuánta CONFIANZA tiene en que la lectura registrada en su medidor es CORRECTA?

- () 1 - Sin confianza
- () 2 - Baja confianza
- () 3 - Confianza neutral
- () 4 - Buena confianza
- () 5 - Total confianza

13. ¿Qué le daría MÁS CONFIANZA en que la lectura de su medidor es correcta?
(Seleccione todas las que aplican)

- () Ver una foto del medidor en el recibo
- () Confirmación por WhatsApp o email de la lectura
- () Historial de lecturas para ver tendencia

- () Acceso a plataforma en línea 24/7

- () Nada (ya confía)

- () Otro: _____

14. ¿Tiene facilidad para CONSULTAR sus datos de consumo?

- () Sí, fácilmente (portal en línea, app, etc.)

- () Parcialmente (solo en el recibo)

- () No, difícilmente

- () Nunca lo intentó

15. ¿Le gustaría recibir o acceder a una FOTO del medidor cuando se toma la lectura?

- () Sí, definitivamente (muy importante)

- () Sí, probablemente

- () Neutral

- () Probablemente no

- () Definitivamente no

16. ¿De qué manera preferiría recibir su recibo? (Seleccione las que aplican)

- () Impreso en papel (como ahora)

- () Digital por email

- () Acceso en línea (portal)

- () Notificación por WhatsApp
- () En formato PDF descargable
- () Otro: _____

17. ¿Ha experimentado alguno de estos PROBLEMAS con el servicio o recibos?
(Seleccione todas las que aplican)

- () Cambios abruptos en el consumo sin razón aparente
- () Facturación retrasada
- () Recibo ilegible o con datos borrosos
- () Montos inconsistentes
- () Dificultad para entender el recibo
- () Falta de información sobre la lectura
- () No poder verificar si la lectura es correcta
- () Mala atención al presentar reclamos
- () Ninguno (todo está bien)
- () Otro: _____

18. En una escala del 1-5, ¿cuál es la NECESIDAD de mejorar la TRANSPARENCIA en cómo se registran las lecturas?

- () 1 - No es necesario
- () 2 - Baja necesidad
- () 3 - Necesidad media

- () 4 - Alta necesidad

- () 5 - Muy alta necesidad (es urgente)

19. ¿Cómo calificaría su SATISFACCIÓN GENERAL con el servicio de agua potable?
(Escala 1-5)

- () 1 - Muy insatisfecho

- () 2 - Insatisfecho

- () 3 - Neutral

- () 4 - Satisfecho

- () 5 - Muy satisfecho

20. ¿Asiste a sesiones/asambleas de la Junta?

- () Sí, regularmente (casi todas)

- () Sí, ocasionalmente (algunas)

- () Raramente

- () No, nunca asisto

- () No aplica (usuario no residencial)

21. ¿Le gustaría usar su recibo de pago como 'ticket' para marcar asistencia a sesiones, escaneando un código QR?

- () Sí, definitivamente (me evita llevar papel adicional)

- () Sí, probablemente

- () Neutral
- () No, prefiero el sistema actual (firma en papel)
- () No sé

22. En caso de reclamo sobre una lectura, ¿te gustaría que la Junta tuviera una FOTO del medidor como evidencia?

- () Sí, definitivamente (me da confianza)
- () Sí, probablemente
- () Neutral
- () No es necesario
- () Prefiero otro tipo de respaldo

ANEXO 3: CUESTIONARIO DE SATISFACCION

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO

Instrucciones:

Califique cada afirmación seleccionando una número del 1 al 5, según la siguiente escala:

1. El sistema reduce errores de registro.

- [] 1 - Totalmente en desacuerdo
- [] 2 - En desacuerdo
- [] 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- [] 4 - De acuerdo
- [] 5 - Totalmente de acuerdo

2. El tiempo de registro se redujo.

- 1 - Totalmente en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Totalmente de acuerdo

3. El historial es más rápido y confiable.

- 1 - Totalmente en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Totalmente de acuerdo

4. La interfaz es fácil de usar.

- 1 - Totalmente en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Totalmente de acuerdo

5. Ha mejorado la organización del trabajo.

- 1 - Totalmente en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Totalmente de acuerdo