

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA
PREVENCIÓN DE INUNDACIONES EN LA CIÉNAGA DE GUÁJARO -
ECOGUAJARO”**

PRESENTADO POR:

DANIEL EDUARDO DE LA ROSA MORRÓN

ASESORES:


FARID MELÉNDEZ, PHD.

GABRIEL PIÑERES, MAG.

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN SISTEMAS

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

BARRANQUILLA, ENERO 2024


	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 2 de 64
---	---	--------------------------------------

FICHA TÉCNICA


Título del proyecto (máximo 5 líneas)	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro -ECOGUAJARO		
Programa académico	Maestría en ingeniería		
Grupo de investigación	Grupo de Investigación GIACUC		
Línea de investigación	Internet de las cosas		
Director / investigador principal	Nombre		Daniel Eduardo De La Rosa Morrón
	E – mail		dannndelarosam@gmail.com
	Teléfonos		3152370721
	Dirección		Cra 6B # 33-52 Urbanización el Limón
Equipo ejecutor / co – investigadores	1	Nombre	
		E – mail	
		Teléfonos	
		Dirección	
	2	Nombre	
		E – mail	
		Teléfonos	
		Dirección	
	3	Nombre	
		E – mail	
		Teléfonos	
		Dirección	
Palabras descriptivas	AES256, Sistema de alertas tempranas, Tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real, MQTT, Inundaciones, Soberanía Digital.		
Monto total del proyecto	3.000.000 COP		
Monto de cofinanciación con recursos externos (en caso de contar con ellos)			
Monto de cofinanciación con recursos de la CUC			
Duración del proyecto (meses)	2 meses		
Fecha de inicio	21 de noviembre de 2023		
Fecha de finalización	21 de enero de 2024		

TABLA DE CONTENIDO

FICHA TÉCNICA	2
LISTA DE ILUSTRACIONES	5
LISTA DE TABLAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
PREGUNTA PROBLEMA	17
JUSTIFICACIÓN	18
ENCUESTAS	19
OBJETIVOS	22
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
ALCANCE Y LIMITACIONES	23
ALCANCES	23
LIMITACIONES	23
ESTADO DEL ARTE	24
DISEÑO METODOLÓGICO	31
GESTIÓN DEL PROYECTO	37

 <p>UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970</p>	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 4 de 64</p>
---	--	--

PRESUPUESTO	40
RESULTADOS	42
CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	62

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 5 de 64
---	---	--------------------------------------

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Gráfica circular de los resultados referentes a la importancia dada de la prevención de inundaciones.	19
Ilustración 2 Gráfica circular de los resultados referentes a la impresión de cuan informado se encuentra relacionado en la prevención de inundaciones en su zona de residencia.	20
Ilustración 3 Gráfica circular de los resultados referentes a la fuente de información relacionada a la prevención de inundaciones.	20
Ilustración 4 Gráfica circular de los resultados referentes a los conocimientos sobre los impactos ambientales con respecto a las inundaciones.	20
Ilustración 5 Gráfica circular de los resultados referentes al interés de contar con un dispositivo inteligente para la prevención de inundaciones	21
Ilustración 6 Ubicación de la zona de estudio. Fuente: (Torres-Bejarano et al., 2016)	31
Ilustración 7 Esquema del funcionamiento del sistema. Fuente: Los autores	35
Ilustración 8 Arquitectura de red del sistema. Fuente: Adaptado de (Petrov et al., 2016)	36
Ilustración 9 Resultados de profundidad. Adaptado de “La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro” por F. Torres, J. Padilla, C. Rodríguez, H. Ramírez & R. Cantero, 2016	43
Ilustración 10 Diagrama del funcionamiento del sistema. Fuente: Los autores	44
Ilustración 11 Resultado de temperatura. Elaborado en ArcGIS Por J. Jiménez & A. De la hoz, 2017.	44
Ilustración 12 Diagrama de conexiones. Elaborado por autores, 2023.	45
Ilustración 13 Arquitectura de red del sistema. Elaborado por autores, 2023.	46
Ilustración 14 Placa de desarrollado Nodemcu	47
Ilustración 15 Motorshield para conexión sobre la placa Nodemcu.	47
Ilustración 16 Pantallazo sobre la aplicación móvil Android desarrollada sobre Flutter.	49
Ilustración 17 Logotipo del apk exportado denominado ECOGUAJARO.	50
Ilustración 18 Pantallazo del repositorio en Github, donde se aloja el aplicativo móvil y web, y sus respectivos códigos fuentes.	51
Ilustración 19 Caja de Derivación Dexson, Gris, Ref.: 18148	52
Ilustración 20 Vista centrada en el sistema de adquisición sobre la caja Dexson.	53
Ilustración 21 Vista de los sensores de nivel	53
Ilustración 22 Vista interna de los componentes internos del sistema ECOGUAJARO.	54




 <p>UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970</p>	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 6 de 64</p>
---	--	--

Ilustración 23 Evidencia del desarrollo de la aplicación sobre la herramienta FlutterFlow.	54
Ilustración 24 Evidencia del desarrollo de la aplicación web	55

 UNIVERSIDAD DE LA COSTA <small>1970</small> <small>UNIVERSITY OF THE COAST</small>	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 7 de 64
---	--	--------------------------------------

LISTA DE TABLAS


Tabla 1 Fases del proyecto a través del diseño metodológico	34
Tabla 2 Planificación por semanas de las actividades del proyecto.	38
Tabla 3 Diagrama de Gantt del proyecto.	39
Tabla 4 Presupuesto del proyecto.	41

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 8 de 64
---	---	--------------------------------------

RESUMEN

La presente propuesta basa sus investigaciones y desarrollos en el proyecto “*Diseño y desarrollo de un prototipo para un Sistema de Alertas Tempranas (SAT), basado en redes TIC para la aplicación en los arroyos en Barranquilla*” de la Universidad de la Costa CUC, y ganador como proyecto elegible de la (convocatoria No. 569 de 2012) de Colciencias, quien cuenta con el amparo de diferentes áreas internas de la institución como ingeniería electrónica, civil, sistemas y eléctrica, con el fin de alertar a la comunidad de la ciudad de Barranquilla sobre la peligrosidad de los arroyos, permitiendo que puedan tomar acciones oportunas que protejan los bienes materiales y la vidas de sus habitantes, a través de una red de sensores y un aplicativo web. Y también se apoya en el proyecto de grado meritorio realizado por Nancy Carbonell Polo y Daniel De la rosa Morrón, para optar a los títulos de Ingeniero Industrial y Electrónica respectivamente, denominado: Openforecast: Prototipo de estación meteorológica para la medición de variables ambientales aplicando técnicas de diseño experimental y el uso de la plataforma embebida Arduino. Dicho proyecto implementa el desarrollo de una plataforma ambiental de hasta cuatro veces inferior al coste de las estaciones meteorológicas comerciales de prestaciones similares, con el fin de brindar una alternativa económica y fiable de las mediciones ambientales más comunes. Los sistemas de alertas, sobre todo los de aplicación ambiental, tienen el inconveniente de depender de sistemas externos para procesar y almacenar su información, además de contar con elevados costos de mantenimiento, instalación y adquisición lo que imposibilita su masificación y puesta en marcha en las poblaciones en riesgos, sin importar el contexto cultural y social en cuestión. Por tanto, se plantea el desarrollo de un prototipo de monitoreo remoto en tiempo real como evolución de la plataforma ambiental Open Forecast denominado EcoGuajaro que apoye no solo al SAT desarrollado por la Universidad de la Costa, sino a todas aquellas aplicaciones similares que requieran de la investigación propuesta, como un soporte para procesar y distribuir de mejor maneras los datos requeridos para generar las alertas tempranas, y con ello mitigar los accidentes, perdidas y desastres ocasionados por las inundaciones, principalmente en la zona de la ciénaga de Guájaro, dadas las problemáticas recurrentes en dicha zona del departamento del Atlántico.


Palabras claves: AES256, Sistema de alertas tempranas, Tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real, MQTT, Inundaciones, Soberanía Digital.

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 9 de 64
---	---	--------------------------------------

ABSTRACT

This proposal bases its research and development on the project “*Design and development of a prototype for an Early Warning System (SAT), based on ICT networks for application in streams in Barranquilla*” of the Universidad de la Costa CUC, and winner as an eligible project of the (call No. 569 of 2012) of Colciencias, which has the protection of different internal areas of the institution such as electronic, civil, systems and electrical engineering, in order to alert the community of the city of Barranquilla about the danger of streams, allowing them to take timely actions that protect the material goods and lives of its inhabitants, through a network of sensors and a web application. And it is also supported by the meritorious degree project carried out by Nancy Carbonell Polo and Daniel De la rosa Morron, to qualify for the titles of Industrial and Electronic Engineering respectively, called: Openforecast: Prototype of meteorological station for the measurement of environmental variables applying techniques of experimental design and the use of the Arduino embedded platform. This project implements the development of an environmental platform up to four times lower than the cost of commercial meteorological stations with similar features, to provide an economical and reliable alternative to the most common environmental measurements. Alert systems, especially those of environmental application, have the drawback of depending on external systems to process and store their information, in addition to having high maintenance, installation and acquisition costs, which makes it impossible for them to be widespread and put into operation in populations at risk, regardless of the cultural and social context in question. Therefore, the development of a real-time remote monitoring prototype is proposed as an evolution of the Open Forecast called EcoGuajaro environmental platform that supports not only the SAT developed by the Universidad de la Costa, but all those similar applications that require the proposed research, as a support to better process and distribute the data required to generate early warnings, and thereby mitigate accidents, losses and disasters caused by floods, mainly in the Guajaro swamp area, given the recurring problems in said area of the department of Atlantico.

Keywords: AES256, Early warning system, Remote real-time monitoring technologies, MQTT, Floods, Digital Sovereignty.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 10 de 64</p>
---	--	---


INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo, cuyo título es: “Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga de Guájaro - EcoGuajaro”, tiene como objeto implementar un sistema de adquisición de datos para determinar y alertar sobre los niveles de agua en el embalse, a partir de un análisis documental como resultado de una confrontación entre diferentes fuentes y su implementación en un proceso experimental para el desarrollo del sistema en cuestión mediante el uso de un algoritmo de cifrado de la información.

Actualmente, las tareas para adquirir la información cuentan con un lugar relevante en diversos avances tecnológicos encargados de crear plataformas unificadas para realizar procesos integrales de información en tiempo real ofreciendo a su vez interfaces que permiten acceder de forma remota a todos los servicios de plataformas específicas. Así mismo, la tecnología basada en dispositivos electrónicos capaces de monitorizar el entorno mediante sensores en una determinada área; donde se interconectan de forma inalámbrica con otros semejantes han contribuido con importantes soluciones a la integración de la información. Dicho tipo de tecnología es denominada DAQ, por sus siglas en inglés (data acquisition), permitiendo la sistematización de la información con particular aplicación en la automatización de instalaciones industriales, comerciales, agrícolas, residenciales, transporte, médicas entre otras, englobadas dentro del marco de aplicaciones IoT (por sus siglas en inglés, Internet of the Things), las cuales han permitido evolucionar la forma de adquirir información.

Por esta razón, es relevante disponer de sistemas de medición para monitorear variables de forma remota, que sean robustos, de bajo costo, que posibiliten una rápida respuesta y que funcionen ininterrumpidamente con una cierta autonomía, durante largos períodos de tiempo y sin un gran mantenimiento; lo que ha llevado hacia el desarrollo de sistemas que se puedan supervisar y controlar remotamente mediante la implementación de redes inalámbricas de sensores y sistemas de adquisición de datos.


Ello ha sido posible gracias a los avances obtenidos en la microelectrónica, la computación y las telecomunicaciones. La miniaturización de los componentes electrónicos ha permitido diseñar circuitos que sean capaces de procesar información tanto digital como analógica y, además, transmitirla en ondas de radiofrecuencia con módulos pequeños. Estos circuitos pueden ser fácilmente colocados en espacios reducidos. Las redes inalámbricas de sensores (Wireless

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 11 de 64</p>
---	--	---

Sensor Networks en inglés) es una de las tecnologías más significativas del siglo XXI. En particular, se van imponiendo con éxito en las aplicaciones de monitoreo ambiental. Existen varias tecnologías para la transmisión inalámbrica de la información. Entre las más importantes se pueden mencionar LoRa, SigFox, ZigBee, Bluetooth y WiFi, siendo esta última la tecnología elegida para el presente proyecto, dado su gran capacidad de integración con plataformas webs y móviles, a comparación del resto, que dependen de un gateway o están limitadas a un alcance determinado.

Es notorio, entonces, también resaltar los avances de la ingeniería en estudiar los fenómenos asociados con el comportamiento de sistemas hidráulicos, con el objeto de predecir los riesgos e impactos a los que el hombre se encuentra expuesto por la presencia inundaciones y desbordes, y de esta manera desarrollar medidas de control para mejorar la gestión pública ambiental y con ello mejorar la calidad de las personas.

Estas herramientas tecnológicas utilizadas permiten realizar predicciones orientadas a desarrollar programas de prevención en inundaciones en las poblaciones de la zona justificando la realización del presente proyecto debido a la imperiosa necesidad de reducir los impactos negativos sobre todo en las temporadas de crecidas ocasionadas por el fenómeno del niño, y con ello minimizar el impacto ambiental y los perjuicios a la salud asociados. Este objetivo se logra a través de la realización de un estudio de carácter cuantitativo de tipo experimental.


	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 12 de 64
---	---	---------------------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con (UNEP & GEAS, 2012) el fenómeno del cambio climático ha llevado a un incremento en las amenazas meteorológicas e hidrológicas provocando solo para el periodo comprendido entre 1995 y 2004 más de 6.000 desastres naturales que causaron 900.000 muertos, 2.500 millones de personas damnificadas y US 738 billones en pérdidas materiales a nivel mundial (Basher, R, 2006). Es por ello por lo que los Estados miembros de las Naciones Unidas declararon el periodo 1990-2000 como el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN), con el objetivo de “reducir la pérdida de vidas, daños a la propiedad y desajustes económicos causados por desastres naturales a través de la ayuda internacional, especialmente en países en desarrollo”. De esta forma elaboraron muchas actividades para promover la implantación de Sistemas de Alertas Tempranas, aprovechando las inherentes facilidades y ventajas que éstos ofrecen, como componente esencial de la reducción de desastres e influyendo en una positiva mejora de los sistemas mundiales en problemáticas de detección temprana de las condiciones climáticas, en casos puntuales como el fenómeno de El Niño. (Johann G. Goldammer, 1997)

De acuerdo con el artículo 311 de la Constitución Política de Colombia son parte de las funciones de los municipios prestar servicios públicos, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria y el mejoramiento social y cultural de sus habitantes (CPC, 1991). Pero lo cierto es que fenómenos como las inundaciones impiden el cumplimiento de estos objetivos, ya que favorecen la pobreza, producen asentamientos precarios y deterioran los recursos naturales (Universidad de Cartagena, 2003).


