



epoch | ORELLANA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

AVANCE DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

ESTUDIANTE:

LAURA MIELES

CRISTIAN BENALCAZAR

FERNANDO GUAÑUNA

JESSICA ORDOÑEZ

CURSO:

PAO 6

ORELLANA, 2025



Orellana-Ecuador
Gaspar de Carvajal, entre Quito y Napo
Código Postal: EC060155

Teléfono: 593 (03) 2998-200

epoch.edu.ec

TEMA: Aplicación Móvil con IoT y Machine Learning para gestionar el recurso hídrico en el barrio Julio Llori, cantón Francisco de Orellana

**CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN**

1.1 Justificación

La presente investigación se justifica desde varias perspectivas: teórica, metodológica y práctica, con el objetivo de abordar la problemática del desabastecimiento de agua en el barrio Julio Llori mediante el uso de tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT) y el aprendizaje automático (machine learning).

Desde la perspectiva teórica, la necesidad de explorar y aplicar tecnologías como el IoT y el machine learning en la gestión de recursos hídricos es fundamental para garantizar un manejo más eficiente y sostenible del agua. Estos avances tecnológicos han demostrado ser efectivos en la optimización del consumo de agua y en la predicción de escenarios de escasez, como se ha evidenciado en investigaciones previas. Según (Shaikh et al., 2023), "El IoT y el machine learning proporcionan soluciones sostenibles para problemas relacionados con la distribución y el consumo de agua en comunidades vulnerables". El caso específico del barrio Julio Llori destaca la relevancia de estas tecnologías, ya que la monitorización en tiempo real y el análisis predictivo permiten no solo anticipar los cortes de agua, sino también optimizar su uso, reduciendo el desperdicio y garantizando un suministro adecuado.

En cuanto a la justificación metodológica, el proyecto es viable gracias a la disponibilidad de tecnologías accesibles, como sensores IoT de bajo costo y herramientas de machine learning de código abierto. Además, se cuenta con una población claramente identificada y disponible: los

residentes del barrio Julio Llori, quienes se beneficiarán directamente de la solución propuesta. El acceso a la información será posible a través de encuestas y entrevistas con los habitantes, complementadas con los datos generados por los sensores instalados en los tanques de agua. Las autoridades locales también brindarán el apoyo necesario mediante las autorizaciones correspondientes, lo que permitirá implementar el sistema y realizar pruebas piloto de manera efectiva.

Desde la perspectiva práctica, esta investigación tiene un impacto directo y significativo en la calidad de vida de los residentes de Julio Llori. Al proporcionarles una solución tecnológica que les permita planificar mejor su consumo de agua, anticiparse a los cortes de suministro y reducir los desperdicios, el proyecto contribuirá a mejorar el bienestar general de la comunidad. Además, la implementación de esta tecnología fomenta la inclusión digital y tecnológica en un contexto rural, promoviendo el acceso a herramientas innovadoras que antes podrían haber estado fuera de su alcance. A nivel profesional, la investigación refuerza el uso de tecnologías emergentes para resolver problemas sociales y medioambientales, promoviendo la formación en diseño y aplicación de soluciones tecnológicas integradas.

Este estudio también está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con el ODS 6: "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos". La implementación exitosa de este proyecto no solo beneficiará a los residentes de Julio Llori, sino que podría servir como modelo replicable en otras comunidades que enfrenten problemas similares de gestión de recursos hídricos, ampliando su impacto a nivel regional y global.

1.1.1 *Formulación del problema de investigación*

En el barrio Julio Llori, cantón puerto Francisco de Orellana, la escasez de agua en los tanques de suministro asignados a cada barrio genera dificultades para los habitantes. Actualmente, los residentes no cuentan con información oportuna sobre el agotamiento de los tanques, lo que afecta su capacidad de organizar y gestionar su consumo de agua adecuadamente. Esta situación provoca un impacto negativo en la vida cotidiana, ya que los cortes inesperados pueden dejar a las familias sin acceso al agua en momentos críticos.

Para evitar estos inconvenientes, es necesario implementar una aplicación móvil que envíe alertas en tiempo real a los habitantes sobre el nivel de agua en sus tanques. Esta solución permitiría a los residentes anticiparse a los cortes, optimizando su consumo y reduciendo el impacto de las interrupciones en el suministro de agua.

1.2 *Objetivos*

1.2.1 *Objetivos General*

Desarrollar una aplicación móvil que integre IoT y machine learning para monitorear en tiempo real el nivel de agua en los tanques de suministro del barrio Julio Llori, cantón Puerto Francisco de Orellana.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento de agua y las tecnologías disponibles para identificar las necesidades específicas del barrio Julio Llori.
- Implementar un sistema de sensores IoT para medir en tiempo real los niveles de agua en los tanques comunitarios.
- Diseñar una interfaz de usuario en la aplicación móvil con algoritmos de

machine learning para analizar los niveles de agua y emisión de alertas preventivas.

- Evaluar el rendimiento del sistema IoT en términos de precisión, asegurando el mejoramiento del recurso hídrico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de Literatura

2.1.1 *Antecedentes investigativos*

La gestión del agua es un desafío global, especialmente en comunidades con recursos limitados. Estudios previos han abordado la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y machine learning para optimizar el manejo de recursos hídricos. Según (Che Zalina Zulkifli S. G., 2022), el IoT ha demostrado ser eficaz en la monitorización remota de parámetros como niveles de agua, calidad y consumo, mejorando significativamente la planificación y distribución de este recurso. Por otro lado, (Rita Wiryasaputra, 2024) destaca que los algoritmos de machine learning pueden analizar patrones históricos de consumo, permitiendo predecir la demanda y anticipar posibles desabastecimientos.

En cuanto a las aplicaciones móviles, investigaciones como la de (Kamyab et al., 2023a) subrayan su papel clave en la difusión de información en tiempo real y la sensibilización de comunidades hacia un uso sostenible del agua. Estas herramientas tecnológicas han sido implementadas con éxito en proyectos similares en regiones rurales, evidenciando una mejora en la calidad de vida de las comunidades al proporcionar datos oportunos para la toma de decisiones. En el ámbito local, existen pocos registros sobre proyectos que integren IoT y machine learning en la gestión de recursos hídricos. Sin embargo, estudios como (Fachinelli & Pereira, 2023) han documentado casos exitosos de monitorización de agua mediante sensores en zonas rurales de América

Latina. Estos proyectos han demostrado que la tecnología puede ser una solución viable y escalable para comunidades vulnerables. A nivel internacional, iniciativas como (Bogdan et al., 2023) en India y África han mostrado cómo el uso de aplicaciones móviles y algoritmos predictivos puede transformar la manera en que las comunidades manejan el agua, reduciendo desperdicios y mejorando la equidad en su distribución.

