



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

EXTENSIÓN EN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Creada Ley No. 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1985

PROYECTO INTEGRADOR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERAS EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

TEMA

APLICACIÓN ANDROID CON IOT PARA EL CONTROL DE CALIDAD
DEL AGUA EN EL SECTOR LA RAÍZ.

AUTOR

SALAVARRIA LOOR JUANA ISABEL

TUTOR

ING. MORA ALEX BLADIMIR, MG.

EL CARMEN, 2026 - 1



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión de El Carmen de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante SALAVARRIA LOOR JUANA ISABEL, legalmente matriculada en la carrera de Tecnologías de la Información, período académico 2026-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "APLICACIÓN ANDROID CON IOT PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR LA RAÍZ".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 31 de julio de 2026.

Lo certifico,



Ing. Alex Bladimir Mora Marcillo, Mg.

Docente Tutor

Área: Tecnologías de la Información

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Extensión El Carmen

Carrera de Ingeniería en Tecnología de la Información

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Título del Trabajo de Titulación:

Aplicación Android con IoT para el control de calidad del agua en el sector La Raíz.

Modalidad:

Proyecto Integrador

Autor:

Salavarría Looor Juana Isabel

Tutor:

Ing. Mora Marcillo Alex Bladimir, Mgs.

Tribunal de Sustentación:

- **Presidente:**

Ing. Reascos Pinchao Paul Saed, Mgs

- **Miembro:**

Ing. Pozo Hernández Clara Guadalupe, Mgs

- **Miembro:**

Ing. Arca Zavala Jefferson Omar, Mgs

Fecha de Sustentación:

21 de agosto de 2026

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de titulación, cuyo tema es: **APLICACIÓN ANDROID CON IOT PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR LA RAÍZ**, corresponde exclusivamente a: **SALAVARRIA LOOR JUANA ISABEL** con C.I. 1317603924, y los derechos patrimoniales de la misma corresponden a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Salavarría Looor Juana Isabel
C.I. 1317603924

DEDICATORIA

Primeramente, dedico esta tesis a Dios y a la Virgen, porque sin su infinita fortaleza y sabiduría, nada de esto habría sido posible. De igual manera, me la dedico a mí misma, a esa versión de mí que nunca se rindió, que lloró de cansancio, pero jamás soltó el sueño, y que hoy ve florecer con orgullo todo ese esfuerzo, dedicación y constancia.

A Anderson, por haber sido una parte importante de este camino. Gracias por el apoyo y el cariño que me diste desde el inicio de esta etapa, aunque la vida nos llevó por rutas distintas, guardo con gratitud todo lo bueno que compartimos, porque fue parte fundamental de este logro.

A mi madre, mi motor y mi más grande bendición, por su amor incondicional, por sus manos que nunca se cansaron de sostenerme y por ser el pilar que sostiene cada paso de mi vida. Todo lo que soy te lo debo a ti.

Y, por último, a todos aquellos que de una u otra manera estuvieron ahí, sosteniéndome con su cariño, en este camino para lograr mis sueños y propósitos.

Juana Isabel Salavarría Loor

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios y a la Virgen, por regalarme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi vida.

A mi madre, Isabel Loor, mi razón más grande para no rendirme, por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los días en que yo dudaba, y por ser mi refugio y mi fuerza en cada paso de este proceso. Este logro es tan mío como tuyo, mamá.

A mis hermanos, mis compañeros de vida, por estar siempre presentes, por sus palabras de aliento y por motivarme con su cariño en cada paso de este camino. Tenerlos a mi lado lo hace todo más bonito.

A mis sobrinos, esos pequeños que con su ternura y ocurrencias se convirtieron en mi fuente de alegría y motivación incluso en los días más pesados.

A Anderson, por su apoyo y cariño durante una etapa importante de este recorrido; guardo con gratitud lo compartido.

A mis amigas Jessenia y Capitu, compañeras de universidad que la vida transformó en hermanas, por compartir conmigo desvelos, risas, lágrimas y aprendizajes durante todo este proceso. Sin ustedes, este camino no habría sido igual.

A todas las personas que estuvieron presentes en cada etapa de este proceso, que siempre se tomaron el tiempo de preguntar cómo iba, de escucharme y de brindarme su apoyo incondicional. A mis amigos y conocidos que, de una u otra manera, estuvieron pendientes de mí durante este camino.

A mi tutor de tesis, Ing. Alex Bladimir Mora, por su guía, paciencia y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Por último, a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, por abrirme sus puertas y brindarme la formación académica necesaria para alcanzar esta meta profesional.

A todos, mi más profundo y sincero agradecimiento, cada uno dejó una huella en este logro que hoy celebro con inmensa alegría.

Juana Isabel Salavarría Loor

INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN.....	ii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I	1
1 Introducción	1
1.1 Preámbulo	1
1.2 Presentación del tema	1
1.3 Ubicación y contextualización de la problemática	1
1.4 Planteamiento del problema.....	2
1.4.1 Problematización.....	2
1.4.2 Génesis del problema	3
1.4.3 Estado actual del problema	4
1.5 Diagrama causa – efecto del problema	4
1.6 Objetivos	4
1.6.1 Objetivo general.....	4
1.6.2 Objetivos específicos	4
1.7 Justificación	5

1.8	Impactos esperados	5
1.8.1	Impacto tecnológico.....	6
1.8.2	Impacto social	6
1.8.3	Impacto ecológico	6
CAPÍTULO II		7
2	Marco teórico de la investigación	7
2.1	Antecedentes históricos	7
2.1.1	Origen de la Aplicación Android con IoT	7
2.2	Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado.....	9
2.3	Aplicación Android con IoT	10
2.3.1	Aplicación Android.....	10
2.3.2	Internet de las cosas (IoT).....	13
2.4	Control de calidad del agua.....	18
2.4.1	Definición del agua	18
2.4.2	Composición y estructura	20
2.4.3	Calidad del agua.....	22
2.5	Metodología Ágil de Desarrollo de Software XP	24
2.6	Conclusiones relacionadas al marco teórico en referencia al tema planteado	25
CAPÍTULO III.....		26
3	Marco investigativo	26
3.1	Introducción	26
3.2	Tipos de investigación	26
3.2.1	Investigación aplicada.....	26
3.2.2	Investigación descriptiva	26
3.2.3	Investigación de campo.....	27
3.3	Métodos de investigación	27
3.3.1	Método inductivo	27

3.3.2	Método analítico	27
3.3.3	Método empírico	28
3.4	Fuentes de información de datos.....	28
3.4.1	Fuentes primarias	28
3.4.2	Fuentes secundarias	29
3.5	Estrategia operacional para la recolección de datos	29
3.5.1	Población.....	29
3.5.2	Muestra	29
3.5.3	Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar	29
3.5.4	Plan de recolección de datos	31
3.6	Análisis y presentación de resultados	31
3.6.1	Tabulación y análisis de los datos.....	37
3.6.2	Presentación y descripción de los resultados obtenidos	37
3.6.3	Informe final del análisis de los datos.....	38
CAPÍTULO IV.....		39
4	Marco propositivo.....	39
4.1	Introducción	39
4.2	Descripción de la propuesta	39
4.3	Determinación de recursos.....	40
4.3.1	Humanos	40
4.3.2	Tecnológicos	41
4.3.3	Económicos.....	43
4.4	Desarrollo.....	44
4.4.1	Historia de usuarios.....	44
4.4.2	Iteraciones del proyecto	45
4.4.3	Fase I – Análisis de requisitos	46

4.4.4	Fase II – Diseño	49
4.4.5	Fase III – Desarrollo	69
4.4.6	Fase IV – Verificación y pruebas del sistema.....	80
4.4.7	Fase V – Implementación	86
CAPÍTULO V.....		91
5	Evaluación de resultados	91
5.1	Introducción	91
5.2	Presentación y monitoreo de resultados.....	91
5.2.1	Resultados del sensor de turbidez	91
5.2.2	Resultados del sistema	92
5.3	Interpretación objetiva	93
5.3.1	Cumplimiento de requerimientos.....	93
5.3.2	Comparación con la normativa INEN 1108.....	93
5.3.3	Logros y limitaciones.....	94
CAPÍTULO VI.....		95
6	Conclusiones y recomendaciones	95
6.1	Conclusiones	95
6.2	Recomendaciones	96
7	Bibliografía	97
8	Anexos	105
	Anexo A: Asignación de tutor	105
	Anexo B: Reporte del sistema antiplagio.....	106
	Anexo C: Evidencia de aplicación de entrevistas y encuestas.....	107
	Anexo D: Formato de entrevista	109
	Anexo E: Formato de encuestas.....	111
9	Glosario.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de calidad del agua.....	23
Tabla 2 Presentación y análisis de resultados de la encuesta.....	35
Tabla 3 Presentación y análisis de resultados de la entrevista.....	37
Tabla 4 Recursos humanos	41
Tabla 5 Recursos tecnológicos hardware.....	42
Tabla 6 Recursos tecnológicos software.....	43
Tabla 7 Recursos económicos.....	44
Tabla 8 Historias de usuario	45
Tabla 9 Iteraciones de la metodología XP	46
Tabla 10 Requerimientos funcionales.....	47
Tabla 11 Requerimientos no funcionales.....	48
Tabla 12 Requerimientos mínimos del dispositivo.....	48
Tabla 13 Tipos y roles de usuarios	49
Tabla 14 Paleta de colores de la interfaz	59
Tabla 15 Herramientas de programación.....	70
Tabla 16 Clases y métodos principales	72
Tabla 17 Pruebas de caja negra - inicio de sesión	81
Tabla 18 Pruebas de caja negra - visualización de pH y turbidez	81
Tabla 19 Pruebas de caja negra - control de válvula	82
Tabla 20 Pruebas de caja negra - funcionalidades adicionales	83
Tabla 21 Pruebas de caja blanca - login.php.....	84
Tabla 22 Pruebas de caja blanca - guardar_medicion.php.....	84
Tabla 23 Pruebas de caja blanca - valvula.php	85

Tabla 24 Pruebas de caja blanca - firmware ESP32	86
Tabla 25 Resultados de medición del sensor de turbidez	91
Tabla 26 Resultados generales del sistema.....	92
Tabla 27 Cumplimiento de requerimientos funcionales y no funcionales.....	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de Causa y Efecto.....	4
Ilustración 2 Etapas del Procesamiento de Datos en el Internet de las Cosas (IoT).....	15
Ilustración 3 Las 9 principales aplicaciones del IoT.....	16
Ilustración 4 Perspectivas de las aplicaciones IoT.....	17
Ilustración 5 Estructura molecular del agua.....	21
Ilustración 6 Caso de uso - Iniciar sesión	49
Ilustración 7 Caso de uso - Monitorear medidor (usuario).....	50
Ilustración 8 Caso de uso - Gestionar sistema (administrador)	50
Ilustración 9 Diagrama de clases de la aplicación Android.....	51
Ilustración 10 Diagrama de flujo de datos del sistema MonAgua	52
Ilustración 11 Diagrama de secuencia - Inicio de sesión.....	52
Ilustración 12 Diagrama de secuencia - Lectura de sensores y envío de datos	53
Ilustración 13 Diagrama de secuencia - Control de válvula	53
Ilustración 14 Diagrama de estado - Sensor de turbidez.....	54
Ilustración 15 Diagrama de estado - Válvula solenoide	55
Ilustración 16 Diagrama de secuencia - Flujo de notificaciones push con Firebase Cloud Messaging	56
Ilustración 17 Diagrama entidad - relación de la base de datos calidad_de_agua.....	57
Ilustración 18 Pantalla de bienvenida - Splash Screen	59
Ilustración 19 Pantalla de inicio de sesión - Login	60
Ilustración 20 Pantalla principal del usuario - Mi Medidor.....	61
Ilustración 21 Pantalla de detalle del sensor de pH	62
Ilustración 22 Pantalla de detalle del sensor de turbidez	63
Ilustración 23 Pantalla de historial de lecturas con búsqueda por fecha.....	64

Ilustración 24 Panel general del administrador.....	65
Ilustración 25 Pantalla de gestión de medidores.....	66
Ilustración 26 Pantalla de detalle del medidor con control de válvula	67
Ilustración 27 Interfaz de gestión de alertas	68
Ilustración 28 Diagrama de arquitectura del sistema.....	69
Ilustración 29 Código fuente - conexion.php.....	72
Ilustración 30 Código fuente - login.php	73
Ilustración 31 Código fuente - medidor.php	74
Ilustración 32 Código fuente - valvula.php.....	75
Ilustración 33 mediciones.php	76
Ilustración 34 Obtener pH().....	77
Ilustración 35 LeerTurbidez()	78
Ilustración 36 Controlar válvula en ESP32.....	79
Ilustración 37 Interrupción del botón en ESP32	79
Ilustración 38 Inicio de sesión en InfinityFree	86
Ilustración 39 Panel de cuentas de alojamiento	86
Ilustración 40 Formulario de creación de cuenta.....	87
Ilustración 41 Panel de administración de la cuenta creada	87
Ilustración 42 Creación de base de datos MySQL.....	88
Ilustración 43 Datos de conexión a la base de datos MySQL.....	88
Ilustración 44 Gestor de archivos	89
Ilustración 45 Subida de archivos al servidor.....	89
Ilustración 46 Aplicación móvil instalada en dispositivo físico	90
Ilustración 47 Pantalla principal del usuario con datos reales del sistema MonAgua.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Asignación de tutor	105
Anexo B: Reporte del sistema antiplagio.....	106
Anexo C: Evidencia de aplicación de entrevistas y encuestas.....	107
Anexo D: Formato de entrevista	109
Anexo E: Formato de encuestas.....	111

RESUMEN

El presente trabajo de titulación aborda el desarrollo del sistema MonAgua, una solución tecnológica basada en IoT y una aplicación móvil Android orientada al monitoreo en tiempo real de la calidad del agua potable en el sector La Raíz, cantón El Carmen, provincia de Manabí. El sector cuenta con un sistema de distribución de agua administrado por una organización comunitaria, sin planta de tratamiento ni mantenimiento preventivo regular. La problemática que motivó esta investigación fue la ausencia de mecanismos accesibles que permitan a los habitantes conocer si el agua que consumen cumple con los parámetros establecidos por la normativa INEN 1108, situación que representa un riesgo constante para la salud de la comunidad. Para sustentar esta problemática se aplicaron encuestas a los residentes del sector y una entrevista al presidente del agua, cuyos resultados confirmaron que la mayoría de los habitantes desconoce los parámetros de calidad del agua que consume y no dispone de ninguna herramienta que los alerte ante posibles episodios de contaminación. Para dar solución a esta necesidad, se diseñó e implementó un sistema compuesto por un microcontrolador ESP32 conectado al sensor de turbidez DFRobot SEN0189, un módulo relay que controla una válvula solenoide de 12V, y una aplicación móvil con dos roles de acceso administrador y usuario residente. El sistema mide la turbidez del agua en tiempo real y envía las lecturas al servidor cada diez segundos, cuando los valores superan el umbral crítico de 10 NTU, el sistema actúa de forma automática cierra la válvula solenoide cortando el paso del agua, genera una alerta en la base de datos MySQL y envía una notificación push al celular del usuario mediante Firebase Cloud Messaging, incluso cuando la aplicación está completamente cerrada. El servidor fue desarrollado en PHP y publicado en la plataforma de hosting InfinityFree, garantizando disponibilidad continua desde cualquier red sin depender de herramientas temporales. Para el desarrollo del sistema se optó por la metodología ágil XP (Extreme Programming), trabajando a lo largo de siete iteraciones, esto permitió ir construyendo el sistema por etapas y hacer ajustes conforme surgían cambios durante el proceso de trabajo. En cuanto a las pruebas, los resultados mostraron que el sistema cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales planteados inicialmente. Además, los tiempos de respuestas se mantuvieron dentro de los rangos esperados y los umbrales de alerta configurada están acorde a lo que exige la normativa INEN 1108. Los resultados obtenidos demuestran que el sistema MonAgua es una solución tecnológica funcional, accesible y escalable que contribuye a mejorar el monitoreo y control de la calidad del agua potable en el sector La Raíz.

ABSTRACT

This thesis addresses the development of the MonAgua system, an IoT-based technological solution and an Android mobile application designed for real-time monitoring of drinking water quality in the La Raíz sector, El Carmen canton, Manabí province. The sector has a water distribution system managed by a community organization, without a treatment plant or regular preventive maintenance. The problem that motivated this research was the lack of accessible mechanisms allowing residents to know whether the water they consume meets the parameters established by INEN 1108 regulations, a situation that represents a constant risk to the community's health. To substantiate this problem, surveys were administered to residents of the sector, along with an interview with the water committee president, whose results confirmed that most residents are unaware of the quality parameters of the water they consume and lack any tool to alert them to potential contamination incidents. To address this need, a system was designed and implemented consisting of an ESP32 microcontroller connected to a DFRobot SEN0189 turbidity sensor, a relay module controlling a 12V solenoid valve, and a mobile application with two access roles: administrator and resident user. The system measures water turbidity in real time and sends readings to the server every ten seconds. When the values exceed the critical threshold of 10 NTU, the system automatically closes the solenoid valve, cutting off the water flow, generates an alert in the MySQL database, and sends a push notification to the user's mobile phone via Firebase Cloud Messaging, even when the application is completely closed. The server was developed in PHP and deployed on the hosting platform InfinityFree, ensuring continuous availability from any network without relying on temporary tools. For the development of the system, the agile XP (Extreme Programming) methodology was chosen, working across seven iterations. This allowed the system to be built in stages and adjusted as changes came up during the work process. Regarding testing, the results showed that the system meets the functional and non-functional requirements initially established. In addition, response times stayed within the expected ranges, and the configured alert thresholds align with what is required by the INEN 1108 standard. The results obtained demonstrate that the MonAgua system is a functional, accessible, and scalable technological solution that contributes to improving the monitoring and control of drinking water quality in the La Raíz sector.

CAPÍTULO I

1 Introducción

En este apartado del capítulo se explica lo relevante que es incluir tecnologías digitales para supervisar la calidad del agua potable en las comunidades. Debido a las dificultades observadas en el sector La Raíz, se evidencia la necesidad de contar con herramientas tecnológicas que permitan obtener información confiable, se propone la utilización de sensores IoT y una aplicación Android, tiene como objetivo ayudar a supervisar y controlar la calidad del agua en el sector.

1.1 Preámbulo

El agua constituye un elemento esencial para la existencia y el avance de la humanidad; no obstante, su acceso presenta un reto continuo en términos de calidad, sobre todo en las áreas rurales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2023) advierte que la falta de acceso al agua potable está directamente relacionada con la propagación de enfermedades gastrointestinales y afecta la productividad social y económica de la población. Por este motivo, el seguimiento y control de la calidad del agua se ha convertido en una prioridad mundial.

En la provincia de Manabí, Ecuador, especialmente en las zonas rurales, como el Cantón El Carmen, se encuentra en riesgo la calidad del agua, que incluye cambios en el pH, turbidez y sedimentación. Estas deficiencias suponen un riesgo para la salud pública y provocan desconfianza de la población hacia los recursos hídricos que utilizan día a día. Actualmente, el seguimiento se realiza mediante métodos tradicionales de laboratorio que, si bien son exactos, resultan costosos, lentos y no ofrecen respuestas rápidas. La introducción de nuevas tecnologías como Internet de las Cosas (IoT) brinda oportunidades para superar estas restricciones al permitir datos reales y decisiones prácticas para la gestión del agua.

1.2 Presentación del tema

Aplicación Android con IoT para el control de calidad del agua en el sector La Raíz.

1.3 Ubicación y contextualización de la problemática

Esta investigación se lleva a cabo en La Raíz, una comunidad rural perteneciente al cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, ubicada a aproximadamente 10 km al suroeste de la cabecera cantonal, con acceso principalmente por vía de tercer orden. Al igual que otras zonas rurales de la provincia, el territorio se distingue por depender del agua que proviene de fuentes naturales y sistemas comunitarios de distribución. El sistema de abastecimiento del sector, aunque se conoce localmente como

sistema de agua potable, es administrado directamente por una junta comunitaria de agua y no por el municipio, y no cuenta con una planta de tratamiento propia ni con procesos constantes de potabilización, lo que hace que su calidad dependa en gran medida de la fuente natural de la que proviene. A esto se suma la limitada presencia institucional en la zona, lo que dificulta la implementación de sistemas de monitoreo continuo. Dado que no se monitorea la calidad del agua de manera continua y no cuenta con un sistema de alerta temprana, los habitantes de esta comunidad, cuya actividad económica principal es agrícola y ganadera, están expuestos a riesgos peligrosos con el agua que consumen.

1.4 Planteamiento del problema

El propósito de este capítulo es señalar y fundamentar el problema primordial que motiva la presente investigación el hecho de que no haya un monitoreo accesible y continuo del estado del agua en La Raíz. Comienza con una descripción precisa del asunto de investigación, que tiene como eje la creación de una aplicación para Android usando tecnología IoT. A continuación, se analiza el contexto social, geográfico y local de la comunidad lo que contribuye a comprender la magnitud y las particularidades del problema en esta zona rural de Manabí. El capítulo gira en torno a la cuestión de las diferencias entre la seguridad del agua para el consumo y su disponibilidad, respaldada por publicaciones recientes.

Los elementos estructurales que contribuyen a la problemática, como la infraestructura obsoleta y los sedimentos acumulados, son examinados en el apartado siguiente. Estos factores provocan un ciclo de desconfianza en el sector sanitario. La visualización de estas condiciones a través de un diagrama causal ayuda a conseguir una comprensión completa del asunto.

1.4.1 Problematicación

En Ecuador todavía es difícil garantizar agua potable en las zonas rurales y esto afecta tanto el desarrollo como la salud pública. Estudios anteriores muestran que, aunque existen fuentes de abastecimiento muchos de ellas necesitan tratamiento antes de poder consumirse. Además, lo que la gente percibe sobre la calidad del agua no siempre coincide con lo que muestran los análisis reales. Esta falta de monitoreo constante y accesible limita la detección temprana de problemas y la toma de decisiones para mitigarlos (Roldán et al., 2024).

A escala global, la incorporación de tecnologías de bajo costo junto con las aplicaciones móviles ha demostrado ser una solución eficiente para la vigilancia continua de parámetros críticos. Revisiones y estudios de campo recientes señalan que sistemas de IoT de bajo costo pueden ofrecer datos en tiempo real y facilitar la gestión del recurso hídrico, aunque rematan señalando desafíos como la calibración y la fiabilidad de sensores de menor presupuesto (Tavares et al., 2023).

No obstante, en muchas comunidades rurales no existen soluciones implantadas que permitan a la población local y a las autoridades municipales acceder en forma inmediata y amigable a indicadores de calidad del agua mediante dispositivos móviles. Siendo el caso del sector La Raíz, parroquia del cantón El Carmen, provincia de Manabí. Enfatizando que la ausencia de una herramienta de monitoreo local que integre adquisición de datos, visualización accesible y alertas tempranas impide actuar oportunamente frente a eventos de contaminación o cambios que pongan en riesgo la salud comunitaria y las actividades productivas. Asimismo, la falta de datos temporales y georreferenciados limita el diseño de políticas locales y la priorización de intervenciones.

1.4.2 Génesis del problema

En este documento se detalla el motivo por el cual se desarrolló la aplicación Android debido al consumo de agua en mal estado en el sector La Raíz.

En el sector La Raíz, la presencia de sedimentos ha quedado comprobada en los distintos procesos de recolección, filtración y distribución del agua. Son partículas de arena, tierra y otros materiales que vienen principalmente de las fuentes de abastecimiento, y el problema se agrava porque el sector no cuenta con un proceso de potabilización que dé un tratamiento adecuado al agua. Estas impurezas cambian el color, el sabor y el olor del agua. Con el tiempo la población empieza a desconfiar del agua y a verla como no apta para consumo. También aceleran el deterioro de la infraestructura, lo que aumenta el riesgo de contaminación biológica.

El agua que llega a las viviendas presenta con frecuencia residuos, turbidez e incluso posibles contaminantes biológicos, una condición que pone en riesgo directo la salud de los habitantes. Consumir agua en estas condiciones de forma habitual puede derivar en problemas estomacales, enfermedades gastrointestinales e infecciones cutáneas, entre otros trastornos. Este consumo forzado, porque no existe otra alternativa de suministro, es una de las principales causas del problema, y se agrava por la ausencia de un control efectivo y de un mecanismo permanente de monitoreo que hoy mantiene a la comunidad en un estado constante de vulnerabilidad.

Los sedimentos que se acumulan dentro de las tuberías son otra causa estructural del problema. Al quedarse pegados, van cerrando poco a poco el paso del agua, bajan la presión del sistema y provocan que el servicio se corte seguido. Igualmente se crea un ambiente donde pueden crecer bacterias y microorganismos, lo que afecta todavía más la calidad del agua. Esto pasa porque no hay mantenimiento preventivo, la infraestructura ya es vieja y la red casi no se limpia. Con el paso del tiempo estos bloqueos no solo afectan a los usuarios sino también a los electrodomésticos que necesitan un suministro estable.

1.4.3 Estado actual del problema

1.5 Diagrama causa – efecto del problema

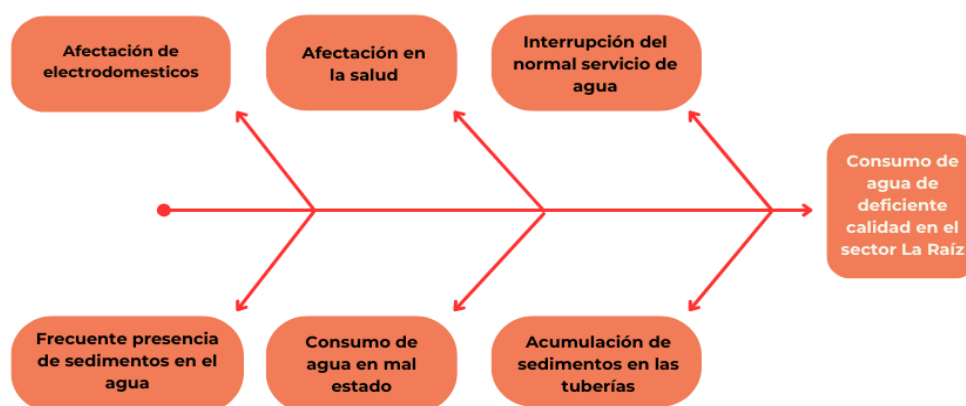


Ilustración 1 Diagrama de Causa y Efecto

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación Android conectada a sensores para monitorear en tiempo real los parámetros de calidad de agua en el sector La Raíz del cantón El Carmen.

1.6.2 Objetivos específicos

- Describir la problemática relacionada con la calidad del agua potable en el sector La Raíz y la necesidad de una solución tecnológica basada en IoT y una aplicación Android.
- Fundamentar teóricamente los conceptos relacionados con la calidad del agua potable, la tecnología IoT y el desarrollo de aplicaciones Android aplicadas al monitoreo del agua.
- Analizar la situación actual de la calidad del agua en el sector La Raíz mediante técnicas de recolección de datos.
- Implementar un sistema IoT con una aplicación Android para el monitoreo en tiempo real de los parámetros de pH y turbidez del agua potable.
- Evaluar los resultados obtenidos durante el monitoreo del sistema IoT implementado en el sector La Raíz, mediante el análisis de los datos de pH y turbidez registrados.

1.7 Justificación

La calidad del agua influye directamente en la salud de la población, porque el consumo de agua contaminada puede provocar enfermedades gastrointestinales, parasitarias y otros problemas de salud. En áreas rurales, donde los sistemas de tratamiento pueden ser limitados, disponer de herramientas que ayuden a monitorear los parámetros como pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, etc., puede anticipar riesgos. Esto se vincula con investigaciones latinoamericanas que enfatizan la relación del agua potable contaminada con apariciones de enfermedades y carga para los sistemas de salud (Cuenca y otros, 2025).

Permitir que la comunidad acceda a datos confiables en tiempo real promueve la participación, la conciencia ambiental, y la rendición de cuentas. Al tener conocimiento de la calidad del agua, los ciudadanos pueden exigir mejoras, colaborar en la vigilancia, gestionando mejor los recursos hídricos, y tomar decisiones informadas. Estudios a nivel de Ecuador muestran que la percepción de la población sobre la calidad del agua no siempre coincide con los resultados medidos, lo que determina la necesidad de transparencia y datos accesibles (Roldán et al., 2024).

El trabajo facilitó el monitoreo continuo con herramientas tecnológicas para disminuir la frecuencia y costos de estudios de laboratorio tradicionales, disminuyendo tiempo y logística; optimizando recursos y capacidad técnica. Además, promovió la transferencia de conocimiento tecnológico local mediante el uso de sensores, apps, móviles, fortaleciendo capacidades técnicas en la comunidad y autoridades locales. Por otro lado, también se realizó el cumplimiento de estándares ambientales y normativos, garantizando de esta manera que el agua cumpla normas nacionales y de salud pública. Tener un sistema que monitoree el agua de forma continua también ayuda a saber cuándo no se están cumpliendo las normas, a tener registros concretos para presentar ante las autoridades y a actuar antes de que el problema se vuelva más grave.

Además, este proyecto se enmarcó dentro de la línea con el ODS 6, que busca que todas las personas, especialmente en zonas rurales, tengan acceso a agua limpia y segura. Este tipo de iniciativas apoyan la meta de asegurar agua segura y servicios de saneamiento adecuados en comunidades rurales. Varios estudios destacan que hace falta coordinar el tratamiento y monitoreo de los datos para que estos esfuerzos sean realmente accesibles (Roldán et al., 2024).

1.8 Impactos esperados

Implementar la app Android con los sensores IoT tiene un impacto importante en varios aspectos de la calidad del agua en La Raíz. Este impacto no se queda solo en lo tecnológico, sino que también

ayuda a la salud pública a que la comunidad participe más y a cuidar el medio ambiente. El impacto esperado se describe a continuación, organizado en tres categorías principales: tecnológico, social y ecológico, mostrando un valor integral de la propuesta.

1.8.1 Impacto tecnológico

En lo concerniente al impacto tecnológico, el proyecto contó con el desarrollo e implementación de una plataforma integrada que combina sensores de calidad de agua, recolección automatizada, almacenamiento de datos, y una aplicación Android de interfaz amigable para usuarios locales. Asimismo, tuvo una introducción de tecnologías de bajo costo, eficientes y escalables, permitiendo que el sistema pueda replicarse en otras comunidades rurales con condiciones similares. Esto incluye selección de sensores adecuados, optimización de consumo eléctrico y uso de conectividad de bajo consumo, lo que mejoró las capacidades locales en cuanto al uso de tecnologías IoT y programación de sensores.

Por otro lado, se tuvo en cuenta la innovación relacionada con los métodos de alerta temprana mediante notificaciones automáticas ante valores críticos, visualización georreferenciada de datos, almacenamiento histórico para tendencias, etc.

1.8.2 Impacto social

El impacto social del proyecto estuvo enfocado en mejorar la salud comunitaria porque redujo los riesgos sanitarios asociados al uso del agua contaminada, y aumentó la conciencia ambiental de la población local, promoviendo la responsabilidad, el cuidado del agua, la limpieza de fuentes y el control de contaminación. También sirvió para integrar a la comunidad en la participación en las actividades del cuidado del medio ambiente, vigilando los recursos hídricos, exigiendo mejoras y colaborando con las autoridades, quienes podrán tomar decisiones más informadas y oportunas.

1.8.3 Impacto ecológico

Se llevó a cabo la protección del ecosistema, monitoreando parámetros que sirven para detectar contaminación orgánica, sedimentos, metales, e intervenir antes de que haya daños irreversibles en la flora y fauna acuática favoreciendo la conservación de fuentes de agua como ríos, manantiales, nacientes, etc.; considerando que al evitar contaminación e informar actividades humanas que puedan estar generando impactos negativos en el agua y la naturaleza. Otro impacto ecológico es la mejora de la calidad del agua para otros usos ecológicos, previniendo la acumulación de contaminantes que favorecen algas, eutrofización, deterioro de ecosistemas acuáticos.

CAPÍTULO II

2 Marco teórico de la investigación

2.1 Antecedentes históricos

2.1.1 Origen de la Aplicación Android con IoT

En este referente histórico se manifiesta que, en los últimos años, el avance tecnológico ha promovido la innovación en diversos contextos, incluido el monitoreo de recursos a través de la integración del Internet de las cosas (IoT) y el desarrollo de aplicaciones móviles. Esta convergencia ha dado lugar a una serie de proyectos que abordan desafíos específicos, como el seguimiento remoto y en tiempo real de variables en entornos domésticos e industriales (Sánchez Perugachi, 2024).

Para una mejor comprensión del tema propuesto y en base a la literatura recabada, es necesario presentar un recorrido histórico de los trabajos más relevantes que se han realizado, y que sirven como base para el cumplimiento de los objetivos planteados, con la finalidad de dar una visión contextual y evolutiva del problema de estudio; identificando los principales aportes teóricos, metodológicos y empíricos que han orientado la investigación, para así reconocer las transformaciones que la tecnología ha experimentado a lo largo del tiempo.

Hay que destacar en la historia del IoT es que, el surgimiento del internet se remonta a la aparición de las redes como ARPANET, que realizó su primera comunicación entre computadoras en el año 1969. Estas tecnologías permitieron la expansión de la red de redes por el mundo en la década de los 80 y fueron considerados como las bases para los desarrollos posteriores (Vázquez Rodríguez, 2019).

Se establece que el británico Kevin Ashton fue el pionero que dio inicio al término IoT por el año 1989, su idea era diseñar un sistema en el cual todos los dispositivos estuvieran conectados inalámbricamente entre sí y a su vez ser gestionados mediante computadoras, quería lograr conectar las etiquetas de identificación de una cadena de suministros corporativos a Internet mediante radiofrecuencia para que estos sean gestionados sin ninguna intervención humana (Tavizon, 2019).

Gershenfeld y Krikorian (2004) desarrollaron Internet-0 (I0), que consistía en una capa física de baja velocidad diseñada para asignar direcciones IP a cualquier objeto, estableciendo un conjunto de siete principios para el diseño de dispositivos.

En el año 2005, la Unión Internacional de Telecomunicaciones publicó su primer informe acerca del Internet de las Cosas, que se basaba en un documento que facilitaba una visión amplia de las tecnologías y redes subyacentes, el potencial del mercado y sus limitaciones, los efectos en la sociedad, la

privacidad, las cuestiones éticas, los problemas de estandarización, las oportunidades para el mundo en desarrollo, y un resumen de las interacciones clave dentro del nuevo ecosistema durante los siguientes 15 años (González y otros, 2020).

El IoT fue incluida en un informe, preparado por el Concejo Nacional de Inteligencia de los EE.UU., como una de las 6 tecnologías disruptivas con impacto potencial en los intereses de esa nación hacia el año 2025 (NIC, 2025), (Madakam et al., 2015). Entre otras cosas, el informe advertía sobre el surgimiento de riesgos potenciales al abrirse la posibilidad de controlar, localizar y monitorizar hasta los objetos más insignificantes; sugirió entonces que la fusión de datos reconectados masivamente podría socavar la cohesión social por su incompatibilidad con las garantías de privacidad proporcionadas por la Constitución.

A finales de 2019 IoT Analytics afirmó que existían alrededor de 9.500 millones de dispositivos IoT conectados, un número transcendentamente mayor que el pronosticado, siendo los mayores impulsores de este fenómeno una explosión en la utilización de dispositivos de consumo (principalmente para *Smart Home*), una mayor cantidad de conexiones celulares (IoT/M2M) que la prevista y un crecimiento particularmente fuerte en el número de conexiones entre dispositivos en el país asiático (Lueth, 2019).