Sólo durante la ola invernal de 2010 y 2011, del 60.8% del territorio nacional analizado, el 41.6% corresponde a zonas inundables periódicamente, el 35.4% sufrió inundaciones, siendo los departamentos más afectados Bolívar, Cauca, Atlántico, Cundinamarca, Valle del Cauca y Santander (Reporte consolidado de áreas afectadas por inundaciones 2010 -2011. IGAC-IDEAM-DANE. Mayo, 2011). Plasmando de manifiesto la necesidad que existe de tomar acciones para el manejo integral del recurso hídrico y la gestión del riesgo por efectos de las inundaciones y el cambio climático en la región Caribe, especialmente por los cambios que pueden sufrir los cuerpos de agua, cuyas modificaciones pueden ocasionar grandes pérdidas con el incremento de los cambios en las condiciones meteorológicas y el clima en general, además del aumento del riesgo sobre la población que habita en estas zonas.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 13 de 64</p>
---	--	---

Sobre esto, el estado colombiano implemento en El Plan de Desarrollo Nacional (2010-2014) “Prosperidad para todos”, quien en su Capítulo VI - Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo, contempla la gestión del riesgo como parte fundamental de la sostenibilidad como lo indica en el Programa En los aspectos de prevención del riesgo se proponen entre otros:

1. Formular políticas públicas estrategias para el país en gestión del riesgo. Cabe aclarar, que, sobre este contexto, el riesgo es entendido como un conjunto de daños y/o pérdidas sociales, económicas y ambientales que pueden presentarse dentro de un territorio en un periodo de tiempo determinado. El riesgo es una condición real y actual del municipio, es una condición de tiempo presente ya que hoy se puede estimar cuáles serían los daños y las pérdidas por ocurrir en un futuro. El riesgo constituye un continuo en el tiempo, en donde, por una parte, el nivel de riesgo actual va creciendo (riesgo dinámico) y por otra pueden aparecer nuevas condiciones de riesgo (riesgo futuro) que igual siguen creciendo. Dentro de este continuo se van presentando los daños y la crisis social (materialización del riesgo), constituyendo así situaciones de emergencia o desastre. En este sentido, los desastres son las evidencias concretas que permiten identificar la existencia de un problema mayor (Lavell, 2002).
2. Mejorar la capacidad técnica de las entidades territoriales y Corporaciones Autónomas Regionales en gestión del riesgo, a través de programas de asistencia.
3. La incorporación del riesgo en planes de ordenamiento territorial, POTs, planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, POMCAs, planes de gestión ambiental regional, PGAR y reducción de riesgo por desabastecimiento de agua potable, a través del MAVDT.

Puntualmente, “El riesgo en la gestión integral del recurso hídrico está relacionado con el manejo y gestión del déficit y del exceso de agua, asociado a la gestión de las cuencas hidrográficas deterioradas, a la pertinencia de los proyectos hidráulicos con el conocimiento de la variabilidad climática e hidrológica del país, al crecimiento no planificado de la demanda sobre una oferta neta limitada, a conflictos por el uso del agua y, a las deficientes e inadecuadas acciones para la gestión del riesgo por eventos socio naturales que aumentan la vulnerabilidad del recurso” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 14 de 64</p>
---	--	---


4. Ampliar, por parte del IDEAM e Ingeominas hoy Servicio Geológico Colombiano, SGC, las redes de monitoreo y alerta temprana y actualizar los mapas de amenaza a escalas regionales y locales.

Sobre este punto, un estudio para la gestión del riesgo por inundaciones y la implementación de un Sistema de Alerta Temprana tiene por objetivo minimizar los efectos de este fenómeno haciendo énfasis en el tema de la prevención y el control de las inundaciones ante condiciones extremas producidas principalmente por efectos del cambio climático. (Efraín Domínguez-Calle Sergio Lozano-Báez, 2014)

Por tanto, el objetivo de este tipo de sistemas es brindar una comunicación clara y precisa que conlleve a entregar información vital a las poblaciones de la ciénaga de Guájaro, mediante la apropiación de estas tecnologías bajo el concepto de soberanía digital. Los sistemas de alerta también deben ser de carácter amplio y accesibles a todos los usuarios. Pero la realidad es que esta información no siempre llega a las personas que lo necesitan, ya sea porque, los mecanismos locales para comunicar el riesgo e interpretar las alertas siguen siendo deficientes, o porque no cuentan con sistemas modificables y económicos que permiten ser accesibles por todos los usuarios necesitados o interesados, provocando que la información técnica sea de poca utilidad. (Naciones Unidas EIRD, 2004)

También se debe considerar el agravante de que no se cuentan con información detallada sobre problemáticas específicas, lo que impide la adecuada toma de decisiones, incluso en los casos en que se dispone de procedimientos adecuados; provocando que las comunidades a menudo no respondan oportunamente a las alertas por la falta de capacidad de planificación y de compromiso de la comunidad, de recursos o de opciones de respuesta viables, llegando al agravante de que en algunos lugares, los habitantes hayan recibido la alerta oficial mucho después de acontecida la amenaza, o con desfases notorios de los acontecimientos ocurridos en tiempo real. Otra razón para esta problemática se encuentra en el mal monitoreo y la deficiente evaluación del inicio de las situaciones de amenaza y la poca cultura con relación al aprendizaje de la experiencia de eventos anteriores, para mejorar las políticas y las practicas operativas en el futuro; así como los problemas que se presentan en los sistemas internos de comunicación y las falencias con relación a los procesos de capacitación ante las amenazas. (UNISDR, 2009)

Un claro ejemplo del impacto negativo que ocasiona un mal monitoreo, se observa en los protocolos de comunicación por GPRS (General Packet Radio Service), los cuales se encuentran

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 15 de 64</p>
---	--	---

condicionados por la disponibilidad y calidad del servicio del operador local, además del costo que implica para una red de sensores el pago mensual facturas por volumen de datos, sin dejar de lado los huecos de la seguridad, al permitir que cualquiera en la misma frecuencia pueda interceptar las tramas que se emitan por este canal.

Siendo como finalidad de este proyecto buscar optimizar el sistema de comunicaciones y gestión de la información de las mediciones hidrometeorológicas en tiempo real de un sistema de alerta tempranas para inundaciones, de manera que los datos medidos sean fiables, seguros, sin retardos y la información sea visualizada de forma interactiva e intuitiva (Moreno et al, 2014). La información obtenida puede ser consultada y descargada por instituciones académicas sin fines comerciales y será entregada de manera que puedan desarrollar su propia aplicación, esto con el fin del fortalecimiento de las redes de conocimiento académico, ya que la información medida por las entidades gubernamentales en Colombia no es de libre acceso ni gratuita (Méndez, 2010); lo que impide una adecuada toma de decisiones, incluso en los casos en que se dispone de procedimientos adecuados; provocando que las comunidades a menudo no respondan oportunamente a las alertas por la falta de capacidad de planificación y de compromiso de la comunidad, de recursos o de opciones de respuesta viables.

Otra razón para esta problemática se encuentra en el mal monitoreo y la deficiente evaluación del inicio de las situaciones de amenaza y la poca cultura en relación con el aprendizaje de la experiencia de eventos anteriores, para mejorar las políticas y las prácticas operativas en el futuro; así como los problemas que se presentan en los sistemas internos de comunicación y las falencias con relación a los procesos de capacitación ante las amenazas. (UNISDR, 2009)

Los sistemas de alerta también deben ser de carácter amplio y accesibles a todos los usuarios. Pero la realidad es que esta información no siempre llega a las personas que lo necesitan, ya sea porque, los mecanismos locales para comunicar el riesgo e interpretar las alertas siguen siendo deficientes, o porque no cuentan con sistemas modificables y económicos que permiten ser accesibles por todos los usuarios necesitados o interesados, provocando que la información técnica sea de poca utilidad. (Lara, 2004)

Para lograr la optimización del sistema de comunicaciones se implementara el estándar de comunicación MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), quien comparado con protocolos convencionales de comunicaciones que presentan fallas en la transmisión durante los eventos

de lluvia y retrasos en el envío de la información, este se caracteriza por ser de bajo costo y consumo energético, baja frecuencia de transmisión; permitiendo la interconexión de diferentes sensores sin la necesidad de instalaciones locales complejas. MQTT permite garantizar mediante el web server auto alojado el envío de los paquetes de comunicación en condiciones atmosféricas adversas ya que no depende de un operador privado que administre la red, así mismo evita el costo que genera este servicio, las fallas y congestión en la comunicación, de manera que los datos medidos sean fiables y seguros; garantizando un mejor soporte para procesar y distribuir los datos requeridos para generar las alertas tempranas, y con ello mitigar los accidentes, perdidas y desastres ocasionados por las inclemencias climáticas.

Además, para lograr garantizar la seguridad en los paquetes de transmisión enviados se implementará el cifrado AES-256 (Advanced Encryption Standard), el cual permite generar una clave de 256 bits x 10^{77} combinaciones posibles. Este enfoque permite el cifrado de extremo a extremo de los datos de las aplicaciones incluso en entornos que no son de confianza, logrando que los metadatos del mensaje permanezcan intactos y solo se cifre la carga útil del mensaje. Esto garantiza que no se necesite ningún mecanismo personalizado por parte del usuario final para descifrar los datos. (Ver ilustración 1)

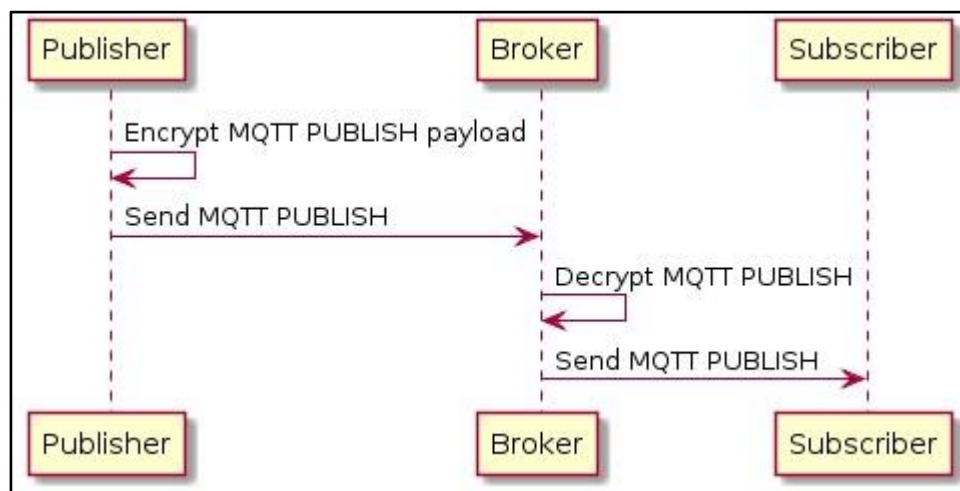



Ilustración 1 Diagrama de encriptación de los mensajes MQTT transmitidos. Fuente: (Rizzardi et al., 2022)

De esta manera e identificado claramente el problema que acaece, se requiere para su corrección de la implementación de sistemas avanzados de alerta temprana que cuenten con equipos locales de procesamiento en tiempo real, con un protocolo de comunicación independiente y de gran cobertura, además de brindar información sencilla y de acceso general, con capacidad de


	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 17 de 64</p>
---	--	---

almacenamiento de información histórica y que permita la toma de decisiones previa detección de amenazas a mitigar, propiciando un intercambio libre e irrestricto de información meteorológica. (Perevochtchikova, 2009)

Como indica (Sorensen, J.H., 2000), “una mejor gestión y toma de decisiones a nivel local en el proceso de alertas tempranas es más importante que promover la aplicación de tecnologías más avanzadas, aunque ambas son de utilidad”

PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo se podría mejorar la precisión de los sistemas de alertas tempranas, de tal manera que se mitiguen los daños y se facilite la elaboración de pronósticos con base en la adquisición de datos suministrados por las variaciones del comportamiento climático, para la prevención de inundaciones?

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 18 de 64</p>
---	--	---


JUSTIFICACIÓN

A nivel legislativo la prevención de inundaciones es esencial para garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes a nivel nacional e internacional. Dado que, en entornos urbanos, las inundaciones son más notorias por las consecuencias sociales y económicas que conllevan: (i) pérdidas de vidas humanas; de bienes económicos, culturales o naturales; (ii) gastos en apoyo a damnificados; (iii) inversiones de recuperación; (iv) disputas legales; descensos en la economía; (v) incrementos en el valor de los seguros; y (vi) desazón e incertidumbre general (Franco Idarraga, 2010).

El estado, las autoridades locales y regionales, como también las comunidades e individuos, tienen un rol vital en el manejo de inundaciones; siendo necesario establecer e implementar 3 grupos de acciones en las zonas bajo amenaza de inundación: prevención, respuesta y recuperación son los tres grupos de acciones a implementar (Melbourne Water Corporation, 2007).

Siendo un planeamiento urbano adecuado (a través del POT) la economía, la infraestructura, el manejo de recursos, el manejo de riesgo, los procedimientos ante emergencias de inundaciones y el uso del suelo, puesto que con base a eso se diseña un plan para el control de inundaciones, el cual va de la mano de la generación de un mapa de zonas de inundación que será actualizado: (a) cada vez que suceda un evento extremo que haya causado una inundación mayor a la establecida en los mapas de inundación y/o (b) en la medida en vayan teniéndose más registros de caudales y precipitaciones, para lo cual es necesario colocar tanto sensores de nivel de agua como de caudal, precipitación y velocidad con el fin de comenzar a recopilar una base de datos (actualmente inexistente) que permita generar un mapa de inundaciones sin las incertidumbres generadas, además, por la falta de topografía, batimetría y cartografía más detallada del sistema. (Universidad Politecnica de Valencia – Research Institute of Water and Environmental Engineering, 2011).

Por tanto, el objetivo de este proyecto es desarrollar un prototipo para prevención de inundaciones que permita brindar una comunicación clara y precisa que conlleve a entregar información vital a las poblaciones en riesgos en la Ciénaga De Guájaro, sin importar el contexto cultural y social en cuestión, y con ello alimentar de manera recurrente la generación de un mapa de zonas de inundación, gracias al uso de alertas tempranas de condiciones ambientales adversas y la toma

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 19 de 64
---	---	---------------------------------------

de medidas preventivas para proteger a la población y los recursos naturales de la zona, brindando desde lo teórico acceso a datos precisos y actualizados sobre el nivel del agua, siendo esencial para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales. Estos datos respaldarán la implementación de políticas y acciones específicas destinadas a mejorar las dinámicas de este importante embalase, dado que actualmente no hay registros reportados en el portal de datos del gobierno. (<https://www.datos.gov.co>)

ENCUESTAS

Con el propósito de evaluar el impacto del prototipo a implementar, se empleó una encuesta transversal para recopilar datos de manera organizada y eficaz. Esta encuesta se aplicó a una población específicamente seleccionada de 24 personas, compuesta por pobladores, campesinos y pescadores de la zona. Los resultados obtenidos a partir de esta encuesta brindaron información valiosa que se pueden apreciar en las siguientes gráficas correspondientes.

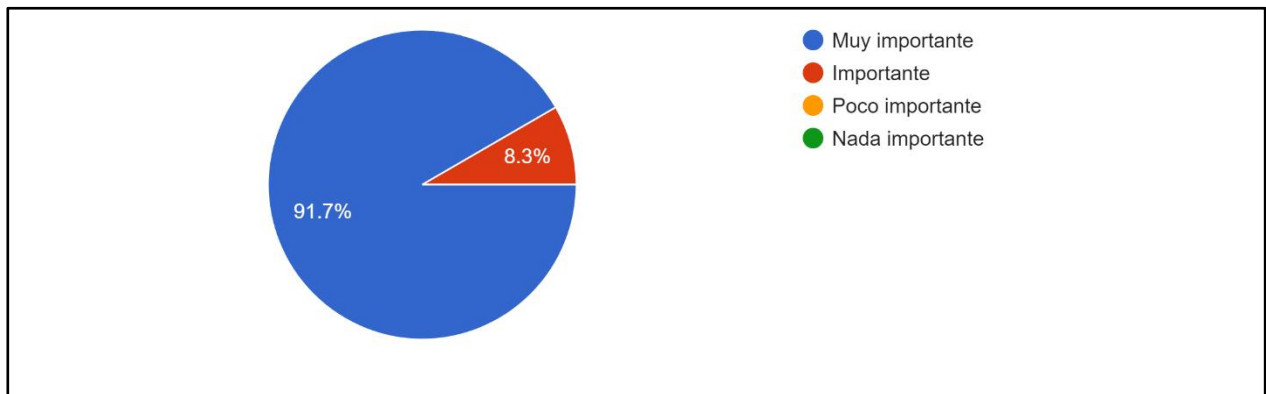


Ilustración 2 Gráfica circular de los resultados referentes a la importancia dada de la prevención de inundaciones.