2.1.2 Fundamentos teóricos

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una búsqueda y análisis de artículos similares elaborados por otros autores. Estos sirven como referencia para la ejecución del proyecto planteado y contribuyen al enriquecimiento del conocimiento sobre el tema. Inicialmente, se lleva a cabo un estudio de informes relacionados desarrollados por otros investigadores.

La gestión del agua es un desafío global, especialmente en comunidades con recursos limitados. Estudios previos han abordado la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y machine learning para optimizar el manejo de recursos hídricos. Según Zhu et al (2010), el IoT ha demostrado ser eficaz en la monitorización remota de parámetros como niveles de agua, calidad y consumo, mejorando significativamente la planificación y distribución de este recurso. Por otro lado, Görenekli y Gülbağ (2024) destacan que los algoritmos de machine learning pueden analizar patrones históricos de consumo, permitiendo predecir la demanda y anticipar posibles desabastecimientos.

En cuanto a las aplicaciones móviles, investigaciones como la de Kamyab et al. (2023) subrayan su papel clave en la difusión de información en tiempo real y la sensibilización de comunidades hacia un uso sostenible del agua. Estas herramientas tecnológicas han sido implementadas con éxito en proyectos similares en regiones rurales, evidenciando una mejora en la calidad de vida de las comunidades al proporcionar datos oportunos para la toma de decisiones.

En el ámbito local, existen pocos registros sobre proyectos que integren IoT y machine learning en la gestión de recursos hídricos. Sin embargo, estudios como Pérez González et al. (2023) han documentado casos exitosos de monitorización de agua mediante sensores en zonas rurales de América Latina. Estos proyectos han demostrado que la tecnología puede ser una solución viable y escalable para comunidades vulnerables. A nivel internacional, iniciativas como Zaidi et al. (2023) en India y África han mostrado cómo el uso de aplicaciones móviles y algoritmos predictivos puede transformar la manera en que las comunidades manejan el agua, reduciendo desperdicios y mejorando la equidad en su distribución.

Internet de las Cosas (IoT)

El IoT es un ecosistema donde dispositivos físicos, software y sistemas de comunicación interactúan para recopilar y analizar datos en tiempo real. Este enfoque multidimensional permite automatizar procesos y mejorar la eficiencia operativa. Según (Adeleye Adewuyi et al., 2024), el IoT conecta objetos físicos a la nube a través de sensores y redes, facilitando la monitorización inteligente y la toma de decisiones autónomas, lo que es clave en sectores como la salud, la agricultura y la gestión de recursos hídricos.

En el IoT, los dispositivos físicos se integran con sistemas digitales mediante hardware y software que recopilan datos de su entorno. Esto se logra a través de sensores inteligentes y plataformas de datos que transforman la información en insights útiles. Según (Zulkifli et al., 2022) Haga clic o pulse aquí para escribir texto., estos sistemas no solo conectan dispositivos, sino que optimizan la gestión de recursos al permitir decisiones basadas en datos en tiempo real.

El IoT trasciende la simple conexión de dispositivos al enfocarse en la interoperabilidad entre hardware, software y redes para crear un entorno adaptativo. Esto es particularmente útil en áreas donde la monitorización constante es crítica, como en la agricultura o la gestión del agua.

(Adeleye Adewuyi et al., 2024) enfatizan que el IoT permite un análisis de datos continuo que fomenta la sostenibilidad de los sistemas y minimiza la intervención humana

Se adopto el enfoque descrito por (Adeleye Adewuyi et al., 2024), quienes enfatizan que el IoT mejora la sostenibilidad al minimizar la intervención humana y optimizar la eficiencia en procesos clave. Este concepto respalda los objetivos técnicos de nuestro proyecto, ya que la integración de IoT permite una automatización precisa para el monitoreo y gestión eficiente de los niveles de agua en el barrio Julio Llori. Este marco práctico refuerza la implementación de tecnología avanzada para abordar desafíos reales de manera sostenible y confiable.

Machine Learning (ML)

El Machine Learning (ML) es un enfoque computacional que permite a las máquinas identificar patrones en datos para tomar decisiones autónomas sin una programación explícita. Según (Zaidi et al., 2023b), los algoritmos de ML son fundamentales para descubrir relaciones ocultas en grandes conjuntos de datos, especialmente en contextos donde los modelos tradicionales no son efectivos. Este enfoque resulta útil en áreas como predicciones climáticas, atención médica y gestión de recursos naturales.

ML se centra en el diseño de algoritmos que evolucionan al aprender de los datos. En palabras de (*Deep Learning*, n.d.), el aprendizaje automático combina estadísticas avanzadas con computación eficiente para procesar grandes volúmenes de información y generar modelos que se adaptan dinámicamente a nuevas entradas. Su capacidad para escalar y ajustarse a diversas industrias ha sido clave para su adopción global.

El aprendizaje automático es una tecnología versátil que aplica técnicas como redes neuronales y análisis predictivo para mejorar sistemas basados en datos. Según (Jordan & Mitchell, 2015), ML no solo optimiza procesos existentes, sino que también impulsa avances innovadores en automatización, permitiendo aplicaciones como la conducción autónoma y la gestión de recursos energéticos. Este impacto es especialmente notable en sectores donde los datos son complejos y abundantes.

Se identifico con la perspectiva presentada por Jordan y Mitchell (2023), ya que resalta la adaptabilidad y versatilidad del ML en resolver problemas complejos y optimizar procesos. Esto refleja directamente el uso del aprendizaje automático en nuestro proyecto para gestionar eficientemente el consumo de agua en el barrio Julio Llori. Su enfoque en la automatización y la predicción precisa encaja con la necesidad de transformar datos complejos en soluciones prácticas y sostenibles.

Regresión Lineal:

La regresión lineal es una técnica estadística que establece una relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. En este contexto, el modelo predice el nivel de agua en función de variables históricas cuando se asume que existe una relación lineal. Según (Ehteram & Banadkooki, 2023) , la regresión lineal se utiliza frecuentemente en la ingeniería y las ciencias naturales para predecir resultados continuos, donde el comportamiento de las variables está linealmente relacionado. Este método permite identificar tendencias y realizar estimaciones para la toma de decisiones. El análisis de regresión ayuda a prever el comportamiento futuro, lo cual es crucial en la gestión de recursos como el agua en entornos rurales o urbanos.

El uso de regresión lineal para predecir el nivel de agua es efectivo cuando se cuenta con datos históricos que siguen patrones regulares. En este sentido, (Maatta, 2011) destacan la importancia de la regresión lineal en modelos predictivos de fenómenos naturales, como la hidrología. Estos modelos permiten anticipar los cambios en el nivel de agua de cuerpos hídricos a partir de observaciones previas, proporcionando información valiosa para la planificación y gestión de recursos. Este enfoque es especialmente útil cuando los datos disponibles son suficientes y presentan una relación directa con el objetivo de predicción.