En la actualidad IoT o Internet de las Cosas, es un concepto que tiene como por objetivo conectar todo o casi todo a Internet, para ser controlados, monitoreados o por telemetría (Cabrera y Ordóñez (2019); (Rodríguez et al., 2019). IoT es el resultado de años de evolución de Internet donde el número de dispositivos conectados a Internet, según Zimmermann y Empspak (2019), eran 20.000 dispositivos en el año 1987, y hoy por hoy hay más aparatos conectados a Internet que habitantes en el mundo. La interacción entre dispositivos aumenta cada día. De acuerdo con Cisco (2018), en un futuro serán 500 mil millones de dispositivos conectados para el 2030.

Es importante comprender que, el IoT ha impactado profundamente las actividades de los seres humanos, en la forma de acceder al conocimiento y hasta en el modo de buscar información a nivel mundial; analizando que, el descubrimiento de la IoT es considerado como un hallazgo que cambió no sólo el desarrollo de los sistemas de comunicaciones del presente siglo, sino más bien es el curso de la humanidad; puesto que con sus diferentes ramas que no se vinculan solo con el entretenimiento, un uso muy recurrente. Báez (2019) menciona que, el Internet ha venido impactando en todas las áreas de acción del ser humano del siglo XXI, como son: ciencia, humanidades, producción, comercio, literatura, etc.; resaltando que, este gran acontecimiento tuvo un inicio en pequeños laboratorios de universidades con un número reducido de entusiastas científicos, que vieron el potencial y la visión de crear esta herramienta.

2.2 Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado

Bastidas y Murillo (2019) desarrollaron un proyecto basado en el desarrollo de un weareable para gas de uso doméstico en una red IoT y cloud, orientado en la utilización de un dispositivo wearable, en lugar de una aplicación móvil, para llevar a cabo el monitoreo. En el proyecto incorporaron celdas de carga HX711 y un sensor de presión HR-800, para obtener mediciones de la cantidad de GLP en cilindros domésticos. Los resultados permitieron que los usuarios accedieran a la información de manera más inmediata y cómoda, porque podían llevar el dispositivo con ellos mismos.

Barbecho y Llivisaca (2021) realizaron su trabajo de investigación sobre el diseño e implementación de una plataforma basada en IoT para la gestión de promociones de artículos en establecimientos comerciales, proponiendo una solución tecnológica basada en el Internet de las Cosas para optimizar la administración de promociones y ofertas en comercios, mejorando la eficiencia operativa y la experiencia del cliente.

Otro de los trabajos encontrados relacionados al tema, es el de Bernal et al. (2024), quienes afirman que, el Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Ciencias Agropecuarias impulsa la modernización de la piscicultura mediante sistemas sostenibles y eficientes, como la acuaponía. Sin embargo, la adopción de tecnologías automatizadas se ha visto limitada por los costos y la falta de información sobre el Internet de las Cosas (IoT). Este estudio abordó dicha problemática a través de la implementación de un prototipo basado en IoT y energía fotovoltaica para monitorear parámetros esenciales del agua (OD, SDT, TA, TAm Y pH) en un sistema acuapónico de mediana escala en Boyacá. Los resultados demostraron que el uso de Arduino y energía solar es viable en un sistema autónomo y ecológico.

Pavani et al. (2023) en su investigación determinó que a través del avance tecnológico se busca mejorar la vida humana y promover la modernización, destacando que también se ha intensificado los problemas ambientales como la contaminación del agua, que amenaza la salud y el equilibrio ecológico. En ese trabajo desarrollaron un sistema de monitoreo de agua con un ESP32 y sensores de temperatura, turbidez y pH. Lo programaron en Arduino IDE y los datos se veían en la plataforma Blynk, así se podía revisar la información desde cualquier lugar. El sistema también guardaba el historial y avisaba cuando algo salía de lo normal, para poder actuar antes de que el problema creciera.

Min-Allah (2022) en su estudio realizado afirmó que el acceso al agua dulce es limitado en gran parte de la población mundial, afectado por la urbanización, el crecimiento industrial y el calentamiento global. El almacenamiento en tanques, frecuentemente manual en países en desarrollo, presenta problemas como desperdicio por negligencia y filtraciones por deterioro de la infraestructura. Este estudio

revisó soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) para el monitoreo de niveles de agua, detección de fugas y control automático de bombas. Los resultados de esta investigación destacaron que los sistemas IoT-WST permiten supervisión en tiempo real mediante web o dispositivos móviles, mejoran la eficiencia en el consumo, previenen pérdidas y optimizan la selección de hardware y servidores seguros en la nube.

2.3 Aplicación Android con IoT

2.3.1 Aplicación Android

La aplicación Android es un programa móvil diseñado exclusivamente para la plataforma Android, que permite a los usuarios instalar software con numerosas funciones en dispositivos como smartphones, tablets, televisores inteligentes y wearables. Se escribe con lenguaje de programación como Java, Kotlin o C++ y se crean en Android Studio, con compatibilidad con componentes de interfaz de usuario, integración de dispositivos, procesamiento en segundo plano y permisos a nivel de sistema (Tigrero Suárez, 2019).

Fernández (2021) menciona que la utilización de dispositivos móviles como herramienta de sensado en aplicaciones de IoT, son importantes en el uso de los smartphones como plataformas o componentes de sensores dentro del Internet de las Cosas (IoT), aprovechando sus capacidades de procesamiento, almacenamiento, comunicación y percepción del entorno. Resaltando que los smartphones pueden funcionar como nodos de redes de sensores a escala personal, grupal y comunitaria, generando nuevas oportunidades de aplicación en áreas como salud, educación, seguridad, comercio electrónico y monitoreo ambiental.

Una aplicación Android se compila en una APK (Android Package Kit), que contiene código ejecutable, recursos, metadatos del manifiesto y recursos compilados necesarios para su instalación y ejecución. Las aplicaciones Android se distribuyen a través de plataformas como Google Play Store, Amazon Appstore y opciones de descarga de APK según la configuración del desarrollador y la compatibilidad del dispositivo (Zennaxx, 2025).

Las características de la aplicación Android incluyen un diseño intuitivo de interfaz de usuario, integración con el hardware del dispositivo, opciones de conectividad, permisos de aplicación, arquitectura modular, gestión de gráficos y personalización multilingüe. Las aplicaciones Android están disponibles en cuatro tipos diferentes: aplicaciones nativas, aplicaciones híbridas, aplicaciones web y aplicaciones de juegos (Baker, 2025).

En la actualidad el IoT ofrece soluciones en multiplicidad de dominios. Sumado a la automatización industrial y a los beneficios en el campo de la fabricación, el IoT se utiliza en aplicaciones

de monitoreo ambiental; en donde redes de sensores recolectan datos tales como temperatura, humedad, el estado de los ríos, detección de gases, además de permitir tener datos en áreas que resulten hostiles para las personas (Rehman et al., 2017).

2.3.1.1 Introducción a Android

Android fue fundado por primera vez en octubre de 2003 por Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears y Chirs White en Palo Alto, California. Google adquirió Android Inc., el 17 de agosto de 2005 por 50 millones de dólares y puso al equipo principal bajo su liderazgo para desarrollar una plataforma móvil de código abierto. Posteriormente, en 2007, Google creó la Open Handset Alliance (OHA) para reunir a fabricantes de hardware, operadores y desarrolladores y colaborar en el ecosistema Android. (Palma Muñoz y otros, 2020)

El sistema operativo Android es desarrollado por Google, que proporciona el entorno base para ejecutar estas aplicaciones. El sistema operativo Android incluye servicios a nivel de sistema como notificaciones push, acceso a la ubicación y actualizaciones Android incluyen una amplia base de usuarios global, flexibilidad de desarrollo de código abierto y múltiples opciones de monetización, como anuncios, suscripciones y compras dentro de la aplicación. El desarrollo de aplicaciones Android se enfrenta a limitaciones como la fragmentación de dispositivos en más de 24 000 modelos activos, lo que requiere pruebas extensas, y la instalación de APK, que aumenta el riesgo de malware al eludir Google Play Protect (Palma Muñoz y otros, 2020).

2.3.1.2 Arquitectura de Android

Los componentes de una aplicación Android definen cómo esta gestiona las interfaces de usuario, las operaciones en segundo plano, el intercambio de datos y la comunicación a nivel del sistema para ofrecer una experiencia móvil consistente. Los componentes de una aplicación Android incluyen actividades, servicios, receptores de difusión, proveedores de contenido e intenciones. Para desarrollar aplicaciones en Android, es esencial entender cómo está organizado este sistema operativo. La arquitectura de Android está formada por varios niveles o capas, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones, ya que permite trabajar con las capas inferiores por medio de las librerías evitando programar a bajo nivel y lograr que los componentes de hardware del dispositivo móvil interactúen con la aplicación (Dr. Papa Quiroz, 2018).

Cada una de estas capas utiliza elementos de la capa inferior para realizar sus funciones, por lo que a este tipo de arquitectura se la conoce como pila. El Dr. Papa Quiroz (2018) explica las capas más relevantes de abajo hacia arriba:

Kernel de Linux, es el núcleo que actúa entre el hardware y el resto de las capas de la arquitectura.

Librerías, normalmente están hechas por el fabricante, quien también se encarga de instalarlas en el dispositivo antes de ponerlo a la venta.

Entorno de ejecución, no se lo considera una capa en sí mismo, dado que también está formada por librerías.

Framework de Aplicaciones, es una estructura de aplicaciones, que está formada por todas las claves y servicios que utilizan directamente las aplicaciones para realizar sus funciones.

Aplicaciones, en esta última capa se incluye todas las aplicaciones del dispositivo ya sea con interfaz gráfica o no, las propias del dispositivo y las administradas (programadas en Java), así como las que el usuario ha instalado por su cuenta.

2.3.1.3 Elementos de un sistema IoT

Para poder explotar todo su potencial, los sistemas IoT deben contar con seis elementos o características (Burhan et al., 2021; Al-Fugaha et al., 2019):

- a) **Identificación:** Cada objeto físico que se quiera conectar y comunicar con otros a través de una red, debe estar identificada. Dicha identificación consiste en otorgar a cada dispositivo. El nombre puede repetirse entre distintos dispositivos, y para poder estar alerta se utilizan mecanismos como Código Electrónico de Producto (EPC) y Código Oblicuo (uCode). Por el contrario, las direcciones deben ser únicas para cada dispositivo en la red y se utilizan los protocolos IPv4 e IPv6 (Al-Fugaha et al., 2019).
- b) **Sensado:** El sensado es el proceso que le permite a un dispositivo capturar datos de su entorno. En IoT estos datos se digitalizan para poder ser almacenados, analizados y procesados de forma local al dispositivo o en la nube. Existen sensores que permiten obtener información de las personas, como es el caso de los sensores wearables, y otros que permiten capturar información del ambiente, como puede ser la temperatura, humedad, detección de gases, entre otros.
- c) **Comunicación:** Uno de los objetivos principales de IoT es lograr la conexión y comunicación de múltiples dispositivos, que no necesariamente presentan características similares o fueron producidos por el mismo fabricante. Existen diferentes estándares y tecnologías de comunicación que se pueden emplear: Identificación por radiofrecuencia (RFID), Comunicación de Campo Cercano (NFC), Bluetooth, Wi-Fi, Long Term Evolution

(LTE), etc. La elección de un estándar u otro dependerá de las características de la red (distancia de los dispositivos, tipo de información a transmitir, eficiencia energética, etc.).

- d) **Procesamiento:** En IoT el procesamiento de datos se puede realizar de manera local en el dispositivo, lo que permite filtrar y procesar la información recolectada por sospechosos sensores. Existen plataformas de hardware y software específicas para esta tarea. Del lado del hardware se utilizan microcontroladores y microprocesadores como Arduino, Intel Galileo, Raspberry PI y FriendlyArm. En el caso del software se encuentran Sistemas Operativos de tiempo real (RT sistema operativo) tales como TinyOS y LiteOS.
- e) **Servicios:** Los sistemas de IoT ofrecen 4 categorías diferentes de servicios en el orden que se lista, cada uno amplía las funcionalidades del anterior.

Servicios relacionados a la identidad: son de los más simples e importantes para aplicaciones de IoT ya que permiten la identificación Delaware. (Mohammed y Esmail, 2021).

Servicios de agregación: son aquellos servicios que recopilan datos de diferentes sensores de la red, se encargan de procesar dichos datos y presentar los resultados al usuario que lo requiere (Gigli y Koo, 2020).

Servicios colaborativos: el propósito de este tipo de servicio es tomar decisiones en base a los datos procesados por los servicios de agregación.

Servicios ubicuos: lograr prestar este tipo de servicio es el objetivo del Internet de las Cosas y consiste en la capacidad del sistema en brindar acceso a los servicios anteriores en cualquier momento y desde cualquier lugar.

- f) **Semántica:** Este elemento es encargado de aplicar tecnologías semánticas para extraer conocimiento de manera inteligente del universo de datos proporcionados por los diferentes dispositivos del Sistema IoT. Esto permite lograr la interoperabilidad, procesos automatizados, modelado Delaware, información, entre otras (Barnaghi et al., 2021).

2.3.2 Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) es un concepto que hace referencia a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Alternativamente es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas. En la actualidad existen diferentes plataformas virtuales que permite una interacción entre usuario y los sistemas de desarrollo mediante servicios gratuitos o pre pagados para

diferentes tipos de aplicaciones, una de ellas es Adafruit, que a pesar de ser una herramienta muy útil, no es tan versátil al momento de establecer una comunicación con dispositivos que se puedan conectar a servidores y dominios públicos, pues aunque permite diseñar los componentes de la interfaz gráfica de control, no cuenta con un campo de programación en el cual los usuarios puedan enviar o recibir valores por medio de sus componentes gráficos, ya que es una licencia de comercialización más no de desarrollo (Rodríguez et al., 2020).

El Internet de las Cosas (IoT) es una red de dispositivos inalámbricos interconectados con acceso directo a Internet que recopilan continuamente información de su entorno. Se encuentran equipados con sensores, procesadores y hardware de comunicación integrados, pueden procesar y responder a los datos que recopilan o intercambian. Para que los dispositivos inteligentes se comuniquen de manera eficaz, se está desarrollando un software especial. Una aplicación móvil o IoT es una de estas soluciones, integrando datos y proporcionando una plataforma intuitiva para controlar y supervisar dispositivos inteligentes (Burak, 2023).

El Internet de las Cosas (IoT) no muestra signos de desaceleración, especialmente en el ámbito de las aplicaciones móviles, ya que muchos dispositivos IoT pueden controlarse mediante una aplicación en un smartphone. Existe una clara intersección entre el IoT y la inteligencia artificial (IA). El IoT permite conectar máquinas y utilizar los datos generados por ellas. Asimismo, la inteligencia artificial es la simulación del comportamiento inteligente en diferentes tipos de máquinas. Fabricantes líderes como Samsung y Apple participan, sin duda, en el auge de la inteligencia artificial. La implementación de la IA y el IoT en terminales táctiles se está extendiendo rápidamente en los smartphones (Hanane & Mohamed, 2021).

En este sentido, se menciona que, una aplicación móvil es un puente entre un dispositivo IoT y un teléfono móvil, actuando como la interfaz principal mediante la cual se puede gestionar los dispositivos inteligentes, ya sea que desee ajustar la iluminación del hogar o monitorear una planta de fabricación, las aplicaciones móviles de IoT proporcionan el panel de control, haciendo que la gestión de las tecnologías IoT sea intuitiva y sencilla.

Las aplicaciones del IoT no solo complementan el uso del IoT lo mejoran, haciéndolo más eficiente y ágil porque al imaginar un sistema de riego inteligente que utiliza pronósticos meteorológicos y datos de humedad del suelo para ajustar automáticamente los horarios de riego de un jardín, todo controlado mediante una aplicación móvil. Esta sólida sincronización convierte dispositivos genéricos en asistentes inteligentes (Monar et al., 2025).

Si bien se pueden usar computadoras de escritorios para controlar dispositivos IoT, los teléfonos inteligentes son herramientas mucho más convenientes para este propósito. ¿Por qué? Primero, incorporan varios sensores y se pueden conectar mediante wifi, Bluetooth y otros medios. Segundo, en un mundo donde los teléfonos inteligentes son casi extensiones de nosotros mismo, siempre a nuestro alcance, se convierte naturalmente en la puerta de enlace más adecuada para el acceso remoto a dispositivos IoT, dondequiera que estés. Además, la capacidad del teléfono para compartir información de geolocalización es beneficiosa. Por ejemplo, esta función se puede usar para indicarle a tu coche inteligente que se caliente cuando hace frío según tu ubicación (Schiller et al., 2022).

DATA PROCESSING OF IOT SYSTEMS



Ilustración 2 Etapas del Procesamiento de Datos en el Internet de las Cosas (IoT)

Las soluciones de IoT, móvil son más bien un activo estratégico que ofrece información, agilidad y ventaja competitiva a las empresas. Transforman los datos cotidianos en decisiones inteligentes, los dispositivos comunes en una red de inteligencia y permiten a las empresas responder con rapidez y profundidad a las necesidades de los clientes (Barbecho y Llivisaca, 2021).

2.3.2.1 Las 9 principales aplicaciones del IoT

Los avances en la tecnología de aplicaciones del IoT y su integración con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) permiten la creación de soluciones innovadoras que resuelven los desafíos del mundo real y mejoran las experiencias cotidianas. Aquí se presentan importantes aplicaciones del IoT que ya están impactando nuestra realidad (Fernández, 2021).

Para Burak (2023) el ecosistema de aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) puede hacer que las ciudades sean más eficientes y mejores para vivir, transformando su funcionamiento y evolución. Los centros urbanos pueden controlar el tráfico, modernizar los servicios públicos, reducir los residuos y mejorar la eficiencia de los recursos utilizados mediante la automatización de servicios, posible gracias a la tecnología del IoT. También puede contribuir a un mayor crecimiento económico y a convertirse en una ciudad ambientalmente sostenible.

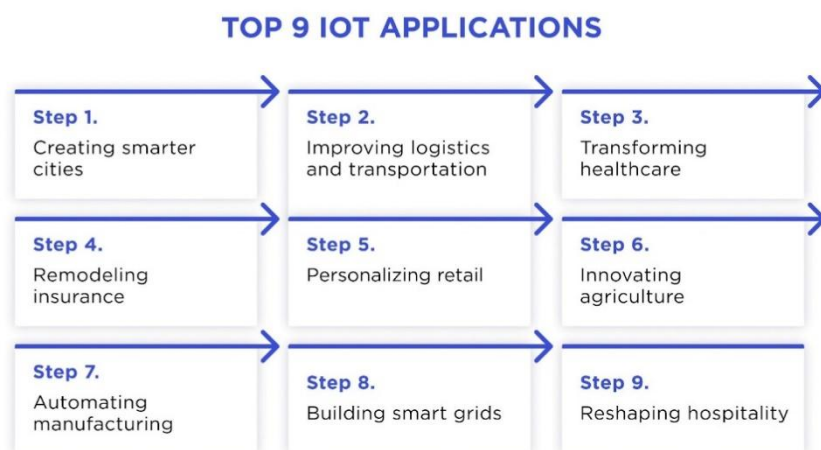


Ilustración 3 Las 9 principales aplicaciones del IoT

2.3.2.2 IoT en la agricultura

Los agricultores pueden usar aplicaciones móviles del IoT para optimizar diversas operaciones que consumen mucho tiempo y tomar decisiones informadas sobre la cosecha, la fertilización y el riego. Por ejemplo, la solución de agricultura de precisión de John Deere ofrece a los agricultores información basada en datos sobre la salud del suelo, los niveles de humedad y el rendimiento de los equipos. Estos datos son invaluable para prevenir el desperdicio de recursos, aumentar la producción y mejorar la eficiencia. En cuanto a la siembra en interior el IoT permite monitorear y gestionar las condiciones microclimáticas lo que se traduce en un aumento de la producción y el control de calidad.

Para el sistema en exteriores las aplicaciones de IoT ayudan a crear sistemas inteligentes de riego y fertilización. Por ejemplo, existen sistemas de aspersores que dispensan agua solo cuando es necesario, lo que promueve la gestión responsable de los recursos (Zhang et al., 2022).

La agricultura inteligente también se extiende a la gestión ganadera. Empresas como Cowlar ofrecen collares inteligentes para vacas que monitorizan la salud, la actividad y los ciclos reproductivos. Esto ayuda a los ganaderos a detectar enfermedades a tiempo, gestionar la alimentación de forma eficiente y predecir el mejor momento para la cría. Es un nivel de control antes inimaginable. Tal es el caso de los siguientes ejemplos que el IoT se aplica en la agricultura (Hassan et al., 2021):

- Agricultura de precisión con sensores inteligentes y monitoreo basado en drones.
- Manejo del ganado con collares GPS y sistemas de alimentación automatizados.
- Agricultura climáticamente inteligente con sistemas de riego inteligentes y secuestro de carbono.

2.3.2.3 Perspectivas de las aplicaciones del IoT

La demanda de soluciones de IoT crece cada día a nivel mundial, al igual que el número de desarrolladores de aplicaciones móviles de IoT disponibles para contratar y proveedores de softwares. Gartner predice que el gasto global en software y servicios de IoT alcanzará los 1,4 billones de dólares para 2027. Esta cifra demuestra la confianza que depositan las empresas en las oportunidades que ofrecen las aplicaciones móviles de IoT. De hecho, el 53% de los ejecutivos ya utiliza soluciones de IoT, el 24% planea implementarlas en los próximos 12 a 24 meses y el 18% está considerando usarlas (Burak, 2023).

¿Qué impulsa este crecimiento? Un análisis más detallado de las industrias revela que la agricultura (23%) lidera la adopción de IoT. Le sigue de cerca la automatización industrial con un 22%, la industria automotriz con un 20% y la energía y las ciudades inteligentes con un 17%.

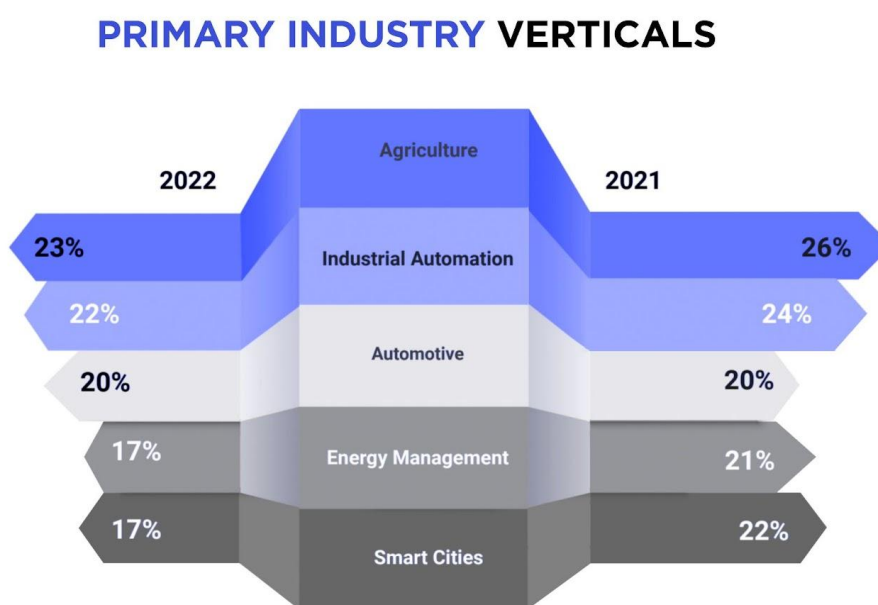


Ilustración 4 Perspectivas de las aplicaciones IoT

ECLIPSE
FOUNDATION

Estas estadísticas resaltan que la demanda de desarrollo de aplicaciones móviles de IoT está en aumento y el potencial de innovación es prácticamente infinito.

2.3.2.4 Cómo crear una aplicación IoT móvil

Es fundamental combinar componentes de hardware, software y comunicación para asegurar un funcionamiento adecuado y seguro de una aplicación móvil de IoT. Según García y Torres (2024) el desarrollo de este tipo de aplicaciones requiere un enfoque metodológico estructurado que integra de manera coherente los elementos técnicos y estratégicos del proyecto.

En términos generales el procedimiento comienza con la determinación de los sensores y dispositivos que se conectarán al sistema, los cuales conforman la capa de percepción encargada de

recolectar datos como temperatura, movimientos o geolocalización (Juice Studio, 2025). Luego se establecen los protocolos de comunicación como Wi-Fi, Bluetooth, MQTT o CoAP que posibilitaran la transmisión y recepción de datos en tiempo real entre los dispositivos y la aplicación móvil.

Es fundamental también incorporar procedimientos de autenticación, control de acceso y encriptación para proteger la información que transmiten los dispositivos IoT, dado que la seguridad debe garantizarse desde las primeras etapas de desarrollo (Baker, 2025).

Por último, se realizan pruebas de funcionalidad, conectividad y rendimiento a la aplicación con el fin de comprobar que la comunicación entre los sensores, la red y el dispositivo móvil es estable y fiable. Este método asegura que la aplicación sea escalable, fácil de usar y capaz de operar en una diversidad de dispositivos IoT.

2.3.2.5 Desafíos y las consideraciones al desarrollar aplicaciones móviles de IoT

Desarrollar una aplicación de IoT en una tarea compleja y hay varios aspectos esenciales a considerar. La seguridad es una prioridad absoluta, ya que la aplicación recopila y procesa información confidencial en diferentes dispositivos. Además, debe funcionar sin problemas con diversos tipos de dispositivos y sistemas, y debe ser capaz de crecer y gestionar más usuarios con el tiempo (García & Torres Gómez, 2024).

Facilitar el uso de la aplicación también es crucial. Trabajar con expertos en IoT desde el principio puede ayudar a mitigar riesgos para que un proyecto de desarrollo de aplicaciones móviles de IoT sea un éxito. Destacando que esta tecnología va encaminada hacia una gran variedad de ámbitos, tales como la industria, la salud y la energía, así como para facilitar el desarrollo de nuevas aplicaciones y la mejora de las ya existentes. Básicamente los dispositivos que se desarrollan en el IoT están formados por sensores y actuadores, conectividad y procesos en los que pueden intervenir o no personas. Los sensores permiten, por ejemplo, acceder a la ubicación mediante un GPS, a la temperatura, a la presión, a un sonido, a una imagen o a una aceleración. Estos datos, a su vez digitalizados, pueden ser enviados mediante una red de comunicaciones mediante cualquiera de los sistemas disponibles actualmente como red Wi-Fi, bluetooth, 3G o 4G (Cano, 2019).

2.4 Control de calidad del agua

2.4.1 Definición del agua

El agua es un compuesto extraordinariamente simple, considerada como una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene la necesidad

de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, regar los campos, uso en la industria, utilización en las centrales de energía, en una palabra. La utiliza para vivir (Carbajal y González, 2018).

El agua es un elemento de gran importancia para la vida debido a sus propiedades excepcionales, que se deben a su composición y estructura. Es una molécula sencilla compuesta por tres átomos pequeños: dos de hidrógeno y uno de oxígeno. Tiene enlaces polares que posibilitan la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas cercanas. Este enlace tiene una gran importancia porque confiere al agua propiedades que se corresponden con mayor masa molecular. De ahí sus elevados puntos de fusión y ebullición, imprescindibles para que el agua se encuentre en estado líquido a la temperatura de la Tierra. Es esencial para casi todas las funciones del cuerpo y es también el componente más copioso de este. Sin embargo, aunque se dependa de ella, el organismo no es capaz de sintetizarla en cantidades suficientes ni de almacenarla, por lo que debe ingerirse regularmente. Por ello, el agua es un verdadero nutriente que debe formar parte de la dieta en cantidades mucho mayores que las de cualquier otro nutriente (Caycedo y Trujillo, 2020).

El agua de los ríos, el agua subterránea, el agua de lluvia y el agua que bebemos contiene siempre otras sustancias disueltas que, aún en cantidades reducidas, aportan cualidades organolépticas y nutritivas por lo que el agua también debe considerarse un alimento, un componente más de la dieta diaria de los seres humanos, un ingrediente fundamental en la cocina, contribuyendo al aporte de algunos nutrientes y mejorando también el valor gastronómico de las recetas culinarias (Canales, 2020).

El agua es patrimonio natural, estratégico y de bien público, que debe ser usado en armonía integrando valores sociales, comunitarios, ambientales, culturales, económicos y políticos (Constitución de la República del Ecuador, 2011). Por lo tanto, el Estado fomenta la integración de las políticas relacionadas con los recursos hídricos con las políticas públicas sectoriales del agua: "Brindar acceso al agua potable de forma progresiva, segura y constante para el consumo humano, así como abastecimiento de agua para la agricultura, que garantice la soberanía alimentaria, el flujo ecológico y las actividades productivas a nivel nacional, regional, cantonal y local." (MICSE, 2013).

En este aspecto hay que determinar que el agua dentro de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, la apuesta por la conservación de este recurso hídrico se reconoce como esencial para la vida (Naciones Unidas, 2020). Específicamente, en el ODS No 6 denominado: Agua limpia y saneamiento, se establece que "El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y, sin embargo, Millones de personas continúan lidiando a diario con grandes obstáculos para obtener acceso a los servicios más básicos.

A nivel mundial, la situación del agua potable sigue siendo preocupante: se estima que alrededor de 1.800 millones de personas beben de fuentes contaminadas con materia fecal, mientras que cerca de 2.400 millones no cuentan siquiera con servicios básicos de saneamiento como retretes o letrinas. A esto se suma que más del 40% de la población mundial enfrenta algún grado de escasez de agua, una cifra que las proyecciones indican que seguirá en aumento. Por otro lado, la mayor parte de las aguas residuales que se producen por actividad humana —más del 80%— terminan siendo descargadas en mares y ríos sin ningún tipo de tratamiento previo, agravando los niveles de contaminación (Naciones Unidas, 2020).

Caycedo y Trujillo (2018) señalan que características como los puentes de hidrógeno, la polaridad de la molécula y la tensión superficial son, entre otras, propiedades que permiten entender por qué el agua es considerada un recurso natural tan particular. Comprender estos conceptos ayuda a dimensionar la importancia de cuidar el agua, y por ello deberían formar parte de cualquier proceso educativo orientado a valorar este recurso dentro de un enfoque de sostenibilidad.

Estas propiedades no se limitan a descripciones generales, sino que están respaldadas por conceptos más precisos de la química, como la polaridad molecular, el momento dipolar, los tipos de enlaces y la electronegatividad. Entender estos términos permite otorgarle al agua un significado más técnico y riguroso, lo que contribuye a valorarla y usarla con mayor responsabilidad —algo comparable a un proceso de alfabetización ambiental que exige cierto nivel de precisión conceptual (Caycedo y Trujillo, 2020).

En concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Ecuador desarrolló su propia Estrategia Nacional de la Calidad del Agua (ENCA), cuyo propósito es proteger y mejorar tanto la calidad de vida de la población como la calidad del agua misma, además de fortalecer la seguridad alimentaria, la protección de los ecosistemas y la vigilancia de las fuentes de contaminación a escala nacional. Esta estrategia se articula con otros instrumentos de planificación, como el Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas del Ecuador (2016-2035), la Agenda 2030, las políticas intersectoriales del agua y el Plan Nacional del Buen Vivir (2013-2017). Su implementación involucra la participación conjunta de entidades públicas y privadas, Gobiernos Autónomos Descentralizados, prestadores de servicios públicos y comunitarios, Consejos de Cuenca y la ciudadanía en general (Constitución de la República del Ecuador, 2011).

2.4.2 Composición y estructura

Desde el punto de vista químico, el agua es una molécula relativamente pequeña formada por tres átomos: dos de hidrógeno unidos a uno de oxígeno mediante enlaces covalentes. Esta unión, aunque sencilla en apariencia, le otorga a la molécula una gran estabilidad. Sin embargo, la distribución de los

electrones dentro de la molécula no es uniforme: como el oxígeno es un átomo con mayor electronegatividad que el hidrógeno, tiende a atraer con más fuerza los electrones compartidos en ambos enlaces. Esto genera una especie de desequilibrio eléctrico dentro de la propia molécula, donde el oxígeno concentra una carga parcial negativa y los átomos de hidrógeno quedan con una carga parcial positiva. A esto se suma que la molécula no es lineal, sino que tiene una forma angular, con un ángulo aproximado de 105° entre los dos hidrógenos, lo cual convierte al agua en una molécula polar capaz de interactuar con otras sustancias también polares (Carbajal y González, 2018).

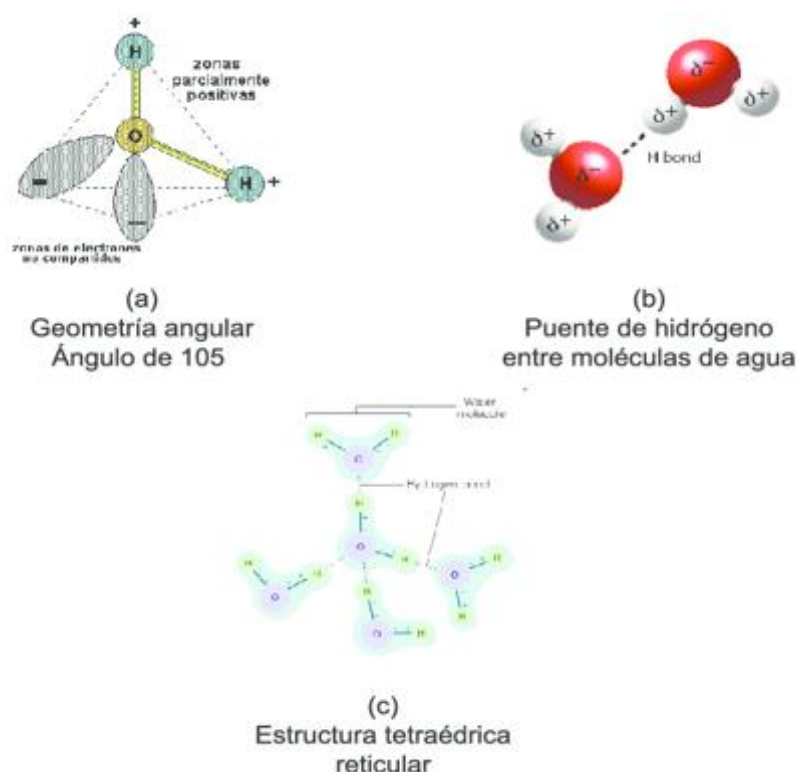


Ilustración 5 Estructura molecular del agua

Esta polaridad es precisamente lo que permite que las moléculas de agua se atraigan entre sí. La zona con carga positiva de una molécula (cerca de los hidrógenos) se ve atraída hacia la zona con carga negativa de otra molécula vecina (cerca del oxígeno), formando lo que se conoce como puente de hidrógeno: un tipo de enlace que, aunque más débil que un enlace covalente normal, resulta clave para explicar buena parte del comportamiento físico y químico del agua. Para que este enlace se forme, basta con que el átomo electronegativo —en este caso el oxígeno— sea pequeño y cuente con un par de electrones libres, condiciones que permiten que las moléculas se organicen en una especie de red tridimensional relativamente ordenada, responsable de muchas de las propiedades particulares del agua (Martínez, Rodríguez y Sánchez, 2017).

La razón por la que esta atracción entre moléculas es tan fuerte tiene que ver con el tamaño reducido de la molécula de agua: al ser pequeñas, las moléculas logran acercarse mucho unas a otras, y su alta polaridad hace que la atracción entre ellas sea considerable. Se estima que la energía necesaria para romper un puente de hidrógeno entre dos moléculas de agua ronda las 5,5 kcal/mol, a lo que se suman además las fuerzas de Van der Waals que actúan entre moléculas cercanas. Como resultado, separar las moléculas de agua, es decir, hacer que pasen a estado gaseoso requiere bastante energía. Esta cohesión intermolecular explica por qué el agua tiene un punto de ebullición y de fusión relativamente altos, así como un calor específico elevado en comparación con otras sustancias de peso molecular similar. De hecho, si no fuera por estos puentes de hidrógeno, el agua debería comportarse como un gas a las temperaturas en las que normalmente ocurren los procesos biológicos, dado su bajo peso molecular; sin embargo, gracias a esta red de enlaces, se mantiene en estado líquido en el rango de temperaturas que hace posible la vida (Robinson, 2018).