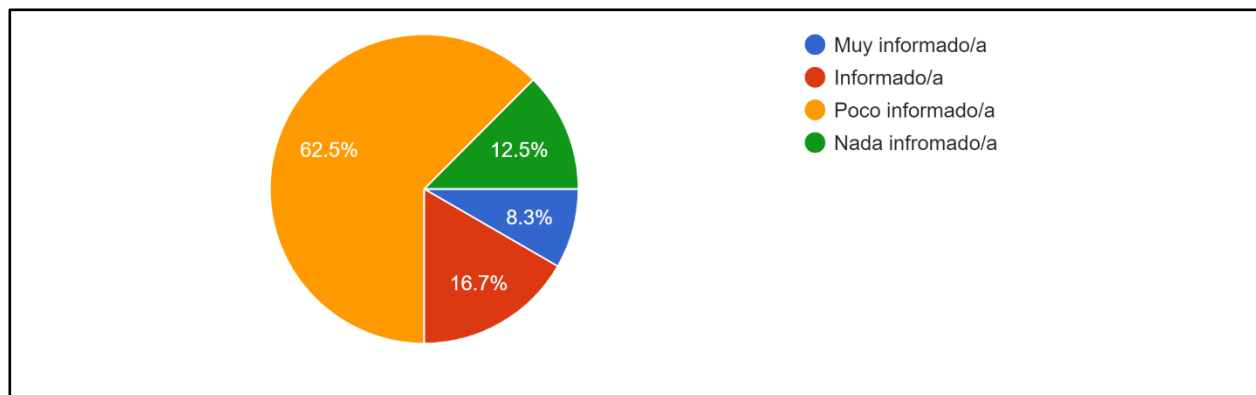


Ilustración 3 Gráfica circular de los resultados referentes a la impresión de cuan informado se encuentra relacionado en la prevención de inundaciones en su zona de residencia.

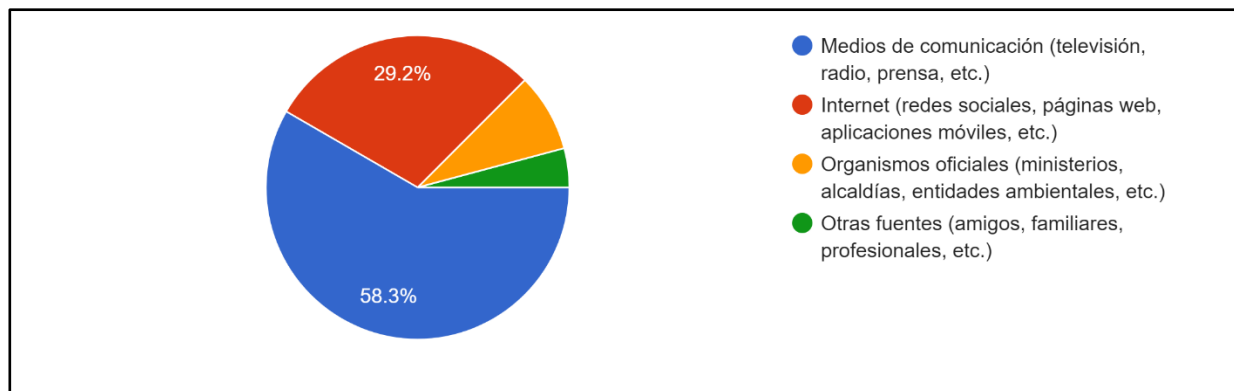


Ilustración 4 Gráfica circular de los resultados referentes a la fuente de información relacionada a la prevención de inundaciones.

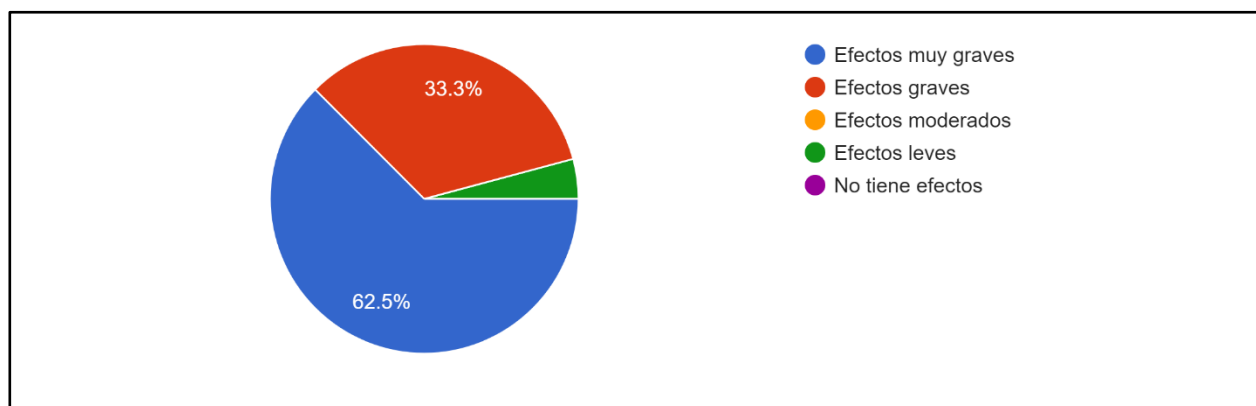


Ilustración 5 Gráfica circular de los resultados referentes a los conocimientos sobre los impactos ambientales con respecto a las inundaciones.

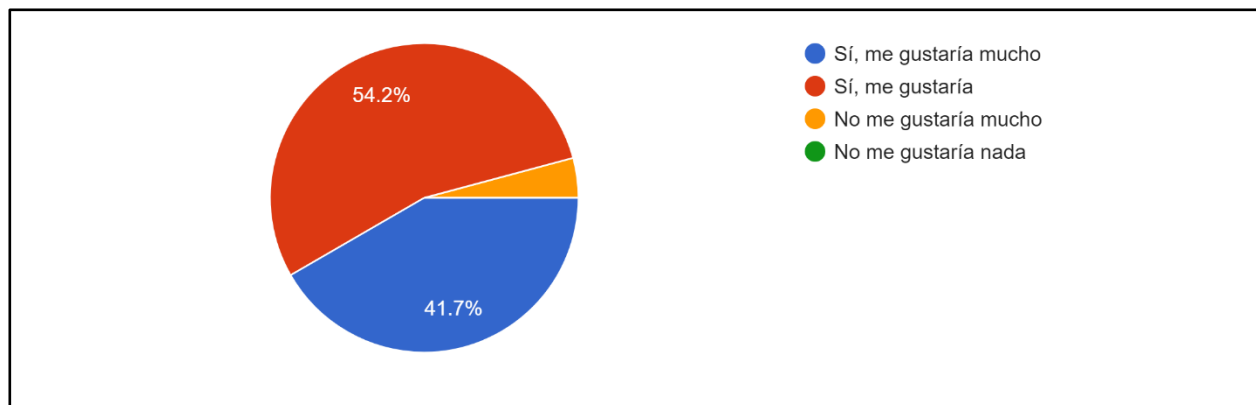



Ilustración 6 Gráfica circular de los resultados referentes al interés de contar con un dispositivo inteligente para la prevención de inundaciones

Al analizar estos resultados de las encuestas se obtiene que para las personas es muy importante conocer las condiciones relacionadas para la prevención de inundaciones, dado que a pesar de que la mayoría utilizan los diferentes medios de comunicación para conocer los resultados de los pronósticos climáticos, consideran que existe poca información relacionada con inundaciones de su zona, lo que es peligroso para su salud, la de su familia y por consiguiente del medio ambiente, incluyendo la fauna local. A pesar de lo anterior no toman las medidas pertinentes para cuidarse, pero les gustaría tener un dispositivo que les pudiera medir los niveles de agua y poder verlo a través de su móvil. Finalmente desean que este dispositivo sea accesible en precio y bastante fácil de usar.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 22 de 64</p>
---	--	---


OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo electrónico de un sistema de monitoreo para medir el nivel de afluentes de agua en la ciénaga de Guájaro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores que tienen mayor influencia sobre las variables de respuesta para la medición del afluente de nivel en la ciénaga de Guájaro.
- Elaborar un prototipo electrónico de una estación para la medición del afluente de nivel en la ciénaga de Guájaro.
- Integrar un hardware y un software para transmitir datos sobre las crecientes súbitas de nivel en la ciénaga de Guájaro.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 23 de 64</p>
---	--	---


ALCANCE Y LIMITACIONES

ALCANCES

- El trabajo se enfoca en diseñar y desarrollar un sistema de monitoreo del nivel de agua que se pueda visualizar a través de una aplicación web y móvil sobre Android.
- El trabajo se realiza siguiendo una metodología de diseño e implementación que consta de las siguientes fases: documentación, diseño y desarrollo de la propuesta y evaluación del sistema de monitoreo.
- El trabajo se evalúa mediante pruebas de campo y experimentales para verificar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo del nivel de agua, así como el correcto funcionamiento del aplicativo web y móvil para visualizar los datos.

LIMITACIONES

- El trabajo se apoya en el uso de herramientas informáticas gratuitas y de código abierto, como Arduino IDE y el lenguaje de programación Flutter para el desarrollo del aplicativo móvil; así como los lenguajes HTML v5, CSS v3 y Javascript para el aplicativo web.
- El trabajo se basa en el uso de componentes electrónicos de bajo costo y fácil adquisición, que cuenten con documentación y compatibilidad probada con plataformas de desarrollo tipo ESP8266.
- El trabajo solo se desarrollará en la zona correspondiente de la Ciénaga De Guájaro en Sabanalarga dado el apoyo con una institución educativa local.
- El trabajo no pretende medir otros tipos de variables ambientales, contaminantes o gases, ni realizar análisis estadísticos o espaciales de los datos obtenidos.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 24 de 64</p>
---	--	---

ESTADO DEL ARTE


A continuación, se presenta el análisis de 10 artículos de investigación publicados en el espacio temporal correspondiente a los últimos 5 años (2018 - 2023) relacionados con las temáticas claves definidas en el presente proyecto, tales como: sistema de alertas tempranas, tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real, MQTT, AES256 e inundaciones.

(Pinoargote, 2021) En su tesis titulada: “Diseño e implementación de un prototipo didáctico para el monitoreo de sensores a través de una plataforma IoT utilizando protocolos de comunicación MQTT y MODBUS TCP/IP”, el autor desarrolló un prototipo didáctico para el monitoreo remoto de sensores a través de IoT. Utilizó sistemas embebidos como Arduino Mega y Raspberry Pi 4, conectados por MODBUS TCP/IP, y configuró la Raspberry Pi como Gateway IoT mediante MQTT y NODE-RED para la comunicación con la plataforma Kaa IoT. La metodología experimental validó que el prototipo cumplió sus objetivos.

Este estudio ofrece una guía detallada para implementar soluciones IoT en el monitoreo de sensores, utilizando protocolos estándar y plataformas web gratuitas. El prototipo es útil como recurso didáctico para estudiantes de Ingeniería Electrónica, destacando el uso innovador de Raspberry Pi 4 como Gateway IoT con MQTT para la visualización en tiempo real de datos de calidad del aire en la plataforma Kaa IoT. Se sugiere la expansión de funcionalidades mediante la incorporación de otros sensores a través de MODBUS TCP/IP en el Arduino Mega, haciendo el sistema más interactivo y educativo.

(Flores & Pacheco, 2018) En su proyecto integrador titulado: “Diseño de una red inalámbrica de monitoreo de CO2 basado en la tecnología Sigfox”, los autores diseñaron una red inalámbrica de monitoreo de CO2 basada en la tecnología Sigfox. El sistema consta de nodos con sensores de CO2, placas Arduino y módulos Sigfox, transmitiendo datos a estaciones base y luego a la plataforma Ubidots. Realizaron pruebas en Guayaquil, concluyendo que el sistema mide y muestra información en tiempo real.

La metodología fue cuantitativa, no experimental y transversal, con nodos en el área urbana de Guayaquil. Utilizaron un muestreo no probabilístico, y los instrumentos incluyeron el sensor MQ-135, Arduino Uno, el módulo Sigfox SFM10R1 y Ubidots. Analizaron datos con estadística descriptiva.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 25 de 64</p>
---	--	---

Los resultados indicaron que el sistema funcionó correctamente, enviando datos cada 10 minutos, con niveles de CO₂ entre 400 ppm y 600 ppm, dentro de estándares internacionales. Observaron variaciones que podrían deberse al tráfico o actividad industrial.


El estudio aporta una solución IoT para el monitoreo de CO₂, usando tecnología inalámbrica de bajo consumo. Proporciona un diseño detallado del sistema y sugiere su adaptabilidad para medir otras variables ambientales. Este proyecto podría aplicarse para medir la concentración de CO₂ en el aire y visualizarla en un aplicativo móvil, utilizando Sigfox para transmitir datos a Ubidots y permitiendo la monitorización en tiempo real desde cualquier dispositivo conectado a Internet.

(Cochachi & Martinez, 2023) En su tesis de posgrado titulada: "Diseño de un sistema automatizado para mejorar el proceso de filtración de agentes contaminantes de los relaves en la mina Cerro Lindo, Cañete 2022", los autores presentaron un sistema automatizado para mejorar el proceso de filtración de relaves mineros en la mina Cerro Lindo. El sistema, controlado por un PLC S7-1200 y una pantalla HMI TP1500 Comfort, consta de un tanque de pulpa, un compresor de aire y bombas de agua, dividiéndose en cuatro etapas: llenado del tanque, traslado de pulpa, proceso de filtrado y limpieza de la placa de filtrado. La simulación en TIA Portal demostró que el sistema optimiza la eficiencia y calidad del proceso, reduciendo el impacto ambiental.

La metodología fue cuantitativa, con un diseño cuasiexperimental. La población fue el proceso de filtrado en la mina Cerro Lindo, usando muestreo no probabilístico. Los instrumentos incluyeron PLC, pantalla HMI, sensores, electroválvulas y actuadores. La recolección de datos se hizo mediante monitoreo en TIA Portal, y el análisis utilizó estadística descriptiva e inferencial.

Los resultados mostraron que el sistema automatizado controla eficientemente las variables del proceso, mejorando significativamente la calidad y eficiencia respecto al proceso manual.

Este estudio aporta una solución tecnológica para el filtrado de relaves mineros, destacando el diseño detallado del sistema de control. Además, sugiere su adaptabilidad para otros procesos industriales que requieran control de variables. En el contexto del proyecto "Sistema de monitoreo de calidad del aire sobre una aplicación móvil", el uso del PLC S7-1200 y la pantalla HMI TP1500 Comfort se propone para medir la contaminación del aire y visualizarla en tiempo real mediante sensores y una interfaz gráfica programada en el software TIA Portal.

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 26 de 64
---	---	---------------------------------------


(Espinoza & Zambrano, 2022) En su proyecto de titulación titulado: “Diseño de un sistema que mida señales de ruido para evaluar zonas de contaminación acústica utilizando herramientas Open Source”, los autores diseñaron un sistema de medición de ruido para evaluar zonas de contaminación acústica en una entidad educativa. Utilizaron el módulo ESP8266, el sensor de sonido AA-240 y la plataforma Ubidots para monitorear niveles de ruido. El sistema, compuesto por un nodo con sensor, placa Arduino y módulo ESP8266, envía datos a Ubidots vía Sigfox. Realizaron pruebas de monitoreo en la entidad educativa, elaborando mapas de ruido y encuestas para comprender la percepción de estudiantes y docentes sobre el ruido.

La metodología fue cuantitativa, con diseño no experimental y transversal. La población fue la entidad educativa, usando muestreo no probabilístico. Instrumentos incluyeron el sensor AA-240, Arduino Uno, ESP8266, pantalla OLED y Ubidots. Datos recolectados y analizados estadísticamente.

Resultados indicaron que el sistema funcionó correctamente, registrando niveles de ruido dentro de estándares internacionales. Se identificaron zonas con mayor concentración de ruido. El estudio aporta una solución IoT para monitoreo de ruido en entornos educativos, con diseño detallado adaptable a otras variables ambientales. El uso del ESP8266 facilita la conectividad y transmisión de datos, y el sensor AA-240 complementa la medición con posibilidad de incorporar otros sensores como PM2.5 o CO2 en futuros proyectos.

(Quimis, 2022) En su proyecto de titulación titulado: “Diseño de un prototipo experimental de medición de señales de ambiente de contaminación acústica”, los autores desarrollaron un sistema de medición de ruido ambiental utilizando un microcontrolador ESP-32, un sensor de sonido KY-038, un conversor analógico-digital ADS1115 y un módulo GPS. Este sistema envía datos de niveles de ruido y ubicación a la plataforma Cayenne, permitiendo su visualización y análisis. Además, genera una alarma y notificación en Facebook al superar los 65 dB, límite recomendado por la OMS. Las pruebas realizadas en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil demostraron la capacidad del sistema para detectar y mostrar información en tiempo real.