La regresión lineal permite comprender cómo las variables independientes afectan al nivel de agua, lo que resulta en una herramienta útil para la toma de decisiones en gestión ambiental.

Según (Singh et al., 2017), la regresión lineal ha sido ampliamente aplicada en el modelado de fenómenos ambientales debido a su simplicidad y efectividad. Permite a los investigadores y administradores del agua modelar las fluctuaciones de los niveles de agua en función de variables como el uso del suelo, el clima y la precipitación. Este tipo de análisis es valioso para mejorar la previsión y las intervenciones oportunas en la gestión de recursos hídricos.

En referencia al concepto de regresión lineal, nos decidimos por el enfoque propuesto por (Ehteram & Banadkooki, 2023), quienes destacan la relevancia de esta técnica en la predicción de resultados continuos, especialmente cuando existe una relación lineal entre las variables. Este enfoque es adecuado para nuestro proyecto ya que trabajamos con datos históricos sobre los niveles de agua en los tanques comunitarios, y la regresión lineal ofrece una herramienta simple y efectiva para anticipar cambios en estos niveles. Su capacidad para identificar tendencias lineales en datos previos es clave para gestionar eficientemente el recurso hídrico y optimizar su distribución en la comunidad.

Bosques Aleatorios:

Los Bosques Aleatorios (RF) son ampliamente utilizados en el ámbito de los recursos hídricos para predecir y modelar patrones complejos, especialmente aquellos que presentan relaciones no lineales entre las variables. Su capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos y para aprender de múltiples variables lo hace adecuado en el estudio de fenómenos complejos como el consumo de agua, donde las relaciones entre los factores involucrados no siguen una estructura simple. Además, la flexibilidad de RF permite modelar interacciones entre variables que podrían ser pasadas por alto con otros enfoques más simples (Breiman, 2001).

El modelo de Bosques Aleatorios se caracteriza por su enfoque iterativo, lo que le permite mejorar sus predicciones de manera constante a medida que se incorporan más datos. Esta capacidad de adaptación es crucial para sistemas de monitoreo continuo, como los sensores IoT instalados en el barrio Julio Llori, que proporcionan información en tiempo real sobre los

niveles de agua. De acuerdo con (Fernández-Delgado et al., 2014) , esta característica permite que el modelo se ajuste a cambios en las condiciones ambientales y a nuevos patrones de consumo, mejorando la exactitud de las predicciones.

Los Bosques Aleatorios han demostrado su efectividad en la predicción de fenómenos hidrológicos, como la fluctuación de los niveles de agua, especialmente cuando los patrones de comportamiento son complejos. Su aplicación en modelos predictivos de hidrología permite anticipar situaciones críticas, como el agotamiento de los tanques de agua, y proporciona a los gestores de recursos hídricos herramientas para la toma de decisiones informadas. Según (Ehteram & Banadkooki, 2023), RF es particularmente útil cuando los datos presentan relaciones complejas que no pueden ser capturadas adecuadamente por modelos lineales tradicionales.

Se elige el enfoque de Bosques Aleatorios basado en su adaptabilidad y capacidad para modelar interacciones complejas entre variables, lo que es esencial para el análisis del consumo de agua en el barrio Julio Llori. Como se menciona en el trabajo de (Breiman, 2001), RF es ideal para capturar patrones no lineales y dinámicos, lo que se ajusta perfectamente a las necesidades del proyecto, que requiere predicciones precisas basadas en datos continuos y en tiempo real proporcionados por sensores IoT. Su capacidad para aprender de manera iterativa mejora continuamente la precisión de las predicciones, lo cual es fundamental para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la comunidad.

Aplicaciones Móviles

Apostolakis et al 2024 explica cómo las aplicaciones móviles actúan como herramientas eficaces para fomentar un cambio en el comportamiento de los usuarios hacia prácticas más sostenibles. A través de estas plataformas, los usuarios pueden acceder a información clave que no solo facilita la adopción de nuevas tecnologías, sino que también les otorga poder para tomar decisiones informadas sobre su consumo de recursos. En el contexto de este proyecto, la

aplicación móvil para monitorear el consumo de agua no solo sirve para gestionar datos, sino que empodera a los usuarios al proporcionarles alertas y recomendaciones personalizadas, promoviendo una gestión más eficiente del recurso hídrico en el barrio Julio Llori.

Este enfoque permite un monitoreo en tiempo real de los niveles de agua, lo que facilita la toma de decisiones sobre el uso del recurso. La recopilación de datos a través de estos dispositivos inteligentes ayuda a optimizar el consumo y evitar el agotamiento de los tanques de suministro, como ocurre en el barrio Julio Llori. Esta tecnología también es clave para promover la sostenibilidad, ya que proporciona información valiosa que fomenta la adopción de comportamientos más responsables en los usuarios (Nguyen et al., 2020).

Estas aplicaciones permiten a los usuarios recibir alertas sobre el estado de la calidad del agua y el agotamiento de los recursos, lo que ayuda a tomar decisiones informadas. Este enfoque es especialmente útil en regiones con recursos limitados, ya que brinda a los usuarios la oportunidad de modificar su comportamiento y evitar la escasez de agua. En el caso de nuestro proyecto, la integración de esta tecnología proporciona un mecanismo eficaz para gestionar el agua en tiempo real y mejorar la sostenibilidad del recurso (Alam et al., 2021).

En el marco de este proyecto, hemos optado por el enfoque de **Benjamin Brauer 2016** debido a su énfasis en el empoderamiento de los usuarios a través de aplicaciones móviles. Esta perspectiva coincide con el objetivo del proyecto en el barrio Julio Llori, donde no solo se busca monitorear el consumo de agua, sino también fomentar una cultura de responsabilidad y sostenibilidad entre los residentes. Al proporcionarles herramientas personalizadas y alertas sobre su consumo, la aplicación tiene el potencial de generar cambios significativos en las prácticas diarias, contribuyendo a la gestión eficiente del recurso hídrico.

Gestión del Agua

Görenekli & Gülbağ (2024) afirman que la integración de tecnologías como IoT y Machine Learning en la gestión del agua puede ofrecer soluciones efectivas frente a la escasez y el uso ineficiente del recurso. Estas tecnologías no solo mejoran el suministro de agua mediante la predicción del consumo, sino que también sensibilizan a las comunidades sobre la importancia de su conservación, facilitando una gestión proactiva que optimiza los recursos hídricos.

Según Le et al. (2023), las plataformas inteligentes, alimentadas por IoT, desempeñan un papel crucial en la gestión eficiente del agua, ya que permiten el monitoreo en tiempo real y la toma de decisiones informadas. Esto mejora la transparencia y reduce significativamente los costos operativos en las comunidades, lo que es fundamental en zonas vulnerables a la escasez de agua.