2.4.3 Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a todas las propiedades microbiológicas, químicas y físicas de la misma. Según su calidad, se establece el empleo de esta, por ejemplo, el agua potable, la residual, la embotellada, la de riego y la destinada a actividades recreativas tendrán distintos criterios de evaluación. Estos criterios son determinados por las normas regulatorias que han sido fijadas por el Ministerio del Ambiente (MAE), el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) y la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), entre otros (Herrera Morales y otros, 2022).

El Comité Interinstitucional de Calidad del Agua (CICA) se formó a través del Acuerdo Interinstitucional No. 001 (MSP, 2015), que tiene como responsabilidad la articulación, coordinación, formulación de políticas y acciones en torno a la calidad y control de la contaminación del agua, con el propósito de protegerla, conservarla y gestionarla de manera integrada. Los Ministros (as) y los Secretarios (as) de las siguientes carteras estatales constituyen el Comité: Secretaría del Agua (SENAGUA), Ministerio de Salud Pública (MSP) y Ministerio del Ambiente (MAE). Cabe destacar que el Comité es de carácter transversal, por lo que busca asegurar y dar prioridad a las acciones dirigidas a mejorar la calidad del agua y controlar la contaminación. El comité interinstitucional de calidad del agua dará a conocer sus instrucciones a las demás instituciones gubernamentales, tanto locales como centrales (Villena Chávez, 2019).

La calidad del agua y el agua misma son elementos cruciales para la salud de los ciudadanos, y es un asunto que las naciones se esfuerzan por asegurar. La calidad del agua puede describirse como aquellos elementos que determinan los aspectos químicos, físicos y biológicos del agua, según el uso que

se le destine. Haciendo hincapié en que la contaminación o alteración de su calidad puede ser causada por factores naturales, como el clima, el estado de las cañerías, la polución del suelo o la densidad de los elementos presentes en él de forma natural. El agua puede arrastrar algunos elementos a lo largo de la red de distribución hasta que llega a nuestro grifo, lo cual puede modificar su calidad. Por esta razón, es aconsejable medirla justo cuando se va a consumir (Donis, 2018).

Tabla de parámetros de calidad del agua

Esta tabla contiene diversos indicadores y sus valores óptimos para determinar la viabilidad del agua. Algunos de los parámetros más relevantes son:

Parámetro	Valor recomendado NOM – 127-SSA1-1994
pH	6.5-8.5
Turbidez	< 5
Coliformes totales	0 en 100 mL
Cloro residual libre (mg/L)	0.2-1.5
Arsénico (mg/L)	< 0.0025
Plomo (mg/L)	<0.01
Nitratos (mg/L)	< 10
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	< 500

Tabla 1 Parámetros de calidad del agua

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008 y sus posteriores reformas, corresponde al Estado velar porque todos los ciudadanos, sin excepción, puedan ejercer plenamente los derechos reconocidos tanto en la Carta Magna como en los tratados internacionales, entre ellos el derecho humano al agua. Esto implica también trabajar en la planificación del desarrollo del país, la lucha contra la pobreza, y el impulso de un desarrollo sostenible que distribuya de manera más justa los recursos y la riqueza, todo esto orientado a alcanzar el Buen Vivir (Secretaría del Agua, 2020).

Adicionalmente, la Constitución aborda el tema del agua desde distintos ángulos. En cuanto al derecho humano al agua, el artículo 12 la reconoce como un elemento indispensable para la vida y la declara parte del patrimonio estratégico de uso público, con carácter inalienable, imprescriptible e inembargable; de igual forma, el artículo 66 garantiza a las personas una vida digna que incluya el acceso

al agua potable. En conjunto, varios artículos de la Constitución (11, 12, 15, 18, 32, 58, 66, 326, 398, 411, 412, 419, 423 y 426, junto con las disposiciones transitorias primera y vigésima séptima) consolidan al agua como un derecho humano de rango constitucional, lo que implica que toda la ciudadanía tiene derecho a contar con agua en cantidad y calidad adecuadas (Constitución de la República del Ecuador, 2011). En lo referente al orden de prioridad para el uso del recurso, los artículos 318 y 411 establecen que el agua debe destinarse primero al consumo humano, luego al riego —para garantizar la soberanía alimentaria—, después al caudal ecológico y finalmente a las actividades productivas, dejando claro que tanto la sostenibilidad de los ecosistemas como el abastecimiento humano tienen prioridad sobre cualquier otro uso (Secretaría del Agua, 2020).

2.5 Metodología Ágil de Desarrollo de Software XP

La metodología ágil conocida como programación extrema (XP) se enfoca en la rapidez y la simplicidad, utilizando ciclos de desarrollo breves. Esta metodología tiene como fundamento 12 prácticas de programación, 5 reglas y 5 valores. A pesar de su estructura rígida, la intención es que el producto resultante de estos sprints muy enfocados y las integraciones constantes tenga una mejor calidad.

El diseño de la programación extrema, como otros métodos ágiles, posibilita que los programadores hagan modificaciones y se ajusten a las demandas de los clientes en tiempo real. No obstante, la programación extrema es más disciplinada; lleva a cabo revisiones de código que se repiten con frecuencia y pruebas unitarias para efectuar modificaciones de forma rápida. Además, es altamente creativa y colaborativa ya que fomenta el trabajo en equipo en todas las etapas del desarrollo (Raeburn, 2023).

Los inicios se remontan a finales de los años noventa, cuando Kent Beck la fundó para administrar el desarrollo de un sistema informático que manejara nómina para Chrysler, llamado Proyecto C3. El propósito de implementar la programación extrema era (y continúa siendo) erradicar la resistencia al modificar el código en un proyecto de desarrollo. En las metodologías más tradicionales de desarrollo de software, es bastante usual que el código permanezca igual una vez que se escribe (a excepción del proceso de depuración). En cambio, en la programación extrema el código se analiza con mucho detalle, lo cual permite que los programadores opten por modificarlo totalmente después de una única iteración.

Para administrar un equipo más reducido. La programación extrema, por su carácter altamente colaborativo, es más efectiva en equipos de menos de diez miembros. Porque es necesario trabajar con un equipo flexible capaz de aceptar el cambio sin resentimientos. La programación extrema, debido a su propia naturaleza, generalmente exigirá que todo el equipo deseche todo su trabajo arduo. Si algunos miembros del equipo hacen modificaciones en cualquier momento, esto podría ser problemático si los

demás compañeros lo consideran algo personal. Si se manejan adecuadamente los elementos técnicos de la codificación. La programación extrema no es apta para quienes recién comienzan, pues requiere la capacidad de trabajar y poner en marcha cambios con rapidez. El ciclo de vida promueve la integración ininterrumpida, pues exige que los integrantes del equipo trabajen casi todo el tiempo, ya sea cada hora o todos los días. Sin embargo, el ciclo de vida completo se estructura de la siguiente manera (Raeburn, 2023):

- Sacar tareas incompletas de las historias de los usuarios
- Priorizar los elementos más importantes
- Comenzar con la planificación iterativa
- Incorporar un plan realista
- Mantener una comunicación permanente con todos los interesados y empoderar al equipo
- Presentar el trabajo
- Recibir comentarios
- Volver a la fase de planificación iterativa y repetirla si es preciso

2.6 Conclusiones relacionadas al marco teórico en referencia al tema planteado

Mediante la revisión literaria realizada, se confirma que el IoT representa una solución muy eficaz, confiable y eficaz para realizar la gestión eficiente dentro del contexto del agua, más que todo referente a la escasez y contaminación, tal como lo señalan los autores Min et al. (2022) y Burak (2023) en sus estudios que han realizado.

Destacando también que la literatura presentada en este capítulo permite analizar que se evidencia de qué manera las aplicaciones móviles y sensores inteligentes permiten el monitoreo en tiempo real, lo que facilita las decisiones inmediatas y sostenibles. También se indica que la incorporación de tecnologías emergentes como la IA y energías renovables como la solar, pueden potenciar aún más el impacto del IoT en sectores críticos. Resaltando que una adecuada sistematización de información y diseño metodológico adecuado son fundamentales para obtener el éxito en el proyecto, orientado al desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles.

CAPÍTULO III

3 Marco investigativo

3.1 Introducción

En este capítulo se explica el diseño metodológico utilizado en la investigación con el objetivo de crear una aplicación para Android que este conectada a sensores IoT y sirva para supervisar en tiempo real los parámetros de calidad del agua en el sector La Raíz, cantón El Carmen. Se describen las clases de investigación que se emplearon, además de los métodos teórico y práctico que orientaron el procedimiento de recopilación, análisis e interpretación de la información. Este marco de investigación asegura que el desarrollo de la solución tecnológica se fundamenta en métodos científicos pertinentes y coherentes con los objetivos planteados en la investigación.

3.2 Tipos de investigación

3.2.1 Investigación aplicada

La investigación aplicada es un tipo de indagación orientada a resolver problemas particulares mediante el uso de conocimientos científicos y tecnológicos. Su propósito principal es desarrollar una solución útil que satisfaga las necesidades específicas de un grupo, organización o ambiente particular (Cordero, 2009).

Cabe resaltar que, se empleó esta investigación porque utilizó una aplicación de Android que se integra con IoT y permite supervisar la calidad del agua en tiempo real, brindando de esta manera un instrumento efectivo para mejorar la vigilancia del recurso hídrico en el sector La Raíz, del cantón El Carmen.

3.2.2 Investigación descriptiva

La finalidad de la investigación descriptiva fue detallar las cualidades o acciones de un fenómeno y mostrar con precisión cómo se manifiesta en la realidad. No busca aclarar los motivos subyacentes, sino presentar de forma ordenada y clara qué constituye un problema, proceso, población o circunstancia (Valle Taiman, 2022)

Esta investigación se enmarcó descriptivamente también ya que posibilita describir las propiedades actuales de la calidad del agua en el sector, los elementos que afectan su deterioro y cómo los residentes ven el asunto. La descripción de datos y fenómenos permitió establecer un panorama claro de la situación que experimenta los usuarios, lo cual posibilitó determinar las variables esenciales como la turbidez y el pH que se supervisarán a través de la aplicación tecnológica sugerida

3.2.3 Investigación de campo

El estudio de campo implicó obtener datos directamente en el entorno donde se presenta el problema, mediante la observación, entrevistas, recorridos, medidas o recolección de información concreta (Grajales, 2000).

La investigación de campo se llevó a cabo porque se realizó en la comunidad del sector La Raíz, donde se ha detectado el problema vinculado con la calidad del agua. En el transcurso de la investigación, se comprobará la posible existencia de turbidez y sedimentos en el agua, y se reunieron datos a través de observación directa, visitas técnicas y conversaciones con los residentes. Esta conversación se utilizó para establecer si se requiere una herramienta que posibilite la supervisión en tiempo real y sea accesible, así como para identificar los campos imprescindibles para el uso de sensores IoT

3.3 Métodos de investigación

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó múltiples enfoques científicos que facilitarán la evaluación del problema, la recogida de datos precisos y la base de la propuesta tecnológica. Se resalta el método inductivo, el método analítico y el método empírico, que se detallan a continuación:

3.3.1 Método inductivo

La estrategia de razonamiento inductivo comienza con ejemplos específicos y a partir de ellos se obtienen conclusiones generales. Esta perspectiva se basa en examinar directamente y analizar circunstancias concretas para detectar patrones, tendencias o comportamientos comunes que hacen posible la creación de principios generales aplicables a fenómenos parecidos. de acuerdo con (Dávila Newman, 2016), permite elaborar teorías o interpretaciones amplias basadas en datos adquiridos en la práctica y en contextos reales.

Este estudio aplicó el método inductivo para examinar los datos obtenidos en el área de La Raíz, a través de observaciones, encuestas y mediciones directas de las características del agua. Se llega a una conclusión general con base en observaciones puntuales, tales como la turbidez, el pH alterado y las críticas de los clientes. Esta declaración destaca las necesidades de un sistema IoT integrado en aplicaciones Android para monitorear continuamente la calidad del agua.

3.3.2 Método analítico

El método analítico consiste en descomponer un fenómeno complejo en sus partes o elementos esenciales para comprender su estructura y funcionamiento. Este método permite estudiar detalladamente cada componente del problema, facilitando el análisis de causas, efectos y relaciones internas Ortega

(2020), el análisis es fundamental en las investigaciones tecnológicas porque permite abordar el problema de manera ordenada, jerarquizando los elementos que requieren atención.

En este estudio, se aplicó un enfoque analítico para segmentar el asunto de la calidad del agua en sus elementos esenciales codificaciones ambientales, requerimientos comunitarios, operación de los sensores IoT, métodos de recolección de datos y factores físicos-químicos. Esta división contribuyó a identificar qué factores son fundamentales como deben ser valores y que componentes tecnológicos son necesarios para establecer un sistema de vigilancia eficiente a través de una aplicación para Android.

3.3.3 Método empírico

El enfoque empírico se basa en la vivencia, la observación directa y la recolección de información sobre lo que sucede en realidad. Este enfoque, que facilita la verificación de los hechos a través de la observación y la cuantificación, utiliza información adquirida en el entorno natural donde se presenta el fenómeno Valencia y Vargas (1997) señalan que el método empírico permite cotejar teorías con experiencias específicas, garantizando que los descubrimientos se basen en evidencias verificables.

La metodología empírica se empleó en esta investigación debido a que se realizaran visitas al sector La Raíz con el fin de inspeccionar la situación real del agua que llega a los hogares, identificar las áreas más turbias y comprobar la infraestructura del sistema de agua potable.

3.4 Fuentes de información de datos

3.4.1 Fuentes primarias

La encuesta es un método para reunir datos que se basa en la implementación de un cuestionario estructurado a una colectividad de individuos con el propósito de conseguir información cuantitativa acerca de sus vivencias, comportamientos o percepciones (Duarte y Guerrero, 2024). Este dispositivo posibilita la recolección de datos en forma ordenada y veloz, lo que simplifica el análisis desde una perspectiva estadística y la detección de tendencias o patrones dentro de una población concreta.

Se eligió la encuesta como fuente primaria porque permitió obtener información directa de los habitantes del sector La Raíz, quienes son los usuarios del sistema de agua potable y quienes experimentan de primera mano los problemas relacionados con la calidad del agua. Sus respuestas permitieron comprender la situación real, medir la magnitud de la problemática y validar la necesidad de implementar una aplicación móvil con IoT para el monitoreo del servicio.

3.4.2 Fuentes secundarias

La entrevista es un método cualitativo de recolección de datos que implica una conversación organizada entre el investigador y un informante clave, con el objetivo de conseguir información minuciosa, puntos de vista especializados y explicaciones detalladas acerca de un asunto particular (González-Veja y otros, 2022). Por medio de preguntas abiertas, la entrevista posibilita el acceso a datos operativos, técnicos y contextuales que no en todos los casos pueden lograrse por métodos cuantitativos.

La entrevista fue elegida fuente secundaria debido a que ofrece el punto de vista de la entidad encargada del sistema de agua potable en la zona de La Raíz. Esta información, al permitir entender la operación interna del sistema, los retos técnicos que afronta la entidad y la posibilidad de poner en marcha un sistema de monitoreo basado en IoT, complementa los datos obtenidos a través de las encuestas. Por lo tanto, la entrevista brinda una perspectiva institucional que mejora el análisis de la investigación.

3.5 Estrategia operacional para la recolección de datos

3.5.1 Población

Se incluyó a los habitantes de La Raíz, situada en el cantón El Carmen, dentro de la población estudiada en esta investigación. En concreto, se tomaron en cuenta los hogares que disponen de un medidor de agua potable y que utilizan diariamente el servicio ofrecido por la organización comunitaria correspondiente. Esta agrupación representa a los usuarios que viven en carne propia las dificultades reportadas, como son la turbidez, el asentamiento de sedimentos y las fluctuaciones en los parámetros de calidad del agua. El total de la población estuvo constituido por las 100 viviendas que cuentan con medidor de agua potable dentro de la red de distribución del sector, las cuales conforman el universo a estudiar para recoger información auténtica acerca del asunto.

3.5.2 Muestra

Debido a que la población del sector La Raíz, conformada por las 100 viviendas con medidor de agua potable, fue relativamente pequeña y accesible, no se aplicó un proceso de muestreo, por lo que la encuesta se aplicó al total de la población, es decir, a los 100 habitantes correspondientes a cada vivienda con medidor.

3.5.3 Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar

3.5.3.1 Encuesta

El cuestionario aplicado a los habitantes del sector La Raíz se construyó únicamente con preguntas cerradas, orientadas a capturar de forma cuantitativa la percepción de los usuarios sobre la

calidad del agua, la presencia de turbidez o sedimentos, la frecuencia con la que se presentan estos problemas y su disposición a utilizar una aplicación móvil basada en IoT.

Se aplicó mediante un formulario digital en Google Forms, principalmente por dos razones: facilita el acceso a los participantes sin necesidad de material impreso, y organiza automáticamente las respuestas, lo que agiliza después la tabulación, el análisis estadístico y la representación gráfica de los resultados. Este instrumento se priorizó como fuente principal de datos cuantitativos porque, a diferencia de otras técnicas, permite recoger directamente la experiencia de la comunidad frente a los problemas del agua y medir su nivel de interés en una solución tecnológica de monitoreo.

3.5.3.2 Entrevista

Se llevó a cabo una conversación con un delegado de la organización responsable del suministro de agua potable en la zona de La Raíz. Este método cualitativo permitió recopilar información precisa sobre el funcionamiento interno del sistema, las causas de las dificultades que ha tenido la comunidad y la viabilidad de establecer un sistema adicional para el monitoreo utilizando IoT.

A diferencia de la encuesta, la entrevista permitió profundizar más en lo técnico, operativo y administrativo de la distribución del agua. Esto le da una mirada institucional al estudio algo clave para entender bien el contexto. Fue una herramienta importante para ver el problema desde el lado organizativo y técnico, y complemento los datos que ya se tenían de las encuestas.

3.5.3.3 Estructura de los instrumentos de recolección de datos aplicados

La estructura de los instrumentos para recolectar datos utilizados en este estudio fue creada según los objetivos fijados. Se elaboró un cuestionario, utilizando Google Forms como plataforma digital, que contenía preguntas cerradas con el fin de obtener información cuantitativa sobre la percepción de la calidad del agua y la receptividad hacia una solución tecnológica basada en IoT.

En otro contexto, la entrevista realizada con el representante de la entidad responsable del sistema de agua potable se organizó a través de preguntas semiestructuradas. Esto permitió un examen más minucioso de los aspectos técnicos, operativos y administrativos del servicio. Ambos instrumentos fueron diseñados de forma que se complementen, buscando así información exacta, pertinente y adecuada que facilite un estudio exhaustivo del tema. En un contexto diferente, la conversación llevada a cabo con el representante del organismo encargado del sistema de agua potable se estructuró con preguntas semiestructuradas. Esto dio paso a un examen más minucioso de los aspectos técnicos, operativos y administrativos del servicio.

3.5.4 Plan de recolección de datos

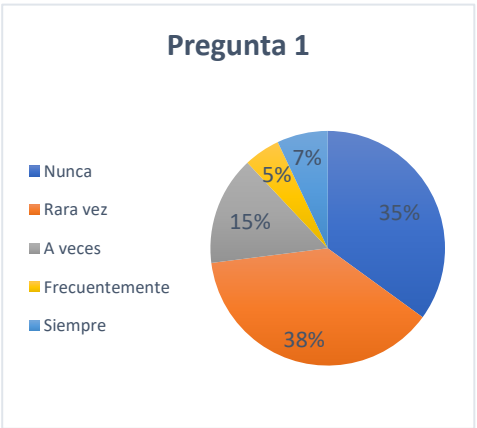
El plan de recolección de datos del proyecto “Aplicación Android con IoT para el monitoreo de la calidad del agua en el sector La Raíz” se llevó a cabo durante la segunda semana de enero de 2026 en el sector previamente delimitado. La finalidad de este proceso fue obtener información directa de los habitantes y del representante de la organización comunitaria del sistema de agua potable, con el propósito de cumplir los objetivos planteados en la investigación.

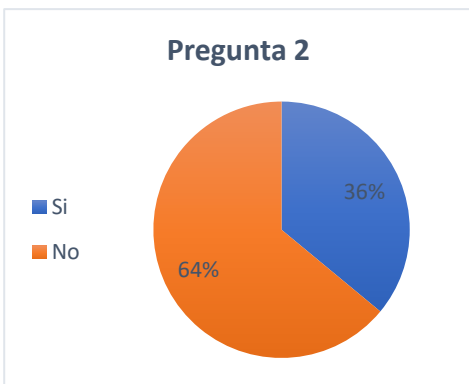
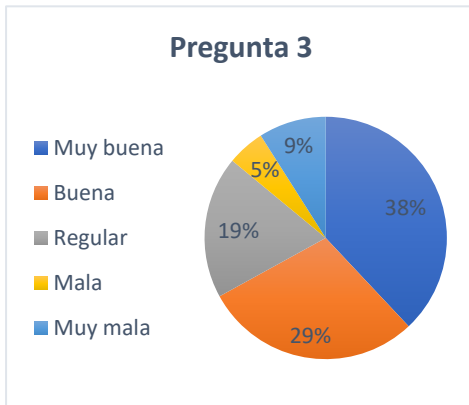
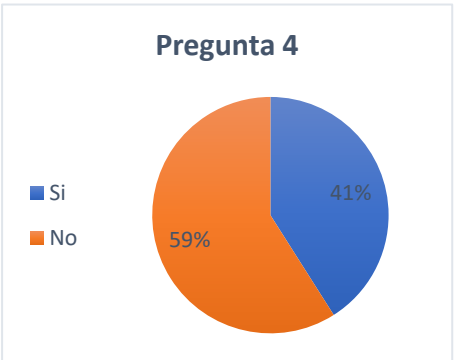
Para recopilar la información se utilizaron dos técnicas encuesta y entrevista. La encuesta que se la aplicó con un formulario digital en Google Forms, dirigido a los habitantes del sector que tienen medidor de agua potable. La entrevista semiestructurada fue dirigida al representante del sistema de distribución de agua. La recopilación de información fue llevada a cabo por la investigadora a cargo del proyecto Juana Salavarría Llor, quien realizó visitas directas al área de La Raíz para garantizar la inclusión de los usuarios y conseguir datos precisos.

Los temas explorados se enfocaron en reconocer cómo ve la comunidad la calidad del agua, los principales inconvenientes que enfrentan respecto al servicio y su disposición ante la adopción de un sistema de monitoreo que utiliza IoT. La combinación de los dos métodos posibilitó la recolección de datos descriptivos y numéricos que mejoran el entendimiento del problema.

El modelo de recolección de información fue creado con el propósito de obtener datos adecuados, claros y útiles que respalden la creación de la aplicación Android con IoT. Así se garantiza que la solución ofrecida satisfaga las necesidades reales del área y coadyuve a optimizar la calidad del agua suministrada.

3.6 Análisis y presentación de resultados

Pregunta	Respuesta	Interpretación												
1. ¿Con qué frecuencia el agua que recibe presenta turbidez (agua turbia)?	Pregunta 1  <table><thead><tr><th>Frecuencia</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Nunca</td><td>35%</td></tr><tr><td>Rara vez</td><td>38%</td></tr><tr><td>A veces</td><td>15%</td></tr><tr><td>Frecuentemente</td><td>5%</td></tr><tr><td>Siempre</td><td>7%</td></tr></tbody></table>	Frecuencia	Porcentaje	Nunca	35%	Rara vez	38%	A veces	15%	Frecuentemente	5%	Siempre	7%	Se puede evidenciar que la mayoría de los encuestados indican que el agua presenta turbidez rara vez o nunca, sin embargo, un porcentaje representativo manifiesta que la turbidez se presenta a veces, frecuentemente o siempre, lo que evidencia que existen problemas ocasionales en la
Frecuencia	Porcentaje													
Nunca	35%													
Rara vez	38%													
A veces	15%													
Frecuentemente	5%													
Siempre	7%													

Pregunta	Respuesta	Interpretación												
		calidad del agua suministrada en el sector.												
2. ¿Ha notado presencia de sedimentos, partículas o color extraño en el agua?	Pregunta 2 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>Si</td><td>36%</td></tr><tr><td>No</td><td>64%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	Si	36%	No	64%	Se puede ver que la mayoría de las personas encuestadas dice que no ha notado sedimentos, partículas ni color raro en el agua. Sin embargo, hay un porcentaje que no es nada despreciable que sí ha visto estas anomalías, lo cual deja claro que todavía hay problemas con la calidad del agua que llega al sector.						
Respuesta	Porcentaje													
Si	36%													
No	64%													
3. ¿Cómo calificaría la calidad del agua que recibe actualmente?	Pregunta 3 <table><tr><th>Calificación</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>Muy buena</td><td>38%</td></tr><tr><td>Buena</td><td>29%</td></tr><tr><td>Regular</td><td>19%</td></tr><tr><td>Mala</td><td>9%</td></tr><tr><td>Muy mala</td><td>5%</td></tr></table>	Calificación	Porcentaje	Muy buena	38%	Buena	29%	Regular	19%	Mala	9%	Muy mala	5%	Se evidencia que una parte considerable de los encuestados califica la calidad del agua como muy buena o buena. Otro grupo relevante la considera regular mala o muy mala, lo que refleja una percepción dividida sobre la calidad del servicio y la necesidad de mejorar los mecanismos de control del agua potable.
Calificación	Porcentaje													
Muy buena	38%													
Buena	29%													
Regular	19%													
Mala	9%													
Muy mala	5%													
4. ¿Ha tenido daños o fallas en electrodomésticos (lavadora, ducha eléctrica, etc.) debido a la mala calidad del agua?	Pregunta 4 <table><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>Si</td><td>41%</td></tr><tr><td>No</td><td>59%</td></tr></table>	Respuesta	Porcentaje	Si	41%	No	59%	Se evidenció que una parte significativa de los encuestados ha presentado daños o fallas en electrodomésticos debido a la calidad del agua, lo que refleja un impacto negativo en los						
Respuesta	Porcentaje													
Si	41%													
No	59%													

Pregunta	Respuesta	Interpretación										
		hogares del sector y evidencia la necesidad de mejorar el control de la calidad del agua suministrada.										
5. ¿Ha experimentado problemas de salud relacionados con el consumo de agua del sector?	Pregunta 5 <table><tr><td>■ Si</td><td>30%</td></tr><tr><td>■ No</td><td>34%</td></tr><tr><td>■ No estoy seguro(a)</td><td>36%</td></tr></table>	■ Si	30%	■ No	34%	■ No estoy seguro(a)	36%	Se observa que el 34% de los encuestados indica no haber presentado problemas de salud, y un 30% manifestó que sí ha experimentado y un 36% no está seguro, lo que evidencia inseguridad en la población respecto a los efectos del agua en la salud.				
■ Si	30%											
■ No	34%											
■ No estoy seguro(a)	36%											
6. ¿Con qué frecuencia el servicio de agua se interrumpe en su vivienda?	Pregunta 6 <table><tr><td>■ Nunca</td><td>4%</td></tr><tr><td>■ Rara vez</td><td>48%</td></tr><tr><td>■ A veces</td><td>19%</td></tr><tr><td>■ Frecuentemente</td><td>7%</td></tr><tr><td>■ Siempre</td><td>22%</td></tr></table>	■ Nunca	4%	■ Rara vez	48%	■ A veces	19%	■ Frecuentemente	7%	■ Siempre	22%	Se puede evidenciar que el servicio de agua presenta interrupciones ocasionales en el sector, lo cual genera inconvenientes en el uso cotidiano del recurso por parte de los habitantes.
■ Nunca	4%											
■ Rara vez	48%											
■ A veces	19%											
■ Frecuentemente	7%											
■ Siempre	22%											
7. ¿Conoce usted el concepto de sensores o dispositivos IoT para monitoreo del agua?	Pregunta 7 <table><tr><td>■ Si</td><td>38%</td></tr><tr><td>■ No</td><td>62%</td></tr></table>	■ Si	38%	■ No	62%	Se nota que buena parte de las personas encuestadas no tiene idea de qué son los sensores o dispositivos IoT para monitorear el agua, lo que muestra que hace falta dar a conocer más este tipo de tecnologías aplicadas al control del servicio.						
■ Si	38%											
■ No	62%											
8. ¿Considera importante contar con un sistema		Se ve que un 41% de los encuestados sí considera importante tener un sistema										

Pregunta	Respuesta	Interpretación								
que monitoree la calidad del agua en tiempo real?	Pregunta 8 ■ Si ■ No ■ No sé <table><thead><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>41%</td></tr><tr><td>No</td><td>18%</td></tr><tr><td>No sé</td><td>41%</td></tr></tbody></table>	Respuesta	Porcentaje	Si	41%	No	18%	No sé	41%	que permita monitorear la calidad del agua en tiempo real, mientras que otro 41% dice no estar muy seguro. Esto muestra que hay bastante apertura por parte de la gente hacia este tipo de soluciones tecnológicas.
Respuesta	Porcentaje									
Si	41%									
No	18%									
No sé	41%									
9. ¿Estaría dispuesto(a) a utilizar una aplicación en su celular que le notifique sobre el estado del agua?	Pregunta 9 ■ Si ■ No ■ Tal Vez <table><thead><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>43%</td></tr><tr><td>No</td><td>11%</td></tr><tr><td>Tal Vez</td><td>46%</td></tr></tbody></table>	Respuesta	Porcentaje	Si	43%	No	11%	Tal Vez	46%	Se puede evidenciar que una gran parte de los encuestados estaría dispuesta o tal vez dispuesta a utilizar una aplicación móvil para conocer el estado del agua, lo que demuestra una aceptación favorable hacia la propuesta tecnológica planteada.
Respuesta	Porcentaje									
Si	43%									
No	11%									
Tal Vez	46%									
10. ¿Cree usted que un sistema IoT podría ayudar a mejorar la calidad del servicio de agua en el sector?	Pregunta 10 ■ Si ■ No ■ Tal Vez <table><thead><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>39%</td></tr><tr><td>No</td><td>16%</td></tr><tr><td>Tal Vez</td><td>45%</td></tr></tbody></table>	Respuesta	Porcentaje	Si	39%	No	16%	Tal Vez	45%	El 39% de los encuestados considera que un sistema IoT podría ayudar a mejorar la calidad del servicio de agua, mientras que el 45% manifiesta tal vez y el 16% considera que no. Estos resultados reflejan una aceptación considerable hacia la implementación de tecnologías IoT, aunque aún existe un porcentaje de indecisión que podría disminuir mediante la
Respuesta	Porcentaje									
Si	39%									
No	16%									
Tal Vez	45%									

Pregunta	Respuesta	Interpretación
		socialización de sus beneficios.

Tabla 2 Presentación y análisis de resultados de la encuesta

Pregunta	Respuesta	Interpretación
1. ¿Cómo funciona actualmente el sistema de distribución de agua en el sector La Raíz?	El sistema funciona mediante captación, almacenamiento y distribución por tubería hacia los hogares del sector, administrado por la organización del sector.	Se evidencia que el sistema de distribución es comunitario y depende de procesos manuales de control y supervisión.
2. ¿Cuáles son los principales problemas que han identificado en la calidad del agua (turbidez, sedimentos, color, olor, etc.)?	En ciertas ocasiones se presentan turbidez y sedimentos, especialmente en épocas de lluvia o cuando se realizan trabajos en la red.	Se identifica que la calidad del agua se ve afectada por factores ambientales y operativos.
3. ¿Considera usted que el agua de deficiente calidad puede generar problemas de salud en los habitantes?	Sí el consumo de agua en mal estado puede provocar problemas estomacales y otras afectaciones en la salud.	Se reconoce la relación directa entre la calidad del agua y la salud de la población.
4. ¿Con qué frecuencia se realizan trabajos de mantenimiento o limpieza en la red de distribución?	El mantenimiento se realiza de forma periódica, principalmente cuando se detectan fallas o reclamos de los usuarios.	Se evidencia que el mantenimiento es correctivo más que preventivo.
5. ¿Existen registros o reportes técnicos sobre la calidad del agua del sector?	No se cuenta con registros técnicos permanentes, solo con reportes ocasionales cuando se presentan problemas.	Se determina la ausencia de un sistema formal de registro y monitoreo continuo.
6. ¿Qué dificultades presentan como organización para	Las principales dificultades son la falta de recursos económicos,	Se identifican limitaciones económicas y técnicas en la gestión del servicio.

Pregunta	Respuesta	Interpretación
garantizar un suministro de agua de buena calidad?	equipos tecnológicos y personal técnico especializado.	
7. ¿La comunidad suele reportar problemas relacionados con la calidad del agua?	Si, los habitantes reportan problemas principales cuando el agua presenta turbidez o mal olor.	Se evidencia una comunicación directa entre la comunidad y la organización, aunque reactiva.
8. ¿Cuentan con recursos o herramientas para monitorear el estado del agua actualmente?	No, actualmente no contamos con herramientas tecnológicas para monitorear la calidad del agua en el tiempo real.	Se confirma la inexistencia de sistema de monitoreo automatizado.
9. ¿Conoce o ha escuchado sobre sistemas de monitoreo basados en sensores IoT?	Si, he escuchado sobre ese tipo de sistemas, pero no se han implementado en el sector.	Existen conocimientos básicos sobre la tecnología IoT, aunque no se aplica actualmente.
10. ¿Considera que un sistema IoT podría ayudar a mejorar el control y supervisión de la calidad del agua en el sector?	Si, permitiría detectar problemas de manera oportuna y mejora la gestión del servicio.	Se reconoce el potencial de la tecnología IoT para optimizar el control del agua.
11. ¿Estaría dispuesto a implementar o apoyar una solución tecnológica que brinde información en tiempo real sobre la calidad del agua?	Si, siempre que se cuente con apoyo técnico y recursos económicos.	Existe apertura institucional para la implementación de soluciones tecnológicas.
12. ¿Qué beneficios cree que podría traer una aplicación móvil que informe a los habitantes sobre el estado del agua?	Permitirá informar limitaciones serían el presupuesto, el acceso a internet y la capacitación del personal.	Se identifica la aplicación móvil como una herramienta de comunicación efectiva.

Pregunta	Respuesta	Interpretación
13. ¿Qué limitaciones técnicas, económicas o logísticas podría enfrentar la implementación de un sistema IoT en la comunidad?	Las principales limitaciones serían el presupuesto, el acceso a internet y la capacitación del personal.	Se reconoce barreras técnicas y económicas que deben ser consideradas en la propuesta.

Tabla 3 Presentación y análisis de resultados de la entrevista

3.6.1 Tabulación y análisis de los datos

La tabulación de los datos se realizó a partir de la información obtenida mediante la aplicación de encuestas a 100 habitantes del sector La Raíz, quienes cuentan con medidor del servicio de agua potable. La información obtenida se organizó en gráficos estadísticos para facilitar su lectura e interpretación. Los resultados mostraron que varios de los encuestados han notado que el agua llega turbia o con sedimentos en algunas ocasiones, lo que indica que la calidad del servicio no es constante. También se encontró que en algunos hogares los electrodomésticos han sufrido daños que los propios usuarios relacionan con la calidad del agua que reciben. En lo que respecta a la continuidad del servicio, se estableció que las interrupciones ocurren de manera ocasional, causando problemas en las rutinas diarias de los residentes.

Por otra parte, los datos recopilados indican que, aunque una parte de la población no está familiarizada con las tecnologías IoT, hay una respuesta positiva y expectativas optimistas hacia la introducción de un sistema para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua, junto con una aplicación móvil informativa.

3.6.2 Presentación y descripción de los resultados obtenidos

Los resultados se presentaron por medio de tablas e interpretaciones que ayudan a explicar de forma clara la información que se obtuvo tanto de las encuestas aplicadas a los habitantes del sector La Raíz como de la entrevista hecha al presidente de la organización de agua potable. Las respuestas a las preguntas 1 y 2 de la encuesta, referentes a la frecuencia de turbidez y a la presencia de sedimentos o partículas extrañas en el agua, confirman que, aunque una parte de la población no percibe estos problemas de forma constante, existe un porcentaje representativo que sí los evidencia. De igual manera, la pregunta 3, sobre la calificación general de la calidad del agua, refleja una percepción dividida entre los encuestados, lo que reafirma la existencia de la problemática planteada.