En la metodología, emplearon un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y transversal. La población de estudio fue el área urbana de Guayaquil, con muestreo no probabilístico por conveniencia. Utilizaron instrumentos como el ESP-32, KY-038, ADS1115, módulo GPS,

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 27 de 64</p>
---	--	---

Cayenne y Facebook. Los datos, recolectados mediante el envío periódico del sensor a Cayenne, fueron analizados estadísticamente.


Los resultados mostraron que el sistema funcionó correctamente, enviando datos a Cayenne cada 10 minutos. Los niveles de ruido estuvieron dentro del rango normal, aunque se observaron variaciones en distintas zonas. El estudio ofrece una solución IoT para monitoreo de ruido ambiental, con diseño detallado útil como referencia para el proyecto "sistema de monitoreo de calidad del aire sobre una aplicación móvil". Los autores sugieren la adaptabilidad del sistema para medir otras variables ambientales y destacan la precisión del controlador ESP-32 y el conversor ADS1115. Esto permitiría medir la contaminación del aire con mayor exactitud y visualizarla en un dashboard personalizado mediante la plataforma Cayenne, facilitando el análisis de los niveles de contaminación en tiempo real desde cualquier dispositivo conectado a Internet.

(Avendaño, 2019) El proyecto de grado titulado: "Sistema IoT para supervisar la calidad en caudales superficiales, a partir de la normatividad ambiental", presentado por los autores ofrece un sistema integral de monitoreo de la calidad del agua en la quebrada "Las Cebollas". La implementación de la tecnología LoRa para la transmisión de datos y la utilización de sensores especializados proporcionan una solución robusta y efectiva para evaluar parámetros clave. Los resultados obtenidos durante las pruebas respaldan la capacidad del sistema para medir y mostrar información en tiempo real, destacando áreas de posible contaminación.

La metodología cuantitativa y el diseño experimental respaldan la validez de los hallazgos, y se subraya la importancia de la plataforma Cayenne myDevices para la gestión y visualización de datos. La recomendación de utilizar el sensor EZO™ para oxígeno disuelto sugiere una selección precisa de instrumentación para obtener mediciones confiables.

En conjunto, este trabajo no solo ofrece una solución tecnológica avanzada para el monitoreo ambiental, sino que también destaca la relevancia de adoptar enfoques innovadores y sostenibles para la gestión de recursos hídricos y la preservación del medio ambiente.

(Medina, 2020) En su tesis "Diseño e implementación de un dispositivo de Internet de las cosas para la medición y monitoreo de la calidad de aire en zonas urbanas", los autores proponen un dispositivo IoT con el microcontrolador Arduino MKR1000 y protocolo MQTT para medir la calidad

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 28 de 64
---	---	---------------------------------------

del aire en tiempo real. Utiliza sensores electroquímicos para gases (CO, CO₂, CH₄, NH₃) y un sensor de partículas para PM_{2.5} y PM₁₀. Opera enviando datos a la nube, almacenándolos y generando informes y alertas para los usuarios.


La metodología es cuantitativa, con diseño experimental y longitudinal en el área urbana de Lima. La muestra se selecciona por muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando disponibilidad y accesibilidad. Instrumentos clave incluyen sensores electroquímicos, sensor de partículas, sensor de temperatura y humedad, placa Arduino MKR1000 y plataforma Ubidots. Los datos se recopilan mediante envío periódico a Ubidots y se analizan estadísticamente.

Resultados indican un funcionamiento correcto del dispositivo, enviando datos a Ubidots cada 5 minutos. Niveles de contaminantes varían según zonas urbanas, destacando lugares como puente Acho y la avenida Abancay como más contaminados. Comparación con estándares revela superación de límites permisibles para CO, PM_{2.5} y PM₁₀. Se identifica correlación positiva entre concentraciones de contaminantes, temperatura y humedad.

Se sugiere el uso continuo del dispositivo con Arduino MKR1000 y protocolo MQTT, destacando su capacidad. Se recomienda el monitoreo constante y visualización en tiempo real a través de Ubidots desde cualquier dispositivo conectado a Internet.

(Carrillo, 2020) En su trabajo de grado titulado: “Sistema de adquisición de datos meteorológicos para la medición de la calidad de aire a través de Arduino”, el autor desarrolló un sistema de adquisición de datos meteorológicos y de gases contaminantes del aire utilizando la plataforma de código abierto Arduino. La estación meteorológica incluyó sensores de temperatura, humedad, presión atmosférica, así como de gases como alcohol, CH₄, NH₄, CO₂, COV, además de latitud y longitud. Los sensores de gas MQ fueron calibrados mediante un modelo matemático lineal creado a partir de las hojas de datos de los fabricantes, y se diseñó una placa de circuito impreso (PCB) y una plataforma web para la visualización y análisis de los datos.

El enfoque cuantitativo con diseño experimental y longitudinal se aplicó en el área urbana de Pamplona, seleccionando la muestra por conveniencia. Se utilizaron diversos instrumentos como los sensores mencionados, una placa Arduino Pro Mini, un módulo GPS U-blox Neo, y la plataforma Ubidots para recolectar y analizar los datos. El sistema envió datos a Ubidots cada 10 minutos, y se observó variabilidad en los niveles de gases contaminantes, siendo CO₂ y COV los

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 29 de 64
---	---	---------------------------------------


más altos. La comparación con estándares nacionales e internacionales reveló que algunos valores superaban los rangos normales, y se encontró una correlación positiva entre la temperatura y la concentración de gases contaminantes.

Este estudio proporciona una solución tecnológica eficaz para el monitoreo de la calidad del aire a través de Arduino, empleando sensores de bajo costo y alta sensibilidad. El diseño detallado del sistema, junto con la calibración de los sensores y la implementación de una plataforma web, puede servir como referencia para proyectos similares. La aplicación práctica de este sistema permitiría medir y visualizar la concentración de gases contaminantes en tiempo real, brindando una herramienta valiosa para evaluar y abordar la calidad del aire en entornos urbanos.

(Mirza Jabbar et al, 2021) en su artículo “Design and implementation of an open-Source IoT and blockchain-based peer-to-peer energy trading platform using ESP32-S2, Node-Red and, MQTT protocol” presenta un sistema de adquisición de datos en tiempo real para monitoreo y control de energía autogenerada a una ubicación remota por medio de una interfaz web donde se registran la demanda y consumo de energía por medio de una red tipo blockchain, concretamente Ethereum. Para la transferencia de datos se utiliza el protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) a través de una red local por medio de un ESP32-S2 configurado como cliente MQTT y el servidor Node-Red IoT se utiliza como servidor local. Siendo una propuesta altamente interesante dada su particular aplicabilidad como sistema P2P de transferencia de energía en una red blockchain.

Este artículo permite obtener una mirada diferente de cómo gestionar e incluso comercializar energía autogenerada mediante el retorno de inversión en recursos energéticos renovables con plataformas de comercio de energía entre pares, lo que permite que la energía renovable sea más accesible y los participantes pueden hacer un mejor uso de ella, mediante la reducción de, una cadena de bloques Ethereum privada dado que opera de manera descentralizada, y todas las transacciones están documentadas en un libro de contabilidad digital.

(Fauzan Budi y Magfirawaty, 2021) en su artículo “Securing Data Communication Through MQTT Protocol with AES-256 Encryption Algorithm CBC Mode on ESP32-Based Smart Homes” plantea mediante el uso de ESP32 un hogar inteligente a través MQTT aplicando el Algoritmo de estándar de cifrado avanzado (AES) con una llave de 256 bits; esto permite abordar los problemas de seguridad en el hogar inteligente mediante el cifrado de los mensajes enviados por los usuarios

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 30 de 64</p>
---	--	---

a los sensores. Esta implementación podría prevenir ataques de fuerza bruta, con el aporte de garantizar la confidencialidad de los mensajes; siendo, a partir de varias pruebas realizadas en este artículo, una diferencia de 20ms entre el tiempo promedio de envío cifrado y los mensajes no cifrados.

Como ampliación del artículo el prototipo consta de tres componentes principales: aplicación en Android, Raspberry Pi y ESP32, que están acopladas a sensores (zumbador, abanico, servomotor, sensor de temperatura y LED). Las aplicaciones de Android y ESP32 están conectadas a Internet mediante Wi-Fi y se comunican mediante el protocolo MQTT. El mensaje de la aplicación de Android contiene varias instrucciones al ESP32, que se cifran primero y luego enviar al dispositivo ESP32 a través de Raspberry Pi.

Este artículo permite vislumbrar la implementación de IoT en el hogar inteligente y como esto aumenta muchos incidentes cibernéticos como intrusiones, monitoreo, fuga de información personal, Dos/DDoS y falsificación. En el proceso de envío de mensajes, un intruso puede capturar señales o puede dañar la información en la red inalámbrica, con el resultado de que, si el intruso logra acceder al sistema obtenga información confidencial sobre los usuarios domésticos y puede manipular datos; siendo el cifrado avanzado Estándar (AES) un algoritmo de cifrado simétrico que se utiliza para proteger dichos mensajes. Este algoritmo proporciona alta seguridad y bajo consumo de energía, siendo aplicado al protocolo MQTT para mejorar la seguridad y la eficiencia y prevenir ataques de fuerza bruta.

DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación, se considera de tipo cuantitativa, debido a que la metodología desarrollada, implica una serie de pasos ordenados, destinados a la solución de los objetivos planteados, y cuyo resultado consiste en magnitudes cuantificables. Por ello, se plantea una secuencia de pasos, con el fin de seguir una secuencia lógica, garantizando el cumplimiento de los objetivos específicos y por consiguiente el objetivo general. Dichos pasos por seguir se mencionan a continuación:

El proyecto por desarrollar se circunscribe geográficamente en El embalse del Guájaro, conocido también como ciénaga de Guájaro, el cual se considera una ecorregión estratégica, situada al norte de Colombia, en las coordenadas $10^{\circ}42'N$ y $75^{\circ}6'W$, a pocos kilómetros del mar del Caribe. Este cuerpo de agua tiene una extensión de 16.000ha, un volumen de 400millones metros cúbicos y un volumen útil de 230millones metros cúbicos; drena 12.000ha por medio de un distrito de riego y drenaje (los distritos de riego son superficies de tierra destinadas para el cultivo, donde se ejecutan proyectos de irrigación), y cuenta con 2 sistemas de compuertas que lo comunican con el canal del Dique, lo cual permite controlar los niveles del embalse. (Torres-Bejarano et al., 2016)

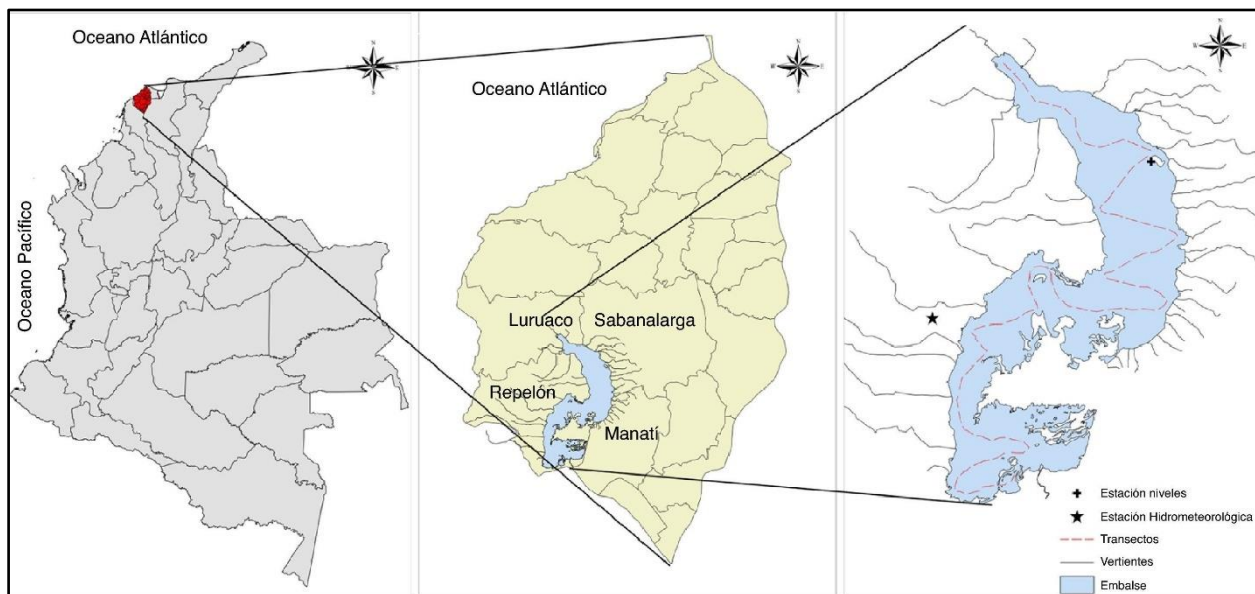



Ilustración 7 Ubicación de la zona de estudio. Fuente: (Torres-Bejarano et al., 2016)

La ciénaga de Guájaro se encuentra entre los municipios de Repelón, Manatí, Sabanalarga y Luruaco, en el departamento del Atlántico. Concretamente el proyecto se centrará en la superficie

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 32 de 64</p>
---	--	---

correspondiente a Sabanalarga, debido a que en ese municipio el I.E “Fernando Hoyos Ripoll” con su programa de tecnología apoyado por el SENA, se encargará de brindar el mantenimiento y capacitación a los pobladores del lugar. El proyecto se realizará en un espacio temporal comprendido entre el 7 de noviembre de 2023 hasta el 12 de enero de 2024.\


A nivel metodológico, la presente propuesta de investigación se fundamenta en dos escenarios posibles de actuación: la fundamentación conceptual y la experimentación. El primer escenario implica la recolección documental de diferentes fuentes, con el ánimo de analizar el estado del arte y las tendencias actuales en materia investigativa, de esta temática de estudio.

El segundo escenario implica el diseño de un modelo funcional, la construcción de un prototipo propuesta tecnológica y el sistema de apoyo a las decisiones que permitan valorar la eficiencia de la propuesta y la confrontación con referentes preexistentes. (Muñiz y González, 2009)

Por ello, a continuación, se proyecta una matriz metodológica donde se aprecia la correspondencia entre las fases, objetivos y acciones que se pretenden alcanzar con el desarrollo de la presente propuesta.


La realización del prototipo permitirá dentro de sus ventajas la construcción de estaciones propias, contar con las herramientas necesarias para el mantenimiento y puesta en marcha, por las comunidades. Las Estaciones estarán bajo la filosofía de diseño de Modularidad, soportan distintas configuraciones de acuerdo con las necesidades de variables meteorológicas a registrar. Pudiendo utilizar el mismo Modulo Central de Adquisición y Control (Datalogger - DAQ) cualquiera sea la configuración de sensores elegida, con la ventaja de poder modificar la configuración de la estación sin necesidad de reemplazarla o reprogramarla. Dado que se posee toda la información para realizar el mantenimiento y multiplicación de las unidades, se evita la necesidad de contratar servicios de mantenimiento externos para las propias estaciones.

Para integrar toda la información de la base de datos proveniente de todas las estaciones meteorológicas convencionales y automáticas se plantea el desarrollo de un servicio informático montando sobre un soporte web. A este sistema ingresara permanentemente la nueva información colectada y se mantendrá la información histórica (data warehouse) que se alimentara continuamente de la primera. (Yabar, 2014)

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 33 de 64</p>
---	--	---

Este Sistema de Información y Gestión Meteorológica tiene la particularidad de ser abierto y flexible, preparado para ingresar a la base (en formatos de entrada disímiles) datos de estaciones provenientes de diferentes lugares y consistidos en diferentes modos, que luego adquieren homogeneidad en lo que respecta a la presentación de los datos.

Por ello, a continuación, se proyecta una matriz metodológica donde se aprecia la correspondencia entre las fases, objetivos y acciones que se pretenden alcanzar con el desarrollo de la presente propuesta.

 UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 34 de 64
--	---	---------------------------------------

No	Fase	Objetivos Específicos	Acciones
1	Documentación	Identificar los factores que tienen mayor influencia sobre las variables de respuesta para la medición del afluente de nivel en la ciénaga de Guájaro.	Estudio de la literatura de para establecer rangos de medición que permitan la selección de los sensores.
2	Diseño y desarrollo de la propuesta	Modelar la arquitectura de conexión, los componentes del DAQ (Sistema de adquisición de datos) sensores, microcontrolador, circuito de acondicionamiento, comunicaciones wifi para transmitir los datos a la plataforma web. Construir el prototipo para monitoreo del nivel del agua, tanto el apartado del DAQ, como del aplicativo web y móvil.	Realización del prototipo.
3	Evaluación del Sistema propuesto	Realizar pruebas experimentales con el fin de validar el rendimiento y funcionamiento del prototipo.	Verificación y análisis de los resultados, a través de la obtención de valores representativos de los niveles de agua.

Tabla 1 Fases del proyecto a través del diseño metodológico

Por tal motivo, estos estudios proporcionarían fundamentos válidos para el diseño, construcción y pruebas efectuadas con relación a la prevención de inundaciones; permitiendo mejorar la capacidad de respuestas por parte de los entes reguladores en caso de emergencias con base a

la información obtenida por los sensores del sistema de alertas tempranas, además de lograr minimizar los impactos consecuentes a la contaminación ambiental generada en la zona de la ciénaga del Guájaro.

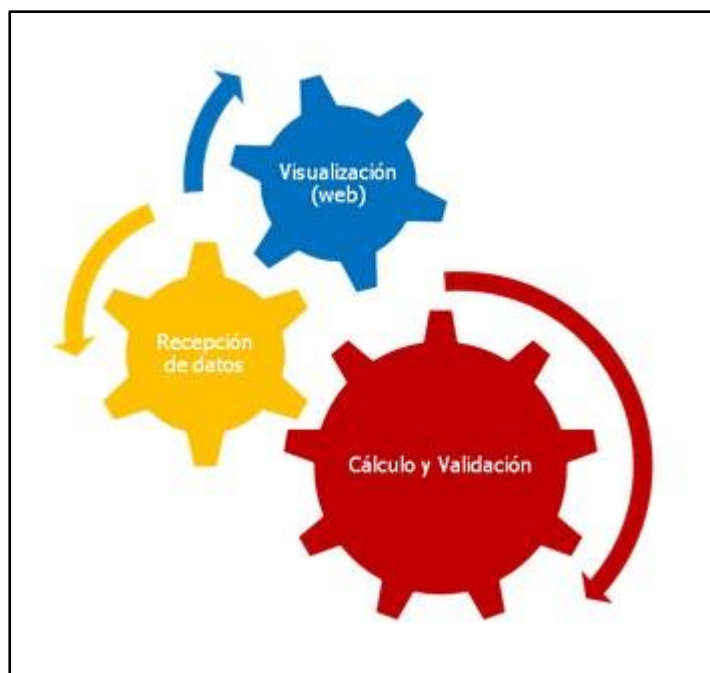


Ilustración 8 Esquema del funcionamiento del sistema. Fuente: Los autores

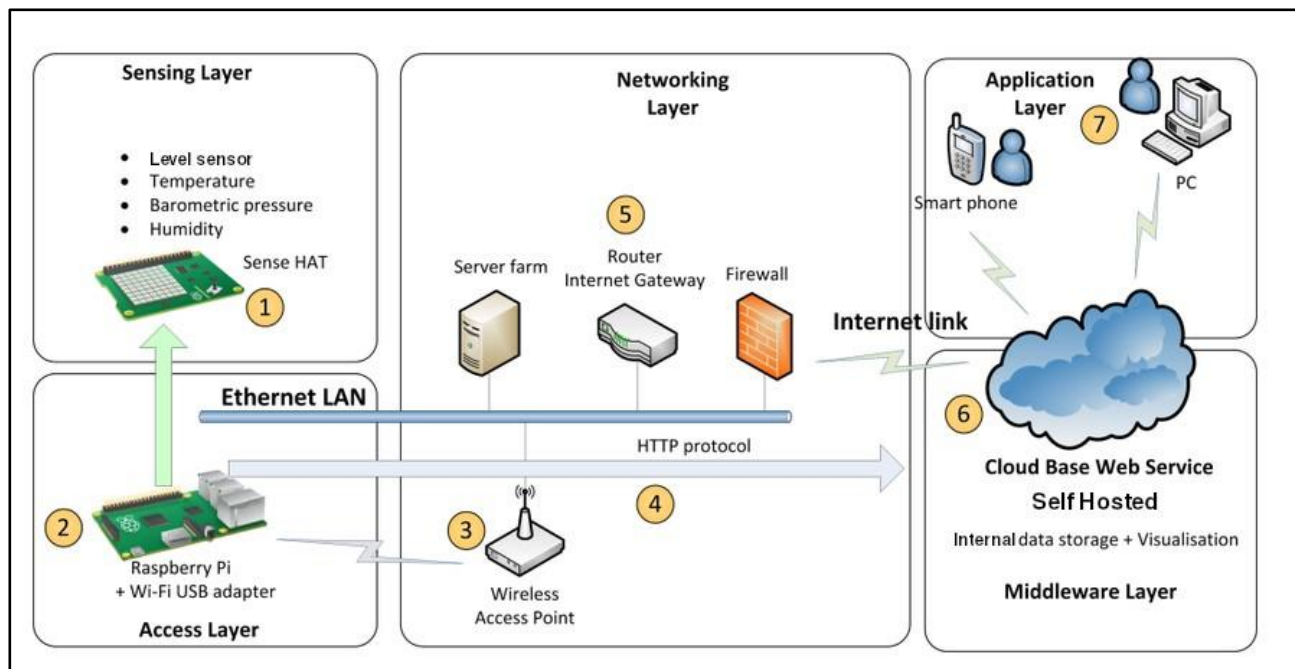



Ilustración 9 Arquitectura de red del sistema. Fuente: Adaptado de (Petrov et al., 2016)

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 37 de 64
---	---	---------------------------------------


GESTIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “*Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO*” presenta la siguiente planificación con el fin de conocer el período de tiempo necesario para su realización, desde el inicio de la identificación de las variables con mayor influencia hasta la realización de las pruebas experimentales para validar el funcionamiento del prototipo. Esta planificación es aproximada ya que el prototipo abarca varios componentes que han sido realizado previamente, además de un apartado de software que está supeditado del desarrollo del hardware, y que es extraído de proyectos similares bajo el amparo del desarrollo de los mismos autores, lo que representa el corto tiempo de desarrollo en este proyecto (un total de 7 semanas).

- Tiempo de alistamiento: Las actividades se iniciarán dentro de un periodo de una (1) semana, después de la identificación de los sensores que tienen mayor impacto para determinar el nivel de inundación en Ciénaga De Guájaro, así como el resto de los materiales necesarios para su adecuado funcionamiento.
- Tiempo de Llegada de Materiales: Se contempla un tiempo de (1) semana destinada a la llegada de todos los equipos y materiales necesarios para la construcción del DAQ (Sistema de adquisición de datos) de acuerdo con las consideraciones definidas en la etapa anterior, dado que todos son adquiridos con proveedores locales.
- Tiempo de Ensamble del DAQ: Se han considerado dos (2) semanas de armado de la arquitectura de conexión, incluyendo sensores, microcontrolador, circuito de acondicionamiento, comunicaciones wifi y pruebas internas con el fin de garantizar un buen conexionado.
- Tiempo de Desarrollo del aplicativo web y móvil: Se han considerado dos (2) semanas de desarrollo de la aplicación móvil, incluyendo conexión con base de datos web, y pruebas unitarias y de integración
- Tiempo de Puesta en funcionamiento: Se estima una (1) semana para la puesta en funcionamiento y ajustes pertinentes del sistema.


Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Identificación de variables y materiales	X						
Llegada de materiales		X					
Ensamble del prototipo			X	X			
Desarrollo del aplicativo web y móvil					X	X	
Puesta en funcionamiento y ajustes							X

Tabla 2 Planificación por semanas de las actividades del proyecto.

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 39 de 64
---	--	---------------------------------------

		SEMANAS		NOV	DICIEMBRE				ENERO	
ACTIVIDAD	%	Fecha Inicio	Fecha Fin	4	1	2	3	4	1	2
Identificación de variables y materiales	100%	21 de noviembre de 2023	1 de diciembre de 2023							
Llegada de materiales	100%	4 de diciembre de 2023	8 de diciembre de 2023							
Ensamble del prototipo	100%	8 de diciembre de 2023	15 de diciembre de 2023							
Desarrollo del aplicativo web y móvil	100%	15 de noviembre de 2023	29 de diciembre de 2023							
Puesta en funcionamiento y ajustes	100%	1 de enero de 2023	12 de enero de 2023							


Tabla 3 Diagrama de Gantt del proyecto.

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 40 de 64
---	---	---------------------------------------

PRESUPUESTO


Para la realización del presupuesto se distingue entre los equipos necesarios para la elaboración del prototipo para prevención de inundaciones, así como el desarrollo del aplicativo web y móvil para visualizar los datos generados. Mediante la cotización de diferentes proveedores, se obtiene los costos totales a partir de la siguiente tabla:

Ítem	Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor total
1	1	Sensor de temperatura y humedad relativa Digital DHT22	\$50.000	\$50.000
2	5	Sensor de nivel	\$20.000	\$100.000
3	1	Placa de acople de los sensores	\$50.000	\$50.000
4	1	Microcontrolador Wifi NodeMCU	\$70.000	\$70.000
5	1	Panel Solar 5W	\$100.000	\$100.000
6	1	Módulo LM2596 Regulador Voltaje	\$30.000	\$30.000
7	1	Módulo TP4056 Cargador Batería	\$20.000	\$20.000
8	1	Caja Derivación Gris 18148	\$50.000	\$50.000
9	1	Tuberías, Cables, Acoples, Conectores	\$100.000	\$100.000
10	1	Mano de obra instalación Caja para sensores	\$200.0000	\$200.000
11	1	Mano de obra programación y configuración del NodeMCU	\$600.000	\$600.000
12	1	Costos de transporte y viajes para pruebas experimentales en sitio.	\$300.000	\$300.000

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 41 de 64
---	---	---------------------------------------

13	1	Costos de envíos	\$20.000	\$20.000
14	1	Desarrollo del aplicativo móvil	\$800.000	\$800.000
15	1	Desarrollo del aplicativo web	\$500.000	\$500.000
TOTAL				\$ 3.000.000

Tabla 4 Presupuesto del proyecto.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 42 de 64</p>
---	--	---

RESULTADOS

Como objetivo inicial se tiene que identificar los factores que tienen mayor influencia sobre las variables de respuesta para la medición del afluente de nivel en la ciénaga de Guájaro. Para ello se empleó el proyecto de investigación de (De La Hoz, 2017) el cual realiza una profunda investigación para determinar las zonas óptimas para el aprovechamiento acuícola en el embalse El Guájaro, mediante la evaluación de parámetros de calidad del agua e implementación de un sistema de información geográfica.

En esta investigación se determina que los parámetros de calidad de agua que deben tenerse en cuenta para la instalación de proyectos acuícolas en el embalse El Guájaro son: pH, oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos totales disueltos, nitratos, conductividad y salinidad (Boyd, 1990; Barrenechea, 2000).

Siendo la profundidad y temperatura necesarias independientemente de los parámetros de calidad de agua, dado que, para implementar estos sistemas de cultivo, se requiere tener en cuenta también la profundidad, ya que el sitio donde se instale el sistema debe tener una profundidad igual o superior a los 1,5 metros en la parte más honda, también deberá asegurarse de que la misma nunca sea inferior a 1 metro, incluso durante la estación seca (Auxiliadora, 2006).

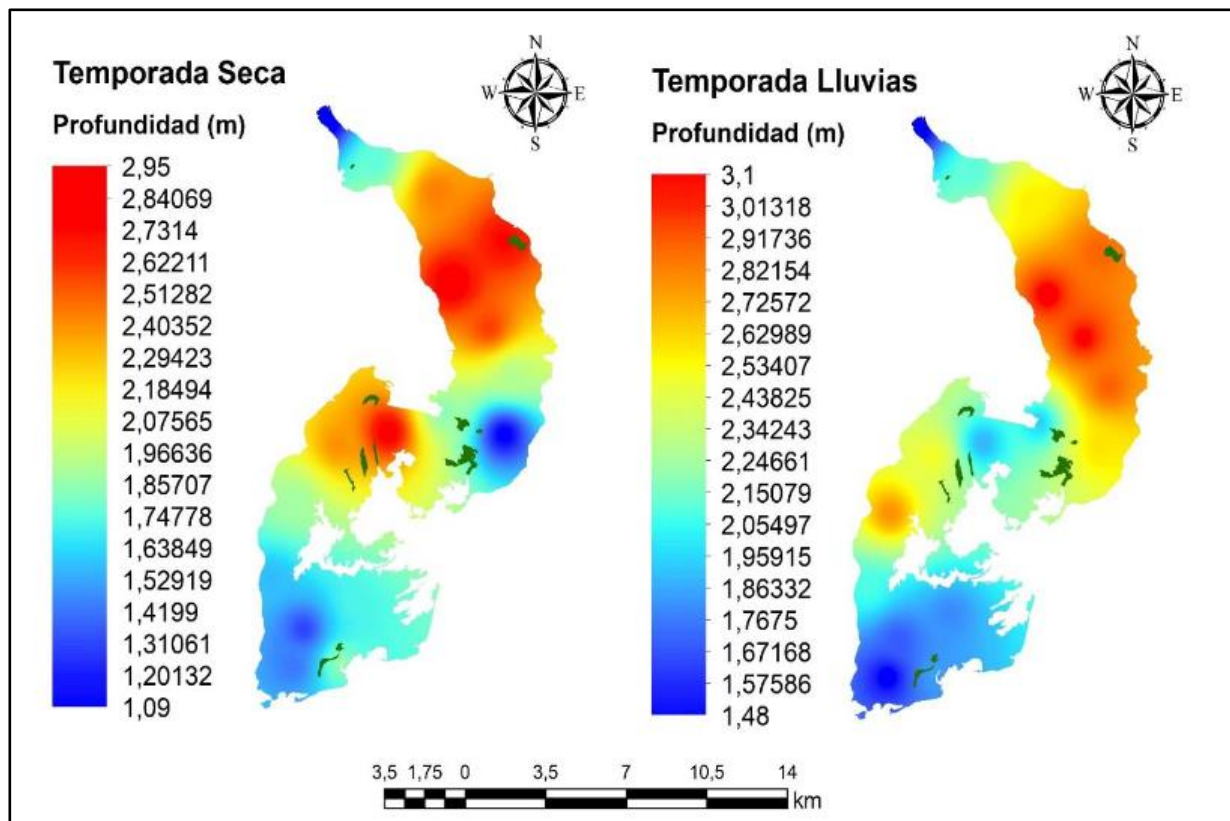


Ilustración 10 Resultados de profundidad. Adaptado de "La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro" por F. Torres, J. Padilla, C. Rodríguez, H. Ramírez & R. Cantero, 2016

En la ilustración 10 se ilustran los diferentes niveles de profundidad presentes en el embalse para las campañas realizadas. Los resultados se mantuvieron en intervalos entre (1.09 a 2.95) m y (1.48 a 3.1) m para los periodos secos y lluviosos, respectivamente. Las mayores profundidades se ubican al sector norte del embalse (De La Hoz, 2017). Así mismo, se aprecia que a lo largo y ancho del embalse no se percibieron profundidades menores 1 metro, representado así valores idóneos para determinar la altura del equipo, definido finalmente en 2 metros, con muestras cada 30cm como se aprecia en la ilustración 11, para garantizar la variabilidad en las medidas.