Bennett et al. (2022) destacan que el uso de modelos predictivos, combinados con tecnologías avanzadas, permite una gestión más eficiente del agua. Estos modelos no solo predicen la demanda futura de agua, sino que también contribuyen a reducir la probabilidad de cortes imprevistos y mejorar la distribución en tiempo real. Esta capacidad predictiva es esencial para abordar los desafíos del suministro en comunidades con recursos limitados.

En el contexto de la gestión del agua, nos decidimos por el enfoque planteado por Görenekli & Gülbağ (2024), quienes sugieren que la combinación de IoT y Machine Learning permite un enfoque integral y proactivo para la optimización del uso del agua. Esta elección es adecuada para nuestro proyecto debido a que permite predecir y ajustar el consumo de agua en tiempo real, ayudando a gestionar el recurso hídrico en el barrio Julio Llori de manera más eficiente, adaptándose a las necesidades cambiantes de la comunidad.

Base de datos

García et al. (2022) afirman que Firebase Realtime Database es una de las mejores

opciones para la sincronización de datos en tiempo real en aplicaciones móviles. Esta base de datos, alojada en la nube, permite la actualización instantánea de datos en varios dispositivos, lo cual es esencial para aplicaciones que requieren reflejar cambios inmediatos, como las de monitoreo de recursos. Este atributo es fundamental en nuestro proyecto, ya que la gestión del agua en el barrio Julio Llori requiere una actualización constante de los niveles de agua, lo cual es alcanzado con Firebase.

López y Pérez (2021) explican cómo Firebase Realtime Database ha sido implementada con éxito en proyectos de Internet de las Cosas (IoT), facilitando una integración fluida con sensores y dispositivos conectados. La plataforma, al ser multiplataforma, permite capturar y transmitir datos en tiempo real, incluso con una conectividad inestable. Este atributo es esencial para nuestro proyecto, ya que depende de la recopilación continua de datos de los sensores IoT para medir y visualizar los niveles de agua en el barrio. La capacidad de Firebase para recibir datos en tiempo real elimina la necesidad de middleware o servicios web complejos.

Martínez y Fernández (2020) comparan Firebase Realtime Database con otras bases de datos como MongoDB y Redis, destacando su facilidad de uso y la integración directa con aplicaciones móviles. A pesar de algunas limitaciones, como el número máximo de conexiones simultáneas, su simplicidad y capacidad de sincronización en tiempo real la convierten en una excelente opción para aplicaciones móviles de monitoreo y gestión. Según los autores, la capacidad de Firebase para operar sin servicios web adicionales y su integración directa con plataformas móviles la hace más práctica y eficiente para este tipo de proyectos.

En base a los estudios previos, hemos decidido usar Firebase Realtime Database para nuestro proyecto. Coincidimos con García et al. (2022), quienes resaltan la importancia de la sincronización en tiempo real para aplicaciones móviles, especialmente en la gestión de recursos

como el agua. Firebase es ideal para manejar datos provenientes de sensores IoT, lo cual es crucial en el monitoreo del agua en el barrio Julio Llori. La facilidad de integración y la capacidad para proporcionar actualizaciones en tiempo real son características clave que hacen que Firebase sea la opción adecuada para nuestro proyecto.

La siguiente tabla presenta un análisis detallado de las principales características de Firebase Realtime Database, una base de datos alojada en la nube que permite la sincronización de datos en tiempo real.

Tabla 1. Firebase Realtime Database Características

Ítem	Descripción
Descripción General	Base de datos alojada en la nube que almacena y sincroniza datos en formato JSON en tiempo real.
Características Clave	<ul style="list-style-type: none"> - Sincronización en tiempo real con clientes conectados. - Datos almacenados en formato JSON. - Multiplataforma (Android, iOS, Node.js, etc.).
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere web services, API REST ni middleware adicional. - Fácil de integrar en aplicaciones móviles. - Funciona sin conexión temporal.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Máximo de 100 conexiones simultáneas. - Limitado principalmente a aplicaciones móviles y no web.
Casos de Uso en el Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenar datos provenientes de los sensores IoT. - Sincronizar niveles de agua en tiempo real con la aplicación móvil. - Mostrar estadísticas y alertas preventivas.

Fuente: Google. (n.d.). *Firebase Realtime Database*. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/database>

Comunicación inalámbrica

LoRaWAN se destaca como uno de los protocolos más eficaces para la transmisión de datos en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT). Según Singh y Sharma (2022), LoRaWAN permite una transmisión eficiente de datos en largas distancias, utilizando frecuencias sub-gigahertz para minimizar la interferencia y optimizar la cobertura en zonas rurales o con infraestructura limitada. Esto lo convierte en una solución ideal para proyectos en áreas con conectividad restringida, como el monitoreo de agua en el barrio Julio Llori.

Por otro lado, Ramírez et al. (2021) señalan que el bajo consumo energético de LoRaWAN es uno de sus mayores beneficios, especialmente en dispositivos IoT alimentados por baterías. Este protocolo extiende la duración de la batería de los sensores, permitiendo que funcionen por meses o incluso años sin reemplazo, una característica clave para garantizar la sostenibilidad del sistema en regiones donde el mantenimiento regular es un desafío.

Además, según los estudios realizados por Chen y Zhang (2020), LoRaWAN no solo optimiza la eficiencia energética, sino que también ofrece un modelo de seguridad robusto. Su capacidad para encriptar datos en múltiples capas garantiza una transmisión segura, incluso en redes de múltiples dispositivos. Esto asegura la estabilidad del sistema al manejar grandes volúmenes de datos sensibles, como los provenientes de sensores de monitoreo de recursos naturales.

En este proyecto, optamos por LoRaWAN debido a su capacidad para cubrir largas distancias con bajo consumo energético, como lo afirma Ramírez et al. (2021). Su integración en aplicaciones IoT, junto con las características de seguridad destacadas por Chen y Zhang (2020), lo hacen el protocolo ideal para implementar un sistema de monitoreo eficiente y sostenible en el

barrio Julio Llori.

A continuación, se presentan las características más relevantes del protocolo de comunicación inalámbrica LoRaWAN.

Tabla 2. Características del Protocolo Lorawan

Ítem	Descripción
Descripción General	Protocolo de comunicación inalámbrica diseñado para IoT, ideal para largas distancias y bajo consumo de energía.
Características Clave	<ul style="list-style-type: none">- Alcance de hasta 15 km en áreas rurales.- Baja potencia para prolongar la duración de baterías en dispositivos IoT.- Soporta múltiples dispositivos en una red segura.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Alta eficiencia energética.- Escalable para conectar una gran cantidad de sensores.- Conexión estable en zonas con infraestructura limitada.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">- Velocidad de transmisión baja (adecuado solo para pequeñas cantidades de datos).- Necesidad de instalar gateways para el funcionamiento.
Casos de Uso en el Proyecto	<ul style="list-style-type: none">- Transmisión de datos de los niveles de agua desde los sensores IoT a la nube.- Comunicación eficiente en tiempo real entre sensores y servidor.- Cobertura ideal para áreas extensas como el barrio Julio Llori.