Asimismo, las respuestas a la pregunta 4 confirman que la mala calidad del agua ha causado daños en electrodomésticos de varias viviendas, mientras que la pregunta 5 evidencia que un porcentaje considerable de los habitantes ha experimentado o no está seguro de haber experimentado problemas de salud relacionados con el consumo de agua del sector. La pregunta 6, referente a la frecuencia de interrupciones del servicio, confirma además que el suministro no es continuo, lo que agrava la situación descrita. Con respecto a la entrevista, se determinó que la organización comunitaria carece de dispositivos tecnológicos que faciliten un seguimiento constante del agua, lo cual restringe la identificación anticipada de inconvenientes y la adopción de decisiones rápidas.

3.6.3 Informe final del análisis de los datos

Con base en los datos de las encuestas y la entrevista, se confirmó que en el sector La Raíz sí existen problemas con la calidad del agua: el agua llega turbia en ciertas ocasiones, hay presencia de sedimentos, algunos electrodomésticos se han dañado y el servicio se interrumpe de vez en cuando. Todo esto evidencia que hace falta mejorar la forma en que se supervisa y controla el suministro de agua en el sector. Esto deja ver la urgencia de mejorar los métodos de supervisión y control en la provisión del agua. Asimismo, se concluye que la entidad responsable del sistema hídrico carece en la actualidad de recursos tecnológicos para la revisión en tiempo real, lo que complica una administración eficaz del servicio. En este marco, la instauración de un sistema de vigilancia de la calidad del agua sustentado en tecnología IoT, conectado a una aplicación para Android, aparece como una solución adecuada y relevante, acorde a las demandas de la comunidad y con los objetivos del estudio.

CAPÍTULO IV

4 Marco propositivo

4.1 Introducción

En este capítulo se presenta la propuesta desarrollada para mejorar el monitoreo de la calidad del agua potable en el sector La Raíz, ubicado en la parroquia rural de Manta. La propuesta surgió de la necesidad de contar con una herramienta tecnológica que permita a los habitantes y al personal encargado conocer de forma rápida y sencilla si el agua que llega a sus viviendas está dentro de los parámetros aptos para el consumo humano.

Para lograr esto, se diseñó e implementó un sistema IoT que está compuesto por sensores físicos, un microcontrolador ESP32, una base de datos MySQL, una API hecha en PHP y una aplicación móvil para Android. Este sistema puede medir el nivel de turbidez del agua en tiempo real, simular el valor de pH a través de un mecanismo de interrupción física, guardar las lecturas en la base de datos, generar alertas automáticas cuando los valores se salen del rango permitido, y mandar notificaciones push al celular del usuario afectado, incluso si tiene la aplicación cerrada.

A lo largo de este capítulo se explica paso a paso cómo se construyó este sistema, siguiendo la metodología ágil XP (Extreme Programming), la cual organiza el trabajo en iteraciones cortas que permiten ir ajustando el desarrollo según los resultados obtenidos. Se detallan los recursos utilizados, los diagramas que describen el comportamiento del sistema, el diseño de la interfaz de la aplicación, las funciones de código más relevantes y las pruebas realizadas para verificar que todo funcione correctamente.

4.2 Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en el desarrollo de un sistema de monitoreo de la calidad del agua utilizando tecnología IoT y una aplicación móvil. Su objetivo principal es analizar los parámetros de pH y turbidez del agua potable que llega a las viviendas del sector La Raíz, y poner esa información a disposición de los usuarios de forma clara e inmediata.

El sistema físico está formado por un microcontrolador ESP32 conectado a un sensor de turbidez DFRobot SEN0189 que mide la cantidad de partículas o sedimentos presentes en el agua. Para el parámetro de pH, se implementó una solución de simulación mediante un botón físico y dos LEDs indicadores (rojo para pH ácido y verde para pH neutro), que permite representar el comportamiento del

sensor mientras se adquiere el sensor real. El ESP32 envía las lecturas al servidor cada diez segundos a través de conexión WiFi, utilizando el protocolo HTTPS para garantizar la seguridad de la comunicación.

El servidor fue desarrollado utilizando PHP y MySQL sobre WampServer. Para permitir el acceso desde cualquier lugar sin depender de la red local, se integró la herramienta ngrok, que genera una URL pública permanente con certificado HTTPS. Esto significa que tanto el ESP32 como la aplicación Android pueden comunicarse con el servidor desde cualquier red WiFi o con datos móviles, sin necesidad de estar en la misma red que la computadora donde corre el servidor.

La aplicación móvil fue desarrollada en Android Studio usando Java y está diseñada para funcionar en dispositivos con Android 7.0 o superior. Cuenta con dos tipos de acceso: el administrador, que puede supervisar todos los medidores instalados en el sector, controlar las válvulas manualmente y gestionar alertas y usuarios; y el usuario residente, que puede ver en tiempo real el estado del agua de su propia vivienda, consultar el historial de mediciones y recibir notificaciones de alerta.

Cuando el sensor detecta turbidez superior a 10 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), el sistema actúa de forma automática: el ESP32 activa el relay que cierra la válvula solenoide, corta el paso del agua, notifica al servidor del cierre, el servidor crea una alerta en la base de datos y envía una notificación push al celular del usuario mediante Firebase Cloud Messaging. Además, la app actualiza el estado de la válvula en la pantalla principal, así el usuario sabe qué pasó. También hay una llave manual que el usuario puede abrir si nota que el agua está turbia, para desviarla y sacar los sedimentos antes de usarla. Con el control automático más esta opción manual, el sistema queda más completo y ayuda a cuidar la salud de las familias de La Raíz.

4.3 Determinación de recursos

Para llevar a cabo el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo fue necesario identificar y organizar los recursos disponibles. Estos recursos se clasifican en tres categorías: humanos, tecnológicos y económicos, y son los que hicieron posible que el proyecto pasara de ser una idea para convertirse en un prototipo funcional.

4.3.1 Humanos

Los recursos humanos comprenden a las personas que participaron directamente en las distintas etapas del proyecto, desde el análisis inicial hasta las pruebas finales (Guerrero, 2016). Cada rol aportó conocimientos específicos que fueron fundamentales para el desarrollo del sistema.

Personal	Función
Desarrollador	Encargado del diseño, programación y pruebas de la aplicación móvil Android, los archivos PHP de la API y la programación del microcontrolador ESP32.
Técnico en IoT	Responsable de la instalación física del circuito, la conexión del sensor de turbidez, el módulo relay y la válvula solenoide sobre el protoboard.
Administrador del sistema	Persona encargada de supervisar el funcionamiento general del sistema, gestionar los usuarios registrados y atender las alertas generadas.
Usuario	Habitante de la vivienda donde está instalado el medidor. Utiliza la aplicación para consultar el estado del agua y actuar ante las notificaciones recibidas.

Tabla 4 Recursos humanos

4.3.2 Tecnológicos

Los recursos tecnológicos son el conjunto de herramientas, dispositivos y programas que se usaron para construir el sistema (Gauto, 2023). Se dividen en hardware (componentes físicos) y software (programas y plataformas digitales).

Hardware

Los recursos tecnológicos son el conjunto de herramientas, dispositivos y programas que se usaron para construir el sistema. Se dividen en hardware (componentes físicos) y software (programas y plataformas digitales) (Gauto, 2023).

Hardware	Especificación
Laptop	Windows 10 o superior, 8 GB de RAM, procesador Intel Core i5 o superior. Usada para el desarrollo del código y el alojamiento del servidor local.
Teléfono Android	Android 7.0 (API 24) o superior, conexión WiFi o datos móviles. Dispositivo donde se instala y prueba la aplicación móvil.
Microcontrolador ESP32	Procesador de doble núcleo con WiFi integrado. Encargado de leer los sensores, enviar los datos al servidor y controlar el relay de la válvula.
Sensor de turbidez SEN0189	Sensor de la marca DFRobot que mide la cantidad de partículas en el agua. Conectado al pin GPIO 34 del ESP32, voltaje de operación 5V.

Hardware	Especificación
Sensor de pH (simulado)	Representado con un botón físico conectado al GPIO 4 y dos LEDs (GPIO 25 rojo, GPIO 19 verde) que simulan los estados ácido y neutro del agua.
Válvula solenoide 12V	La válvula eléctrica se abre o se cierra según la señal que recibe del relay, y permite cortar el paso del agua de forma automática cuando se detectan valores fuera de rango.
Módulo relay 5V	Permite al ESP32 (que trabaja a 3.3V) controlar el circuito de 12V que alimenta la válvula solenoide, actuando como un interruptor electrónico.
Fuente de poder 12V 2A	Alimenta la válvula solenoide y el módulo relay con el voltaje y la corriente necesarios para su correcto funcionamiento.
Protoboard y cables jumpers	Utilizados para armar el circuito de pruebas sin necesidad de soldadura, facilitando la conexión entre todos los componentes.
Llave manual	Válvula manual instalada antes del medidor para que el usuario pueda desviar el agua con sedimentos hacia una salida de desahogo.

Tabla 5 Recursos tecnológicos hardware

Software

El software comprende todas las plataformas y herramientas digitales utilizadas para programar, gestionar y comunicar los distintos componentes del sistema (Márquez y Márquez, 2018).

Software	Especificación
Android Studio	Entorno de desarrollo integrado (IDE) que se usó para crear la app móvil de Android con Java.
WampServer	Servidor local que incluye Apache, PHP y MySQL, usado para alojar la API del sistema mientras se hacía el desarrollo y las pruebas.
MySQL	Sistema de gestión de base de datos relacional donde se guarda toda la información del sistema usuarios, medidores, sensores, mediciones, válvulas y alertas.
PHP 8.x	Lenguaje de programación del lado del servidor. Los archivos PHP funcionan como intermediarios entre la app de Android y la base de datos.
Java	Lenguaje que se usó para programar toda la lógica de la app de Android.

Software	Especificación
Arduino IDE 2.x	Entorno de desarrollo para programar el microcontrolador ESP32 con C++.
C++	Lenguaje que se usa en el ESP32 para leer el sensor de turbidez, controlar el relay y mandar los datos al servidor.
Ngrok	Herramienta que crea un túnel HTTPS seguro entre el servidor local y el internet, creando una URL pública que se puede usar desde cualquier red.
Firebase Cloud Messaging	Servicio de Google que permite mandar notificaciones push al celular del usuario, incluso cuando la app está completamente cerrada.
Volley	Librería de Android que facilita el manejo de peticiones HTTP hacia el servidor PHP, procesando las respuestas en formato JSON.
ArduinoJson	Librería para el ESP32 que ayuda a crear y leer objetos en formato JSON, usada para empaquetar y desempaquetar los datos que se envían al servidor.

Tabla 6 Recursos tecnológicos software

4.3.3 Económicos

Para armar el prototipo fue necesario comprar algunos componentes físicos. La laptop y el teléfono ya se tenían, así que esos no representaron un gasto adicional para el proyecto.

Cantidad	Concepto	C/U	Subtotal
1	Laptop (disponible)	\$500.00	\$500.00
1	Teléfono Android (disponible)	\$140.00	\$140.00
1	Microcontrolador ESP32 38 pines	\$10.03	\$10.03
1	Sensor de turbidez DFRobot SEN0189	\$20.00	\$20.00
1	Válvula solenoide 12V DC	\$9.98	\$9.98
1	Fuente de poder 12V 2A	\$3.54	\$3.54
1	Módulo relay 5V	\$2.00	\$2.00
1	Protoboard	\$6.00	\$6.00
1	Cables jumpers	\$6.00	\$6.00
3	Resistencias	\$0.33	\$0.99
3	Diodos led	\$0.30	\$0.90
1	Pulsador de botón	\$1.50	\$1.50
1	Terminales / Autofundente	\$1.00	\$1.00

Cantidad	Concepto	C/U	Subtotal
1	Cable USB	\$6.50	\$6.50
1	Llave manual (disponible)	\$5.00	\$ 5.00
1	Servicio de internet	\$25.00	\$ 25.00
Total			\$ 738.44

Tabla 7 Recursos económicos

4.4 Desarrollo

El desarrollo del sistema MonAgua se llevó a cabo siguiendo la metodología ágil XP (Extreme Programming), la cual organiza el trabajo en iteraciones cortas y permite adaptarse a los cambios que van surgiendo durante el proceso. Esta metodología fue seleccionada porque el proyecto involucra componentes de hardware y software que se desarrollaron de forma paralela y que requirieron ajustes constantes a medida que se avanzaba.

La metodología XP se estructura en cinco fases principales: análisis de requisitos, diseño, desarrollo, verificación y pruebas, e implementación. Cada fase generó entregables concretos que se fueron integrando progresivamente hasta llegar al prototipo funcional que se describe en este capítulo.

4.4.1 Historia de usuarios

En la metodología XP las historias de usuario son la forma en que se recogen los requerimientos del sistema. En lugar de documentos formales, se describen las funcionalidades desde la perspectiva de quien va a usar el sistema, de manera simple y directa.

HU	Como...	Quiero...	Para...
HU01	Usuario residente	Ver los valores actuales de ph y turbidez del agua de mi vivienda	Saber si el agua es apta para el consumo en tiempo real
HU02	Usuario residente	Recibir una notificación en mi celular cuando el agua esté contaminada	Tomar acciones preventivas, aunque no tenga la app abierta
HU03	Usuario residente	Consultar el historial de mediciones y buscar por fecha	Revisar cómo ha variado la calidad del agua en días anteriores
HU04	Administrador	Ver el estado de todos los medidores desde un solo panel	Supervisar el sistema completo sin revisar cada medidor por separado

HU	Como...	Quiero...	Para...
HU05	Administrador	Abrir o cerrar la válvula de cualquier medidor manualmente	Intervenir cuando el sistema automático requiera supervisión
HU06	Administrador	Recibir y resolver alertas del sistema	Llevar un registro de los incidentes de calidad del agua
HU07	Administrador	Gestionar los usuarios del sistema	Dar acceso a nuevos residentes y desactivar cuentas cuando sea necesario
HU08	Sistema (ESP32)	Enviar las mediciones de turbidez al servidor automáticamente cada diez segundos	Mantener la base de datos actualizada sin intervención humana
HU09	Sistema (ESP32)	Cerrar la válvula automáticamente cuando la turbidez supere los 10 NTU	Proteger a los usuarios de consumir agua contaminada sin esperar acción manual
HU10	Sistema (servidor)	Enviar notificaciones push al usuario afectado cuando haya una alerta	Garantizar que el usuario sea informado de forma inmediata sin depender de que tenga la app abierta

Tabla 8 Historias de usuario

4.4.2 Iteraciones del proyecto

El desarrollo se organizó en siete iteraciones, cada una con objetivos claros y entregables verificables. Al final de cada iteración se revisaba el funcionamiento de lo desarrollado antes de pasar a la siguiente.

Iteración	Funcionalidades desarrolladas	Duración
Iteración 1	Diseño de la base de datos MySQL con sus doce tablas, archivo conexion.php y autenticación de usuarios con bcrypt mediante login.php.	1 semana
Iteración 2	Pantalla principal del usuario (Mi Medidor), visualización de pH y turbidez en tiempo real, control manual de válvula desde la app.	1 semana

Iteración 3	Panel del administrador con resumen general, gestión de medidores, resolución de alertas, historial de lecturas con filtros por tipo de sensor.	1 semana
Iteración 4	Programación del ESP32: lectura en tiempo real de la turbidez con el sensor SEN0189, simulación del pH con botón físico e interrupción, envío de datos al servidor cada diez segundos.	1 semana
Iteración 5	Integración de ngrok para acceso remoto al servidor desde cualquier red, corrección de todas las peticiones HTTP para incluir el encabezado de autenticación requerido por ngrok.	3 días
Iteración 6	Notificaciones push con Firebase Cloud Messaging, pantalla de bienvenida (splash), cierre de sesión automático por inactividad, actualización deslizando hacia abajo (pull-to-refresh).	1 semana
Iteración 7	Búsqueda de mediciones por fecha en el historial, corrección del bug de actualización del estado de la válvula en la app, polling automático cada quince segundos en la pantalla del administrador.	3 días

Tabla 9 Iteraciones de la metodología XP

4.4.3 Fase I – Análisis de requisitos

4.4.3.1 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales describen las acciones concretas que el sistema debe ser capaz de realizar. Fueron definidos a partir de las necesidades identificadas en el sector La Raíz y de las historias de usuario recopiladas.

Nº	Requerimiento	Descripción
RF01	Registro de usuarios	El sistema permite registrar usuarios residentes con sus datos básicos (nombre, correo, contraseña) y asignarles un medidor.
RF02	Inicio de sesión	El sistema valida las credenciales por medio de correo y contraseña cifrada con bcrypt, y redirige al panel que le corresponde según el rol del usuario.

Nº	Requerimiento	Descripción
RF03	Visualizar mediciones	El usuario puede ver en tiempo real los valores de pH y turbidez de su medidor, con actualización automática cada quince segundos.
RF04	Historial de lecturas	El sistema guarda y muestra el historial de mediciones, con filtros por tipo de sensor (pH o turbidez) y por fecha específica.
RF05	Alertas automáticas	El sistema genera una alerta en la base de datos cuando un sensor detecta un valor fuera del rango permitido.
RF06	Control de válvula	El administrador puede abrir o cerrar la válvula solenoide de cualquier medidor de forma manual desde la aplicación.
RF07	Cierre automático de válvula	La válvula se cierra automáticamente cuando la turbidez pasa los 10 NTU, sin que haga falta intervención humana.
RF08	Notificaciones push	El sistema manda notificaciones push al celular del usuario afectado cuando se genera una alerta, incluso si tiene la aplicación cerrada.
RF09	Panel administrador	El administrador cuenta con un panel que muestra el resumen general del sistema: total de medidores, alertas activas y válvulas cerradas.
RF10	Gestión de medidores	El administrador puede consultar el estado detallado de cada medidor, incluyendo los valores de pH, turbidez y el historial de la válvula.

Tabla 10 Requerimientos funcionales

4.4.3.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales definen las características de calidad que debe tener el sistema, es decir, cómo debe comportarse más allá de las funciones específicas que realiza.

Nº	Requerimiento	Descripción
RNF01	Rendimiento	El sistema debe mostrar los datos actualizados en la pantalla en un tiempo no mayor a veinte segundos desde que el ESP32 envía la lectura.

RNF02	Disponibilidad	El servidor debe estar accesible en todo momento mediante la URL pública generada por ngrok, sin depender de la red local.
RNF03	Seguridad	Las contraseñas se almacenan cifradas con bcrypt. La comunicación entre la app y el servidor usa HTTPS.
RNF04	Usabilidad	La interfaz usa un sistema de colores tipo semáforo (verde, naranja, rojo) que le permite al usuario entender el estado del agua de un solo vistazo, sin necesitar conocimientos técnicos.
RNF05	Compatibilidad	La aplicación debe funcionar bien en dispositivos con Android 7.0 (API 24) en adelante.
RNF06	Escalabilidad	La base de datos está pensada para soportar nuevos medidores y sensores sin necesidad de cambiar su estructura principal.

Tabla 11 Requerimientos no funcionales

4.4.3.3 Requerimientos de hardware y software

Para que la aplicación funcione correctamente en el dispositivo del usuario, este debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos de hardware y software.

Componente	Requisito mínimo
Sistema operativo	Android 7.0 (API nivel 24) o versión superior.
Procesador	1.4 GHz o superior.
Memoria RAM	2 GB como mínimo para un funcionamiento fluido de la aplicación.
Almacenamiento	100 MB de espacio libre para la instalación de la aplicación.
Conectividad	Conexión a internet mediante WiFi o datos móviles para comunicarse con el servidor.
Servidor	Servidor PHP y MySQL accesible mediante URL publica HTTPS (WampServer + ngrok durante el desarrollo).

Tabla 12 Requerimientos mínimos del dispositivo

4.4.3.4 Tipos y roles de usuarios

La aplicación maneja dos tipos de usuarios cada uno con acceso y funciones diferentes según su rol. Esta separación de roles garantiza que cada persona vea únicamente la información que le corresponde y pueda realizar las acciones que le competen.

Rol	Requerimiento	Descripción
Administrador	Personal técnico encargado de supervisar el sistema completo y gestionar medidores, usuarios, válvulas y reportes.	Acceso total al sistema. Puede ver todos los medidores, abrir y cerrar válvulas manualmente, resolver alertas, registrar nuevos usuarios residentes y generar reportes del sistema.
Usuario residente	Habitante de la vivienda donde está instalado el medidor. Usa la app para estar informado sobre la calidad del agua en su hogar.	Acceso restringido a los datos de su propio medidor: valores de pH y turbidez, estado de la válvula, historial de lecturas y notificaciones de alerta recibidas.

Tabla 13 Tipos y roles de usuarios

4.4.4 Fase II – Diseño

4.4.4.1 Diagramas UML

Los diagramas UML (Lenguaje Unificado de Modelado) son una herramienta estándar para representar de forma gráfica la estructura y el comportamiento de un sistema de software. En este proyecto se elaboraron diagramas de caso de uso, de clases, de secuencia, de estado y de entidad-relación, los cuales se describen a continuación.

4.4.4.1.1 Diagramas de Caso de Uso

Los diagramas de caso de uso muestran qué puede hacer cada actor (administrador o usuario) dentro del sistema y cómo interactúa con las funciones disponibles.

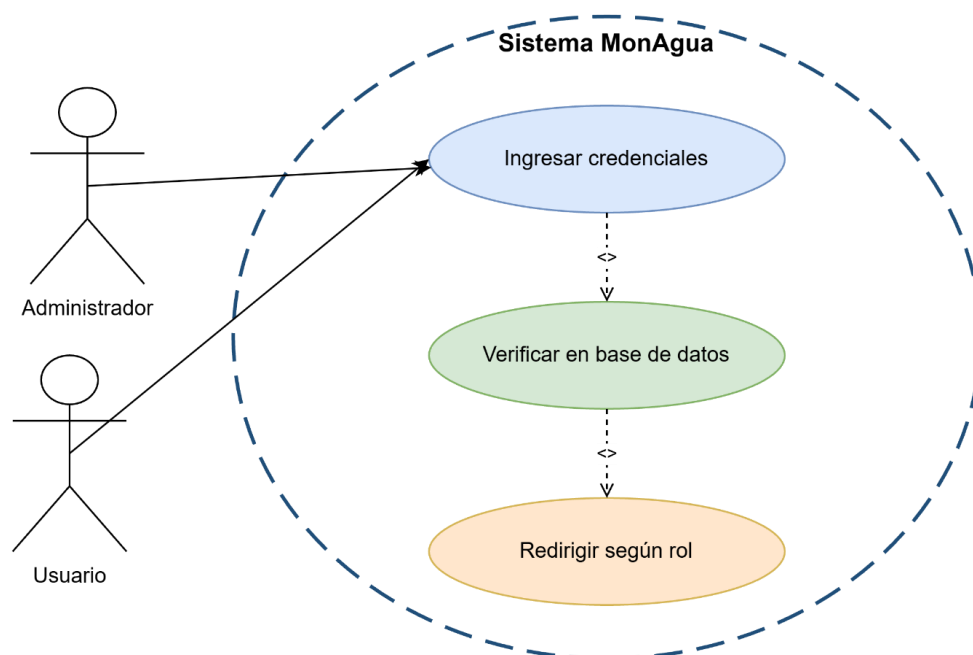


Ilustración 6 Caso de uso - Iniciar sesión

Este diagrama representa el proceso de autenticación del sistema. Tanto el administrador como el usuario residente ingresan su correo electrónico y contraseña. El sistema verifica las credenciales contra la base de datos usando bcrypt, y si son correctas redirige al panel correspondiente según el rol asignado. Si las credenciales son incorrectas, muestra un mensaje de error.

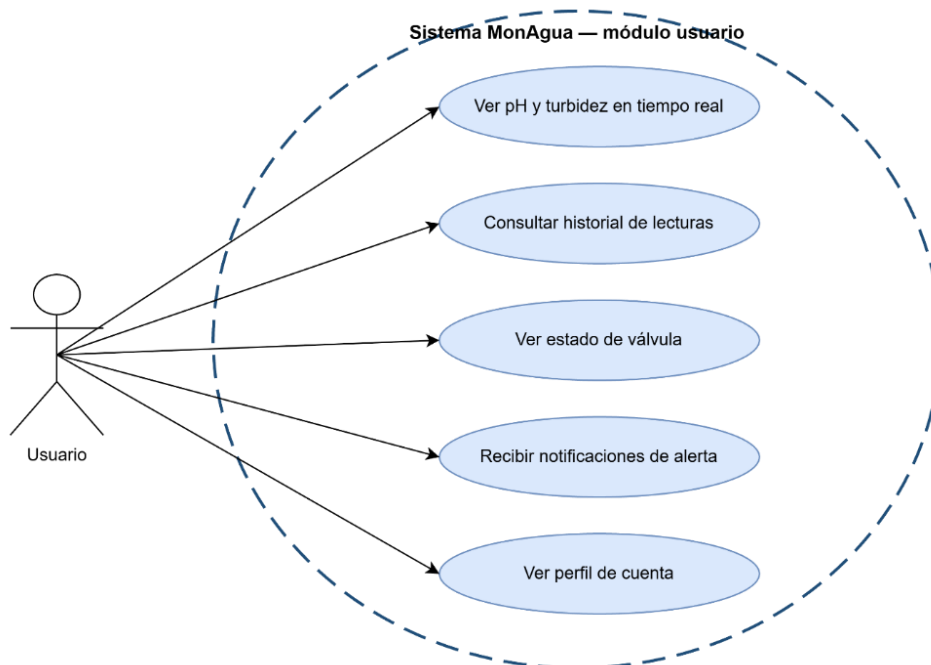


Ilustración 7 Caso de uso - Monitorear medidor (usuario)

Este diagrama describe las acciones que puede realizar el usuario residente una vez que ha iniciado sesión. Puede ver los valores actuales de pH y turbidez de su medidor, consultar el historial de lecturas con filtros por sensor y por fecha, ver el estado de la válvula automática instalada en su vivienda y recibir notificaciones de alerta cuando el agua presenta parámetros fuera del rango permitido.

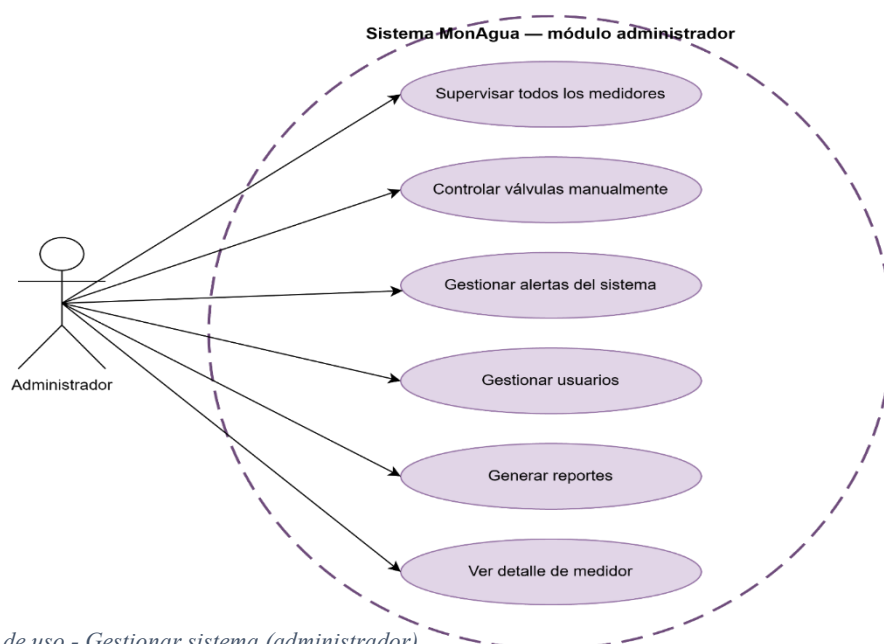


Ilustración 8 Caso de uso - Gestionar sistema (administrador)

Este diagrama muestra las acciones disponibles para el administrador del sistema. Puede supervisar el estado de todos los medidores instalados en el sector La Raíz desde un solo panel, abrir o cerrar las válvulas de forma manual, gestionar las alertas activas marcándolas como resueltas, registrar y administrar los usuarios del sistema y acceder al historial detallado de cada medidor.

4.4.4.1.2 Diagrama de Clases

El diagrama de clases muestra la estructura interna de la aplicación Android. Las clases principales son: MainActivity que gestiona el inicio de sesión, MedidorActivity que es la pantalla principal del usuario con los valores actuales, PhActivity y TurbidezActivity que muestran el detalle de cada sensor, HistorialActivity con la búsqueda por fecha, AdminHomeActivity para el panel del administrador, y ConexionHelper que centraliza todas las URLs del servidor, la gestión de la sesión guardada en el dispositivo y el método de petición HTTP con los encabezados necesarios para ngrok.

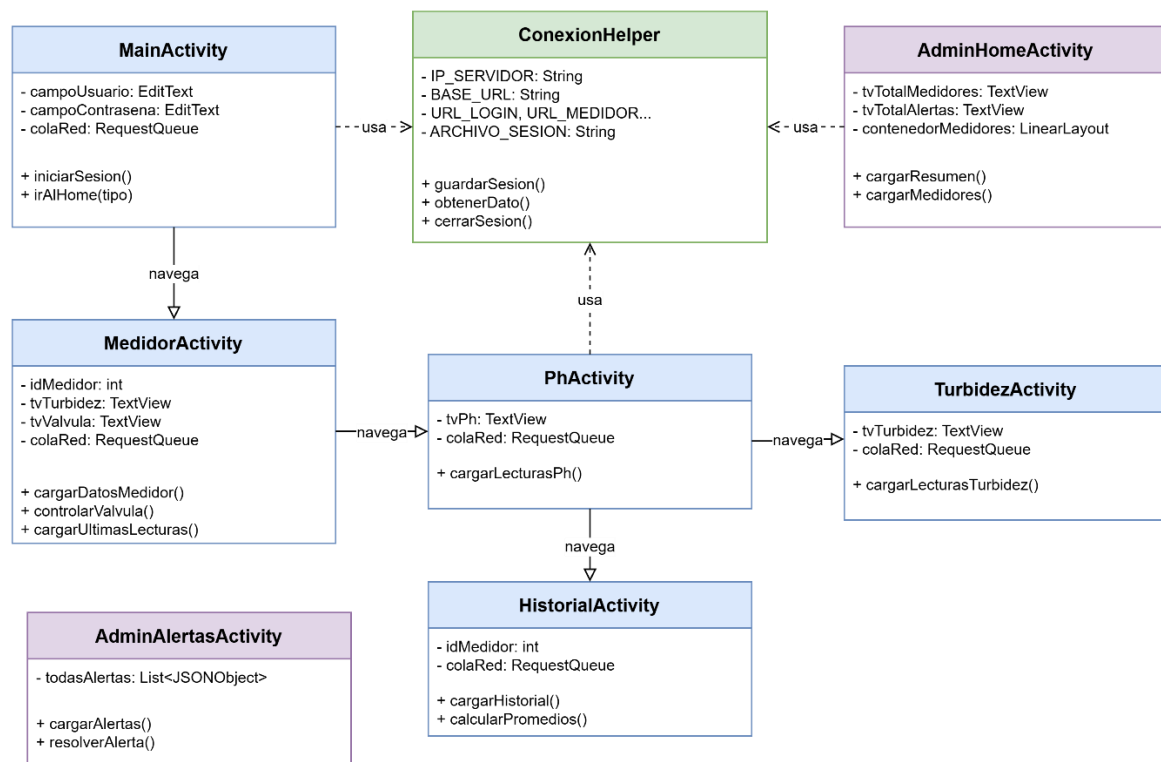


Ilustración 9 Diagrama de clases de la aplicación Android

El diagrama de clases muestra la estructura interna de la aplicación Android. Las clases principales son: MainActivity que gestiona el inicio de sesión, MedidorActivity que es la pantalla principal del usuario con los valores actuales, PhActivity y TurbidezActivity que muestran el detalle de cada sensor, HistorialActivity con la búsqueda por fecha, AdminHomeActivity para el panel del administrador, y ConexionHelper que centraliza todas las URLs del servidor, la gestión de la sesión guardada en el dispositivo y el método de petición HTTP con los encabezados necesarios para ngrok.

4.4.4.1.3 Diagrama de Flujo de Datos

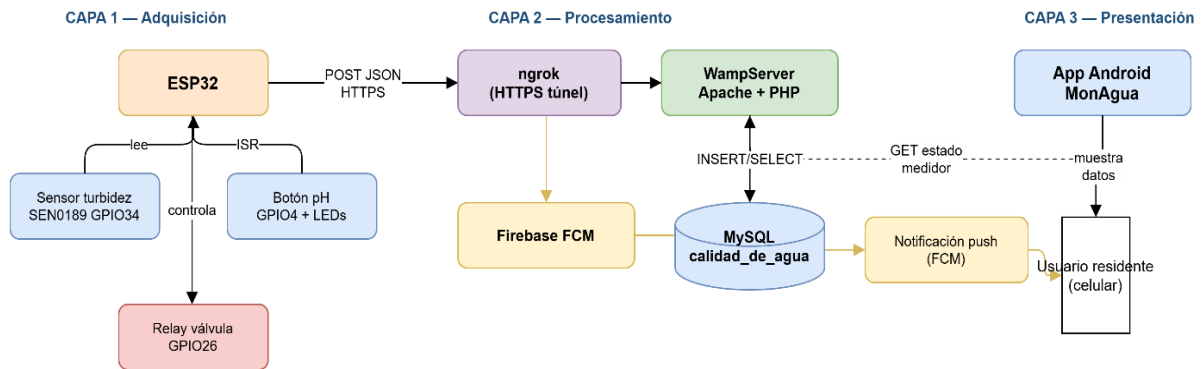


Ilustración 10 Diagrama de flujo de datos del sistema MonAgua

Este diagrama muestra cómo viaja la información desde los sensores físicos hasta la aplicación móvil del usuario. El ESP32 lee el sensor de turbidez y obtiene el valor de pH según el estado del botón físico, empaqueta los datos en formato JSON y los envía al servidor mediante HTTPS a través del túnel ngrok. El servidor PHP valida los datos, los almacena en MySQL y, si detecta un valor fuera de rango, crea una alerta y envía una notificación push al usuario vía Firebase. La aplicación consulta el servidor de forma periódica y actualiza la pantalla con los valores más recientes.

