SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA EN TIEMPO REAL PARA EL HOTEL ZUANA BEACH RESORT

Adolfo José Betin Bracamontes

José Carlos Herrera Contreras

Luis Fernando Polo de la Cruz

Arturo Cesar Martínez Moya

Universidad Magdalena

Facultad de Ingeniería

Santa Marta, Colombia

2023

SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA EN TIEMPO REAL PARA EL HOTEL ZUANA BEACH RESORT

Adolfo José Betin Bracamontes

José Carlos Herrera Contreras

Luis Fernando Polo de la Cruz

Arturo Cesar Martínez Moya

Director:

Ing. Jordan Dallan Guillot Fula

Codirectora:

Magíster Lilibet Rueda Salas

Universidad del Magdalena

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica

Santa Marta, Colombia

2023

DEDICATORIAS

Gracias a Dios por darme la sabiduría y vida para cumplir esta meta como profesional. Este logro se lo dedico en especial a mi familia, a mi madre Gloria María Contreras por enseñarme muchas cosas buenas en esta vida, por darme fuerzas de seguir a delante, a mi hermana Anayerlis por darme apoyo, a mi hermano Carlos Jose y mi papá Augusto Herrera por apoyarme con mis estudios para salir adelante, a mis tías Elianita, Katherine y mi tía Claribel Mejía Yepes por sus consejos e impulsarme a seguir adelante. Le agradezco a mis amigos que siempre estuvieron ahí y creyeron en mí, así como también a todas las personas que hacen parte de mi vida y han compartido conocimientos y experiencias.

Jose Carlos Herrera Contreras.

DEDICATORIAS

Ante todo, le agradezco a Dios por haberme acompañado en todo momento.

Liceth, mi querida compañera, por tu apoyo incondicional en todo momento, a mis hijos por hacer cada día una aventura maravillosa, que cada uno de mis logros les quede como ejemplo, de que si se pueden perseguir los sueños.

A mi padre Antonio, mi ejemplo a seguir, inagotable en la tarea de ser ese eslabón para mantener esta hermosa familia cada día más unida, a la persona más luchadora, fuerte, que siempre está para ayudarme en cada tropiezo, Silena mi querida madre.

Mis hermanos que siempre me alentaron en esta travesía, nunca estuve solo, este logro no es solo mío, es de cada uno de ustedes, y de las personas que con sus buenos deseos siempre estuvieron conmigo, gracias por estar siempre apoyándome y mostrarme que se podía llegar a esta meta de poder terminar nuestro título universitario de ingeniería electrónica.

Luis Fernando Polo de la Cruz.

DEDICATORIAS

Primeramente, agradecemos a Dios porque nos acompañó en cada paso de este proyecto, nos dio la fortaleza y la sabiduría para completar cada uno de los objetivos planteados en un principio, nos guo por el buen camino e intercedió en cada momento.

A cada miembro de este proyecto que trabajaron en conjunto, que sacrificaron tiempo y esfuerzo para completar la difícil tarea de entregar un prototipo funcional al hotel Zuana Beach Resort

A nuestros profesores, dedicamos el proyecto en señal de agradecimiento y gratitud por brindar sus conocimientos a cada uno de nosotros a lo largo de los años en toda la carrera.

A nuestros familiares que nos apoyan desde casa; nuestros padres y hermanos, que se sacrifican día con día para que podamos cumplir nuestras metas, gracias a su motivación realizamos este trabajo que es de mucha importancia para nuestro título universitario y nuestra carrera profesional.

Arturo Cesar Martínez Moya

DEDICATORIAS

Primero le doy gracias a Dios por darme la salud y la sabiduría para llegar hasta este punto y cumplir esta meta como profesional. Le dedico este logro a mis padres Elver Betin y Delsy Bracamontes por su sacrificio y apoyo constante, a mi hermana Angelica Betin por sus consejos y valiosa compañía, este triunfo también es de ustedes. También quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que hacen parte de mi vida y han compartido sus conocimientos y experiencias.

Gracias a todos.

Adolfo José Betin Bracamontes

AGRADECIMIENTOS

Al terminar este proyecto académico que fue hecho con esfuerzo, dedicación y paciencia, que a pesar de los contratiempos y cambios durante el proceso de elaboración construcción y finalización se llevó a cabo con resultados satisfactorios. Se hace necesario reconocer la intervención de personas y entidades que fueron de mucha ayuda y que gracias a ellos se logró el objetivo principal de este. Es un placer para cada integrante de este proyecto agradecer a cada persona y/o entidad que fue influyente y determinante.