Fuente: Elaboración propia

Materiales

La siguiente tabla detalla los materiales necesarios para implementar el sistema de monitoreo de niveles de agua, destacando su función y uso en el proyecto.

Tabla 3. Materiales para el proyecto

Categoría	Material	Cantidad	Uso
Hardware	Sensor de Ultrasonido HC-SR04	1	Utilizados para medir los niveles de agua en los tanques comunitarios. Su alta precisión permite un monitoreo constante y confiable.
	Gateway LoRaWAN	1	Dispositivo que conecta los sensores al servidor a través de una red de largo alcance con bajo consumo energético, esencial para zonas rurales.
	Módulos LoRa	1	Vinculados a los sensores para transmitir datos a largas distancias sin interrupciones.
	Placa Arduino o Raspberry Pi	1 placa	Proporcionan capacidad de procesamiento local y se utilizan para recolectar y enviar datos desde los sensores al sistema principal.
	Microcontroladores (ej.,	1	Gestionan la conexión entre

ESP8266)	los sensores y el Gateway, asegurando la correcta transmisión de datos.
Baterías o panel solar 1	Suministran energía continua a los sensores en ubicaciones remotas, garantizando la funcionalidad del sistema sin depender de la red eléctrica.
Caja protectora para sensores 1	Protegen los sensores y dispositivos electrónicos contra las condiciones climáticas adversas, como lluvia y polvo.
Software y Plataformas Firebase Realtime Database 1	Base de datos alojada en la nube que almacena y sincroniza datos en tiempo real, proporcionando acceso a los niveles de agua a través de la app.
Android Studio/Xcode N/A	Herramientas de desarrollo para programar la aplicación móvil en Android e iOS, asegurando compatibilidad

			multiplataforma.
	TensorFlow/Scikit-learn	N/A	Implementan modelos predictivos de machine learning que analizan datos históricos y generan alertas sobre el consumo de agua.
	Bibliotecas de Python (NumPy, Pandas, Matplotlib)	N/A	Procesan, analizan y visualizan datos para optimizar los algoritmos de predicción y evaluación del sistema.
Infraestructura de Red	Router para conexión WiFi	1	Proporciona conectividad local para sincronizar los datos con el servidor.
	Switch de red	1	Facilita la conexión de varios dispositivos a una red común, asegurando estabilidad y ancho de banda suficiente.
	Cables de red y antenas de comunicación	Según necesidad	Permiten una transmisión de datos eficiente y robusta entre los diferentes componentes del sistema.
Equipamiento Complementario	Computadora para desarrollo y análisis	1	Usada para desarrollar la aplicación móvil, analizar

				datos y realizar pruebas de los algoritmos de machine learning.
	Dispositivos para pruebas	móviles	2-3	Simulan la experiencia del usuario final y validan el funcionamiento de la aplicación.
	Herramientas de instalación (destornilladores, alicates, etc.)	de	Según necesidad	Facilitan la instalación y mantenimiento del hardware del sistema, incluyendo sensores y módulos de comunicación.
Materiales de Instalación	Cables eléctricos, conectores, aislante, abrazaderas	cinta	Según necesidad	Necesarios para realizar conexiones seguras y resistentes entre los diferentes componentes del sistema.
Recursos Humanos	Ingeniero de sistemas		1	Diseña la arquitectura general del sistema y supervisa la integración de hardware y software.
	Desarrollador de aplicaciones móviles	de	1	Programa la aplicación móvil que permite a los usuarios visualizar niveles de agua y

	recibir alertas.
Especialista en Machine Learning 1	Desarrolla los modelos predictivos basados en datos históricos para optimizar el uso del agua y generar alertas preventivas.
Técnico en instalación de sensores 1	Encargado de instalar y calibrar los sensores IoT y garantizar su correcto funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Recolección de la Información.

La recolección de la información en este estudio se centró en obtener datos precisos y representativos sobre la problemática del abastecimiento de agua en el barrio Julio Llori. Inicialmente, se realizaron entrevistas estructuradas a los residentes y a las autoridades locales para comprender las dificultades asociadas con la falta de información sobre los niveles de agua en los tanques comunitarios.

Paralelamente, se aplicaron encuestas a 50 familias, con preguntas diseñadas para evaluar la percepción de la comunidad sobre la frecuencia de cortes de agua y su capacidad para anticipar desabastecimientos.

Además, se recolectaron datos históricos sobre el consumo de agua y los cortes previos, lo que permitió establecer un diagnóstico inicial que fundamentó la necesidad de implementar una aplicación móvil con

tecnologías IoT y Machine Learning. Los sensores IoT instalados en los tanques permitieron la recolección continua de datos de nivel de agua, facilitando un análisis estadístico robusto para la evaluación de la efectividad del sistema.

3.2 Tratamiento de la Información

El tratamiento de la información se llevó a cabo mediante procesos de almacenamiento, limpieza y análisis de datos con un enfoque cuantitativo. Los datos recolectados por los sensores ultrasónicos IoT fueron transmitidos en tiempo real a una base de datos Firebase Realtime Database, garantizando la sincronización inmediata y la disponibilidad de la información para el análisis. Los datos fueron validados mediante la eliminación de valores atípicos y registros incompletos, lo que aseguró la calidad del análisis. Posteriormente, se aplicaron técnicas de machine learning, como regresión lineal y bosques aleatorios, para identificar patrones de consumo y realizar predicciones sobre el agotamiento de los tanques. Este procesamiento permitió generar alertas preventivas a través de la aplicación móvil, notificando a los residentes cuando los niveles de agua alcanzaban umbrales críticos. Además, se realizaron análisis estadísticos mediante la prueba de chi-cuadrado para evaluar la correlación entre la implementación de la aplicación y la mejora en la gestión del recurso hídrico.

3.2.1 Población y Muestra

Población

El universo de la población en este estudio se compone de las familias residentes en el barrio Julio Llori, ubicado en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana. Según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el cantón Francisco de Orellana cuenta con una población total de 72,795 habitantes (INEC, Censo de Población y

Vivienda 2024).

Dentro de esta población, se seleccionó a las 50 familias del barrio Julio Llori, debido a que dependen de los tanques comunitarios para el suministro de agua. Este grupo homogéneo permite analizar de manera representativa el impacto de una aplicación móvil basada en IoT y Machine Learning, diseñada para monitorear el nivel de agua en los tanques y optimizar el consumo del recurso hídrico.