4.4.4.1.4 Diagramas de Secuencia

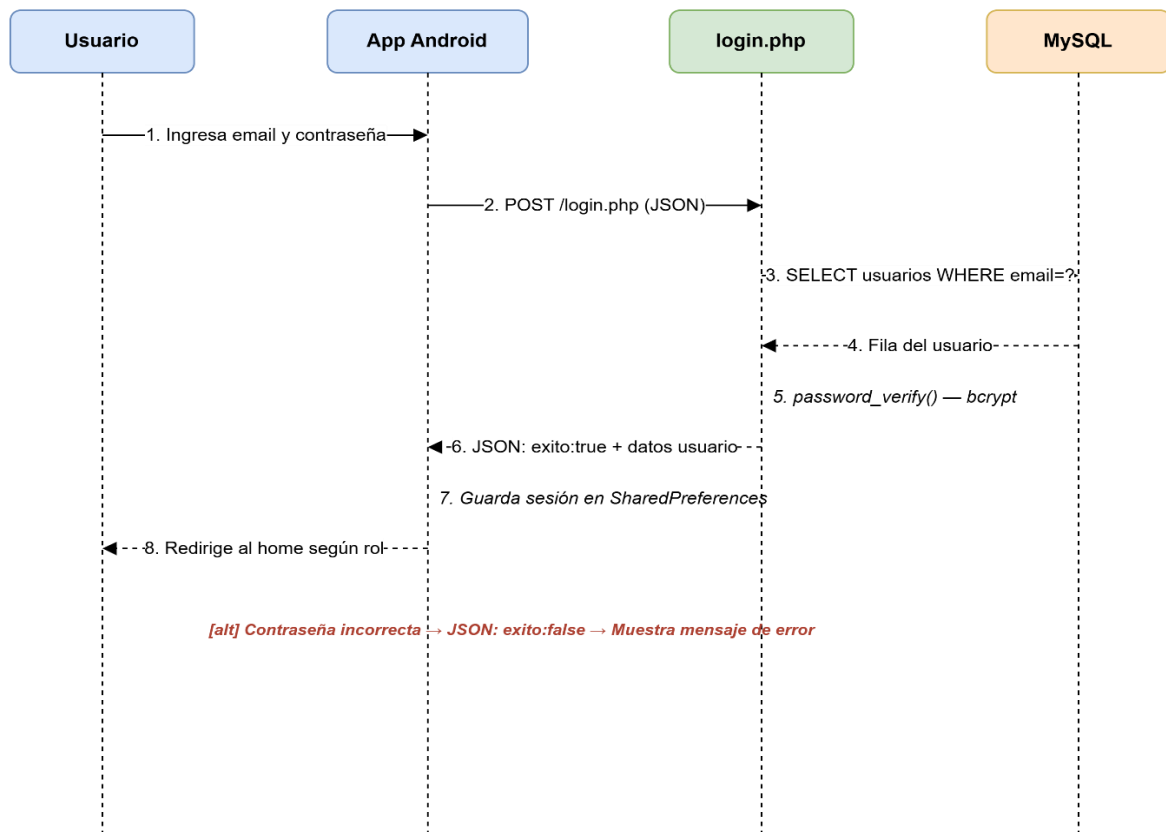


Ilustración 11 Diagrama de secuencia - Inicio de sesión

El diagrama muestra la secuencia de pasos que ocurren cuando un usuario intenta iniciar sesión. El usuario escribe su correo y contraseña en la app, que envía una petición POST al servidor con esos datos en formato JSON. El archivo login.php consulta la tabla usuarios de MySQL, verifica la contraseña usando la función password verify () con el hash bcrypt almacenado y, si la autenticación es correcta, devuelve los datos del usuario incluyendo su rol e id_medidor. La app guarda la sesión en SharedPreferences y redirige al panel correspondiente. También registra el token de notificaciones FCM del dispositivo para el envío de alertas futuras.

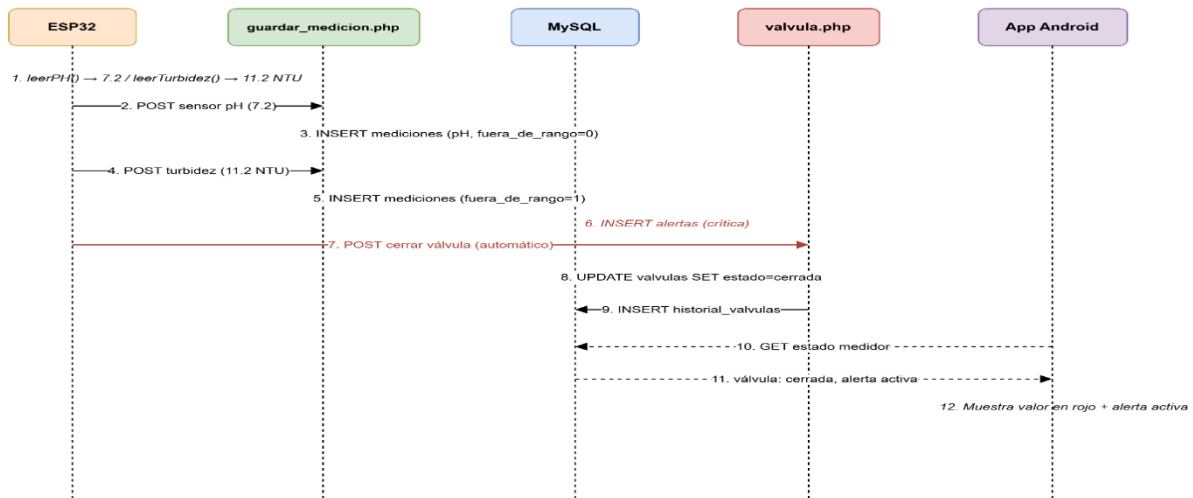


Ilustración 12 Diagrama de secuencia - Lectura de sensores y envío de datos

Este diagrama describe el flujo de datos desde los sensores hasta la base de datos. El ESP32 lee el valor analógico del sensor de turbidez SEN0189 diez veces y promedia el resultado para reducir el ruido de la señal. Convierte el valor a NTU usando la ecuación de calibración del sensor y determina el valor de pH según el estado del botón físico. Envía ambas lecturas al servidor mediante peticiones POST separadas al archivo guardar_medicion.php. El PHP inserta los valores en la tabla mediciones y, si alguno está fuera de rango, crea una alerta automática en la tabla alertas y notifica al usuario mediante FCM.

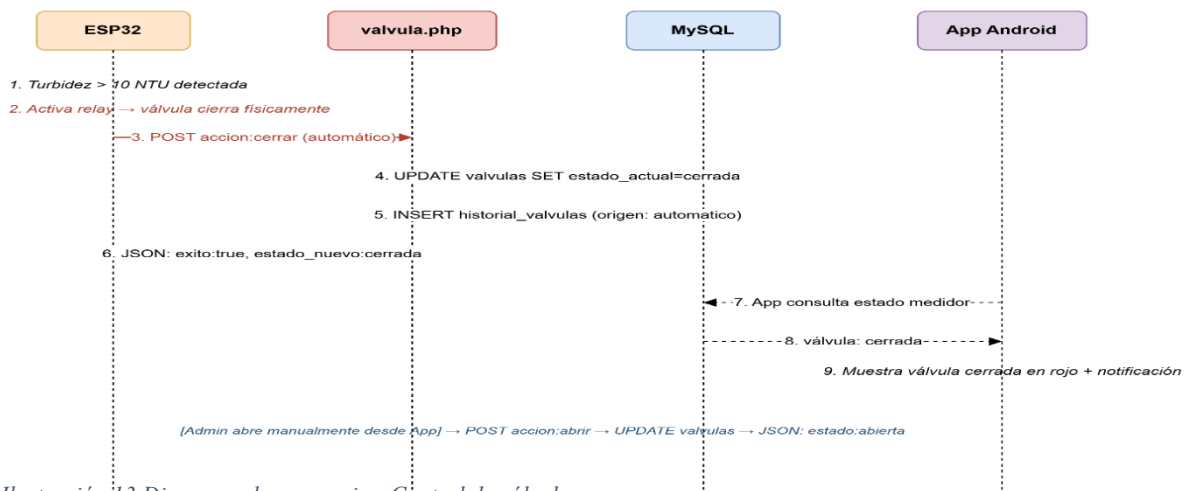


Ilustración 13 Diagrama de secuencia - Control de válvula

Este diagrama muestra la secuencia del control automático de la válvula. Cuando el ESP32 detecta que la turbidez supera los 10 NTU, activa el GPIO 26 y el relay corta la corriente que alimenta la válvula solenoide, cerrándola físicamente. Enseguida le avisa al servidor enviando una petición al archivo valvula.php con la acción auto_cerrar. El servidor actualiza el estado de la válvula en la base de datos, guarda el evento en el historial con el origen automatico_esp32 y registra la alerta. En el siguiente ciclo de actualización, la app detecta el cambio y muestra la válvula como cerrada en la pantalla.

4.4.4.1.5 Diagramas de Estado

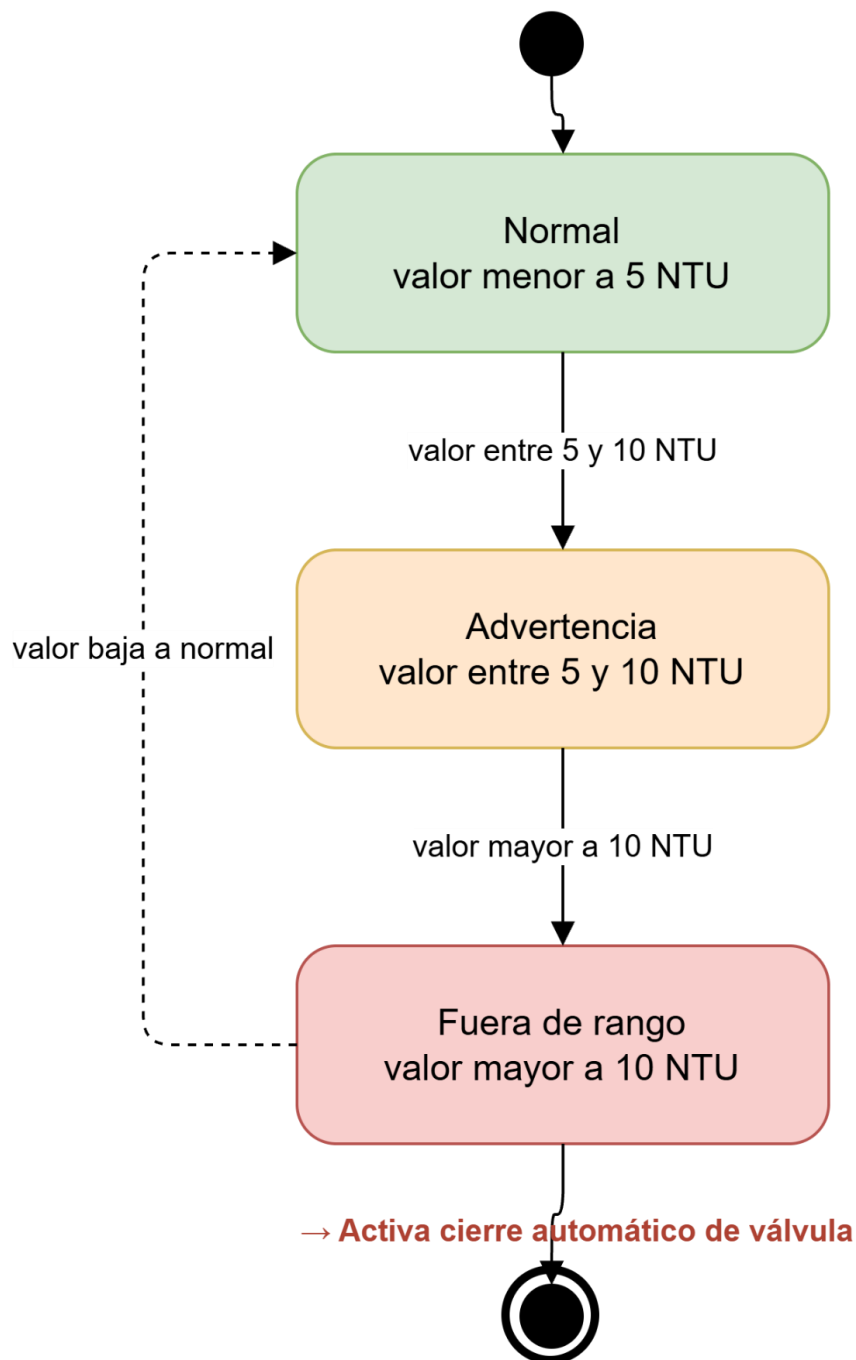


Ilustración 14 Diagrama de estado - Sensor de turbidez

El sensor de turbidez puede encontrarse en tres estados distintos: Normal cuando el valor medido es menor a 5 NTU, Advertencia cuando el valor está entre 5 y 10 NTU, y Fuera de rango cuando supera los 10 NTU. La transición al estado Normal se muestra en color verde en la aplicación, la Advertencia en naranja y el estado Fuera de rango en rojo. Cuando la turbidez supera los 10 NTU, se desencadena el cierre automático de la válvula solenoide y se genera una alerta en el sistema.

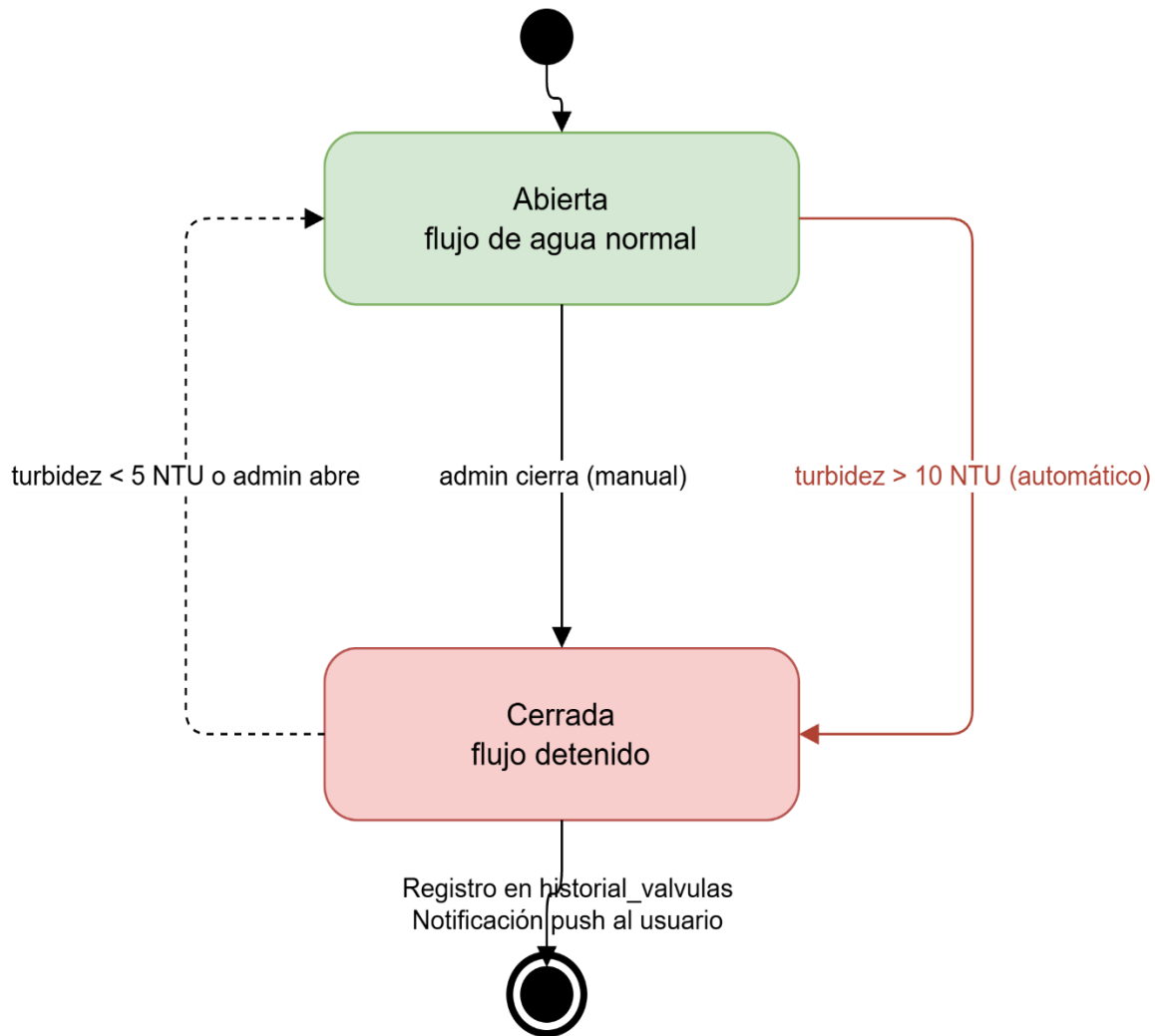


Ilustración 15 Diagrama de estado - Válvula solenoide

La válvula solenoide puede estar en dos estados: Abierta, cuando el flujo de agua pasa normalmente, y Cerrada, cuando el flujo está detenido. La transición de Abierta a Cerrada puede ocurrir de dos formas: automáticamente, cuando el ESP32 detecta turbidez mayor a 10 NTU y activa el relay; o manualmente, cuando el administrador cambia el estado desde la aplicación. La transición de Cerrada a Abierta ocurre cuando el administrador abre la válvula manualmente o cuando los valores de turbidez vuelven al rango normal. Cada cambio de estado queda registrado en la tabla `historial_valvulas`.

4.4.4.1.6 Diagrama de Secuencia — Notificaciones Push con Firebase

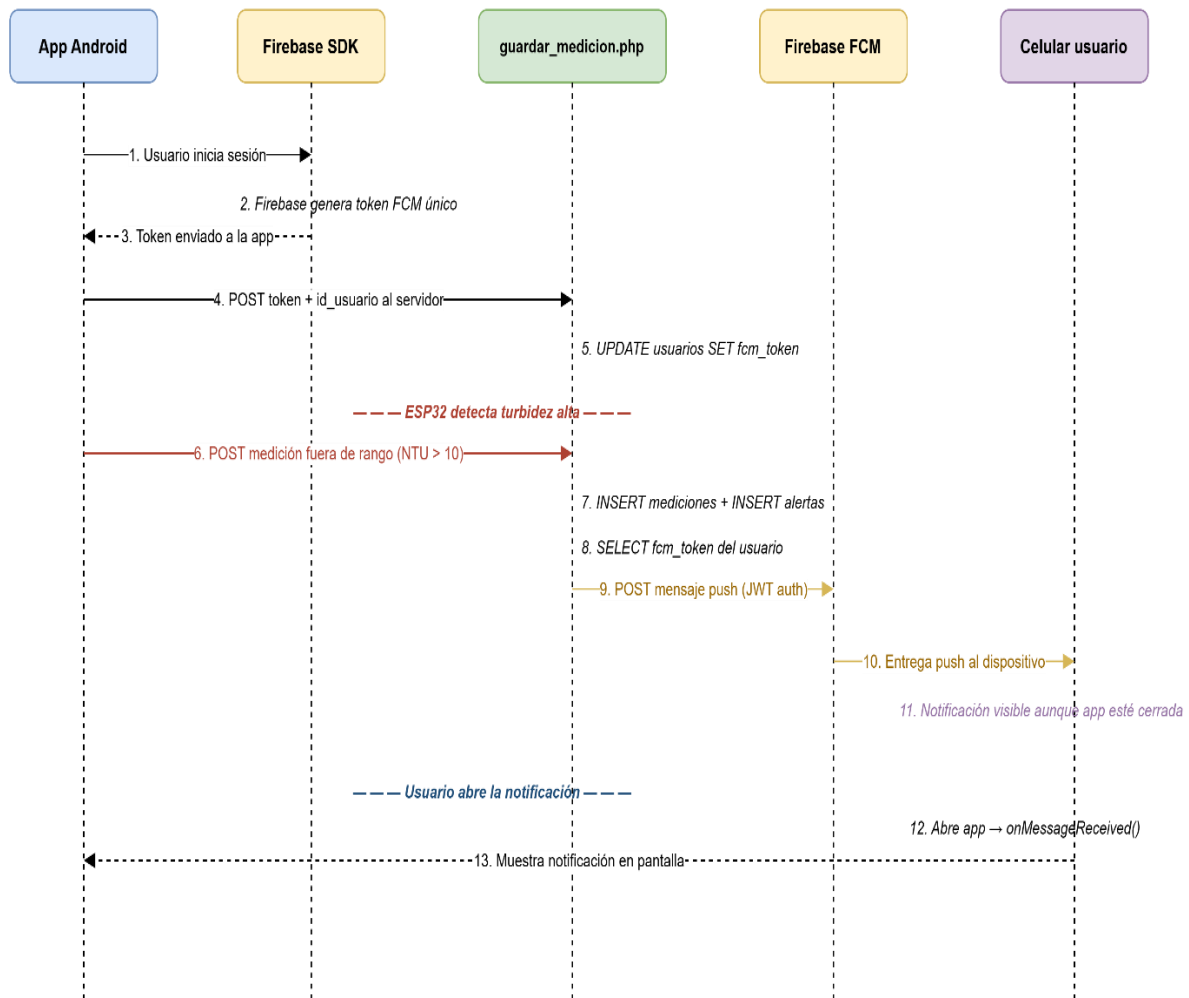


Ilustración 16 Diagrama de secuencia - Flujo de notificaciones push con Firebase Cloud Messaging

Este diagrama explica cómo funciona el sistema de notificaciones push. Cuando el usuario instala la aplicación e inicia sesión por primera vez, el SDK de Firebase genera un token único para ese dispositivo. La aplicación manda ese token al servidor y se guarda en la columna `fcm_token` de la tabla `usuarios`. Cuando llega una medición fuera de rango, el servidor busca el token del celular del usuario dueño de ese medidor y le manda la notificación por Firebase Cloud Messaging, autenticándose con las credenciales de la cuenta de servicio. Firebase se encarga de entregar el mensaje al dispositivo, y el usuario lo ve en la barra de notificaciones de su celular sin importar si tiene la app abierta o no.

4.4.4.1.7 Diagrama de Base de Datos

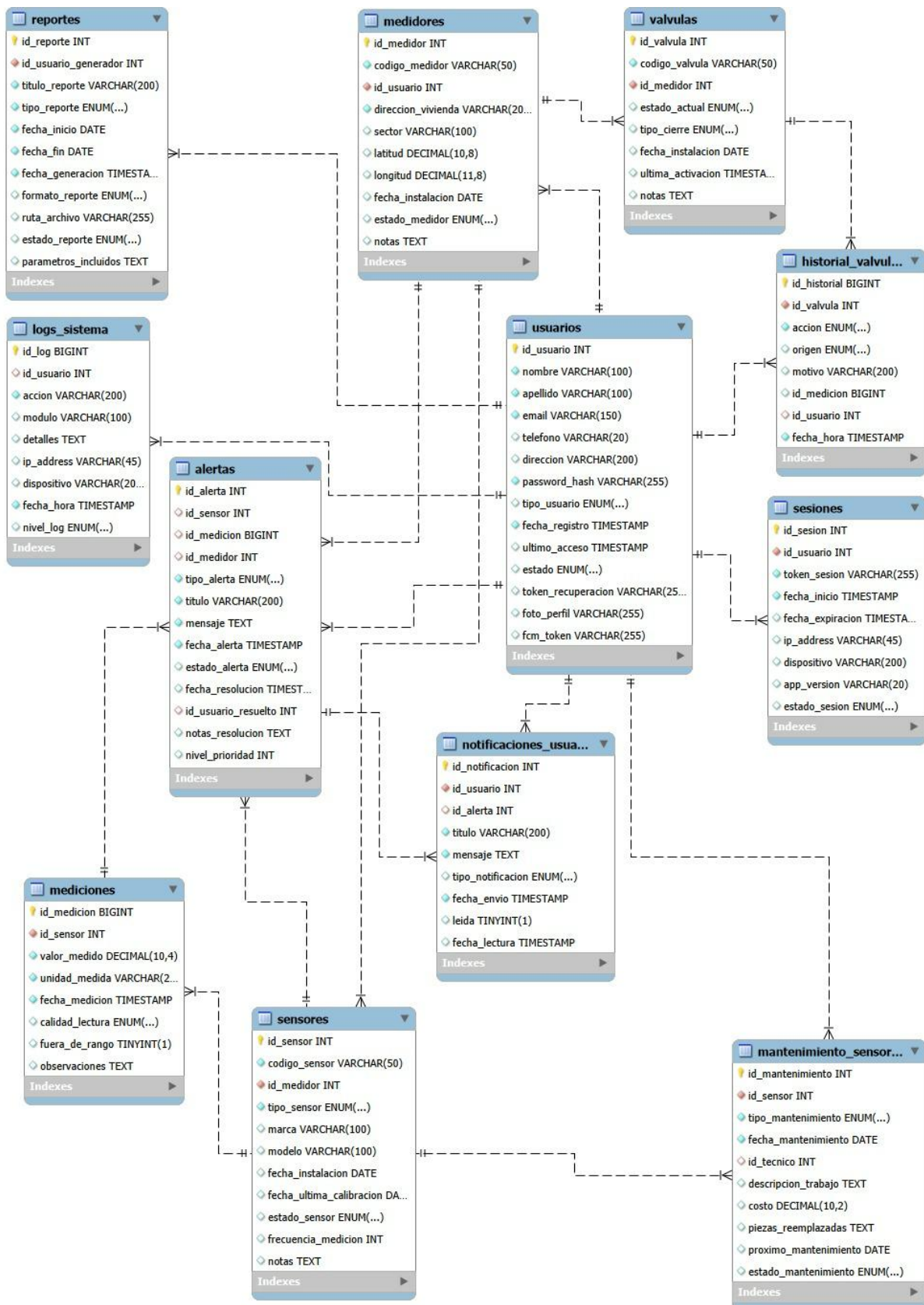


Ilustración 17 Diagrama entidad - relación de la base de datos calidad_de_agua

La base de datos calidad_de_agua contiene doce tablas relacionadas entre sí mediante claves foráneas. La tabla medidores es la entidad central: cada medidor pertenece a un usuario (tabla usuarios), tiene uno o más sensores asociados (tabla sensores), tiene una válvula solenoide asignada (tabla válvulas) y genera mediciones periódicas (tabla mediciones). Las alertas se generan a partir de las mediciones fuera de rango y se relacionan tanto con el sensor como con el medidor afectado. La tabla historial_valvulas registra cada apertura o cierre de la válvula con su origen (automático o manual). La tabla usuarios incluye el campo fcm_token para el envío de notificaciones push.

4.4.4.2 Diseño de la interfaz

La aplicación fue diseñada con un estilo visual oscuro inspirado en los paneles de monitoreo industrial, usando una paleta de colores que facilita la lectura de datos en cualquier condición de luz. El sistema de colores sigue la lógica de un semáforo, alineada con la normativa INEN 1108 para calidad del agua potable, de modo que el usuario puede interpretar el estado del agua de un vistazo sin necesitar ningún conocimiento técnico.

4.4.4.2.1 Paletas de colores

Se utilizaron los siguientes colores en la interfaz de la aplicación:

Color	Código hexadecimal	Significado y uso
Verde	#00E676	Valores dentro del rango óptimo: pH entre 6.5 y 8.5, turbidez menor a 5 NTU. El agua está apta para el consumo.
Naranja	#FF8A00	Valores en zona de precaución: pH entre 6.0-6.5 o 8.5-9.0, turbidez entre 5 y 10 NTU. El agua requiere atención.
Rojo	#FF5252	Valores fuera del rango permitido: pH menor a 6.0 o mayor a 9.0, turbidez mayor a 10 NTU. La válvula se cierra automáticamente.
Azul oscuro	#0B1E33	Fondo principal de todas las pantallas de la aplicación.
Azul medio	#112E4A	Fondo de tarjetas informativas, barra superior de navegación y menú inferior.

Color	Código hexadecimal	Significado y uso
Azul claro	#A0C4FF	Etiquetas de sensores, títulos de sección y textos secundarios informativos.
Blanco	#FFFFFF	Títulos principales, nombres de usuario y valores numéricos de las mediciones.

Tabla 14 Paleta de colores de la interfaz

Para representar el estado del sistema de forma visual, la aplicación usa puntos de colores en el menú inferior que indican la pantalla activa, un switch (interruptor) para el control de la válvula solenoide que se muestra en verde cuando está abierta y en rojo cuando está cerrada, y un ícono de lupa en las pantallas de historial que abre el selector de fecha para buscar mediciones de un día específico.

4.4.4.2.2 Diseño de pantallas – Usuario residente

A continuación, se describen las pantallas principales que forman parte de la experiencia del usuario residente dentro de la aplicación MonAgua:



Ilustración 18 Pantalla de bienvenida - Splash Screen

Al abrir la aplicación, el usuario ve una pantalla de bienvenida con el nombre del sistema durante dos segundos antes de llegar al inicio de sesión. Esta pantalla fue implementada para dar una primera impresión más profesional y dar tiempo a que los recursos de la app se carguen correctamente.

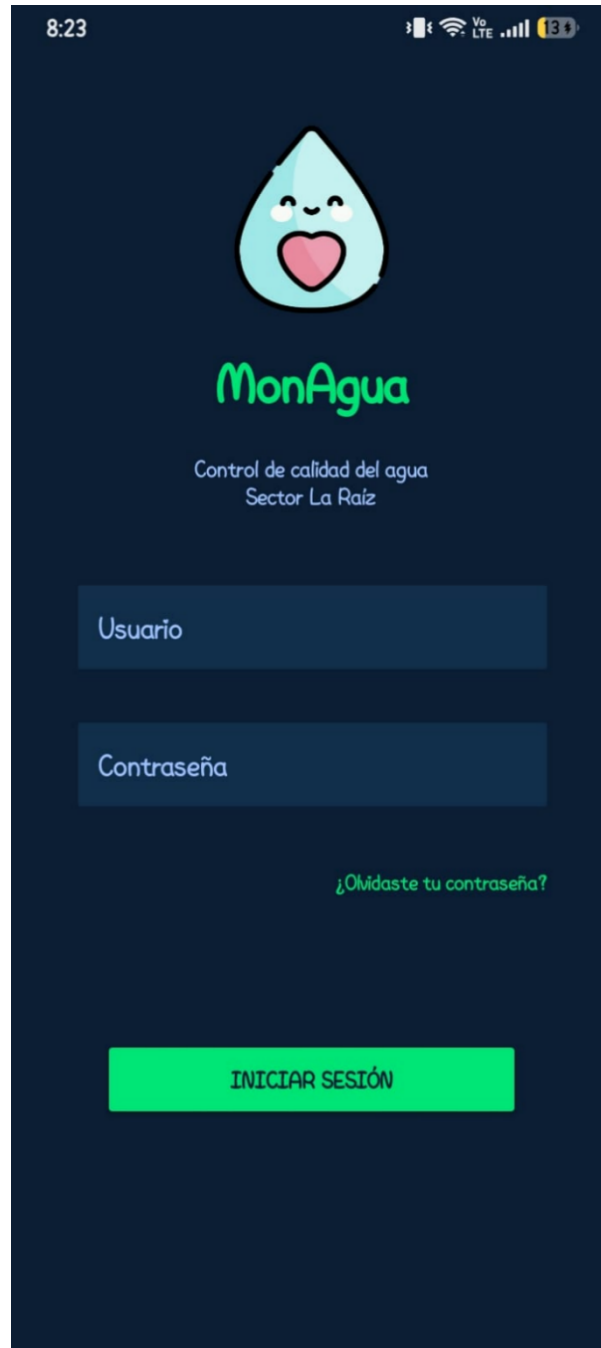


Ilustración 19 Pantalla de inicio de sesión - Login

La pantalla de inicio de sesión pide el correo electrónico y la contraseña del usuario. Al presionar el botón de ingresar, la aplicación manda las credenciales al servidor por medio de una petición HTTPS. Si son correctas, la app redirige al panel del rol que le corresponde y registra el token de notificaciones del dispositivo en la base de datos. Si son incorrectas, muestra un mensaje de error descriptivo.

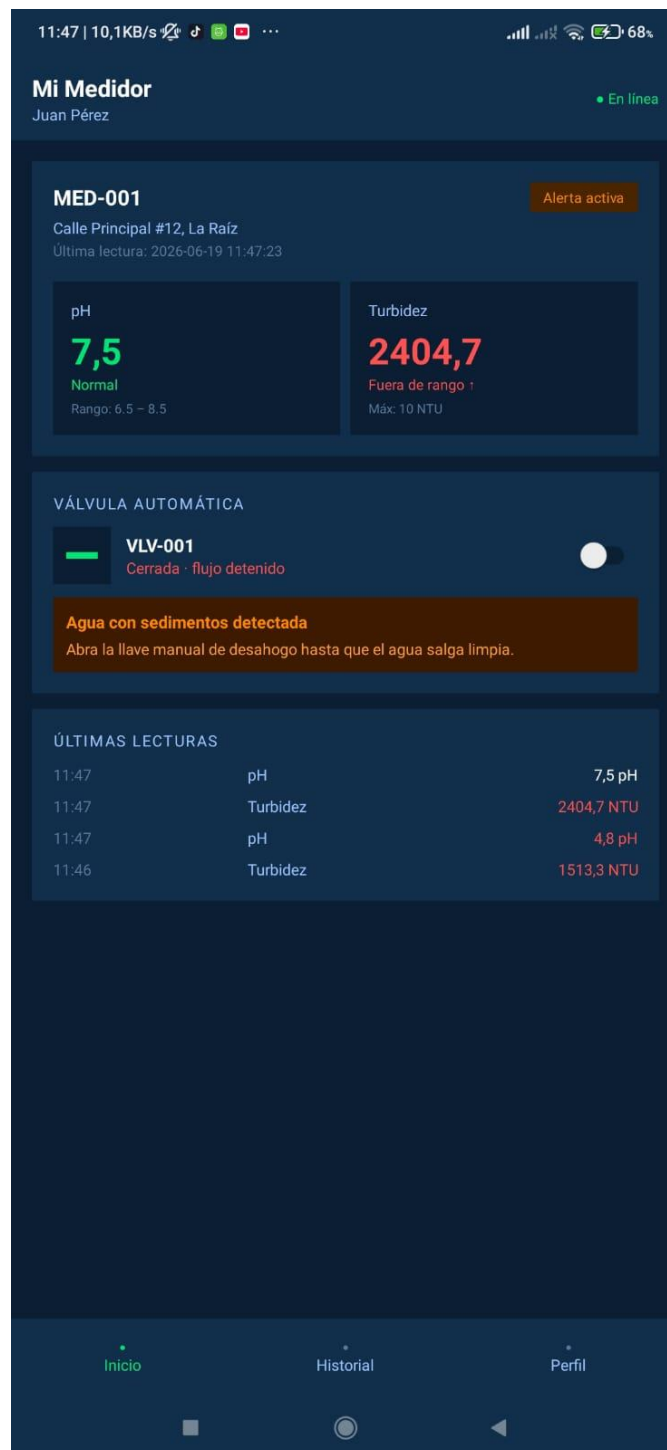


Ilustración 20 Pantalla principal del usuario - Mi Medidor

Esta es la pantalla más importante para el usuario residente. Muestra el código y la dirección del medidor asignado a su vivienda, el valor actual de pH y el de turbidez en tiempo real con su estado en el sistema de colores, el estado de la válvula automática (abierta o cerrada) y las últimas cuatro lecturas registradas. La pantalla se actualiza automáticamente cada quince segundos y también acepta la actualización manual deslizando hacia abajo (pull-to-refresh).



Ilustración 21 Pantalla de detalle del sensor de pH

Al tocar el valor de pH en la pantalla principal, el usuario accede a esta pantalla que muestra el valor actual en tamaño grande, el indicador de rango con los umbrales de referencia, la hora de la última lectura y el historial de las últimas mediciones de pH ordenadas de más reciente a más antigua.



Ilustración 22 Pantalla de detalle del sensor de turbidez

Esta pantalla es similar a la del pH pero para el sensor de turbidez. Muestra el valor en NTU en tamaño grande con su indicador de rango, la hora de la última lectura y el historial de lecturas. Cuando el valor supera los 10 NTU, aparece además un aviso en rojo que le indica al usuario que debe abrir la llave manual de desahogo para eliminar el agua con sedimentos antes de que llegue al consumo.



Ilustración 23 Pantalla de historial de lecturas con búsqueda por fecha

La pantalla de historial muestra por defecto las últimas diez mediciones registradas, con botones de filtro que permiten ver todas las lecturas, solo las de pH o solo las de turbidez. En la parte superior hay un ícono de lupa: al tocarlo se abre un selector de fecha que filtra las mediciones del día elegido. El promedio de pH y turbidez de las lecturas mostradas se calcula y se muestra en la parte superior de la lista.