Principalmente, a nuestra alma mater, la Universidad del Magdalena por brindarnos la oportunidad de completar nuestro proyecto de grado aquí, por su compromiso y dedicación, por ser una universidad incluyente e innovadora con un compromiso enorme por mantener su excelencia académica y proporcionar una educación excepcional y brindarnos una experiencia inolvidable.

Al centro de Innovación y emprendimiento CIE Unimagdalena por aceptar y aprobar nuestra propuesta para solucionar la problemática de nivel de agua presentada por el hotel Zuana Beach Resort, por fomentar la investigación y el emprendimiento en nosotros.

Al programa de ingeniería electrónica y al director de programa, Ing. Ronald Martínez Abuabara.

También expresamos nuestro agradecimiento a nuestro director de proyecto Ing. Jordán Dallan Guillot Fula por su maravillosa labor en nuestra formación académica, por su apoyo, por un buen asesoramiento y orientación a lo largo de nuestro proceso. Sus enseñanzas y conocimientos fueron la guía para la elaboración del proyecto y en especial el prototipo instalado en el hotel Zuana Beach Resort.

Además, agradecemos a Lilibet Rueda Salas por su extraordinario trabajo como codirectora de proyecto, por buscar la manera de agilizar los procesos, por servir de supervisora e interventora en los procesos legales de nuestro proyecto, también ser mediador y línea directa con los representantes del hotel. Gracias por su labor que fue primordial para la culminación de este proyecto, donde nos brindó espacios para trabajar amenamente.

Al Hotel Zuana Beach Resort por confiar en este grupo de jóvenes y dejar en nuestras manos la solución de su problemática. Por su colaboración y disposición de su personal para la instalación, su colaboración en todo momento fue fundamental. Agradecimiento al equipo de mantenimiento polivalente a su director, ingeniero Cesar Vanegas, al ingeniero Antonio Rodríguez gracias por su liderazgo y compromiso con el proyecto su compromiso y dedicación ha sido de inspiración para nosotros.

Gracias a todos por su contribución en nuestro proyecto de grado y su contribución en nuestra experiencia personal y profesional.

RESUMEN

El Hotel Zuana Beach Resort un hotel exclusivo ubicado en Santa Marta (localizado a 30 metros de Bello Horizonte), posee una oferta acuática que se dirige a todos los públicos, donde se cuenta con piscinas para adultos y parque acuático infantil, entre otras ofertas. En el presente trabajo se estudian los sistemas de monitoreo para el nivel de agua en los depósitos de almacenamiento con los que cuenta el hotel, con el objetivo de diseñar un sistema que mejore la toma de estas medidas en el depósito denominado tanque de agua cruda, estas medidas que en su mayoría son poco precisas y funcionales, por el hecho de que el hotel demanda una gran capacidad de almacenamiento de líquido lo que requiere un sistema más robusto que el actual, lo que supone así que la solución propuesta represente una mejora significativa sobre la exactitud y precisión del monitoreo de los tanques en dicho hotel, que permita obtener un menor desperdicio de líquido y mayor optimización del recurso hídrico.

Es así, como se desarrolla un sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua para el depósito de almacenamiento que abastece el Hotel Zuana Beach Resort. Siendo necesario que se construyera un prototipo funcional primero, con el objetivo de constatar el funcionamiento y mitigar los riesgos en la inversión final del proyecto, para ello se utilizaron dispositivos electrónicos poco robustos, accesibles en el mercado y con características de funcionamiento idóneas.

Este documento evidencia todo el proceso de diseño, implementación y ejecución de un prototipo funcional para la medición en tiempo real del nivel del tanque principal de suministro de agua del hotel Zuana Beach Resort basado en IOT, visualizado en Power BI con alertas de prevención, todo esto realizado por estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad del Magdalena.

Palabras claves: *estrategia, hotel Zuana, IoT, sistema electrónico, prototipo, Power BI, ultrasonido.*

ABSTRACT

The Zuana Beach Resort Hotel, an exclusive hotel located in Santa Marta (located 30 meters from Bello Horizonte), has an aquatic offer for all audiences, with swimming pools for adults and a children's water park, among other offers.

In the present work, the monitoring systems for the water level in the storage tanks of the hotel are studied, with the objective of designing a system that improves the taking of these measurements in the tank called raw water tank, these measurements are mostly not very precise and functional, These measurements are mostly inaccurate and functional, due to the fact that the hotel demands a large liquid storage capacity, which requires a more robust system than the current one, which means that the proposed solution represents a significant improvement on the accuracy and precision of the monitoring of the tanks in the hotel, allowing for less waste of liquid and greater optimization of the water resource.