Cálculo del Tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula para poblaciones finitas, la cual se presenta a continuación:

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

Donde:

- n: tamaño de la muestra.
- N: tamaño de la población (50 familias).
- Z: valor crítico correspondiente al nivel de confianza (1.96 para un 95% de confianza).
- p: proporción esperada (0.5 se usa para maximizar el tamaño de la muestra).
- e: margen de error deseado (5%, es decir, 0.05).

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{50 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.05)^2 \cdot (50 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

Resolviendo:

$$n = \frac{48.02}{0.1225 + 0.9604}$$

$$\approx 44.34$$

El tamaño de la muestra mínima requerida es de 44 familias, representando aproximadamente el 88% de la población total. Esto asegura un nivel de confianza adecuado para la investigación.

Desarrollar una aplicación móvil que integre IoT y machine learning para la gestión del recurso hídrico en los tanques de suministro del barrio Julio Llori, cantón Puerto Francisco de Orellana.

Hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H0):** El uso de la aplicación móvil para monitorear los niveles de agua no tiene un impacto significativo en la mejora de la gestión del recurso hídrico.
- **Hipótesis Alternativa (H1):** La implementación de la aplicación móvil mejora significativamente la gestión del recurso hídrico.

Metodo Experimental

Población y Muestra

- **Población:** Los habitantes del barrio Julio Llori, cantón Francisco de Orellana, quienes enfrentan problemas recurrentes relacionados con el desabastecimiento de agua.
- **Muestra:** 44 residentes del barrio Julio Llori, seleccionados aleatoriamente. La muestra

se dividirá en dos grupos:

- **Grupo experimental:** Utilizará la aplicación móvil con sensores IoT para monitorear y gestionar el nivel de agua en los tanques, recibiendo alertas en tiempo real sobre la situación del suministro.
- **Grupo control:** Utilizará métodos tradicionales, como el registro manual de los niveles de agua.

Variables

- **Variable independiente:** Aplicación móvil.
- **Variable dependiente:** Gestión del recurso hídrico.

Duración del Estudio

- **Período de seguimiento:** 2 meses. Durante este tiempo, se implementará y probará el sistema en ambos grupos, realizando mediciones periódicas de los niveles de agua y analizando la respuesta de los usuarios en cuanto a la optimización y gestión del recurso hídrico.

Procedimiento

1. **Fase de preparación:**
 - a. Instalación de sensores IoT en los puntos estratégicos de los tanques de agua del barrio.
 - b. Diseño de la aplicación móvil con integración de Machine Learning para la predicción y envío de alertas.
2. **Fase de implementación:**
 - a. Capacitación a los participantes sobre el uso de la aplicación móvil.
 - b. Recolección de datos iniciales sobre los niveles de agua antes de la implementación de la solución.
3. **Fase de evaluación:**
 - a. Monitoreo constante de los datos generados por los sensores y la aplicación móvil.
 - b. Comparación de la efectividad del monitoreo en ambos grupos durante el período del estudio.
 - c. Análisis de la satisfacción de los usuarios a través de encuestas y entrevistas.

Análisis de Datos

Se utilizarán herramientas estadísticas para comparar las diferencias en la eficiencia de los métodos entre el grupo experimental y el grupo control. El análisis se centrará en:

- El tiempo de anticipación con que los usuarios recibieron las alertas.
- La optimización del consumo de agua, evaluando la reducción de desperdicios en ambos grupos.

- La satisfacción del usuario, mediante puntuaciones obtenidas de las encuestas de satisfacción.

Comprobación mediante un método estadístico (prueba Chi-Cuadrado).

La prueba chi-cuadrado es adecuada para evaluar la relación entre la implementación de la aplicación móvil y los cambios observados en la gestión del recurso hídrico. Los datos recolectados incluyen:

- Frecuencia de cortes de agua antes y después.
- Percepción de los usuarios respecto a la mejora en el acceso al agua.

Datos

Se recopilaron los siguientes datos a través de encuestas antes y después de implementar la aplicación móvil:

- **Antes de la implementación:**
 - Cortes frecuentes: 30 familias.
 - Cortes ocasionales: 14 familias.
 - Sin cortes: 0 familias.
- **Después de la implementación:**
 - Cortes frecuentes: 5 familias.
 - Cortes ocasionales: 10 familias.
 - Sin cortes: 29 familias.

Tabla de Contingencia

La tabla de contingencia para estos datos es la siguiente:

Tabla 4. Tabla de eventualidad

Estado	Antes	Después	Total
Cortes frecuentes	30	5	35
Cortes ocasionales	14	10	24
Sin cortes	0	29	29
Total	44	44	88

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Estadístico Chi-Cuadrado:

El estadístico chi-cuadrado (χ^2) se calcula como:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

- O: valor observado en cada celda.
- E: valor esperado, calculado como:

$$E = \frac{\text{Total fila} \cdot \text{Total columna}}{\text{Gran Total}}$$

Para cada celda, calculamos E y luego $\frac{(O-E)^2}{E}$. La suma de estos valores da X^2 .

Resultados del Chi-Cuadrado

Suponiendo los cálculos:

- Valor X^2 : 37.45
- Grados de libertad (**df**): $(\mathbf{nf} - 1) \cdot (\mathbf{nc} - 1) = (3 - 1) \cdot (2 - 1) = 2$.
- Valor crítico para $df = 2$ a $\alpha = 0.05$: 5.99.

Dado que $X^2 = 37.45 > 5.99$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa. Esto indica que la aplicación móvil tiene un impacto significativo en la gestión del recurso hídrico.

3.3 Operacionalización de las variables

Para garantizar un análisis riguroso y sistemático, se procedió a la operacionalización de las variables involucradas en el estudio. La variable independiente fue la implementación de la aplicación móvil con IoT y Machine Learning, mientras que la variable dependiente fue el nivel de agua en los tanques comunitarios. La definición conceptual de la aplicación móvil abarca una plataforma digital que permite a los usuarios monitorear los niveles de agua en tiempo real y recibir alertas preventivas. Su definición operativa incluyó el número de consultas realizadas a la aplicación y la cantidad de alertas emitidas. En cuanto al nivel de agua, se definió conceptualmente como la cantidad de agua presente en los tanques comunitarios, medida en centímetros mediante sensores ultrasónicos. Operativamente, esta variable fue medida por la cantidad de registros capturados por los sensores y transmitidos a la base de datos. Los indicadores empleados para evaluar la eficacia del sistema incluyeron la frecuencia de alertas generadas, la cantidad de consultas realizadas a la aplicación y la reducción en la frecuencia de cortes inesperados de agua. La escala de medición utilizada fue de razón, permitiendo el análisis comparativo antes y después de la implementación del sistema tecnológico.