Pantallas del administrador

Las pantallas del administrador le permiten tener una visión completa del sistema y tomar acciones sobre todos los medidores del sector

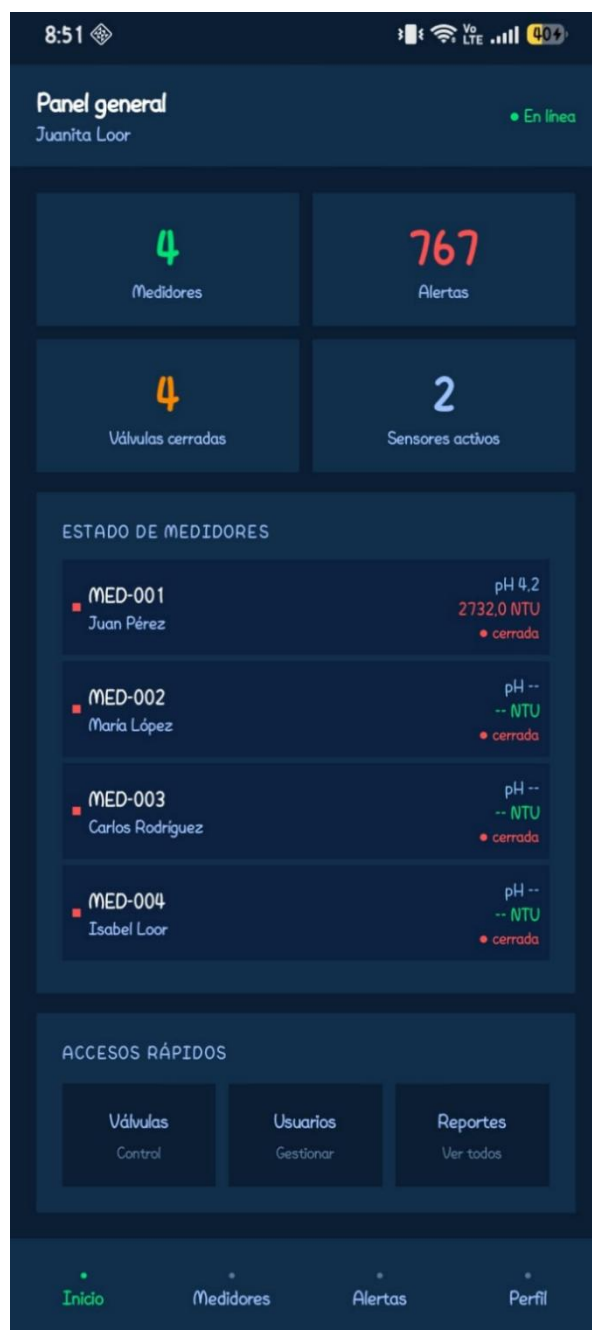


Ilustración 24 Panel general del administrador

El panel principal del administrador muestra cuatro indicadores en la parte superior: total de medidores activos, alertas activas, válvulas cerradas y sensores en línea. Debajo aparece la lista de todos los medidores instalados en el sector La Raíz, cada uno con su código, el nombre del residente, la dirección y los valores actuales de pH y turbidez con su indicador de estado. Al tocar cualquier medidor se accede a su pantalla de detalle. La lista también admite actualización manual deslizando hacia abajo.

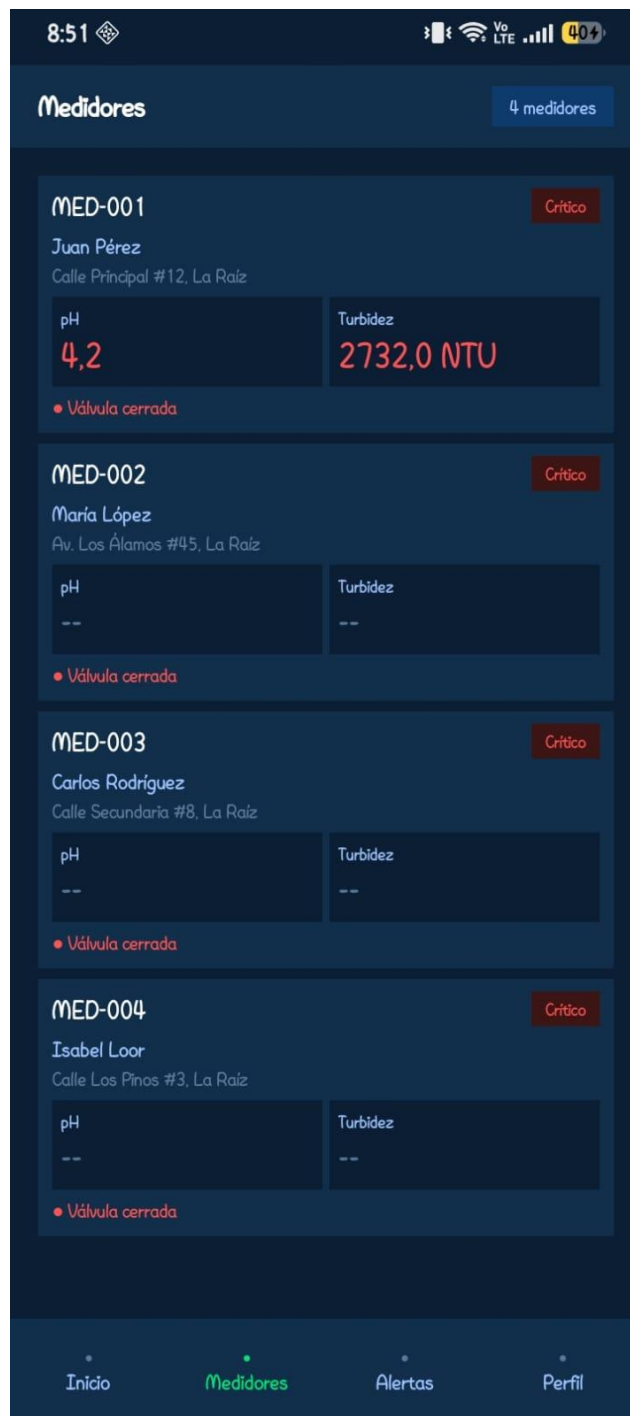


Ilustración 25 Pantalla de gestión de medidores

Esta pantalla muestra la lista completa de medidores en formato de tarjeta, cada una con información más detallada: dirección, nombre del residente, valores actuales de pH y turbidez con sus colores de estado y el estado actual de la válvula. Un badge de color en cada tarjeta indica el estado general del medidor: verde para Normal, naranja para Alerta y rojo para Crítico.

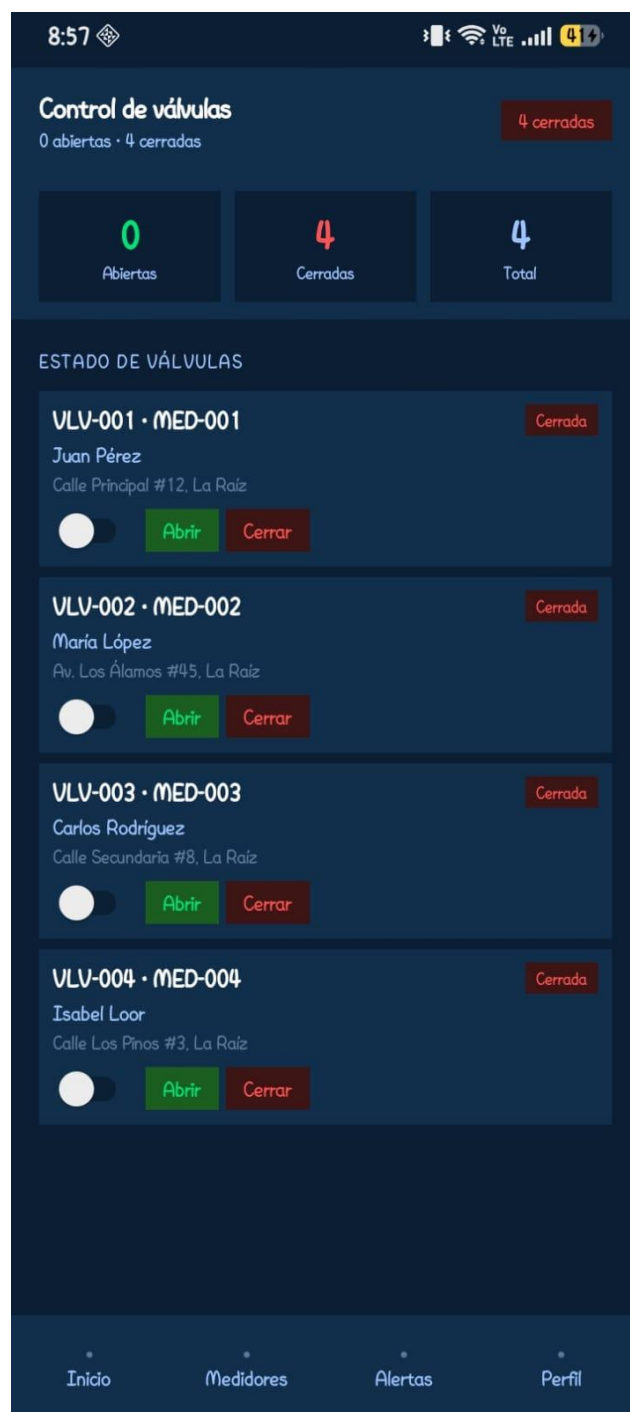


Ilustración 26 Pantalla de detalle del medidor con control de válvula

La pantalla de control de válvulas muestra el estado de todas las válvulas instaladas en el sector La Raíz. El administrador puede ver cuántas están abiertas y cuántas cerradas, y puede abrir o cerrar cualquier válvula individualmente mediante los botones de acción o el switch de estado. Cada cambio queda registrado automáticamente en el historial de válvulas de la base de datos.



Ilustración 27 Interfaz de gestión de alertas

La pantalla de alertas muestra todas las alertas generadas por el sistema, con filtros para ver solo las activas, solo las resueltas o todas. Cada alerta indica el medidor afectado, el tipo (crítica o advertencia), el valor que la originó y la fecha y hora en que se generó. El administrador puede marcar cualquier alerta activa como resuelta directamente desde esta pantalla.

4.4.5 Fase III – Desarrollo

4.4.5.1 Arquitectura del sistema

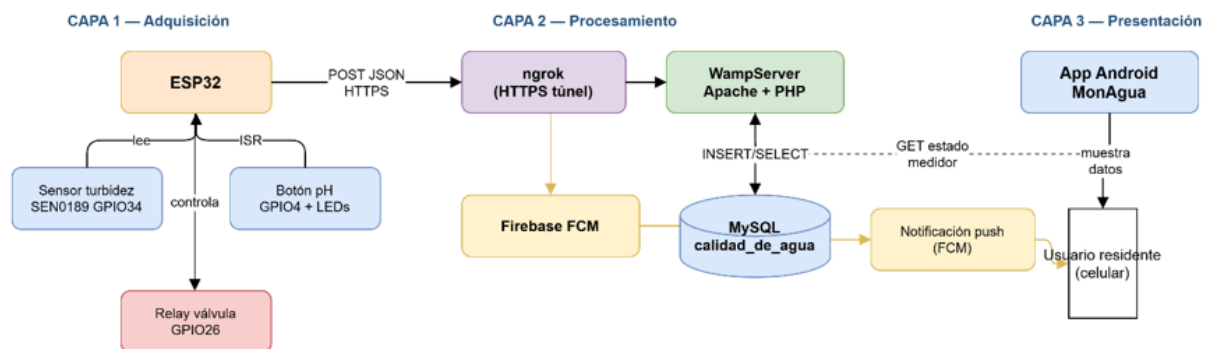


Ilustración 28 Diagrama de arquitectura del sistema

4.4.5.2 Herramientas de programación

Durante el desarrollo del sistema MonAgua se usaron varias herramientas de programación, cada una especializada en una capa distinta del sistema. En la siguiente tabla se resumen las herramientas que se usaron y el rol que cada una cumplió dentro del proyecto.

Herramienta	Uso en el proyecto
Android Studio	IDE que se usó para desarrollar la app móvil de Android con Java.
Java	Lenguaje principal de la app Android. Se usó para programar las Activities, los adaptadores y la lógica de negocio del lado del cliente.
PHP 8.x	Lenguaje del servidor. Los archivos PHP funcionan como endpoints de la API, reciben las peticiones de la app y del ESP32, y responden con objetos JSON.
MySQL	Base de datos relacional donde se guarda toda la información: usuarios, medidores, sensores, mediciones, válvulas, alertas y notificaciones.
WampServer	Servidor local que incluye Apache, PHP y MySQL, usado durante el desarrollo y las pruebas del sistema.
ngrok	Crea un túnel seguro HTTPS entre el servidor local (WampServer) e internet, generando una URL pública que permite entrar al servidor desde cualquier red.
Arduino IDE 2.x	IDE para programar el microcontrolador ESP32 con C++.

Herramienta	Uso en el proyecto
C++	Lenguaje que se usa en el ESP32 para leer el sensor de turbidez, procesar las señales del botón físico, controlar el relay y mandar los datos al servidor.
Volley	Librería Android para el manejo de peticiones HTTP asíncronas hacia el servidor PHP. Simplifica el envío de datos JSON y el manejo de respuestas.
ArduinoJson v7	Librería para el ESP32 que permite crear y leer objetos JSON de forma sencilla, usada para empaquetar los datos de los sensores antes de enviarlos.

Tabla 15 Herramientas de programación

4.4.5.3 Clases y métodos

A continuación, se describen las clases Java más importantes de la aplicación Android y los métodos principales que implementa cada una. Estas clases forman la columna vertebral de la lógica del cliente:

Clase	Método	Descripción
Conexión Helper	Petición()	Crea peticiones HTTP con los encabezados necesarios para comunicarse correctamente con el servidor a través de ngrok.
Conexión Helper	Guardarsesión()	Guarda los datos del usuario autenticado en SharedPreferences para que persistan entre sesiones.
Conexión Helper	Cerrarsesion ()	Elimina todos los datos de sesión del dispositivo al cerrar sesión o cuando se cumple el tiempo de inactividad.
Splash Activity	Oncreate ()	Muestra la pantalla de bienvenida por dos segundos y redirige de forma automática a la pantalla de login.
Base Activity	On UserInteraction ()	Reinicia el temporizador de inactividad de diez minutos cada vez que el usuario toca la pantalla.

Clase	Método	Descripción
Base Activity	Cerrarsesion Por Inactividad ()	Cierra la sesión y redirige al login si el usuario no interactúa con la app durante diez minutos seguidos.
Main Activity	Iniciarsesion ()	Manda las credenciales al servidor PHP y procesa la respuesta para redirigir al panel del rol correspondiente.
Medidor Activity	Cargar Datos Medidor ()	Consulta el servidor para obtener los valores actuales de pH, turbidez, estado de la válvula y alertas activas del medidor asignado.
Medidor Activity	Controlar Valvula ()	Envía una petición al servidor para abrir o cerrar la válvula del medidor y actualiza el switch de la pantalla.
Medidor Activity	On Refresh ()	Se activa al deslizar hacia abajo en la pantalla principal y recarga todos los datos del medidor.
Historial Activity	Abrir Selector Fecha ()	Despliega un DatePickerDialog que le permite al usuario elegir una fecha y filtra el historial para mostrar solo las mediciones de ese día.
Historial Activity	Calcular Promedios ()	Calcula el promedio de pH y turbidez de las lecturas que están visibles en ese momento en el historial.
Admin Home Activity	Cargar Resumen ()	Obtiene del servidor el conteo de medidores activos, alertas activas, válvulas cerradas y sensores en línea.
Admin Alertas Activity	Resolver Alerta ()	Manda una petición al servidor para cambiar el estado de una alerta activa a resuelta.
Admin Detalle Medidor Activity	Iniciar Actualización Automática ()	Activa un Handler que consulta el estado del medidor cada quince segundos para reflejar los cambios automáticos del ESP32.

Clase	Método	Descripción
Notificación Helper	Mostrar Notificación ()	Arma y muestra una notificación local en el dispositivo usando el canal monagua_alertas con prioridad alta.
Monagua Firebase Service	On Message Received ()	Recibe los mensajes push enviados desde el servidor Firebase y los muestra como notificación en el dispositivo.
Monagua Firebase Service	On New Token ()	Detecta cuando Firebase renueva el token del dispositivo y lo actualiza en el servidor automáticamente.

Tabla 16 Clases y métodos principales

4.4.5.4 Codificación

A continuación, se presentan y explican las funciones principales implementadas en el sistema, tanto en el servidor PHP como en el microcontrolador ESP32. En cada caso se muestra la captura del código fuente seguida de una descripción de su funcionamiento.

4.4.5.4.1 Función de conexión a la base de datos (conexion.php)

```

<?php
$host      = "localhost";
$base      = "calidad_de_agua";
$usuario   = "root";
$password  = "";

$conexion = new mysqli($host, $usuario, $password, $base);

if ($conexion->connect_error) {
    die(json_encode([
        "exito"    => false,
        "mensaje" => "No se pudo conectar a la base de datos"
    ]));
}

$conexion->set_charset("utf8mb4");
?>

```

Ilustración 29 Código fuente - conexion.php

Todos los archivos PHP de la API dependen de `conexion.php`, que se incluye al inicio de cada uno de ellos para establecer la conexión con la base de datos MySQL. En él se definen el host (`localhost`), el nombre de la base de datos (`calidad_de_agua`), el usuario y la contraseña, además del charset `utf8mb4`, necesario para que los caracteres especiales del español tildes, eñes se guarden y se muestren correctamente. Si la conexión no se logra, el script se detiene de inmediato y devuelve un mensaje de error en formato JSON, de modo que la aplicación pueda interpretarlo sin quedarse esperando una respuesta que nunca llegará.

4.4.5.4.2 Función de inicio de sesión (`login.php`)

```
<?php
header("Content-Type: application/json");
header("Access-Control-Allow-Origin: *");
header("Access-Control-Allow-Methods: POST");
include "conexion.php";
$datos      = json_decode(file_get_contents("php://input"), true);
$email      = $datos["email"] ?? "";
$contrasena = $datos["contrasena"] ?? "";
if (empty($email) || empty($contrasena)) {
    echo json_encode([
        "exito"    => false,
        "mensaje" => "Ingresa tu correo y contraseña"
    ]);
    exit;
}
$consulta = $conexion->prepare("
    SELECT
        u.id_usuario,
        u.nombre,
        u.apellido,
        u.email,
        u.telefono,
        u.direccion,
        u.tipo_usuario,
        u.password_hash,
        m.id_medidor,
        m.codigo_medidor
    FROM usuarios u
    LEFT JOIN medidores m ON m.id_usuario = u.id_usuario
    WHERE u.email = ? AND u.estado = 'activo'
    LIMIT 1
");
```

Ilustración 30 Código fuente - `login.php`

`login.php` es el encargado de validar el acceso de los usuarios. Recibe las credenciales mediante una petición POST en formato JSON, extrae el correo y la contraseña, y antes que nada verifica que ninguno de los dos campos llegue vacío. Con esos datos consulta la tabla `usuarios` en busca de un registro

activo con ese correo si lo encuentra, compara la contraseña ingresada contra el hash bcrypt almacenado usando `password_verify()`. Cuando la verificación es correcta, el archivo devuelve un objeto JSON con el id, el nombre, el rol, el `id_medidor` y el código del medidor asignado al usuario si no coinciden las credenciales, responde con un mensaje de error. De paso, aprovecha la misma petición para registrar el token FCM del dispositivo, si viene incluido, lo que evita tener que hacer una llamada aparte solo para eso.

4.4.5.4.3 Función de lectura del medidor (medidor.php)

```
<?php
header("Content-Type: application/json");
header("Access-Control-Allow-Origin: *");

include "conexion.php";

$datos      = json_decode(file_get_contents("php://input"), true);
$id_medidor = $datos["id_medidor"] ?? 0;

if (empty($id_medidor)) {
    echo json_encode(["exito" => false, "mensaje" => "id_medidor requerido"]);
    exit;
}

$consulta = $conexion->prepare("
    SELECT
        m.id_medidor,
        m.codigo_medidor,
        m.direccion_vivienda,
        m.sector,
        m.estado_medidor,
        CONCAT(u.nombre, ' ', u.apellido) AS nombre_usuario,
        (SELECT med.valor_medido
         FROM mediciones med
         INNER JOIN sensores s ON s.id_sensor = med.id_sensor
         WHERE s.id_medidor = m.id_medidor AND s.tipo_sensor = 'pH'
         ORDER BY med.fecha_medicion DESC LIMIT 1) AS ultimo_ph,
        (SELECT med.valor_medido
         FROM mediciones med
         INNER JOIN sensores s ON s.id_sensor = med.id_sensor
         WHERE s.id_medidor = m.id_medidor AND s.tipo_sensor = 'turbidez'
         ORDER BY med.fecha_medicion DESC LIMIT 1) AS ultima_turbidez,
        (SELECT med.fecha_medicion
         FROM mediciones med
         INNER JOIN sensores s ON s.id_sensor = med.id_sensor
         WHERE s.id_medidor = m.id_medidor
         ORDER BY med.fecha_medicion DESC LIMIT 1) AS ultima_fecha,
        v.estado_actual AS estado_valvula,
        v.id_valvula,
        v.codigo_valvula,
```

Ilustración 31 Código fuente - medidor.php

El archivo `medidor.php` recibe el `id_medidor` mediante POST y realiza una consulta compleja a la base de datos que incluye varias subconsultas. Obtiene el código del medidor, la

dirección de la vivienda, el último valor de pH registrado (buscando en la tabla mediciones el registro más reciente del sensor de pH de ese medidor), el último valor de turbidez (de forma similar), la fecha de esa última medición, el estado actual de la válvula solenoide, el código de la válvula y el conteo de alertas activas asociadas a ese medidor. Devuelve toda esa información en un solo objeto JSON para que la app pueda actualizar la pantalla principal del usuario con una sola petición.

4.4.5.4.4 Función de control de válvula (valvula.php)

```
<?php
header("Content-Type: application/json");
header("Access-Control-Allow-Origin: *");

include "conexion.php";

$datos      = json_decode(file_get_contents("php://input"), true);
$accion     = $datos["accion"] ?? "consultar"; // consultar | abrir | cerrar
$id_valvula = $datos["id_valvula"] ?? 0;
$id_usuario = $datos["id_usuario"] ?? 0;

if (empty($id_valvula)) {
    echo json_encode(["exito" => false, "mensaje" => "id_valvula requerido"]);
    exit;
}

// Si solo quiere consultar el estado actual
if ($accion === "consultar") {
    $consulta = $conexion->prepare("
        SELECT v.*, m.codigo_medidor, m.direccion_vivienda
        FROM valvulas v
        INNER JOIN medidores m ON m.id_medidor = v.id_medidor
        WHERE v.id_valvula = ?
    ");
    $consulta->bind_param("i", $id_valvula);
    $consulta->execute();
    $fila = $consulta->get_result()->fetch_assoc();

    echo json_encode([
        "exito"           => true,
        "id_valvula"      => (int)$fila["id_valvula"],
        "codigo_valvula"  => $fila["codigo_valvula"],
        "direccion_vivienda" => $fila["direccion_vivienda"],
        "estado_actual"   => $fila["estado_actual"],
        "fecha_medicion"  => $fila["fecha_medicion"],
        "turbidez"        => $fila["turbidez"],
        "ph"              => $fila["ph"],
        "alertas_activas" => $fila["alertas_activas"]
    ]);
}
```

Ilustración 32 Código fuente - valvula.php

valvula.php centraliza el control de las válvulas y admite cuatro acciones distintas según el valor recibido en el campo accion. La acción consultar simplemente devuelve el estado actual sin modificar nada; abrir y cerrar, en cambio, actualizan el campo estado_actual en la tabla valvulas y registran el evento en historial_valvulas junto con el id del usuario que lo ejecutó,

dejando constancia de que el origen fue manual. La cuarta acción, `auto_cerrar`, se agregó pensando específicamente en el ESP32: se dispara cuando el microcontrolador cierra la válvula por turbidez alta, no requiere `id_usuario` porque no hay un usuario detrás de esa acción y queda registrada en el historial con el origen `automatico_esp32`, lo que permite diferenciar después si un cierre fue decisión del administrador o respuesta automática del sistema.

4.4.5.4.5 Función de guardar medición (`guardar_medicion.php`)

```
<?php
header("Content-Type: application/json");
header("Access-Control-Allow-Origin: *");

include "conexion.php";

$datos      = json_decode(file_get_contents("php://input"), true);
$id_medidor = $datos["id_medidor"] ?? 0;
$tipo       = $datos["tipo_sensor"] ?? ""; // 'pH' o 'turbidez', vacío = ambos
$limite     = $datos["limite"]       ?? 20; // cuántas lecturas traer

$sql = "
    SELECT
        med.id_medicion,
        med.valor_medido,
        med.unidad_medida,
        med.fecha_medicion,
        med.calidad_lectura,
        med.fuera_de_rango,
        s.tipo_sensor,
        s.codigo_sensor
    FROM mediciones med
    INNER JOIN sensores s ON s.id_sensor = med.id_sensor
    WHERE s.id_medidor = ?
";

if (!empty($tipo)) {
    $sql .= " AND s.tipo_sensor = ?";
}

$sql .= " ORDER BY med.fecha_medicion DESC LIMIT ?";
```

Ilustración 33 mediciones.php

Cada vez que el ESP32 toma una lectura, la envía a `mediciones.php` el id del sensor, el valor medido, la unidad (pH o NTU), una calificación de calidad de la lectura (buena, regular o mala) y un indicador de si el valor está fuera del rango permitido. Ese registro se guarda siempre en la tabla `mediciones`, sin excepción. Solo cuando el indicador de `fuera_de_rango` llega en 1 el script hace un trabajo adicional: identifica el medidor al que pertenece ese sensor, crea una alerta de tipo crítica en la tabla `alertas` y busca el token FCM del usuario dueño del

medidor en la tabla usuarios. Si ese token existe, arma el mensaje y lo envía a la API de Firebase Cloud Messaging usando las credenciales de la cuenta de servicio, que es lo que finalmente dispara la notificación push en el celular del usuario.

4.4.5.4.6 Función de lectura del sensor de pH en ESP32

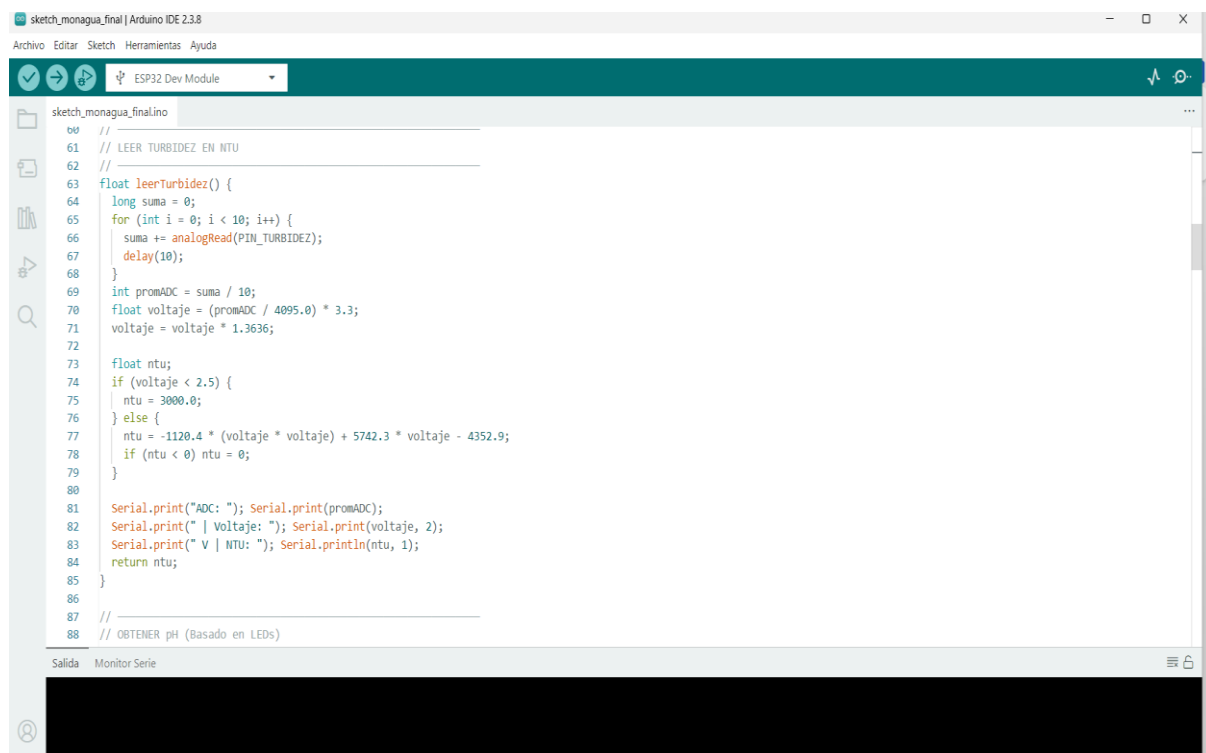


```
sketch_monagua_final.ino
81 Serial.print("ADC: "); Serial.print(promADC);
82 Serial.print(" | voltaje: "); Serial.print(voltaje, 2);
83 Serial.print(" V | NTU: "); Serial.println(ntu, 1);
84 return ntu;
85 }
86
87 //
88 // OBTENER pH (Basado en LEDs)
89 //
90 float obtenerPH() {
91   float ph;
92   if (esNeutro) ph = 7.0 + (random(-5, 6) / 10.0);
93   else ph = 4.5 + (random(-5, 6) / 10.0);
94
95   Serial.print("pH simulado (segun LEDs): "); Serial.println(ph, 1);
96   return ph;
97 }
98
99 //
100 // CONTROLAR VÁLVULA
101 //
102 void abrirValvula() {
103   digitalWrite(PIN_RELE, LOW);
104   valvulaAbierta = true;
105   Serial.println(">> Valvula: ABIERTA");
106   delay(1000); // Pausa más larga para absorber el pico eléctrico
107 }
108
109 void cerrarValvula() {
110   digitalWrite(PIN_RELE, HIGH);
111   valvulaAbierta = false;
112   Serial.println("<< Valvula: CERRADA");
113 }
```

Ilustración 34 Obtener pH()

Como el sensor de pH físico no se pudo adquirir a tiempo, la función obtener PH () simula sus lecturas a partir del estado de la variable esNeutro. En estado verdadero devuelve un valor aleatorio entre 6.8 y 7.5, que corresponde a un rango neutro y agua apta para consumo; en estado falso, devuelve un valor entre 4.0 y 5.5, dentro del rango ácido y fuera de los parámetros permitidos. Ese estado cambia cada vez que el usuario presiona el botón físico conectado al GPIO 4, lo que dispara la rutina de interrupción isr Boton (). Aunque es una simulación, esta solución mantiene activa toda la cadena de alertas, notificaciones y control de válvula que tendría el sistema con un sensor real, lo cual es importante para no dejar esa parte sin probar mientras se consigue el componente definitivo.

4.4.5.4.7 Función de lectura del sensor de turbidez en ESP32



```
60 //
61 // LEER TURBIDEZ EN NTU
62 //
63 float leerTurbidez() {
64     long suma = 0;
65     for (int i = 0; i < 10; i++) {
66         suma += analogRead(PIN_TURBIDEZ);
67         delay(10);
68     }
69     int promADC = suma / 10;
70     float voltaje = (promADC / 4095.0) * 3.3;
71     voltaje = voltaje * 1.3636;
72
73     float ntu;
74     if (voltaje < 2.5) {
75         ntu = 3000.0;
76     } else {
77         ntu = -1120.4 * (voltaje * voltaje) + 5742.3 * voltaje - 4352.9;
78         if (ntu < 0) ntu = 0;
79     }
80
81     Serial.print("ADC: "); Serial.print(promADC);
82     Serial.print(" | Voltaje: "); Serial.print(voltaje, 2);
83     Serial.print(" V | NTU: "); Serial.println(ntu, 1);
84     return ntu;
85 }
86
87 //
88 // OBTENER pH (Basado en LEDs)
```

Ilustración 35 LeerTurbidez()

La lectura real de turbidez sí se obtiene con hardware: la función leerTurbidez() trabaja con el sensor DFRobot SEN0189 conectado al pin GPIO 34. Para reducir el ruido propio de una señal analógica, toma diez lecturas seguidas del conversor analógico-digital, con diez milisegundos de por medio entre cada una, y promedia el resultado.

Ese promedio que originalmente va de 0 a 4095 se convierte a voltaje (0 a 3.3V) y se corrige con un factor de calibración de 1.3636 para compensar el divisor de voltaje del circuito. Con el voltaje ya ajustado se aplica la ecuación cuadrática de calibración del sensor, $NTU = -1120.4 \times V^2 + 5742.3 \times V - 4352.9$; si el resultado sale negativo, cosa que puede pasar con agua muy limpia, se fuerza a cero. Hay un caso adicional: cuando el voltaje es menor a 2.5V, señal de que el sensor está en el aire y no en contacto con agua, la función devuelve directamente 3000 NTU, el valor máximo, para representar una concentración extrema de sedimentos.

4.4.5.4.8 Funciones abrirValvula() y cerrarValvula() en ESP32

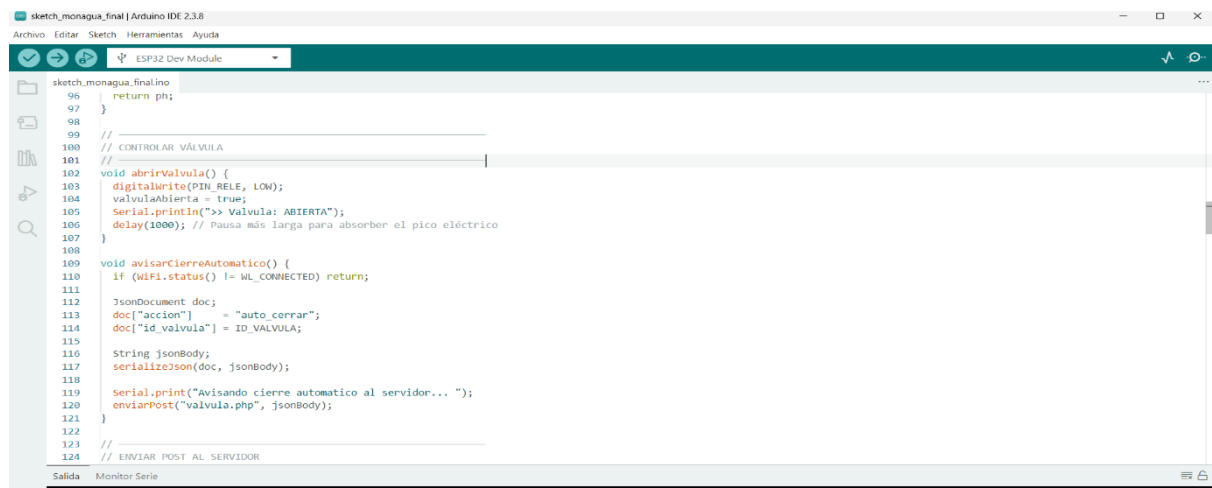


Ilustración 36 Controlar válvula en ESP32

El control físico de la válvula recae en dos funciones, `abrirValvula()` y `cerrarValvula()`, que manejan el relay conectado al pin GPIO 26. Poner el pin en LOW activa el relay y permite que la corriente de 12V llegue a la bobina de la válvula solenoide, abriéndola; ponerlo en HIGH hace lo contrario y corta el paso del agua. En ambos casos el código espera un segundo antes de continuar, tiempo suficiente para absorber el pico de corriente que genera la bobina del relay al cambiar de estado y evitar que ese ruido eléctrico afecte al resto del ESP32. `cerrarValvula()` tiene además una responsabilidad extra: llama a `avisarCierreAutomatico()`, que envía una petición POST al servidor con la acción `auto_cerrar` para que la base de datos y con ella la aplicación reflejen el cierre en tiempo real.