Thus, an electronic water level monitoring system is developed for the storage tank that supplies the Zuana Beach Resort Hotel. It was necessary to build a functional prototype first, in order to verify the operation and mitigate the risks in the final investment of the project, for this purpose, electronic devices were used that were not very robust, accessible in the market and with suitable operating characteristics.

This document evidences the whole process of design, implementation and execution of a functional prototype for the real time measurement of the level of the main water supply tank of the Zuana Beach Resort Hotel based on IOT, visualized in Power BI with prevention alerts, all this carried out by electronic engineering students of the University of Magdalena.

Keywords: strategy, Zuana hotel, IoT, electronic system, prototype, power BI.

CONTENIDO

1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO: 3
1.2.1 Objetivo general 3
1.2.2 Objetivos específicos 3
1.3 ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO 4
1.3.1 Descripción del problema 4
1.3.2 Justificación del proyecto 5
1.4 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO 6
1.4.1 Método científico 7
1.4.2 Sistema electrónico 7
1.4.3 Concepto de prototipo 8
1.4.4 Monitoreo 9
1.4.5 Sistema en tiempo real 10
1.4.6 Telemetría 10
1.4.7 Internet de las cosas (IoT) 10
1.4.8 Fundamentos del Ultrasonido 11
1.4.9 Sensor Ultrasónico JSN-SR04T 12
1.4.10 Regresión lineal 14
1.4.11 Calibración 15
1.4.12 Circuito Impreso (PCB) 15
1.4.13 Caja IP65 16
1.4.14 Microcontrolador 17
1.4.15 Microcontrolador ESP32 17
1.4.16 Señal analógica y digital 19
1.4.17 Network Time Protocol (NTP) 19
1.4.18 Protocolo de datagramas de usuario (UDP) 20
1.4.19 Servidor 20
1.4.20 Servidor de tiempo 21
1.4.21 Protocolo TCP/IP 21
1.4.22 Protocolo simple de transferencia de correo (SMTP) 21
1.4.23 JavaScript Object Notation (JSON) 22
1.4.24 Interfaz de programación de aplicaciones (API) 23
1.4.25 Power BI Services 23
1.4.26 Streaming 24
1.4.27 Dashboard 24
1.4.28 FreeRTOS 24
1.5 MARCO LEGAL 25
1.5.1 Leyes 26
1.5.2 Decretos 26
1.6 AREA DE ESTUDIO 27
1.6.1 Universo geográfico. 27
1.6.2 Universo temporal. 27
1.6.3 Metodología. 27
1.6.3.1 Hipótesis 28
1.6.3.2 Desarrollo del prototipo 29
1.6.3.3 Software 29
1.6.3.4 Cronograma de actividades 30
1.6.3.5 Diseño del PCB – Ensamblaje del prototipo 32

1.6.3.6 Programación del microcontrolador ESP32 36
1.7 RESULTADOS Y DISCUSION 57
1.8 CONCLUSIONES 63
1.9 BIBLIOGRAFIA 65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medición con maguera 4
Figura 2. Diagrama de flujo del método científico. 7
Figura 3. Diagrama de bloque general de un sistema electrónico 8
Figura 4. Representación del funcionamiento de un sensor ultrasónico 12
Figura 5. Sensor Ultrasónico JSN-SR04T 13
Figura 6. Diagrama de temporización ultrasónico 13
Figura 7. Microcontrolador ESP32 Pin-out 18
Figura 8. Modelo simplificado de las etapas del método científico. 28
Figura 9. Esquema general del sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua 29
Figura 10. Diseño del circuito impreso (PCB) en Proteus. 32
Figura 11. Vista en 3D del diseño PCB en Proteus. 33
Figura 12. Formato para impresión del diseño PCB. 33
Figura 13. Circuitos impresos terminados. 34
Figura 14. Capa protectora para los circuitos impresos. 34
Figura 15. Montaje del sistema en la caja IP65 35
Figura 16. Montaje para colocar la caja en la pared utilizando rieles. 35
Figura 17. Sistema en funcionamiento con indicadores leds. 36
Figura 18. Arduino IDE 37
Figura 19. Librerías 38
Figura 20. Generar clave de acceso (paso 1) 38
Figura 21. Generar clave de acceso (paso 2) 39
Figura 22. Generar clave de acceso (paso 3) 39
Figura 23. Generar clave de acceso (paso 4) 40
Figura 24. Generar clave de acceso (paso 5) 40
Figura 25. Generar clave de acceso (paso 6) 41
Figura 26. Generar clave de acceso (paso 7) 41
Figura 27. Generar clave de acceso (paso 8) 42
Figura 28. Generar clave de acceso (paso 9) 42
Figura 29. Generar clave de acceso (paso 10) 43
Figura 30. Generar clave de acceso (paso 11) 43
Figura 31. Definición de constantes tipo #define y const 44
Figura 32. Función setup() 45
Figura 33. Regresión lineal en Excel 47
Figura 34. Función loop() 48
Figura 35. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 1) 49
Figura 36. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 2) 50
Figura 37. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 3) 51
Figura 38. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 4) 51
Figura 39. Función loop2() 52
Figura 40. Crear Dashboard (Paso 1) 54
Figura 41. Crear Dashboard (Paso 2) 54