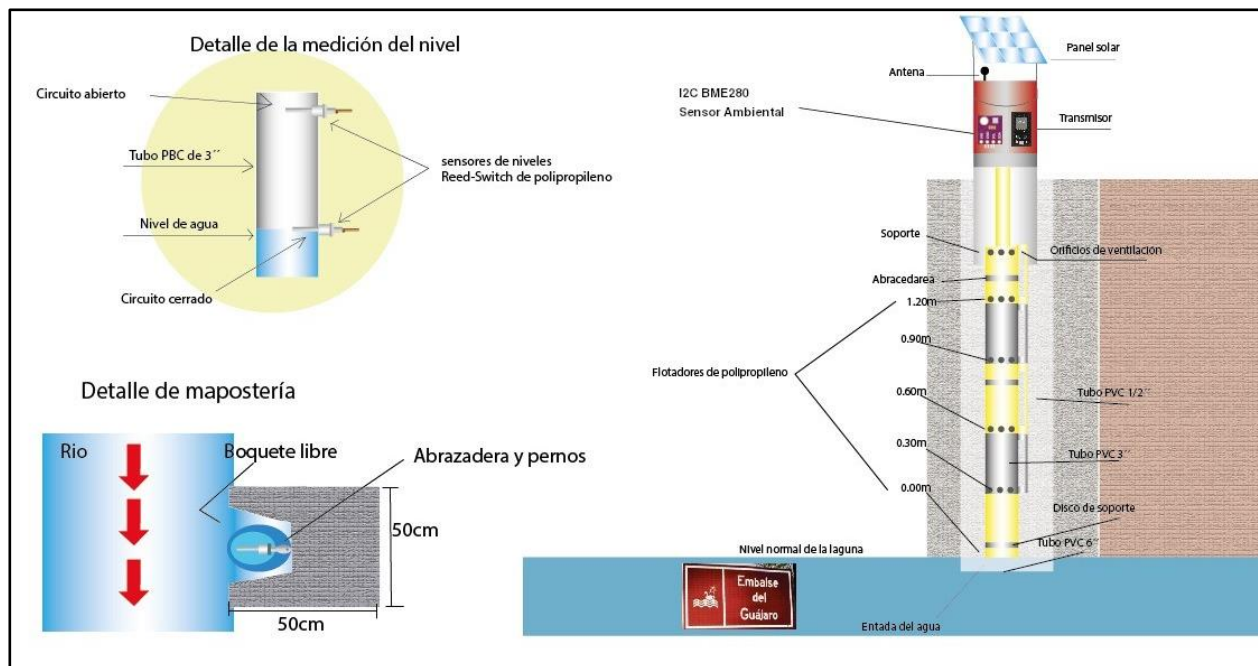


Ilustración 11 Diagrama del funcionamiento del sistema. Fuente: Los autores

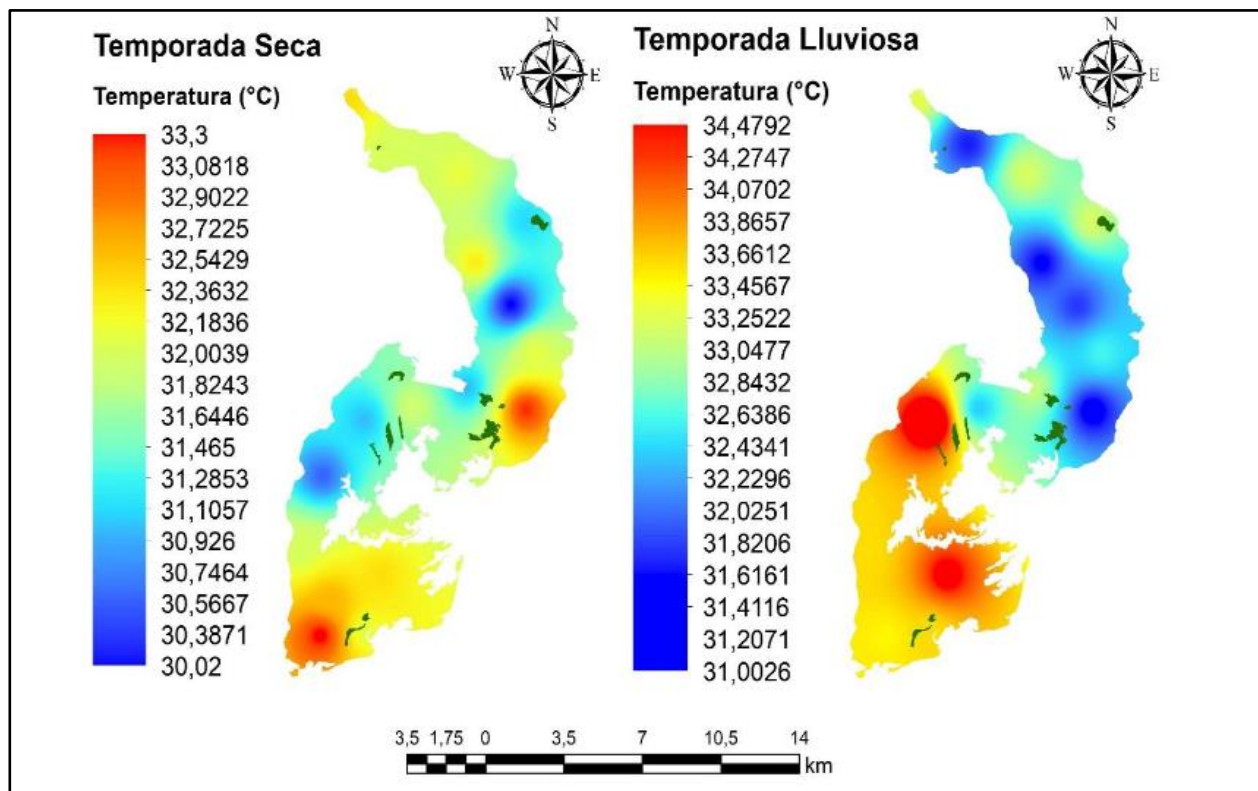


Ilustración 12 Resultado de temperatura. Elaborado en ArcGIS Por J. Jiménez & A. De la hoz, 2017.

En términos generales, se observa que la temperatura del embalse se mantuvo en un rango de (30,02 a 34,47) °C, siendo la zona sur, para las dos campañas de medición, la que reportó los valores más altos. No se aprecian cambios abruptos de la temperatura del agua en la superficie del Guájaro. Los cambios de temperatura pueden estar relacionados con factores climáticos como los vientos, la nubosidad, la radiación solar o precipitaciones. (De La Hoz, 2017)

De acuerdo con esta información, se responde al objetivo específico, que permite identificar los factores que tienen mayor influencia sobre las variables de respuesta para la medición del afluente de nivel en la ciénaga de Guájaro para su uso con los sensores.

Como objetivo siguiente, se requiere modelar la arquitectura de conexión, los componentes del DAQ (Sistema de adquisición de datos) sensores, microcontrolador, circuito de acondicionamiento, comunicaciones wifi para transmitir los datos a la plataforma web. Por lo cual se presentan los siguientes dos diagramas que ilustran las conexiones tanto en hardware por parte de los sensores involucrados (Ver ilustración 13), así como de la arquitectura de la red del sistema (Ver ilustración 14).

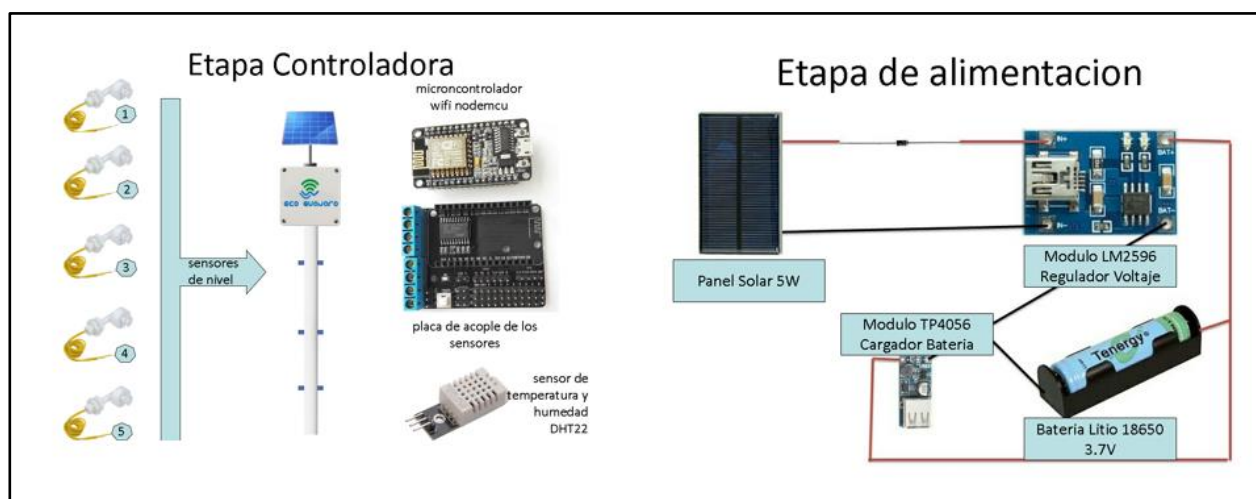


Ilustración 13 Diagrama de conexiones. Elaborado por autores, 2023.

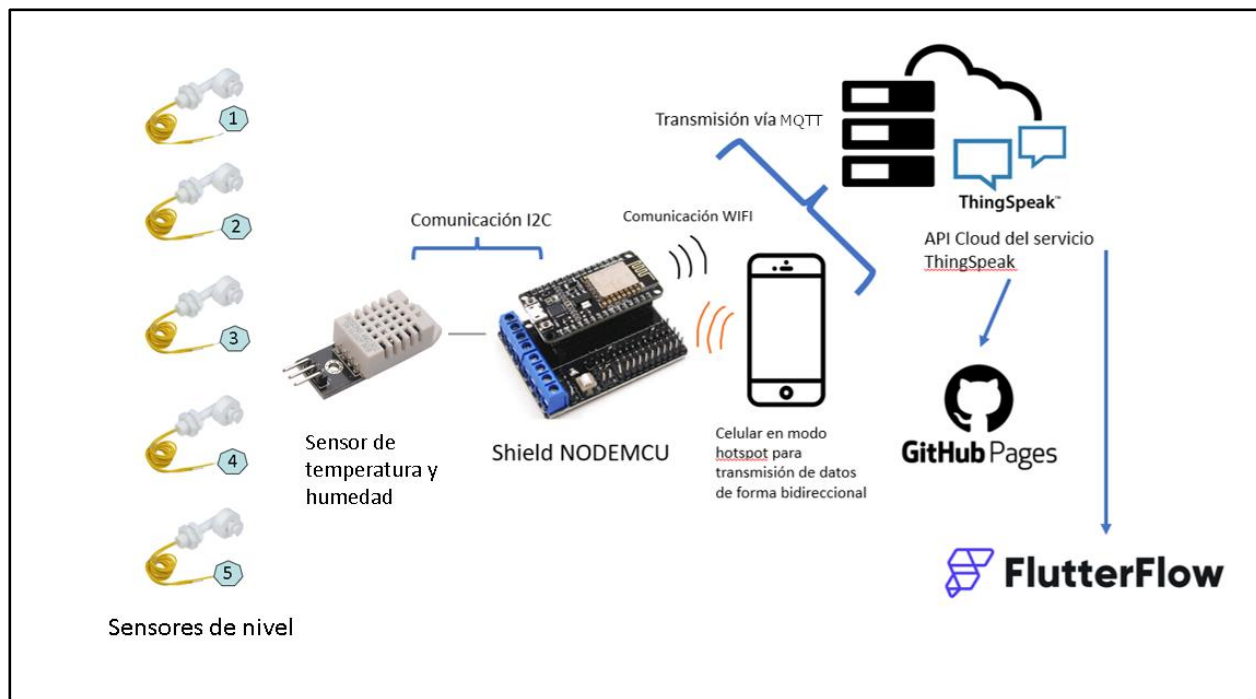


Ilustración 14 Arquitectura de red del sistema. Elaborado por autores, 2023.

Para explicar el funcionamiento de estos modelos de conexión, se debe entender que los sensores de nivel de líquido, cuentan con un interruptor activado por flotación, el cual se usa para detectar el nivel de agua en la laguna para después de ello junto al sensor DHT22, quien opera entre los rangos de medición de humedad: 0-100% y los rangos de medición de temperatura: -40 a +125°C con una precisión de Humedad: $\pm 2\%$ (Max $\pm 5\%$) y una precisión de temperatura: $\pm 0.2^\circ\text{C}$, los cuales envían la información mediante I2C a la placa Nodemcu¹ v0.9 del fabricante Amica (Ver ilustración 15), la cual emplea una motorshield (Ver ilustración 16) para comodidad en sus conexiones, quien se encarga de decodificar la información del sistema de adquisición de datos por medio de la librería pubsubclient (Ver Anexo A), y por medio de un código base elaborado por los autores del presente trabajo (Ver Anexo B), se procede a comunicar la información mediante conexión wifi al servidor de ThingSpeak, la cual es una plataforma gratuita para la Internet de las Cosas desarrollada por MathWorks conocidos por el entorno de programación Matlab, quien permite por medio de una API (Interfaz de programación aplicada,

¹ Placa de desarrollo electrónico que integra el chip ESP8266 para comunicaciones por medio de WiFi

por sus siglas en inglés) almacenar y recopilar datos de objetos conectados a través del protocolo MQTT a través de Internet o de una red local.



Ilustración 15 Placa de desarrollo Nodemcu

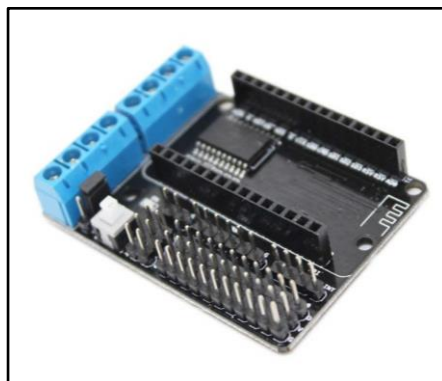



Ilustración 16 Motorshield para conexión sobre la placa Nodemcu.

Al tener los datos conectados al servidor de ThingSpeak (Ver Anexo C)., se procede a elaborar una página web, por medio de HTML v5 y CSS v3 (Ver Anexo D), que integre las tablas generadas y la presente de forma amigable y responsiva tanto para el uso desde computadores como de celulares.

Finalmente, y por medio de la plataforma FlutterFlow, la cual es una herramienta que permite crear apps para móviles (tanto Android como iOS) y web, con un mismo código base y sin la necesidad de ser programada, mediante su funcionalidad de ir arrastrando y soltando elementos en la pantalla. Esta herramienta se basa en Flutter, un lenguaje de programación abierto desarrollado por Google que ofrece un montón de elementos predefinidos. Para el caso del proyecto, se generó una versión en Android (Ver ilustración 17), dada la popularidad del sistema, y se exportó como apk (Android Application Package o Paquete de Aplicación Android en

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 48 de 64</p>
---	--	---

español) (Ver ilustración 18) el cual se alojó en un repositorio de github² de forma gratuita para todos los interesados (Ver ilustración 19).