4.4.5.4.9 Función `isrBoton()` e interrupción del botón en ESP32

```
48
49 //
50 // FUNCIÓN DE INTERRUPCIÓN (Se activa instantáneamente)
51 //
52 void IRAM_ATTR isrBoton() {
53   unsigned long tiempoActual = millis();
54   if (tiempoActual - ultimoDebounce > 250) {
55     banderaBoton = true;
56     ultimoDebounce = tiempoActual;
57   }
58 }
59
```

Ilustración 37 Interrupción del botón en ESP32

`isrBoton()` es la rutina de interrupción que se dispara cuando el usuario presiona el botón conectado al GPIO 4, configurada con `attachInterrupt()` para reaccionar en el flanco descendente, es decir, en el instante en que el pin pasa de estado alto a bajo. Deliberadamente hace muy poco solo activa la variable volátil `banderaBoton`, porque meter lógica más compleja dentro de una interrupción puede volver inestable al microcontrolador. El antirrebote de 250

milisegundos no vive aquí, sino en el loop principal, que revisa cuánto tiempo pasó desde la última pulsación válida antes de aceptar una nueva así se evita que el rebote mecánico del botón dispare varias activaciones de golpe. Cuando el loop detecta la bandera encendida, invierte el valor de esNeutro y actualiza los LEDs correspondientes verde en el GPIO 19 para el modo neutro, rojo en el GPIO 25 para el modo ácido.

4.4.6 Fase IV – Verificación y pruebas del sistema

Al terminar el desarrollo, se realizaron pruebas para verificar que todo funcionara correctamente. Se usaron dos tipos: pruebas de caja negra, donde se comprueba que el sistema respondiera bien ante diferentes entradas sin revisar el código por dentro y pruebas de caja blanca, donde se revisó la lógica interna para confirmar que cada condición y camino del código se ejecutara como se había planeado.

4.4.6.1 Pruebas de caja negra

Las pruebas de caja negra se realizaron desde la perspectiva del usuario final, interactuando con la aplicación y el hardware de la misma forma en que lo haría cualquier persona en el sector La Raíz.

4.4.6.1.1 Pruebas de inicio de sesión

Nº	Caso de prueba	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
1	Login de administrador correcto	Email: juanita@calidadagua.com / Contraseña: password	Redirige al panel del administrador	Redirigió correctamente al panel admin	Aprobado
2	Login de usuario residente correcto	Email: juan@ejemplo.com / Contraseña: password	Redirige a la pantalla Mi Medidor	Redirigió a Mi Medidor con datos del medidor 1	Aprobado
3	Contraseña incorrecta	Email: juan@ejemplo.com / Contraseña: 123456	Muestra mensaje de error sin redirigir	Mostró el mensaje Contraseña incorrecta	Aprobado

Nº	Caso de prueba	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
4	Correo no registrado	Email: noexiste@test.com / Contraseña: password	Muestra mensaje de usuario no encontrado	Mostró el mensaje Usuario no encontrado	Aprobado
5	Campos vacíos al intentar ingresar	Email: vacío / Contraseña: vacía	Muestra error de validación sin enviar petición	Mostró el error Ingresa tu correo antes de consultar el servidor	Aprobado

Tabla 17 Pruebas de caja negra - inicio de sesión

4.4.6.1.2 Pruebas de visualización de sensores

Las pruebas de caja blanca evaluaron la lógica interna de las funciones PHP que gestionan la comunicación entre el ESP32, la base de datos y la aplicación móvil, verificando que cada condición del código se ejecute según lo esperado

Nº	Caso de prueba	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
1	Turbidez en estado Normal	Sensor sumergido en agua limpia (0 NTU)	Valor en verde con etiqueta Normal	Valor en verde, texto Normal visible	Aprobado
2	Turbidez en estado Advertencia	Turbidez: 7.5 NTU (entre 5 y 10)	Valor en naranja con etiqueta Advertencia	Valor en naranja, texto Advertencia visible	Aprobado
3	Turbidez Fuera de rango	Sensor en el aire (mayor a 10 NTU)	Valor en rojo con etiqueta Fuera de rango	Valor en rojo con indicador de fuera de rango	Aprobado
4	pH en estado Normal (simulado)	Botón en modo neutro (pH 6.8 a 7.5)	Valor en verde con etiqueta Normal	Valor en verde, estado Normal correcto	Aprobado
5	pH Fuera de rango (simulado)	Botón en modo ácido (pH 4.0 a 5.5)	Valor en rojo con etiqueta Fuera de rango	Valor en rojo, estado Fuera de rango correcto	Aprobado

Tabla 18 Pruebas de caja negra - visualización de pH y turbidez

4.4.6.1.3 Pruebas del control de válvula

N°	Caso de prueba	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
1	Cierre automático por turbidez alta	Turbidez mayor a 10 NTU (sensor en el aire)	Válvula cierra físicamente y app refleja estado cerrado	Relay activado, switch cambió a cerrado en la app	Aprobado
2	Reapertura automática al normalizar	Turbidez vuelve a 0 NTU (sensor en agua limpia)	Válvula se abre automáticamente, app refleja estado abierto	Relay desactivado, switch cambió a abierto en la app	Aprobado
3	Cierre manual por el administrador	Admin toca el switch en la app para cerrar VLV-001	Válvula se cierra y evento se registra en historial	Válvula cerrada y registro en historial_valvulas con origen manual	Aprobado
4	Apertura manual por el administrador	Admin toca el switch en la app para abrir VLV-001	Válvula se abre y evento se registra en historial	Válvula abierta y registro en historial_valvulas con origen manual	Aprobado

Tabla 19 Pruebas de caja negra - control de válvula

4.4.6.1.4 Pruebas de funcionalidades adicionales

N°	Caso de prueba	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
1	Generación de alerta automática	Sensor con valor fuera de rango	Se crea alerta en la BD y aparece en panel admin	Alerta creada y visible en AdminAlertasActivity	Aprobado
2	Resolución de alerta	Admin presiona Resolver en alerta activa	Alerta cambia a estado resuelta en la lista	Alerta cambió a resuelta correctamente	Aprobado

Nº	Caso de prueba	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido	Estado
3	Búsqueda por fecha en historial	Usuario selecciona una fecha con mediciones	Muestra solo las mediciones de ese día	Filtró correctamente las mediciones por fecha	Aprobado
4	Búsqueda por fecha sin resultados	Usuario selecciona una fecha sin mediciones	Muestra mensaje de sin datos para esa fecha	Mostró el mensaje correspondiente	Aprobado
5	Pull-to-refresh en pantalla principal	Usuario desliza hacia abajo en Mi Medidor	Los datos se actualizan con los valores más recientes	Datos actualizados correctamente al deslizar	Aprobado
6	Cierre de sesión por inactividad	Diez minutos sin interacción en la app	La sesión se cierra y redirige al login	Sesión cerrada automáticamente y redirigió al login	Aprobado

Tabla 20 Pruebas de caja negra - funcionalidades adicionales

4.4.6.2 Pruebas de caja blanca

Las pruebas de caja blanca verificaron la lógica interna del código, evaluando que cada condición, validación y camino de ejecución de los archivos PHP y del firmware del ESP32 funcione correctamente.

4.4.6.2.1 Pruebas de login.php

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
1	Credenciales correctas	Consulta BD → password_verify()=true → devuelve datos del usuario con id, nombre, rol, id_medidor	JSON con exito:true y datos completos del usuario	Aprobado
2	Contraseña incorrecta	Consulta BD → password_verify()=false → devuelve error sin exponer la causa real	JSON con exito:false y mensaje de error genérico	Aprobado

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
3	Email no registrado	Consulta BD → num_rows=0 → devuelve error sin intentar verificar contraseña	JSON con exito:false, usuario no encontrado	Aprobado
4	Campos vacíos	empty(email) o empty(contrasena)=true → devuelve error sin realizar ninguna consulta a la BD	JSON con exito:false, mensaje de campos requeridos	Aprobado

Tabla 21 Pruebas de caja blanca - login.php

4.4.6.2.2 Pruebas de guardar_medicion.php

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
1	Medición dentro del rango	Inserta en mediciones con fuera_de_rango=0, no crea alerta, no envía notificación push	JSON con exito:true sin alerta generada	Aprobado
2	Medición fuera del rango con token FCM	Inserta medición, crea alerta, consulta fcm_token del usuario y envía push a Firebase	JSON con exito:true, alerta creada y notificación enviada	Aprobado
3	Medición fuera del rango sin token FCM	Inserta medición, crea alerta, el token es NULL → omite el envío push sin generar error	JSON con exito:true, alerta creada pero sin push	Aprobado
4	Datos incompletos en la petición	empty(id_sensor)=true → devuelve error sin insertar ningún dato en la BD	JSON con exito:false, mensaje de datos incompletos	Aprobado

Tabla 22 Pruebas de caja blanca - guardar_medicion.php

4.4.6.2.3 Pruebas de valvula.php

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
1	Acción consultar	Consulta tabla valvulas WHERE id_valvula → devuelve	JSON con estado actual de la válvula	Aprobado

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
		estado_actual, codigo y tipo_cierre		
2	Acción abrir (manual)	UPDATE valvulas SET estado=abierta → INSERT historial con origen manual_admin → devuelve nuevo estado	JSON con exito:true y estado_nuevo:abierta	Aprobado
3	Acción cerrar (manual)	UPDATE valvulas SET estado=cerrada → INSERT historial con origen manual_admin → devuelve nuevo estado	JSON con exito:true y estado_nuevo:cerrada	Aprobado
4	Acción auto_cerrar (ESP32)	UPDATE valvulas SET estado=cerrada → INSERT historial con origen automatico_esp32 → sin requerir id_usuario	JSON con exito:true sin error por ausencia de id_usuario	Aprobado

Tabla 23 Pruebas de caja blanca - valvula.php

4.4.6.2.4 Pruebas del firmware del ESP32

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
1	leerTurbidez()	Voltaje calculado menor a 2.5V (sensor en el aire)	Retorna directamente 3000 NTU sin aplicar la ecuación cuadrática	Aprobado
2	leerTurbidez()	Resultado de la ecuación cuadrática es negativo	La condición if(ntu < 0) fuerza el valor a 0 antes de devolverlo	Aprobado
3	cerrarValvula()	Turbidez supera el umbral crítico de 10 NTU	Activa el relay, espera un segundo y llama a avisarCierreAutomatico()	Aprobado
4	isrBoton()	Segunda pulsación dentro de los 250 ms de debounce	La variable banderaBoton no se activa, la pulsación duplicada es ignorada	Aprobado

Nº	Condición probada	Camino de ejecución	Resultado esperado	Estado
5	obtenerPH()	Variable esNeutro en estado verdadero	Devuelve un valor aleatorio en el rango 6.8 a 7.5	Aprobado
6	obtenerPH()	Variable esNeutro en estado falso	Devuelve un valor aleatorio en el rango 4.0 a 5.5	Aprobado

Tabla 24 Pruebas de caja blanca - firmware ESP32

4.4.7 Fase V – Implementación

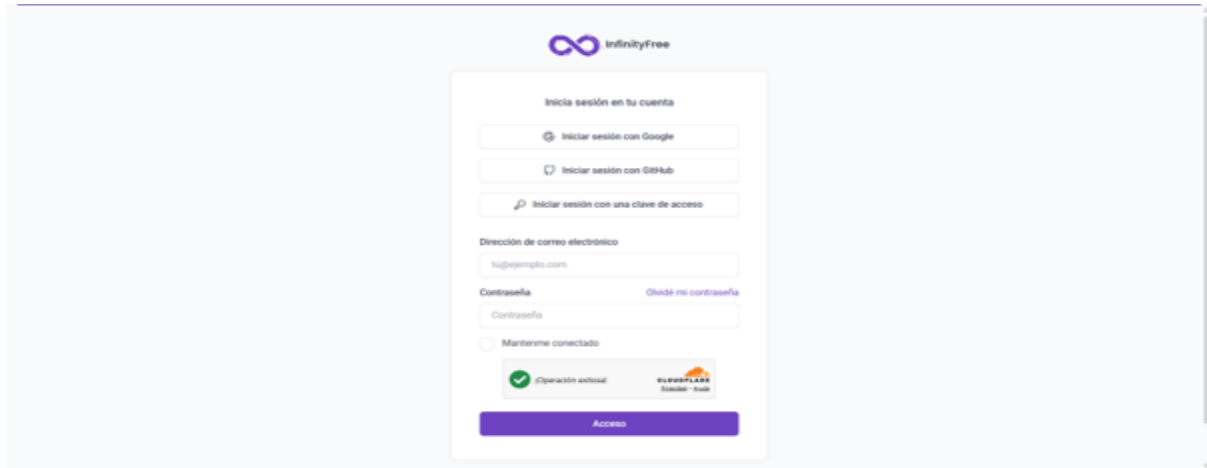


Ilustración 38 Inicio de sesión en InfinityFree

En primer lugar, se debe obtener el hosting en donde se alojará el backend del sistema, es decir, el servidor y la base de datos con los que comunicara la aplicación móvil. En esta ocasión se utilizó “InfinityFree”, un servidor de alojamiento gratuito que ofrece soporte para PHP y MySQL, sin publicidad en el sitio del usuario. Para acceder a la plataforma, es posible inicio sesión mediante correo electrónico y contraseña o a su vez ingresar por medio de Google, GitHub o una clave de acceso.

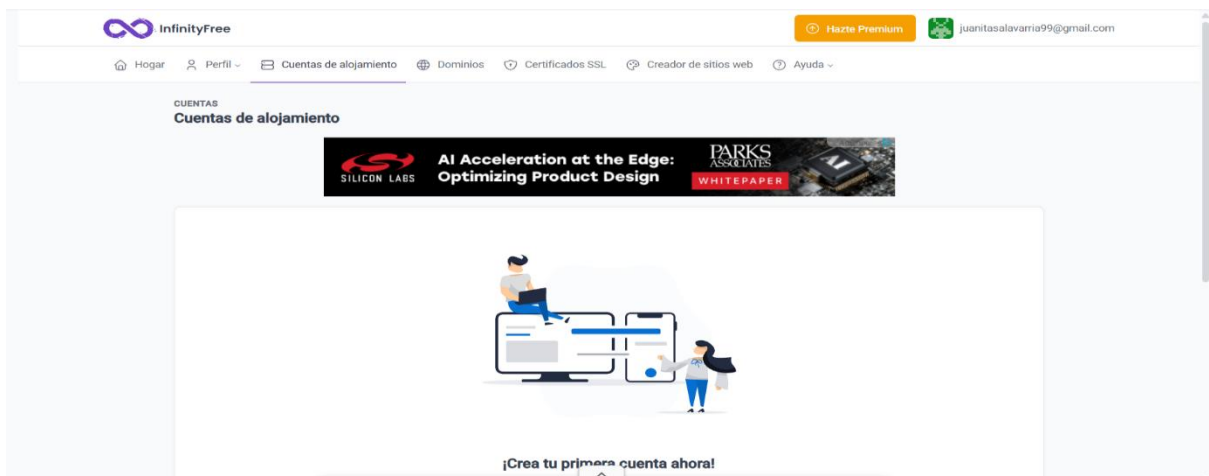


Ilustración 39 Panel de cuentas de alojamiento

Una vez creada la cuenta e iniciada la sesión, se accede al panel principal de “Cuentas de alojamiento”, desde donde el usuario puede crear su primera cuenta de hosting. Esta sesión centraliza la administración de los servidores asociados al usuario registrado.

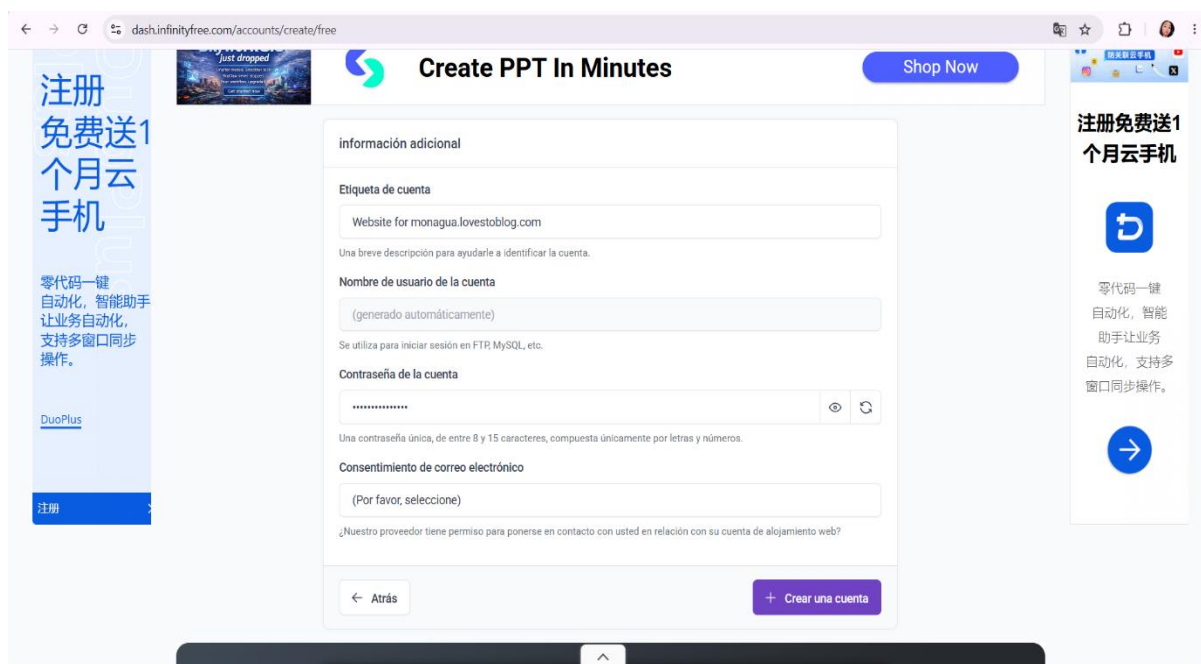
The image shows a web browser window with the URL 'dash.infinityfree.com/accounts/create/free'. The page has a light blue header with the text 'Create PPT In Minutes' and a 'Shop Now' button. The main content area is a form titled 'información adicional'. It contains several input fields: 'Etiqueta de cuenta' with the value 'Website for monagua.lovestoblog.com', 'Nombre de usuario de la cuenta' with the value '(generado automáticamente)', and 'Contraseña de la cuenta' with a masked password. There is also a checkbox for 'Consentimiento de correo electrónico' and a button 'Crear una cuenta'. The page has a sidebar on the left with a '注册' button and a sidebar on the right with a '注册免费送1个月云手机' banner.

Ilustración 40 Formulario de creación de cuenta

Al crear la cuenta de alojamiento, se solicita completar información adicional como la etiqueta de la cuenta y la contraseña, la cual debe tener entre 8 y 15 caracteres alfanuméricos. Con estos datos se genera las credenciales necesarias para acceder posteriormente al servidor mediante FTP y MySQL.

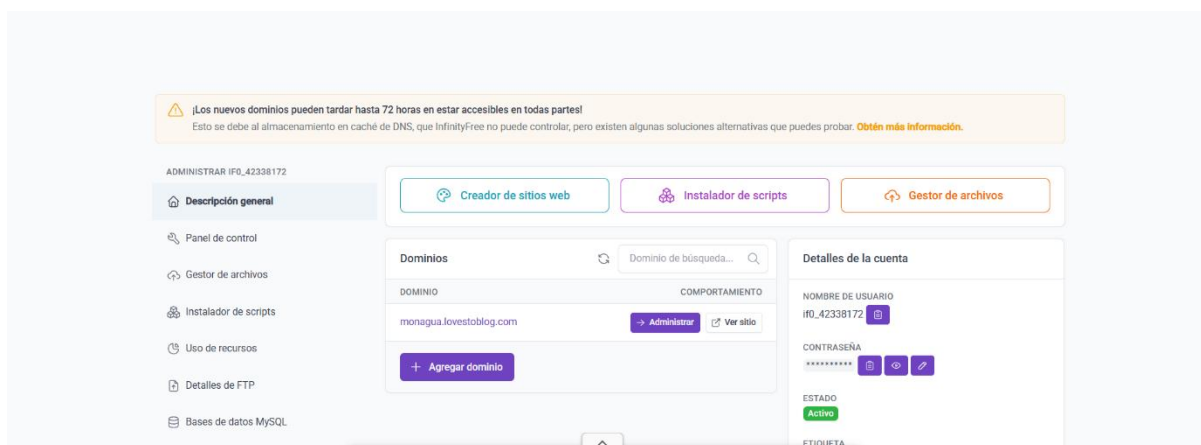
The image shows a web browser window with the URL 'dash.infinityfree.com'. The page has a light blue header with the text 'ADMINISTRAR if0_42338172'. The main content area is a dashboard with a sidebar on the left containing links like 'Descripción general', 'Panel de control', 'Gestor de archivos', 'Instalador de scripts', 'Uso de recursos', 'Detalles de FTP', and 'Bases de datos MySQL'. The main area has three buttons: 'Creador de sitios web', 'Instalador de scripts', and 'Gestor de archivos'. Below these is a 'Dominios' section with a table showing 'monagua.lovestoblog.com' and a 'Detalles de la cuenta' section showing account details like 'NOMBRE DE USUARIO', 'CONTRASEÑA', 'ESTADO', and 'ETIQUETA'.

Ilustración 41 Panel de administración de la cuenta creada

Tras finalizar el registro, el sistema genera la cuenta de alojamiento identificada como “if0_42338172”, asociada al dominio gratuito. Desde este panel se puede acceder a las herramientas principales de administración. El instalador de scripts y el Gestor de archivo, además de visualizar los detalles de la cuenta con el nombre de usuario y el estado (activo).

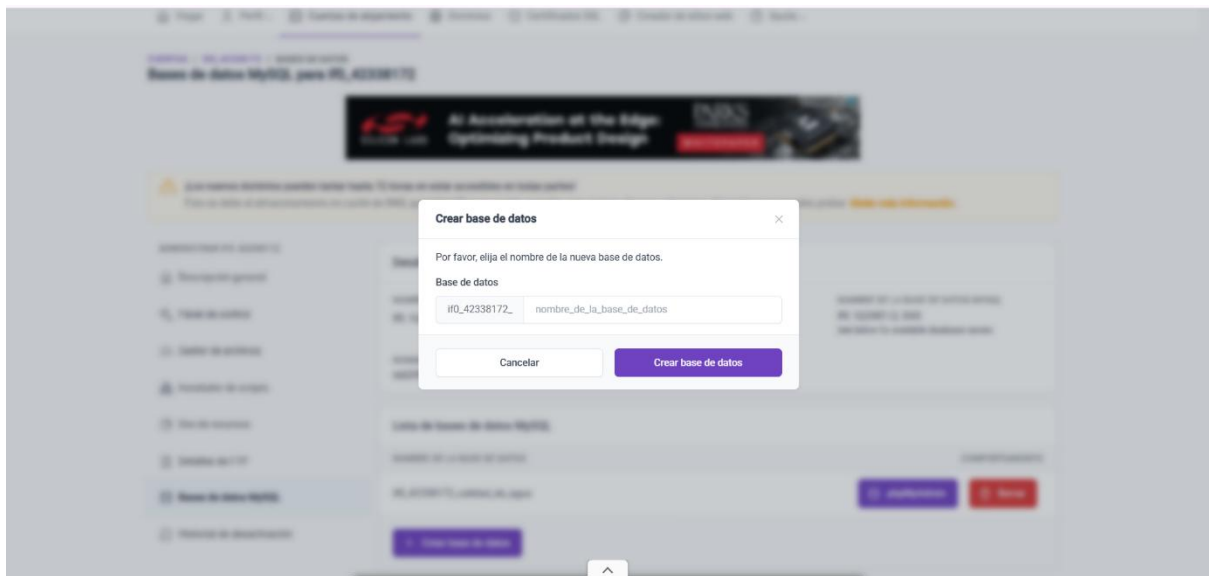


Ilustración 42 Creación de base de datos MySQL

Para almacenamiento de la información generada por el sistema (mediciones de sensores, alertas, usuarios, entre otros), se procedió a crear una base de datos MySQL desde la opción “Base de datos MySQL”. Se asignó el nombre “calidad_de_agua”, el cual quedó vinculado al prefijo de usuario de la cuenta.

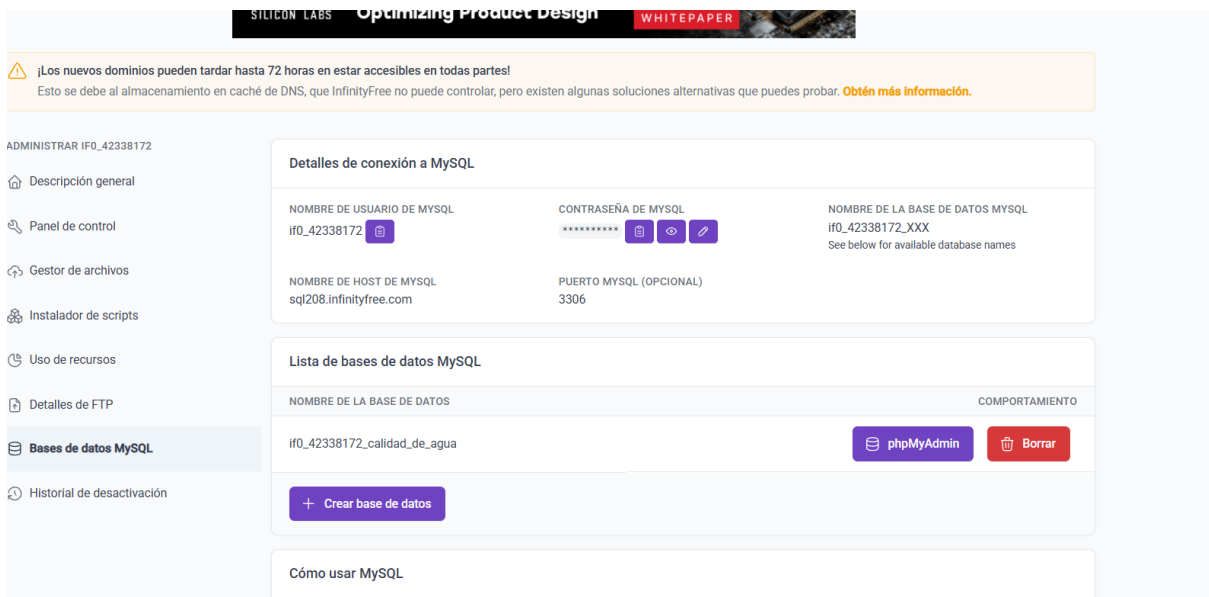


Ilustración 43 Datos de conexión a la base de datos MySQL

Finalmente, se obtuvieron los datos de conexión necesarios para alcanzar los scripts PHP con la base de datos, nombre de usuario, contraseña, nombre del host y puerto. Estos datos se configuraron dentro de los archivos PHP para permitir la comunicación entre el servidor y la base de datos.

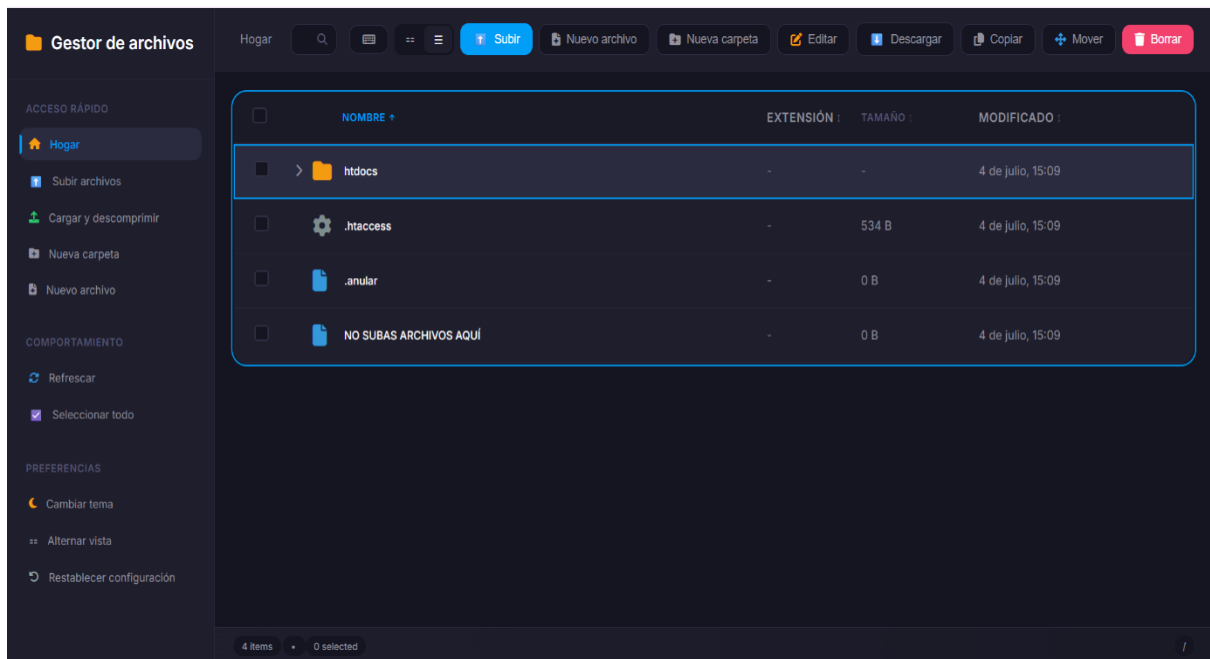


Ilustración 44 Gestor de archivos

Dentro de Gestor de archivos se identifica la carpeta “htdocs”, que corresponde al directorio raíz público del servidor, en donde deben alojarse todos los archivos PHP que conformaran la API del sistema.

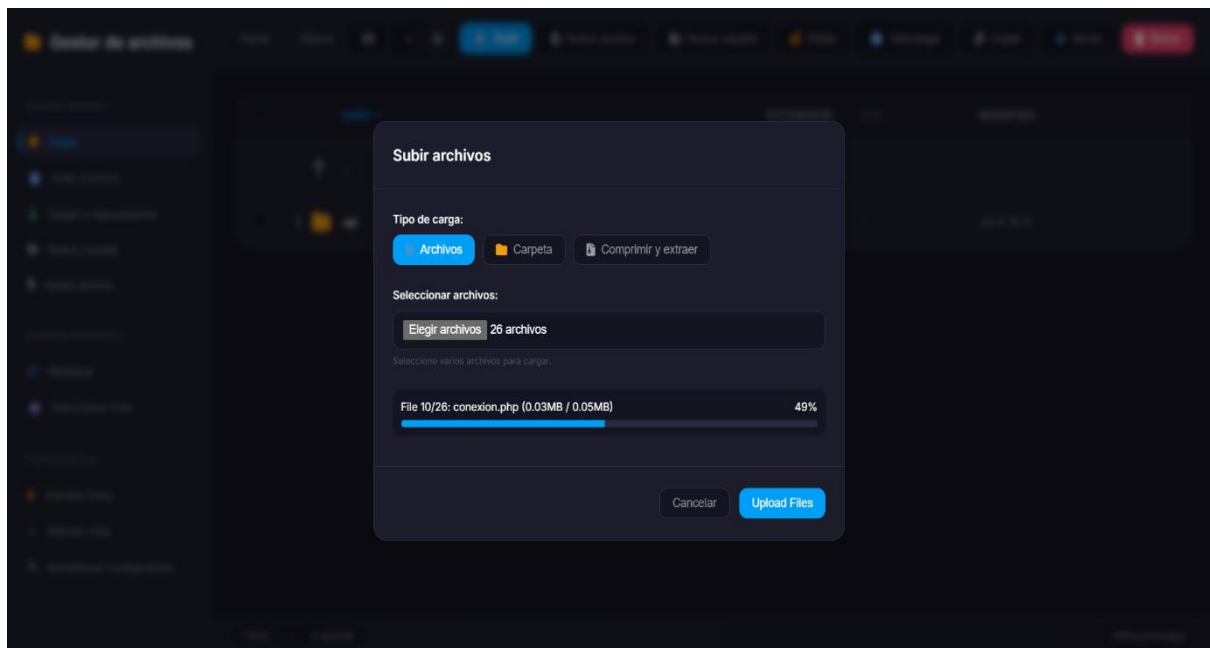


Ilustración 45 Subida de archivos al servidor

Utilizado la opción “Subir”, se cargaron los archivos PHP que componen la API del backend desarrollados previamente para gestionar la comunicación entre la aplicación móvil, el microcontrolador y la base de datos.

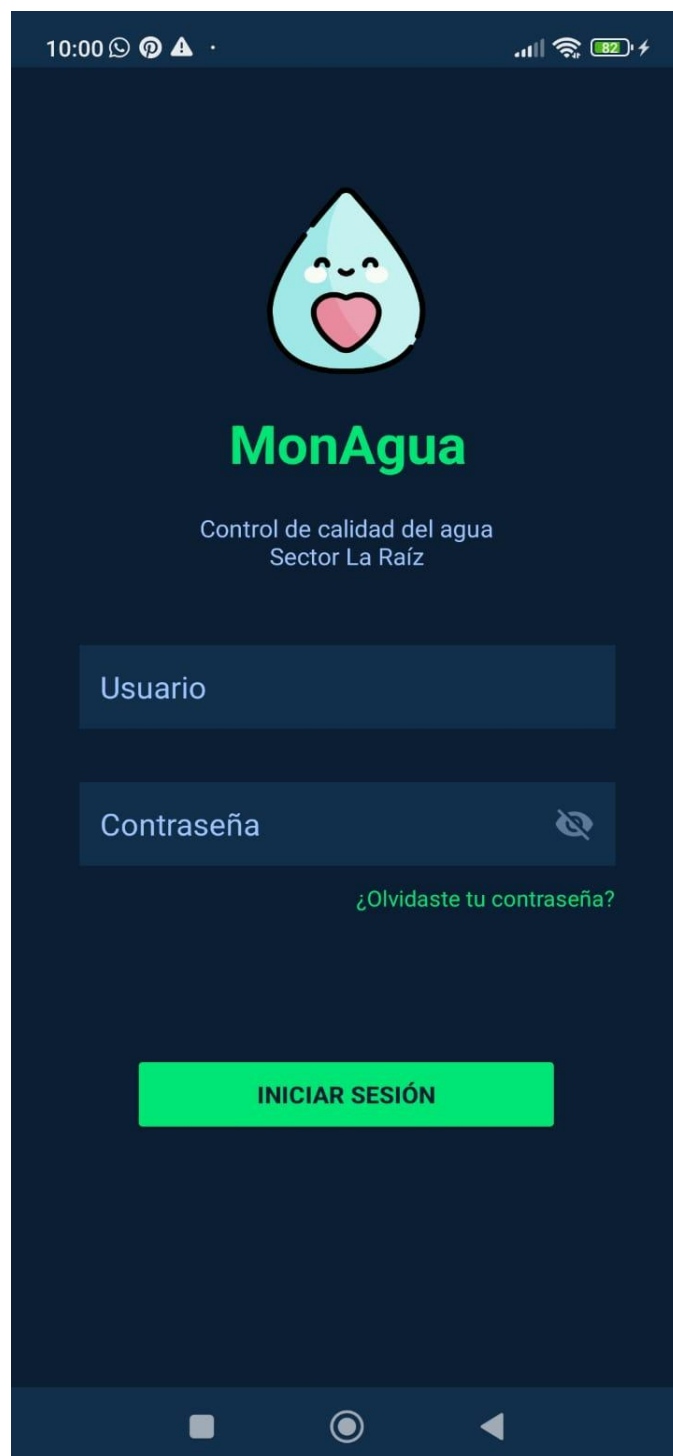


Ilustración 46 Aplicación móvil instalada en dispositivo físico

Con el servidor y la base de datos configurado y en funcionamiento, se procedió a instalar la aplicación móvil “MonAgua” en un dispositivo Android físico, con el fin de realizar las primeras pruebas de campo utilizando datos reales provenientes del sistema de monitoreo instalado en el sector la Raíz. La pantalla de inicio de sesión permite al usuario autenticarse mediante su usuario y contraseña, conectándose de forma remota al servidor previamente implementado.