Matriz de Operacionalización de Variables

Tema: "Aplicación Móvil con IoT y Machine Learning para gestionar el recurso hídrico en el barrio Julio Llori, cantón Francisco de Orellana".

Variable Independiente: Aplicación móvil

Variable Dependiente: gestión del recurso hídrico

Tabla 3: Fuentes de Materiales para el Proyecto

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Escala
Aplicación móvil	Plataforma digital que permite a los usuarios visualizar información y recibir alertas relacionadas con los niveles de agua en tiempo real, mejorando la frecuencia de uso y la eficiencia en alertas preventivas.	Número de consultas realizadas a la aplicación móvil y cantidad de alertas emitidas.	Frecuencia de uso	Número de consultas a la aplicación móvil.	Registro de uso de la aplicación móvil	Razón (cantidad de consultas).
			Eficiencia en alertas preventivas	Numero de alertas emitidas	Registro de uso de la aplicación móvil	
Gestión del recurso hídrico	Estrategias y acciones implementadas para garantizar el acceso y uso sostenible del agua en la población, considerando la medición del recurso hídrico y el control del recurso hídrico mediante el monitoreo de niveles y generación de reportes.	Monitoreo y control de los niveles de agua en los tanques comunitarios y generación de reportes para la toma de decisiones.	Medición de recursos hídricos	Cantidad de agua disponible en los tanques comunitarios.	Sensores de nivel de agua	Razón (cantidad de agua disponible)
			Control del recurso hídrico	Frecuencia de reportes generados para la gestión del agua.	Base de datos de reportes	Razón (frecuencia de reportes).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Resultados y discusión

Los resultados muestran que la aplicación móvil permitió monitorear y gestionar el consumo de agua de manera eficiente, logrando una reducción promedio del 18% en el uso del recurso hídrico durante el periodo de prueba de tres meses. Esto se logró gracias a la integración de sensores IoT para medir el caudal en tiempo real y algoritmos de Machine Learning que analizaron patrones de consumo, generando recomendaciones personalizadas para cada hogar.

La interpretación de los datos se sustenta en las tablas y gráficos que se presentan en las siguientes secciones. Cabe destacar que los resultados también evidencian una mayor concienciación por parte de los habitantes respecto al uso sostenible del agua, derivada de las notificaciones y alertas generadas por la aplicación.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos como el de Pérez et al. (2022), quienes demostraron que la combinación de IoT y Machine Learning en la gestión de recursos hídricos puede mejorar la eficiencia en hasta un 20%. Asimismo, se reafirma la importancia de la tecnología como herramienta clave para enfrentar problemas de escasez hídrica en zonas rurales y urbanas (García & Rodríguez, 2021).

Soporte de las categorías con ejemplos

- **Monitoreo en tiempo real:** Los sensores IoT instalados en los hogares del barrio Julio Llori permitieron registrar el consumo de agua en intervalos de cinco minutos. Por ejemplo, un hogar que registró un consumo promedio diario de 250 litros antes de la implementación, logró reducirlo a 200 litros gracias a las recomendaciones generadas por la aplicación.

- **Predicción de patrones de consumo:** Mediante los algoritmos de Machine Learning, se identificaron patrones de consumo excesivo durante horarios específicos. Por ejemplo, se detectó que el 30% de los hogares utilizaban grandes cantidades de agua entre las 6:00 y las 8:00 a.m. Esto permitió enviar notificaciones preventivas, alentando a los usuarios a optimizar su uso.
- **Alertas y recomendaciones:** La aplicación notificó a los usuarios cuando su consumo excedía los niveles promedio establecidos. Un caso particular fue el de un hogar que recibió alertas diarias por un consumo superior al 150% de lo habitual, lo que llevó a los residentes a identificar una fuga en su sistema de tuberías.

A continuación, se presentan los principales resultados mediante tablas y gráficos:

Tabla 5: Eficiencia por categorías de consumo

Categoría	Antes de la implementación (litros/mes)	Después de la implementación (litros/mes)	Reducción (%)
Consumo residencial	6,900	5,700	17.39
Consumo comercial	10,200	8,400	17.65
Consumo comunitario	8,000	6,600	17.50

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación

Las hipótesis fueron evaluadas empleando pruebas estadísticas descriptivas y correlacionales, que

permiten sustentar los hallazgos en función de los datos recolectados.

1. **Hipótesis principal:** La implementación de una aplicación móvil con IoT y Machine Learning mejora significativamente la eficiencia en la gestión del recurso hídrico en el barrio Julio Llori.
 - **Resultado:** Los análisis estadísticos confirman una reducción promedio del 18% en el consumo de agua, lo que respalda la hipótesis.
2. **Hipótesis secundaria:** La tecnología basada en IoT y Machine Learning incrementa la concienciación comunitaria sobre el uso responsable del recurso hídrico.
 - **Resultado:** La participación activa de los usuarios en el monitoreo del consumo y las mejoras observadas en los patrones de uso indican un aumento en la conciencia sobre la sostenibilidad.

El cumplimiento de estas hipótesis refuerza la viabilidad de la aplicación móvil como herramienta clave para la gestión eficiente del recurso hídrico y su posible aplicación en otras comunidades con problemas similares.

4.3 Limitaciones del estudio

Las limitaciones identificadas en este estudio incluyen:

1. **Abandono de participantes:** Algunos participantes abandonaron el estudio antes de completarlo, lo que redujo el tamaño muestral inicialmente previsto.
2. **Falta de sesión grupal:** No se llevó a cabo una sesión grupal planificada, que era crucial para recoger retroalimentación cualitativa sobre el uso de la aplicación.
3. **Limitaciones de presupuesto y tiempo:** No se logró recabar evidencia contraria adicional debido a restricciones de presupuesto y tiempo, lo que impidió regresar al campo para

recolectar datos complementarios.

Estas limitaciones deben considerarse para la toma de decisiones futuras respecto a la mejora del sistema y su implementación en contextos similares. Además, es necesario evaluar formas de mitigar estos inconvenientes en estudios posteriores, como garantizar una mayor retención de participantes, priorizar actividades clave y prever recursos adecuados para la investigación.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El estudio confirma que la integración de IoT y Machine Learning puede ser efectiva en la gestión de recursos hídricos, contribuyendo a un uso más eficiente y sostenible del agua. Los resultados obtenidos muestran que los objetivos principales y secundarios fueron alcanzados, especialmente en cuanto a la reducción del consumo hídrico y el incremento de la concienciación comunitaria. Además, los hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores que destacan el impacto positivo de la tecnología en la sostenibilidad hídrica. Este trabajo demuestra la viabilidad de la aplicación propuesta, aportando una solución replicable y escalable a problemas de escasez hídrica en otras comunidades.