² Enlace al repositorio <https://github.com/danieldelarosa/ecoguajaro.github.io>

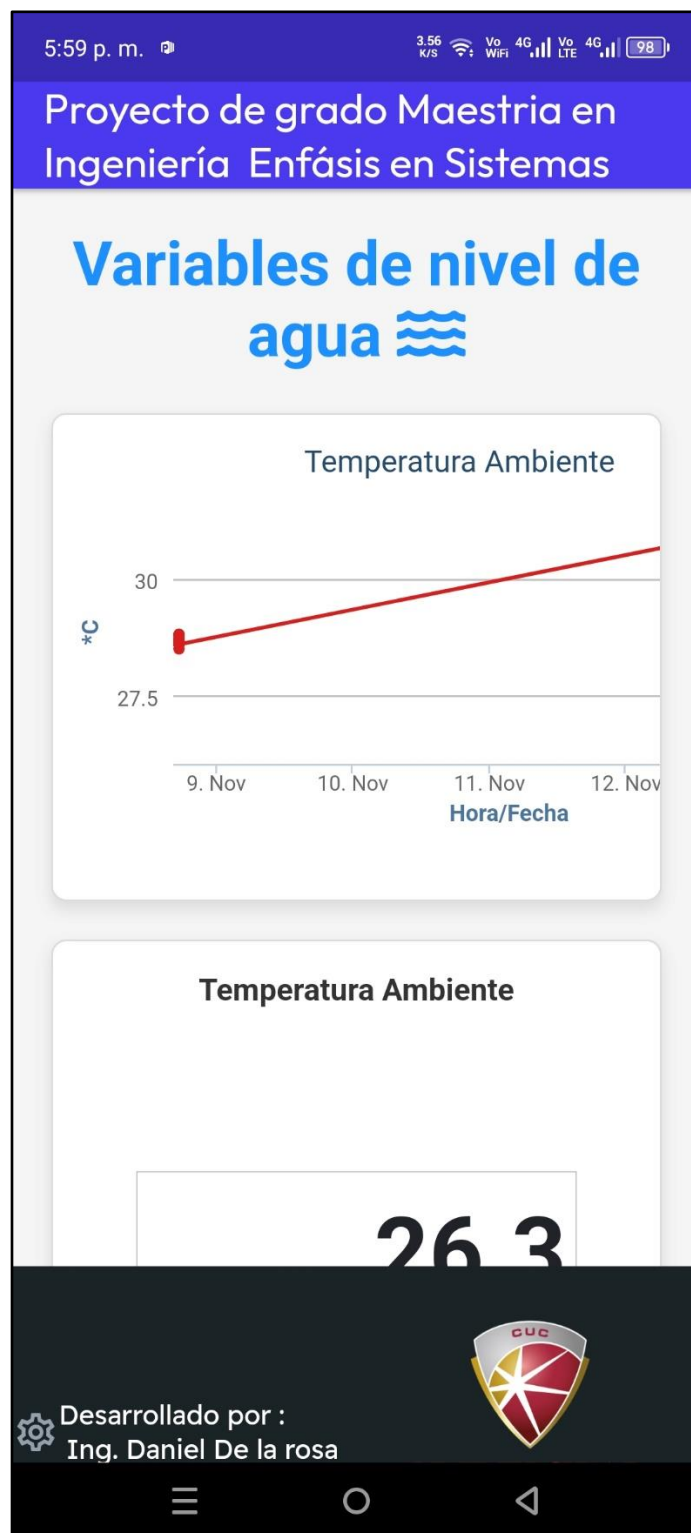


Ilustración 17 Pantallazo sobre la aplicación móvil Android desarrollada sobre Flutter.

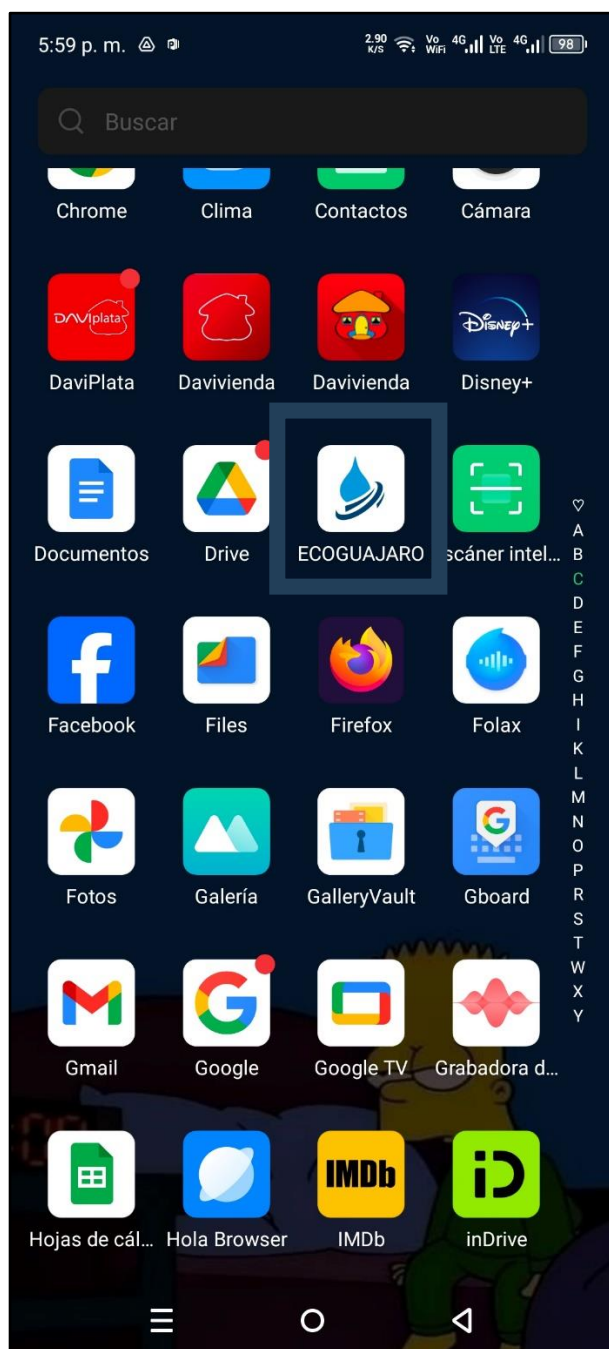


Ilustración 18 Logotipo del apk exportado denominado ECOGUAJARO.

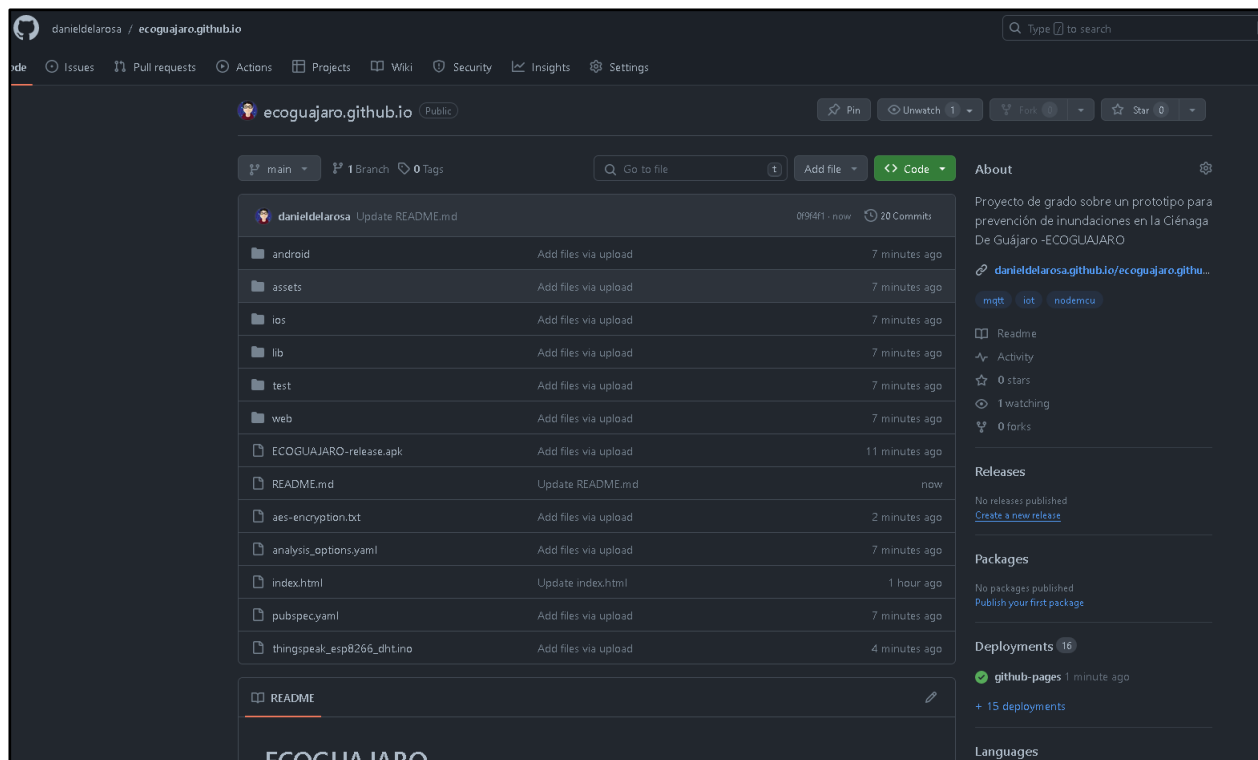


Ilustración 19 Pantallazo del repositorio en Github, donde se aloja el aplicativo móvil y web, y sus respectivos códigos fuentes.

Con todo esto se responde al objetivo específico, que permite modelar la arquitectura de conexión, los componentes del DAQ (Sistema de adquisición de datos) sensores, microcontrolador, circuito de acondicionamiento, comunicaciones wifi para transmitir los datos al servidor web.

Finalmente, para lograr este objetivo específico se empleó, primeramente, una Caja de Derivación Gris Dexson de Schneider Electric (Ver ilustración 14). La cual está fabricada con materiales resistentes como el polímero de alta resistencia ABS-PC, cuenta con certificaciones IP55 e IK05 y es libre de halógenos e inoxidable, lo cual la hace resistente a las inclemencias climáticas del entorno.



Ilustración 20 Caja de Derivación Dexson, Gris, Ref.: 18148

Para el montaje electrónico, simplemente se siguió el diagrama expuesto anteriormente en la ilustración 12, obteniendo los siguientes resultados:



Ilustración 21 Vista centrada en el sistema de adquisición sobre la caja Dexson.



Ilustración 22 Vista de los sensores de nivel



Ilustración 23 Vista interna de los componentes internos del sistema ECOGUAJARO.

Para el desarrollo de la aplicación móvil, como se explicó anteriormente se hizo uso de la plataforma FlutterFlow y el lenguaje de programación Flutter, obteniendo la aplicación observada en la ilustración 24.

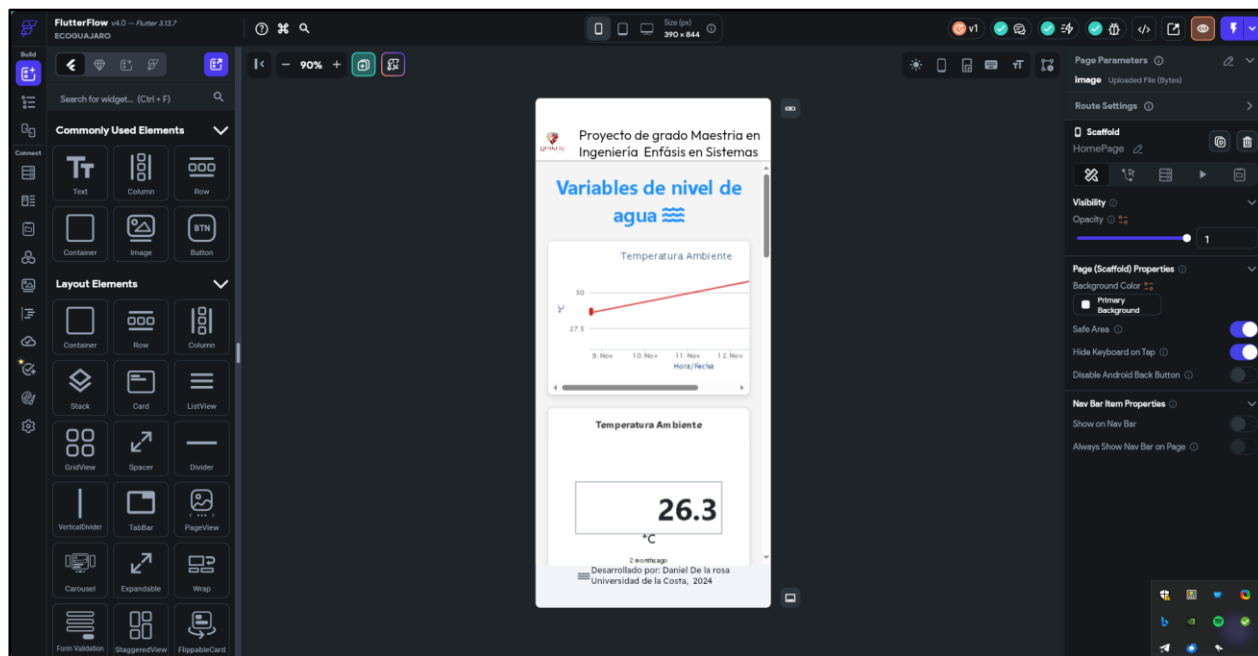


Ilustración 24 Evidencia del desarrollo de la aplicación sobre la herramienta FlutterFlow.

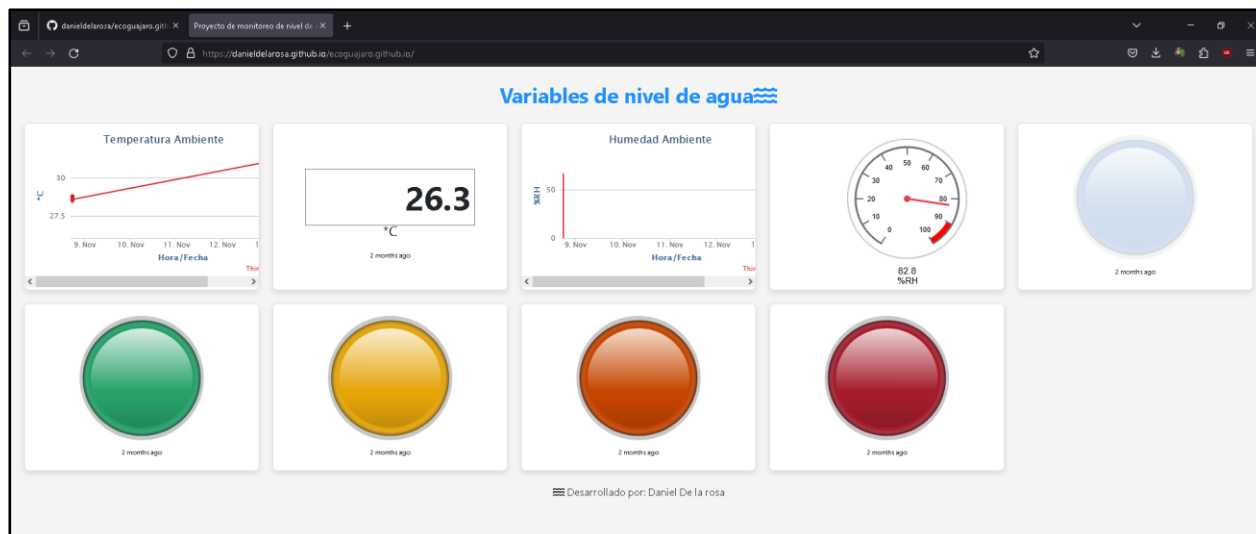



Ilustración 25 Evidencia del desarrollo de la aplicación web

De esta manera se cumplió el objetivo de la construcción del aplicativo web y móvil.

 UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 56 de 64
--	--	---------------------------------------


CONCLUSIONES

El proceso de desarrollo de esta investigación abarca las necesidades de diseñar y elaborar un prototipo electrónico para monitoreo del nivel de agua en la Ciénaga del Guájaro que garantizase como características principales los bajos costes de adquisición y puesta en marcha, la facilidad de transporte e implementación, independencia energética, total compatibilidad con los sistemas de comunicación y dispositivos móviles existentes, libertad de sus licencias de hardware y software, y por supuesto la capacidad para extender sus funcionalidades tanto de ejecución como de medición, es decir, que permita incorporar a futuro otro tipo de variables meteorológicas.

Con base a esto se puede observar que el interés primordial de esta investigación es brindar información vital a las poblaciones en riesgos, sin importar el contexto cultural y social en cuestión, con herramientas tecnologías apropiadas que enfaticen en la medición de variables ambientales, mediante plataformas abiertas, debido a las grandes ventajas que puede proporcionar al sector tecnológico, empresarial y del país, así como al programa de postgrado de Ingeniería que imparte la Universidad de la Costa – CUC, logrando brindar alternativas viables que contribuyan al desarrollo sostenible a la educación y al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y entidades involucradas.


Por tal motivo, se puede argumentar la elaboración de un prototipo de alto rendimiento, quien cumple a cabalidad las características de una estación sinóptica suplementaria, al contar con dos sensores esenciales y de gran rendimiento técnico para la medición de las variables de nivel de agua. Este sistema denominado tiene un coste neto cercano a 3 millones de pesos colombianos, con la ventaja de contar con elementos y dispositivos 100% libres tanto en su documentación, como en su software y hardware, garantizando que cualquier persona o ente interesado pueda mejorar el sistema implementado o migrarlo a las necesidades específicas del lugar o las zonas climáticas.