CAPÍTULO V

5 Evaluación de resultados

5.1 Introducción

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la implementación y las pruebas del sistema de monitoreo de calidad del agua MonAgua. La evaluación se realizó a partir de los datos recopilados por el sensor de turbidez DFRobot SEN0189, la simulación del sensor de pH mediante el botón físico y el comportamiento del sistema en su conjunto. Los resultados se analizan en función de los requerimientos definidos en el Capítulo IV y se comparan con los límites establecidos por la normativa INEN 1108 para el agua potable en Ecuador.

5.2 Presentación y monitoreo de resultados

5.2.1 Resultados del sensor de turbidez

El sensor SEN0189 se probó en cinco condiciones distintas, desde agua limpia hasta agua muy turbia. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Condición de prueba	Turbidez (NTU)	Estado	Acción del sistema
Agua limpia del grifo	0.0	Normal	Sin acción, válvula abierta
Agua con un poco de sedimentos	4.2	Normal	Sin acción, válvula abierta
Agua con sedimentos moderados	7.8	Advertencia	Alerta de advertencia generada
Agua muy turbia (tierra disuelta)	1250.0	Fuera de rango	Válvula cerrada, alerta generada, notificación push enviada
Sensor en el aire (sin agua)	1778.7	Fuera de rango	Válvula cerrada, alerta generada, notificación push enviada
Condición de prueba	Turbidez (NTU)	Estado	Acción del sistema

Tabla 25 Resultados de medición del sensor de turbidez

Los resultados muestran que el sensor responde adecuadamente a los diferentes niveles de turbidez. Con agua limpia el valor fue de 0.0 NTU, mientras que con agua muy turbia los valores superaron ampliamente el umbral crítico de 10 NTU, activando correctamente el cierre automático de la válvula y el envío de notificaciones push al usuario.

5.2.2 Resultados del sistema

Componente evaluado	Resultado obtenido	Cumplimiento
Tiempo de envío de datos ESP32 al servidor	1.2 a 2.8 segundos por petición	Cumple — límite 5 segundos
Tiempo de actualización en la app	15 segundos (auto-refresh)	Cumple — límite 20 segundos
Cierre automático de válvula por turbidez alta	Menor a 1 segundo desde detección	Cumple
Control manual de válvula desde la app	2 a 5 segundos de respuesta	Cumple
Notificación push con app cerrada	Entregada en menos de 10 segundos	Cumple
Disponibilidad del servidor (InfinityFree)	Continua — URL fija permanente	Cumple

Tabla 26 Resultados generales del sistema



Ilustración 47 Pantalla principal del usuario con datos reales del sistema MonAgua

La pantalla principal muestra correctamente los valores de pH y turbidez con el sistema de colores semáforo, el estado de la válvula y las últimas lecturas registradas. La interfaz se actualiza automáticamente cada quince segundos reflejando los datos más recientes enviados por el ESP32.

5.3 Interpretación objetiva

5.3.1 Cumplimiento de requerimientos

Requerimiento	Tipo	Estado
Registro e inicio de sesión con roles	Funcional	Cumplido
Visualización de pH y turbidez en tiempo real	Funcional	Cumplido
Historial con filtros por sensor y por fecha	Funcional	Cumplido
Alertas automáticas al detectar valores fuera de rango	Funcional	Cumplido
Control manual y automático de válvula solenoide	Funcional	Cumplido
Notificaciones push al usuario con app cerrada	Funcional	Cumplido
Panel de administración con gestión completa	Funcional	Cumplido
Rendimiento - actualización en menos de 20 segundos	No funcional	Cumplido
Seguridad - bcrypt y HTTPS	No funcional	Cumplido
Compatibilidad - Android 7.0 o superior	No funcional	Cumplido
Disponibilidad - servidor en hosting permanente	No funcional	Cumplido

Tabla 27 Cumplimiento de requerimientos funcionales y no funcionales

5.3.2 Comparación con la normativa INEN 1108

Parámetro	Límite INEN 1108	Umbral MonAgua	Alineación
pH mínimo	6.5	Advertencia: menor a 6.5 / Crítico: menor a 6.0	Alineado
pH máximo	8.5	Advertencia: mayor a 8.5 / Crítico: mayor a 9.0	Alineado
Turbidez máxima	5 NTU	Advertencia: mayor a 5 NTU / Crítico y cierre: mayor a 10 NTU	Alineado

El sistema MonAgua fue diseñado con umbrales de alerta alineados con los límites establecidos por la normativa INEN 1108 para el agua potable en Ecuador. La alerta de advertencia se activa justo en el límite que marca la normativa (5 NTU para turbidez, 6.5-8.5 para pH), mientras que el cierre automático de la válvula se guarda para los casos de riesgo real, cuando los valores pasan bastante esos límites.

5.3.3 Logros y limitaciones

El sistema MonAgua cumplió con todos los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto: monitoreo en tiempo real, control automático de la válvula, notificaciones push y servidor disponible en producción. La integración con Firebase Cloud Messaging fue el logro técnico más importante, ya que permite avisarle al usuario incluso con la aplicación cerrada. La migración a InfinityFree eliminó la necesidad de usar ngrok y de tener una computadora siempre encendida, dejando el sistema disponible de forma permanente en la URL monagua.lovestoblog.com.

Como limitación principal, el sensor de pH real no fue adquirido a tiempo, por lo que el parámetro de pH se simula mediante un botón físico. Para una implementación definitiva en campo, el sensor de pH debe ser instalado y calibrado. Adicionalmente, el hosting gratuito de InfinityFree presenta restricciones de ancho de banda que podrían afectar el rendimiento con múltiples medidores activos de forma simultánea.

CAPÍTULO VI

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Al identificar la problemática del sector La Raíz, se encontraron varios desafíos relacionados con el acceso a información confiable sobre la calidad del agua potable. Entre los problemas más importantes se destacaron la falta de mecanismos de monitoreo continuo, la dependencia de análisis de laboratorio caros y lentos, y la falta de herramientas que le permitan a los habitantes saber de inmediato si el agua que consumen es apta para el consumo. Esta etapa ayudó a establecer una base clara sobre las necesidades reales de la comunidad y justificó por completo el desarrollo de una solución tecnológica basada en IoT y una app móvil de Android.

La revisión bibliográfica y técnica brindó una base teórica sólida para tomar las decisiones de diseño e implementación. Se consultaron fuentes sobre calidad del agua, la normativa INEN 1108, tecnología IoT, el ESP32, sensores de turbidez y desarrollo Android, lo que permitió sustentar cada parte del sistema MonAgua y que este cumpliera con los estándares vigentes en Ecuador.

Por otro lado, las encuestas aplicadas a los habitantes del sector La Raíz y la entrevista al presidente de la organización comunitaria del agua permitieron conocer de primera mano la situación real del servicio. Los resultados mostraron que la mayoría de los residentes no sabía si el agua que consumía cumplía con los parámetros mínimos de calidad y que no disponían de ninguna herramienta que les avisara cuando el agua podría representar un riesgo para su salud. Con esa información se definieron los requerimientos del sistema para que la solución respondiera a lo que la comunidad realmente necesitaba.

En cuanto al desarrollo, el diseño e implementación del sistema IoT con aplicación Android para el monitoreo en tiempo real de los parámetros de pH y turbidez del agua potable se desarrolló siguiendo la metodología ágil XP, en siete iteraciones que incluyeron la base de datos, la API PHP, la aplicación Android, la programación del ESP32, la integración con ngrok, Firebase Cloud Messaging y la publicación en hosting. Este enfoque permitió detectar y corregir errores de forma temprana y adaptarse a los cambios surgidos durante el desarrollo, entre ellos la sustitución temporal del sensor de pH por una solución de simulación mediante botón físico, mientras que el parámetro de turbidez sí fue monitoreado con sensor real.

En cuanto a las pruebas, se comprobó que el sistema identificó correctamente los diferentes niveles de turbidez del agua, generó alertas cuando los valores salieron del rango permitido y cerró la válvula solenoide en menos de un segundo al superar los 10 NTU. Las notificaciones llegaron al celular del usuario en menos de diez segundos, incluso cuando la aplicación estaba cerrada. En cuanto a los

requerimientos, todos se cumplieron para el caso de la turbidez y los umbrales configurados coincidieron con lo que establece la normativa INEN 1108. El pH se manejó mediante simulación con botón físico, por lo que instalar el sensor real queda pendiente para una siguiente versión del sistema. La publicación del servidor en InfinityFree también garantizó que el sistema estuviera disponible todo el tiempo desde cualquier red, dejando a MonAgua como una solución tecnológica funcional y accesible para el sector La Raíz.

6.2 Recomendaciones

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí se le recomienda seguir impulsando proyectos tecnológicos aplicados a comunidades rurales como parte de los trabajos de titulación, ya que este tipo de investigaciones ayuda a conectar la formación académica con la solución de problemas reales. Se recomienda a los futuros estudiantes de la carrera tomar este proyecto como punto de partida para ampliarlo a otros sectores del cantón El Carmen, agregar parámetros adicionales como cloro residual o temperatura del agua, y compartir los resultados en revistas científicas para contribuir al área de IoT aplicado al agua.

A quienes continúen desarrollando el sistema se les recomienda adquirir e instalar el sensor de pH físico para reemplazar la simulación con botón que se usó en este prototipo, ya que eso permitiría medir el nivel de acidez del agua de forma real y dejar el sistema completo. Se sugiere también migrar el servidor a un plan de hosting de pago que ofrezca mayor capacidad y disponibilidad garantizada, agregar autenticación mediante token en las peticiones del ESP32 para mayor seguridad, e implementar una gráfica de tendencia en la pantalla de historial que permita visualizar la evolución de los parámetros del agua a lo largo del tiempo.

A los administradores y residentes de La Raíz se les recomienda mantener activas las notificaciones de MonAgua, para recibir alertas de inmediato si el agua sale de los parámetros permitidos. Es importante revisar y resolver seguido las alertas activas desde el panel del administrador, y mantener el sensor de turbidez limpio y calibrado para que no dé lecturas incorrectas. Si la válvula se cierra sola, se debe abrir la llave manual de desahogo para sacar el agua con sedimentos antes de volver a consumirla, tal como indica la app en la pantalla de turbidez.

7 Bibliografía

- Al-Fugaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2019). Internet de las cosas: Un estudio sobre tecnologías, protocolos y aplicaciones facilitadoras. *IEEE, Encuestas y tutoriales de comunicaciones*, 17(4), 2345'2376.
- Báez, R. (2019). *El enfoque de la calidad: calidad total, Kaizen, adelgazamiento empresarial y benchmarking. Unidades de Apoyo para el Aprendizaje*. CUAED / Facultad de Contaduría y Administración - UNAM.
- Baker, O. (31 de 01 de 2025). *Aplicación de Android: definición, arquitectura, tipos, desarrollo, lenguajes de codificación, pruebas e implementación en Play Store*. Intelivita. <https://www.intelivita.co.uk/blog/android-app>
- Barbecho Barbecho, E. A., & Llivisaca Gutiérrez, I. R. (2021). *Diseño e implementación de una plataforma basada en IoT para la gestión de promociones de artículos en establecimientos comerciales*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Carrera de Ingeniería Electrónica.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20776/1/UPS-CT009227.pdf>
- Barnaghi, P., Wang, W., Henson, C., & TTaylor, K. (2021). Semántica para Internetde Cosas: progreso inicial y regreso al futuro. *Revista Internacional sobre Semántica Weby Sistemas de Información (IJSWIS)*, 8(1), 1-21.
- Bastidas Villamarin, E. J., & Bastidas Villamarin, E. J. (2019). *Desarrollo de un weareable para gas de uso doméstico en una red IoT y Cloud. / Tesis / Grado*. Universidad Politécnica Salesiana .
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18291>
- Bernal Suárez, W. F., Pérez Guevara, L. A., Villamil Moreno, L. P., & Riaño Castillo, E. R. (2024). Sistema automatizado soportado en IoT para monitoreo de calidad de agua en sistemas acuapónicos. *Ciencia en Desarrollo*, 15(1), 194-204.
<https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01217488.v15.n1.2024.15933>
- Burak, A. (17 de 08 de 2023). *Las 9 principales aplicaciones móviles de IoT y lo que necesita saber al respecto*. Etiqueta Tecnológica. https://relevant.software/blog/mobile-iot-apps/#What_Is_IoT_Exactly

- Burhan, M., Redman, R., Khan, B., & Kim, B. S. (2021). *Elementos de IoT en capas. Arquitecturas y problemas de seguridad. Sensores.*
- Cabrera Goyes, E., & Ordóñez Camacho, D. (2019). Posicionamiento en espacios interiores con Android, Bluetooth y RSSI. *Enfoque UTE*, 9(1), 118-126.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.238>
- Cano, J. L. (2019). La revolución del Internet of Things (IoT). *Harvard Deusto Business Review*, 36-43.
https://doi.org/http://xodel.diba.cat/sites/xodel.diba.cat/files/revolucion_del_internet_of_things.pdf
- Carbajal Azcona, Á., & González Fernández, M. (2018). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Castillo Arteaga, M. G. (2022). Agua, enlaces, propiedades, poder disolvente, contaminación. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 10(10), 1-5.
<https://doi.org/https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/issue/archive>
- Caycedo Lozano, L., & Trujillo Suárez, D. M. (2020). Concepto del agua y sus implicaciones en la formación ambiental. *Revista Boletín Redipe*, 9(7), 61-70.
<https://doi.org/https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/2018>
- Caycedo, L., Trujillo, D., & Gómez, J. (2018). Diagnóstico comparativo del uso del metaconcepto "compuesto" por estudiantes de programas ambientales en las Instituciones de Educación Superior IES Colombianas. En U. C. Cundinamarca. *Diario de Campo. La experiencia: Requisito para la visibilidad, la Investigación*, 132-154. <https://doi.org/Bogotá: Sello Editorial Universiad Colegio Mayor de Cundinamarca>
- Cisco. (2018). *Internet of Things*. CISCO LABS. <https://doi.org/https://bit.ly/3buPGdW>
- Constitución de la República del Ecuador. (2011). *Registro Oficial 449*. Quito.
https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Cordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada. (U. d. Rica, Ed.) *Revista educación*, 33(1), 155-156. <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

- Cuenca, C., Vera, Y., & Banchón, C. (2025). Salud pública y agua potable en América Latina: Soluciones sostenibles al cambio climático. *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, 14(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.33448/rsd-v14i6.49088>
- Dávila Newman, G. (2016). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus, Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela*, 2, 180-205. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76109911>
- Donis, J. A. (2018). *Importancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable del Municipio de Nueva Santa Rosa*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://doi.org/https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapid08/INF-2008-009.pdf>
- Dr. Papa Quiroz, E. A. (2018). *Diseño de una aplicación móvil para la consulta académica de la PISS-UTP*. Perú.
- Duarte Sánchez, D. D., & Guerrero Barreto, R. (2024). La encuesta como instrumento de recolección de datos, confiabilidad y validez en investigación científica. *Revista De Ciencias Empresariales, Tributarias, Comerciales Y Administrativa*, 3(2), 94–107. <https://doi.org/https://educaciontributaria.com.py/revista/index.php/rcetca/article/view/70>
- Fernández Sosa, J. (2021). *Utilización de dispositivos móviles como herramienta de sensado en aplicaciones de IoT (Tesis)*. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Informática. <https://doi.org/https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19606.27203>
- García, L. C., & Torres Gómez, A. R. (2024). Desarrollo de aplicaciones IoT: metodologías y estrategias. *European Public & Social Innovation Review. European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1375>
- Gauto Ruiz, C. A. (2023). La integración de las tecnologías digitales en la enseñanza-aprendizaje de los alumnos de la Universidad Nacional de Villarrica del Espíritu Santo –Facultad de Ciencias Sede Carapeguá. Año 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 7313-7337. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9279

- Gershenfeld, N., & Krikorian, R. C. (2004). The Internet of Things . *Scientific American*.
<https://doi.org/https://www.scientificamerican.com/article/the-internet-of-things/>
- Ghazaly, N. M., & Naveen, J. (2023). Sistema de Monitoreo de Salud Basado en IoT: Diseño, Implementación y Evaluación del Rendimiento. *Revista de Investigación de Sistemas Informáticos e Ingeniería*, 4(2), 144-159.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52710/rjcse.84>
- Gigli, M., & Koo, S. (2020). Internet de Cosas: Servicios y aplicaciones Categorización. *AvanceInternet de las cosas*, 1(2), 27-31.
- González, L., Osiris, S., Laguía, D., Gesto, E., & Hallar, K. (2020). Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 12(3), 105-137.
<https://doi.org/http://doi.org/10.22305/ict-unpa.v12.n3.744>
- González-Veja, A. M., Molina Sánchez, R., López Salazar, A., & López Salazar, G. L. (2022). La entrevista cualitativa como técnica de investigación en el estudio de las organizaciones. *New Trends in Qualitative Research*, 14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36367/ntqr.14.2022.e571>
- Grajales, T. (2000). <https://cursa.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/Investigaci%C3%B3n.pdf>
- Guerrero-Chanduví, D. (2016). *Los Recursos Humanos de Proyecto*. Piura: Universidad de Piura.
<https://doi.org/https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/6b7cf494-58f5-4f82-95a5-ce68f31b90da/content>
- Hanane, B., & Mohamed, L. (2021). Dispositivos IoT controlados mediante aplicaciones móviles. *Association for Information Systems*.
https://doi.org/https://aisel.aisnet.org/menacis2020?utm_source=aisel.aisnet.org%2Fmenacis2020%2F1&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Herrera Morales, G. C., Chávez Cadena, M. I., & Jiménez Gutiérrez, M. Y. (2022). Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial. *Información Tecnológica*, 33(2), 59-66.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200059>

- Juice Studio. (06 de 02 de 2025). *Cómo construir una aplicación móvil integrada IoT*.
<https://juice-studio.com/como-construir-una-aplicacion-movil-integrada-iot/>
- Lueth, K. L. (2018). IoT 2019 in Review: The 10 Most Relevant IoT Developments of the Year. Retrieved from IoT Analytics website. <https://doi.org/https://iot-analytics.com/iot-2018-in-review/>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literatura Review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173.
<https://doi.org/https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Márquez Cundú, J. S., & Márquez Pelayos, G. (2018). Software educativo o recurso educativo. *VARONA*, 27.
<https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/3606/360671782014/html/>
- Martínez, R., Rodríguez, J., & Sánchez, L. (2017). *Química, un proyecto de la American Chemical Society*. Ed. Reverte.
- MICSE. (2013). *Consejo Sectorial de los Sectores Estratégicos*. Catálogos de Políticas Sectoriales, Quito.
- Min-Allah, N., Saqib, S., Sardar, Z. I., & Ahmed, R. (2022). Soluciones basadas en IoT para monitorizar el nivel de agua, las fugas y el control de motores en tanques de agua inteligentes. *Revista Water*, 309(14).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14030309>
- Mohammed, F. H., & Esmail, R. (2021). Encuesta sobre servicios de IoT: clasificaciones y aplicaciones. *Int J Sci Res*(7), 2124-7.
- Naciones Unidas. (22 de 06 de 2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- NIC. (2025). *Disruptive Civil Technologies: Six Technologies with Potential Impacts on US Interests Out to 2025 : Biogerontechnology, Energy Storage Materials, Biofuels and Bio-based Chemicals, Clean Coal Technologies, Service Robotics, the Internet of Things*. <https://books.google.com/books?id=6DmhAQAAACAJ>
- Organización Mundial de la Salud, O. (13 de 09 de 2023). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

- Ortega, C. (2020). *Método analítico: Qué es, para qué sirve y cómo realizarlo*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-analitico/>
- Palma Muñoz, K. A., Garzón García, J. J., Delgado Zambrano, J. D., Zambrano Alcívar, K. G., & Párraga Zambrano, L. A. (2020). El impacto de las aplicaciones móviles, orientado a las Mipymes de la ciudad de Chone. *Magazine*, 1(1), 31-41. https://doi.org/https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/uleam_bahia_magazine/article/view/84
- Pavani, J.-B., Lucie, N., & Bonetto, E. (2023). La ecoansiedad motiva comportamientos proambientales: un estudio longitudinal de dos fases. *Motivación y emoción*, 47(2). <https://doi.org/10.1007/s11031-023-10038-x>
- Raeburn, A. (13 de 02 de 2023). *La programación extrema (XP) produce resultados, pero ¿es la metodología adecuada para ti?* <https://asana.com/es/resources/extreme-programming-xp>
- Rehman, H. U., Asif, M., & Ahmad, M. (2017). *Aplicaciones futuras y desafíos de la investigación de IoT. En Conferencia Internacional de 2017 sobre Información y Comunicación Tecnologías* (págs. 68-74).
- Robinson, J. (2018). *Electrolytes and acid-base balance. En: Essentials of Human Nutrition. Mann J. Truswell S. (eds). pp. 113-128. Oxford University Press.*
- Rodríguez Sotelo, J. L., López Londoño, C. A., Vega Botero, R. D., & Flórez Hurtado, R. D. (2020). Sistema de monitoreo y control remoto usando IoT para un regulador de presión. *Scientia et Technica*, 22(4), 391-397. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/849/84955649011.pdf>
- Rodríguez, D. M., Bayona, E., & Rosado, A. A. (2019). Summary of the Internet of Things and its Application in Agro-industrial Production. *Journal of Physics: Conference Series* 1409. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1409/1/012018>
- Roldán Reascos, G., Pérez Lamela, C., De Blas, E., & Simal Gandara, J. (2024). Índices de calidad del agua y percepción poblacional sobre la calidad del agua en una zona rural del Ecuador. *Revista Practica y Tecnología del agua*, 19(2), 580-593. <https://doi.org/https://doi.org/10.2166/wpt.2024.021>

- Sánchez Perugachi, C. J. (2024). *Aplicación móvil para monitorear la cantidad de gas en cilindros domésticos mediante un prototipo IOT*. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Escuela de Informática e Inteligencia Artificial.
<https://doi.org/https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c0fc47b0-0ccb-40de-a18c-6e0521d828b6/content>
- Secretaría del Agua. (2020). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua. ENCA 2016 - 2030*. Ministerio del Ambiente. https://doi.org/https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Tavares de Carmargo, E., Spanhol, F. A., & Scholz Slongo, J. (2023). Sensores de calidad del agua de bajo coste para IoT: una revisión sistemática. *Revista Sensores*, 23(9), 4424.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s23094424>
- Tavizon, A. (2019). *El Internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones*. México.
- Tigrero Suárez, K. D. (2019). *Implementar un aplicativo móvil bajo la plataforma Android para optimizar el acceso a la información institucional y servicios académicos que ofrece la Universidad Estatal Península de Santa Elena*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
<https://doi.org/https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5236>
- Valencia Manzo, S., & Vargas Hernández, J. (1997). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera . *Madera y Bosques*, 3(1), 81-87.
<https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/617/61730107.pdf>
- Valle Taiman, A. (2022). *Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP*.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/20d5ac9a-57bf-42e9-966e-73c5aabbf95/content>
- Vázquez Rodríguez, R. (2019). Aplicaciones y tecnologías para el desarrollo de la internet de las cosas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 1(3), 88-97.
<https://doi.org/http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA>
- Villena Chávez, J. A. (2019). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 35(2).
<https://doi.org/https://www.scielo.org/article/rpmesp/2018.v35n2/304-308/>

- Yuskevych, M. (2024). *Perpetio*. <https://perpet.io/blog/how-to-create-an-iot-app-a-full-guide/>
- Zennaxx. (08 de 06 de 2025). *Aplicaciones de Android: Definición, Características, Sistema Operativo, Tipos, Ventajas y Desventajas*. <https://zennaxx.com/android-app/>
- Zimmermann, K. A., & Empspak, J. (2019). *Internet History Timeline: Arpanet to the World Wide Web*. LiveScience. <https://doi.org/https://bit.ly/3i4e9cj>

8 Anexos

Anexo A: Asignación de tutor

Anexo A Asignación de tutor

DPGA | Titulación | Periodo 2025-2 -
Notificación de tutor asignado -
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN 2022
(EL CARMEN)

NT

NOTIFICACIONES TITULACION

...

Mié 13/08/2025 9:09 [Ver más](#)

**Uleam**
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Periodo 2025-2 - Notificación de tutor asignado - TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN 2022 (EL CARMEN)

Estimad@
Docente y Estudiante
Uleam

En cumplimiento de lo establecido en la Ley, el Reglamento de Régimen Académico y las disposiciones estatutarias de la Uleam, por medio de la presente se oficializa la dirección y tutoría en el desarrollo del Trabajo de Integración curricular / Trabajo de Titulación del siguiente estudiante:

Tema: APLICACIÓN ANDROID CON IOT PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR LA RAIZ
Estado de aprobación: Aprobado
Tipo de titulación: Trabajo de Integración Curricular
Tipo de proyecto: Trabajo de Integración Curricular / Trabajo de titulación se articula con proyectos y programas de Investigación.
Apellidos y nombres del tutor asignado: MORA MARCILLO ALEX BLADIMIR
Apellidos y nombres del estudiante: SALAVARRIA LOOR JUANA ISABEL
Carrera: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN 2022 (EL CARMEN)
Periodo de inducción: Periodo 2025-2

Sírvase cumplir con lo dispuesto en el Manual de Procedimientos de TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR Y UNIDAD DE TITULACIÓN

<https://departamentos.uleam.edu.ec/gestion-aseguramiento-calidad/files/2020/06/PAT-04-Titulacion-de-Estudiantes-de-grado-UIC-y-UT.pdf>

Anexo B: Reporte del sistema antiplagio

Anexo B: Reporte del sistema antiplagio



Certificado de análisis

Compilatio Magister+ | ULEAM-ECU

Aplicación Android para monitorear los parámetros de calidad de agua en el sector La Raíz del Cantón El Carmen.

ID : 8cb3fe9bf847bb8f443300a2b99652db6c13912f



8%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : TESIS JISL.txt

Tamaño del archivo original : 7,59 MB

Número de palabras : 24.233

Depositante : Juana Salavarría

Autor : Juana Salavarría

Fecha de depósito : 23 de julio de 2026

Tipo de carga : url_submission

fecha de fin de análisis : 23 de julio de 2026



Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Similitudes

3%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

2%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos

3%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.

Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Textos entre comillas

<1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

Anexo C: Evidencia de aplicación de entrevistas y encuestas

Anexo C: Evidencia de aplicación de entrevistas y encuestas

Evidencia de las entrevistas



Evidencia de las encuestas

A screenshot of a digital survey form. The background is blue with white wavy lines. The title of the survey is 'Calidad del agua potable en el sector La Raíz'. Below the title, the date '5 jul 2026' is displayed. A paragraph explains the purpose of the survey: 'Este formulario tiene como finalidad recopilar información sobre la percepción de los habitantes del sector La Raíz respecto a la calidad del agua potable que reciben, la continuidad del servicio y los posibles efectos'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Empezar ahora'.

[← Volver a las preguntas](#)

Conclusiones y acciones ^

...

Analice y explore los resultados actualizados en Excel.



Calidad del agua _potabl...

SALAVARRIA LOOR JUANA ISABEL



Revisar respuestas



Publicar puntuaciones

Información general sobre respuestas

Activo

Respuestas

100



Puntuación media

0



Tiempo promedio

01:04



Anexo D: Formato de entrevista

Anexo D: Formato de entrevista

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ENTREVISTA

TÍTULO: Aplicación Android con Iot para el control de calidad del agua en el sector La Raíz.

TESISTA: Salavarría Looor Juana Isabel

PRESENTACIÓN:

El presente instrumento forma parte de un trabajo de investigación en curso, por lo cual se solicita amablemente su colaboración respondiendo cada pregunta con sinceridad y objetividad. Es importante señalar que toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial, y sus respuestas se emplearán exclusivamente con fines académicos y científicos.

INSTRUCCIONES:

A continuación, estaré mencionando cada una de las preguntas y usted tendrá unos minutos para que pueda redactar sus respectivas respuestas.

1. ¿Cómo funciona actualmente el sistema de distribución de agua en el sector La Raíz?

2. ¿Cuáles son los principales problemas que han identificado en la calidad del agua (turbidez, sedimentos, color, olor, etc.)?

3. ¿Considera usted que el agua de deficiente calidad puede generar problemas de salud en los habitantes?

4. ¿Con qué frecuencia se realizan trabajos de mantenimiento o limpieza en la red de distribución?

5. **¿Existen registros o reportes técnicos sobre la calidad del agua del sector?**
-
-
6. **¿Qué dificultades presentan como organización para garantizar un suministro de agua de buena calidad?**
-
-
7. **¿La comunidad suele reportar problemas relacionados con la calidad del agua?**
-
-
8. **¿Cuentan con recursos o herramientas para monitorear el estado del agua actualmente?**
-
-
9. **¿Conoce o ha escuchado sobre sistemas de monitoreo basados en sensores IoT?**
-
-
10. **¿Considera que un sistema IoT podría ayudar a mejorar el control y supervisión de la calidad del agua en el sector?**
-
-
11. **¿Estaría dispuesto a implementar o apoyar una solución tecnológica que brinde información en tiempo real sobre la calidad del agua?**
-
-
12. **¿Qué beneficios cree que podría traer una aplicación móvil que informe a los habitantes sobre el estado del agua?**
-
-
13. **¿Qué limitaciones técnicas, económicas o logísticas podría enfrentar la implementación de un sistema IoT en la comunidad?**
-
-

Anexo E: Formato de encuestas

Anexo E: Formato de encuestas

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ENCUESTA

TÍTULO: Aplicación Android con Iot para el control de calidad del agua en el sector La Raíz.

TESISTA: Salavarría Looor Juana Isabel

PRESENTACIÓN:

El presente instrumento forma parte de un trabajo de investigación en curso, por lo cual se solicita amablemente su colaboración respondiendo cada pregunta con sinceridad y objetividad. Es importante señalar que toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial, y sus respuestas se emplearán exclusivamente con fines académicos y científicos.

INSTRUCCIONES:

A continuación, se mostrará una lista de preguntas, de las cuales debe escoger una sola respuesta por cada una.

1. ¿Con qué frecuencia el agua que recibe presenta turbidez (agua turbia)?

- ☐ Nunca
- ☐ Rara vez
- ☐ A veces
- ☐ Frecuentemente
- ☐ Siempre

2. ¿Ha notado presencia de sedimentos, partículas o color extraño en el agua?

- ☐ Sí
- ☐ No

3. ¿Cómo calificaría la calidad del agua que recibe actualmente?

- ☐ Muy buena

- ☐ Buena
 - ☐ Regular
 - ☐ Mala
 - ☐ Muy mala
- 4. ¿Ha tenido daños o fallas en electrodomésticos (lavadora, ducha eléctrica, etc.) debido a la mala calidad del agua?**
- ☐ Sí
 - ☐ No
- 5. ¿Ha experimentado problemas de salud relacionados con el consumo de agua del sector?**
- ☐ Sí
 - ☐ No
 - ☐ No estoy seguro(a)
- 6. ¿Con qué frecuencia el servicio de agua se interrumpe en su vivienda?**
- ☐ Nunca
 - ☐ Rara vez
 - ☐ Ocasionalmente
 - ☐ Frecuentemente
- 7. ¿Conoce usted el concepto de sensores o dispositivos IoT para monitoreo del agua?**
- ☐ Sí
 - ☐ No
- 8. ¿Considera importante contar con un sistema que monitoree la calidad del agua en tiempo real?**
- ☐ Sí
 - ☐ No estoy seguro(a)

☐ No

9. ¿Estaría dispuesto(a) a utilizar una aplicación en su celular que le notifique sobre el estado del agua?

☐ Sí

☐ Tal vez

☐ No

10. ¿Cree usted que un sistema IoT podría ayudar a mejorar la calidad del servicio de agua en el sector?

☐ Sí

☐ Tal vez

☐ No

9 Glosario

ADC (Conversor Analógico-Digital): Componente electrónico del ESP32 que convierte señales eléctricas analógicas (voltaje continuo) en valores numéricos discretos que el microcontrolador puede procesar.

Android Studio: Entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial de Google para el desarrollo de aplicaciones Android.

API (Application Programming Interface): Interfaz de programación de aplicaciones.

Arduino IDE: Entorno de desarrollo para la programación de microcontroladores.

ArduinoJson: Librería de código abierto para el microcontrolador ESP32 que facilita la creación y lectura de objetos en formato JSON, usada para empaquetar los datos de los sensores antes de enviarlos al servidor.

Bcrypt: Algoritmo criptográfico utilizado para cifrar contraseñas de forma segura.

C++: Lenguaje de programación utilizado para programar el microcontrolador ESP32.

ESP32: Microcontrolador de bajo costo con WiFi y Bluetooth integrados, fabricado por Espressif Systems.

FCM (Firebase Cloud Messaging): Servicio de Google que permite enviar notificaciones push a dispositivos Android e iOS.

Firebase: Plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles de Google que incluye servicios como autenticación, base de datos en la nube y mensajería push.

GPIO (General Purpose Input/Output): Pines de propósito general del ESP32 que pueden configurarse como entradas o salidas digitales o analógicas.

HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure): Versión segura del protocolo HTTP que cifra la comunicación entre el cliente y el servidor mediante SSL/TLS.

INEN 1108: Norma técnica ecuatoriana que establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para ser apta para el consumo humano.

InfinityFree: Plataforma de hosting web gratuito que soporta PHP y MySQL.

IoT (Internet of Things): Internet de las Cosas. Concepto que describe la interconexión de dispositivos físicos con internet, permitiendo la recopilación y transmisión de datos de forma automática.

ISR (Interrupt Service Routine): Rutina de interrupción. Función especial del ESP32 que se ejecuta automáticamente cuando ocurre un evento específico en un pin, como la pulsación de un botón.

Java: Lenguaje de programación orientado a objetos utilizado para desarrollar la aplicación Android MonAgua.

JSON (JavaScript Object Notation): Formato ligero de intercambio de datos basado en texto que es fácil de leer para humanos y de procesar para máquinas.

MySQL: Sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto.

Ngrok: Herramienta que crea un túnel seguro entre un servidor local y el internet, generando una URL pública temporal con HTTPS.

NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez): Unidad de medida estándar para la turbidez del agua.

pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución acuosa, expresada en una escala de 0 a 14.

PHP: Lenguaje de programación del lado del servidor utilizado para desarrollar la API del sistema MonAgua.

Pull-to-refresh: Funcionalidad de las aplicaciones móviles que permite al usuario actualizar el contenido de una pantalla deslizando hacia abajo.

Push notification (Notificación push)

Mensaje enviado desde un servidor a un dispositivo móvil sin que el usuario tenga que abrir la aplicación.

Relay: Dispositivo electrónico que actúa como interruptor controlado por señal eléctrica.

SEN0189: Modelo del sensor de turbidez fabricado por DFRobot. Mide la cantidad de partículas suspendidas en el agua mediante el principio de dispersión de luz.

SharedPreferences: Mecanismo de almacenamiento local de Android que permite guardar datos simples (como la sesión del usuario) de forma persistente en el dispositivo.

Válvula solenoide: Dispositivo electromecánico que permite abrir o cerrar el paso de un fluido mediante una señal eléctrica. En MonAgua, la válvula solenoide de 12V se usa para cortar automáticamente el paso del agua cuando se detecta turbidez alta.

Volley: Librería de Android desarrollada por Google que simplifica el manejo de peticiones HTTP asíncronas. Usada en MonAgua para enviar y recibir datos en formato JSON entre la aplicación y el servidor PHP.

WampServer: Servidor local para Windows que incluye Apache, PHP y MySQL. Fue utilizado durante el desarrollo y las pruebas del sistema MonAgua antes de migrar al hosting de producción.

XP (Extreme Programming): Metodología ágil de desarrollo de software que organiza el trabajo en iteraciones cortas con entregas frecuentes.

Wearables: Son dispositivos electrónicos que se llevan puestos como accesorios o ropa que recopilan datos en tiempo real (salud, actividad física) y se conectan a teléfonos móviles.