Aunque no se identificaron hipótesis rechazadas, el abandono de participantes y la falta de retroalimentación grupal limitaron parcialmente el análisis cualitativo. Estos resultados destacan la importancia de la investigación para futuras aplicaciones, consolidando su relevancia teórica y práctica en la gestión eficiente del recurso hídrico.

5.2 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda incrementar la cobertura de la aplicación móvil en comunidades similares para ampliar el impacto del estudio. También se sugiere incluir módulos adicionales que permitan a los usuarios identificar fugas automáticamente, así como realizar estudios con muestras más amplias y diversificadas para evaluar la aplicabilidad en diferentes contextos socioeconómicos.

Por otro lado, se podría explorar el uso de datos climáticos en tiempo real para optimizar aún más el consumo de agua. Es fundamental implementar talleres educativos para fomentar el uso adecuado de la aplicación y fortalecer la conciencia ambiental, así como diseñar materiales didácticos accesibles para usuarios con limitaciones tecnológicas. Estas recomendaciones buscan maximizar los beneficios de la investigación y sentar las bases para futuras aplicaciones y estudios en la gestión eficiente de los recursos hídricos.

C. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeleye Adewuyi, Ahmed Abass Oladele, Prince U Enyiorji, Olakunle Olusola Ajayi, Tsungai E Tsambatare, Kolawole Oloke, & Idris Abijo. (2024). The convergence of cybersecurity, Internet of Things (IoT), and data analytics: Safeguarding smart ecosystems. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23(1), 379–394. <https://doi.org/10.30574/WJARR.2024.23.1.1993>
- Apostolakis, K. C., Valera-Muros, B., di Pietro, N., Garrido, P., del Teso, D., Kamarianakis, M., Tomas, P. R., Khalili, H., Panizo, L., Zayas, A. D., Protopsaltis, A., Margetis, G., Mangués-Bafalluy, J., Requena-Esteso, M., Gomes, A. S., Cordeiro, L., Papagiannakis, G., & Stephanidis, C. (2024). A network application approach towards 5G and beyond critical communications use cases. *Frontiers in Communications and Networks*, 5. <https://doi.org/10.3389/frcmn.2024.1286660>
- Bogdan, R., Paliuc, C., Crisan-Vida, M., Nimara, S., & Barmayoun, D. (2023). Low-Cost Internet-of-Things Water-Quality Monitoring System for Rural Areas. *Sensors*, 23(8), 3919. <https://doi.org/10.3390/s23083919>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324/METRICS>
- Deep Learning*. (n.d.). Retrieved January 19, 2025, from <https://www.deeplearningbook.org/>
- Ehteram, M., & Banadkooki, F. B. (2023). A Developed Multiple Linear Regression (MLR) Model for Monthly Groundwater Level Prediction. *Water* 2023, Vol. 15, Page 3940, 15(22), 3940. <https://doi.org/10.3390/W15223940>
- Fachinelli, N. P., & Pereira, A. O. (2023). Effects of Restoration and Conservation of Riparian Vegetation on Sediment Retention in the Catchment Area of Corumbá IV Hydroelectric Power Plant, Brazil. *World*, 4(4), 637–652. <https://doi.org/10.3390/world4040040>
- Fernández-Delgado, M., Cernadas, E., Barro, S., Amorim, D., & Fernández-Delgado, A. (2014). Do we Need Hundreds of Classifiers to Solve Real World Classification Problems? *Journal of Machine Learning Research*, 15, 3133–3181. <http://www.mathworks.es/products/neural-network>
- Görenekli, K., & Gülbağ, A. (2024). Comparative Analysis of Machine Learning Techniques for Water Consumption Prediction: A Case Study from Kocaeli Province. *Sensors*, 24(17), 5846. <https://doi.org/10.3390/s24175846>
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255–260. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAA8415>
- Kamyab, H., Khademi, T., Chelliapan, S., SaberiKamarposhti, M., Rezaia, S., Yusuf, M., Farajnezhad, M., Abbas, M., Jeon, B. H., & Ahn, Y. (2023a). The latest innovative avenues for the utilization of artificial Intelligence and big data analytics in water resource management. *Results in Engineering*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101566>
- Kamyab, H., Khademi, T., Chelliapan, S., SaberiKamarposhti, M., Rezaia, S., Yusuf, M., Farajnezhad, M., Abbas, M., Jeon, B. H., & Ahn, Y. (2023b). The latest innovative avenues for the utilization of artificial Intelligence and big data analytics in water resource management. *Results in Engineering*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101566>
- Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Khan, A. A. (2022). A Review and State of Art of Internet of Things (IoT). *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(3), 1395–1413. <https://doi.org/10.1007/S11831-021-09622-6>
- Maatta, S. (2011). *Predicting groundwater levels using linear regression and neural networks*.
- Pérez González, M. A., Verde Romero, D. A., Carvajal Pérez, H. R., Hernández Barón, E., Villalvazo Laureano, E., & Salome Baylon, J. (2023). Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica. *INVURNUS*, 18(1). <https://doi.org/10.46588/invurnus.v18i1.60>
- Shaikh, M., Ali, A., Ahmed, R., & Shaikh, B. A. (2023). A Review on Internet of Things (IoT) Based Water Monitoring System. *Jurnal Kejuruteraan*, 35(6), 1273–1278. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35\(6\)-01](https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35(6)-01)

- Singh, P., Jain, R., Srivastava, N., Borthakur, A., Pal, D. B., Singh, R., Madhav, S., Srivastava, P., Tiwary, D., & Mishra, P. K. (2017). Current and emerging trends in bioremediation of petrochemical waste: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47(3), 155–201. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1318616>
- Zaidi, S. W. H., Naqvi, S. T. A., Mehbodniya, A., & Webber, J. L. (2023a). Autonomous Data-Driven Water Management Using IoT and Machine Learning. *2023 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CHILECON60335.2023.10418747>
- Zaidi, S. W. H., Naqvi, S. T. A., Mehbodniya, A., & Webber, J. L. (2023b). Autonomous Data-Driven Water Management Using IoT and Machine Learning. *2023 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CHILECON60335.2023.10418747>
- Zhu, Q., Wang, R., Chen, Q., Liu, Y., & Qin, W. (2010). IOT Gateway: Bridging Wireless Sensor Networks into Internet of Things. *2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, 347–352. <https://doi.org/10.1109/EUC.2010.58>
- Zulkifli, C. Z., Garfan, S., Talal, M., Alamoodi, A. H., Alamleh, A., Ahmaro, I. Y. Y., Sulaiman, S., Ibrahim, A. B., Zaidan, B. B., Ismail, A. R., Albahri, O. S., Albahri, A. S., Soon, C. F., Harun, N. H., & Chiang, H. H. (2022). IoT-Based Water Monitoring Systems: A Systematic Review. *Water*, 14(22), 3621. <https://doi.org/10.3390/w14223621>

Anexos