Cabe destacar la importancia del proceso documental de trabajos previos en la toma de decisiones, que facilitaron la ejecución de un prototipo de notable calidad, precisión y estabilidad, gracias al diseño experimental de las mediciones realizadas en puntos críticos de la ciudad, y su respectiva caracterización y graficación.

 UNIVERSIDAD DE LA COSTA <small>1970</small>	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 57 de 64
---	--	---------------------------------------

Estos tipos de estudios a pesar de sus grandes ventajas son inusuales en el diseño de dispositivos electrónicos, por lo cual se incita a emplear con regularidad su uso pues permiten caracterizar con gran precisión la selección y la validación de los sistemas implementados; puesto que como puede observarse en el proyecto, estos datos después de analizados y comunicados a la población en riesgo tienen gran impacto en la minimización de accidentes y desastres ambientales; y si bien el proyecto esta publico para ser consultado en su pagina web y aplicativo móvil Android, también se puede exportar a sistemas iOS dada la flexibilidad que ofrece el framework Flutter al ser multiplataforma.

Para finalizar es importante resaltar las ventajas que este tipo de sistemas de bajos costes brindan a la ciudadanía y los organismos involucrados, pues como indica la Carta de la Tierra de la ONU en su principio 10 permite que toda persona pueda tener acceso a la información sobre el medio ambiente, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones, facilitando el sueño alcanzable de colocar la información al alcance de todos.

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 58 de 64
---	---	---------------------------------------

BIBLIOGRAFÍA

Auxiliadora, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua: CIDEA

Baig, M. J. A., Iqbal, M. T., Jamil, M., & Khan, J. (2021). Design and implementation of an open-Source IoT and blockchain-based peer-to-peer energy trading platform using ESP32-S2, Node-Red and, MQTT protocol. *Energy Reports*, 7, 5733-5746. Enlace: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.190>

Barrenechea, A. (2000). Aspectos Fisicoquímicos De La Calidad Del Agua. Enlace: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>


Boyd. (1990). Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Company. Birmingham, Alabama: Auburn University.

C. Y. Flores Banchón y J. C. Maza Pacheco, “Diseño de una red inalámbrica de monitoreo de CO2 basado en la tecnología Sigfox”, Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2018. Enlace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47586>

D. A. Pinoargote Paredes, “Diseño e implementación de un prototipo didáctico para el monitoreo de sensores a través de una plataforma IoT utilizando protocolos de comunicación MQTT y MODBUS TCP/IP”, Trabajo de titulación, Carrera de Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, 2021. Enlace: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21805>

De La Hoz Sarmiento, Alfredo Junior. Evaluación de la calidad de agua en el embalse el guájaro para identificar áreas óptimas de producción acuícola, mediante la implementación de un sistema de información geográfica. Universidad de la Costa, 2017. Enlace: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/296/1045740491%2C%201140834262.pdf?sequence=1>

Efraín Domínguez-Calle Sergio Lozano-Báez. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38, 321-332.

	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 59 de 64</p>
---	--	---

Franco Idarraga, F. L. (2010). Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 97-108.

Glasgow, H. B., Burkholder, J. M., Reed, R. E., Lewitus, A. J., & Kleinman, J. E. (2004). Real-time remote monitoring of water quality: A review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 300(1-2), 409-448. Enlace: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.02.022>

J. A. Avendaño León, “Sistema IoT para supervisar la calidad en caudales superficiales, a partir de la normatividad ambiental”, Tesis de Maestría, Dept. de Ing. Sist., Univ. Pedagógica y Tecnol. de Colombia, Tunja, Colombia, 2019. Enlace: <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3448>

J. Marin Cochachi and B. Marin Martinez, “Diseño de un sistema automatizado para mejorar el proceso de filtración de agentes contaminantes de los relaves en la mina Cerro Lindo, Cañete 2022”, Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú, 2023. Enlace: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/7938>

Johann G. Goldammer. (1997). *Alerta temprana de incendios y otros peligros ambientales*.


Lara, A. Desastres naturales: una oportunidad para el desarrollo. El caso de la inundación de Santa Fe, 2003. *Revista Realidades*, 2004, no 4/5, p. 201-226.

M. C. Espinoza Romero y J. K. García Zambrano. Diseño de un Sistema que mida Señales de ruido para Evaluar Zonas de Contaminación Acústica utilizando Herramientas Open Source. Proyecto de Titulación. Universidad de Guayaquil. 2022. Enlace: <https://bitly.ws/UkCM>

Melbourne Water Corporation. (2007). *Flood Management and Drainage Strategy*. Melbourne.

Naciones Unidas EIRD. (2004). *Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. <http://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/index2.htm>

Perevochtchikova, M. (2009). La situación actual del sistema de monitoreo ambiental en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México / The Current Status of Environmental Monitoring in the Mexico City Metropolitan Zone. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 24(3), 513. <https://doi.org/10.24201/edu.v24i3.1327>

	Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO	Vigencia: 24/01/2023 Pág. 60 de 64
---	---	---------------------------------------

Petrov, N., Dobrilovic, D., Kavalić, M., & Stanisavljev, S. (2016). Examples of Raspberry Pi usage in Internet of Things. *Proceedings of the ICAIT2016*, 112-119. <https://doi.org/10.20544/AIT2016.15>

Resolución 46 de 1991, (1991). http://www.acnur.es/PDF/1640_20120508172005.pdf

Rizzardi, A., Sicari, S., & Coen-Porisini, A. (2022). Analysis on functionalities and security features of Internet of Things related protocols. *Wireless Networks*, 28(7), 2857-2887. <https://doi.org/10.1007/s11276-022-02999-7>

Setiawan, F. B. & Magfirawaty. (2021). Securing Data Communication Through MQTT Protocol with AES-256 Encryption Algorithm CBC Mode on ESP32-Based Smart Homes. *2021 International Conference on Computer System, Information Technology, and Electrical Engineering (COSITE)*, 166-170. <https://doi.org/10.1109/COSITE52651.2021.9649577>


Sorensen, J.H. (2000). Hazard warning systems: Review of 20 years of progress. *Natural Hazards Review*, 2, 119-125.

Torres-Bejarano, F., Padilla Coba, J., Rodríguez Cuevas, C., Ramírez León, H., & Cantero Rodelo, R. (2016). La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro, Colombia. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 32(3), 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2015.04.001>

UNISDR. (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). <http://www.unisdr.org>

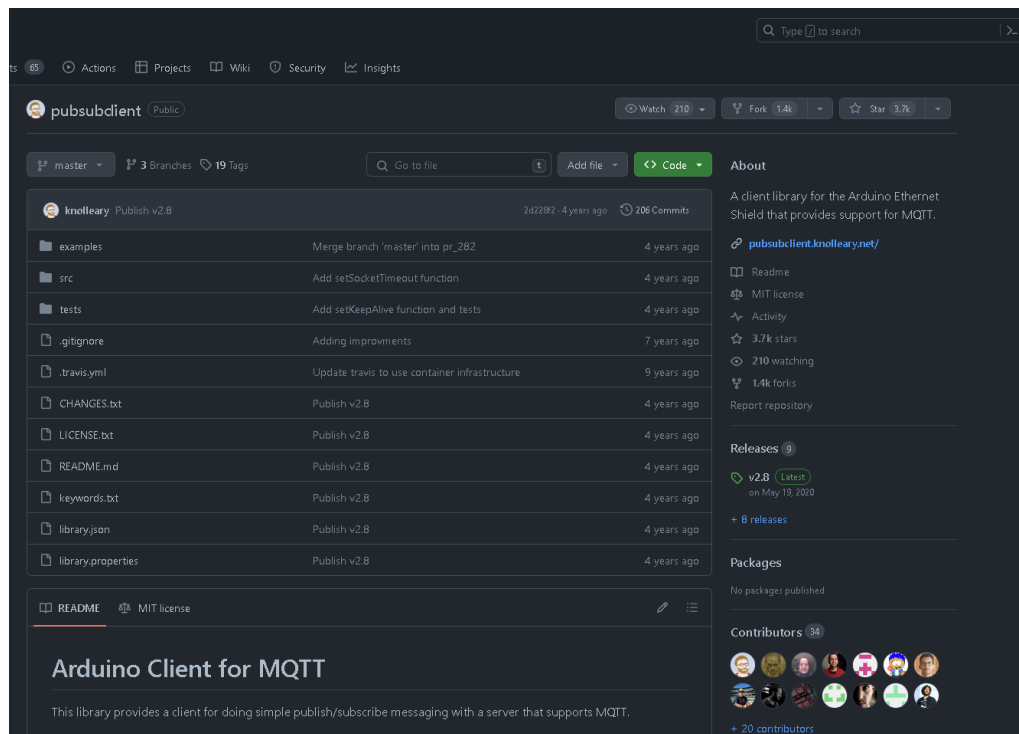
United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). (2005). *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: Aumento de la Resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres* (II). Casa Internacional del Ambiente.

Universidad Politecnica de Valencia – Research Institute of Water and Environmental Engineering. (2011). SUFRI Methodology for pluvial and river flooding risk assessment in urban areas to inform decision-making.

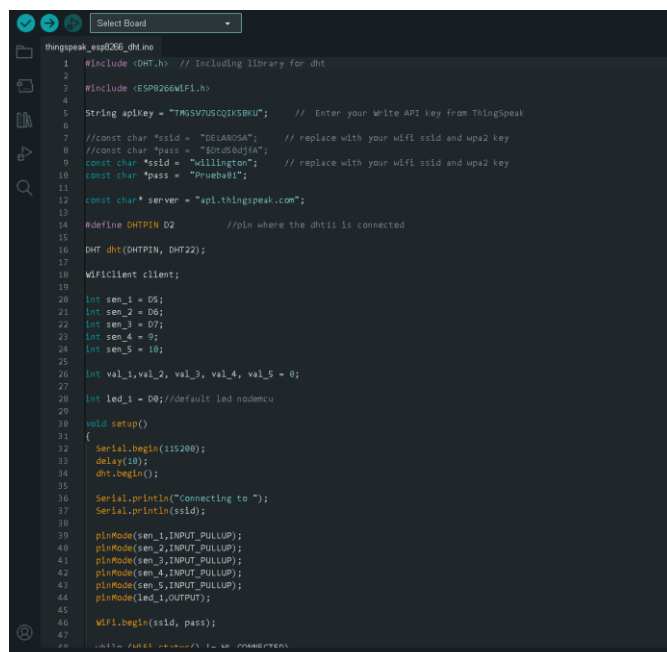
 <p>UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970</p>	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 61 de 64</p>
---	--	---


Y. R. Carrillo Amado. “Sistema de adquisición de datos meteorológicos para la medición de la calidad de aire a través de Arduino.” [Master’s thesis]. Universidad de Pamplona, 2020. Enlace: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4934>

ANEXOS

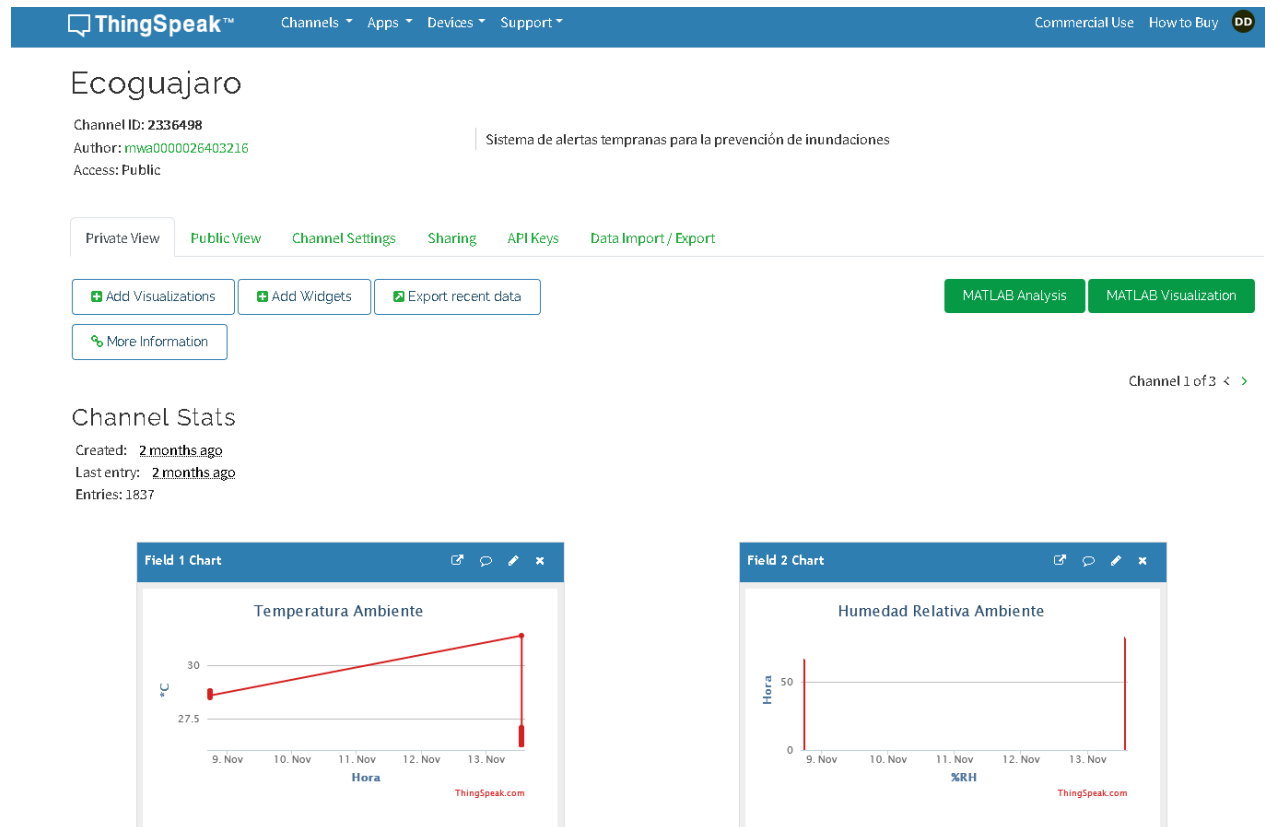


ANEXO A. Evidencia de la librería PubSubClient



	<p>Diseño e implementación de un prototipo para prevención de inundaciones en la Ciénaga De Guájaro - ECOGUAJARO</p>	<p>Vigencia: 24/01/2023 Pág. 63 de 64</p>
---	--	---

ANEXO B. Evidencia del código elaborado sobre nodemcu para leer los datos de los sensores extraídos del DAQ



ANEXO C. Evidencia de los datos de los sensores gestionados por thingspeak

```
< webPage_ECOGUAJARO.html > html > head > style > h1
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="es">
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
6   <title>Proyecto de monitoreo de nivel de agua</title>
7   <link rel="stylesheet" href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.15.3/css/all.min.css">
8   <style>
9     body {
10       font-family: 'Segoe UI', Tahoma, Geneva, Verdana, sans-serif;
11       margin: 20px;
12       background-color: #f4f4f4;
13       color: #333;
14     }
15
16     h1 {
17       text-align: center;
18       color: #1E90FF;
19     }
20
21     .grid-container {
22       display: grid;
23       grid-template-columns: repeat(auto-fill, minmax(300px, 1fr));
24       gap: 20px;
25       margin-top: 20px;
26     }
27
28     .grid-item {
29       background-color: #fff;
30       border: 1px solid #ddd;
31       border-radius: 8px;
32       overflow: hidden;
33       box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1);
34     }
35
36     iframe {
37       width: 100%;
38       height: 250px;
39       border: none;
40     }
41
42     @media (max-width: 768px) {
43       .grid-container {
44         grid-template-columns: 1fr;
45       }
46     }
47   </style>
48 </head>
49 <body>
```

ANEXO D. Evidencia del código implementado en HTML y CSS para la visualización de la página web del proyecto: <https://github.com/danieldelarosa/ecoguajaro.github.io>