Figura 42. Crear Dashboard (Paso 3) 54
Figura 43. Crear Dashboard (Paso 4) 55
Figura 44. Crear Dashboard (Paso 5) 55
Figura 45. Crear Dashboard (Paso 6) 56
Figura 46. Crear Dashboard (Paso 7) 56
Figura 47. Dashboard completa. 57
Figura 48. Seguimiento a Dashboard (30 de Marzo) 58
Figura 49. Seguimiento a Dashboard (3 de abril) 58
Figura 50. Seguimiento a Dashboard (9 de abril) 59
Figura 51. Seguimiento a Dashboard (17 de abril) 59
Figura 52. Primera alerta enviada a correos electrónicos 59
Figura 53. Alertas enviadas por correo electrónico 60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas utilizadas para el desarrollo del prototipo. 29
Tabla 2. Cronograma de Actividades 30
Tabla 3. Pruebas con el sensor ultrasónico.....46

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de innovación, se desarrolló un prototipo funcional basado en la medición de los niveles de agua, el cual es de gran ayuda para la toma de decisiones y la gestión de los recursos hídricos. En este contexto, el uso de sensores ultrasónicos se ha vuelto cada vez más popular debido a su precisión y facilidad de instalación. Este trabajo presenta un sistema de monitoreo de niveles de agua utilizando un sensor ultrasónico con un microcontrolador ESP32 y la visualización en tiempo real de los datos mediante Power BI.

En el pasado todas las mediciones de los niveles de agua eran hechas manualmente lo que resultaba ser una tarea peligrosa, costosa y la mayoría de las veces imprecisas sin contar las áreas donde estas mediciones eran imposibles por la dificultad del acceso u otros factores. Todavía se pueden encontrar lugares donde la dificultad de hacer estas mediciones imposibilita tener información instantánea y exacta, sitios donde se hacen necesarias tenerlas a tiempo para así poder evitar pérdidas humanas y/o materiales.

Es claro que con la llegada de nuevas tecnologías cada día se implementan nuevas formas de medida e incluso de transmisión de estas para monitoreos en tiempo real.

Se pasó de diseños mecánicos de medición como por ejemplo poleas, a sistemas eléctricos analógicos con sensores de humedad a sensores más sofisticados como los sensores de ultrasonido.

Las ventajas que ofrece un sistema electrónico de nivel van desde la precisión que tienen estos sensores hasta, el ahorro de tiempo en cada medida manual puesto que se tenía que enviar a una persona cada cierto tiempo a mirar los niveles, la reducción de los errores humanos por percepción, pues se está expuesto a medidas erróneas, así como

también flexibilidad y escalabilidad lo que significa que se pueden adaptar a diversos tipos de superficies, a diferentes escalas y a todo tipo de entornos.

En resumen, un sistema de monitoreo como este ofrece una serie de beneficios que a la larga se simplifican en eficiencia, precisión y eficacia.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO:

1.2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo funcional de un sistema electrónico de monitoreo en tiempo real de nivel de agua para un tanque de almacenamiento del hotel Zuana, Santa Marta, Magdalena.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar y registrar el sistema de monitoreo para los niveles de líquido en los tanques de almacenamiento del Hotel.
- Seleccionar los sensores que se utilizarán para hacer las mediciones en el tanque del Hotel Zuana.
- Determinar el dispositivo controlador que mejor se adapta a la aplicación.
- Definir las características del sistema electrónico de monitoreo de nivel del agua.
- Diseñar el prototipo del sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua con los componentes determinados.
- Estructurar ensayos del sistema en un tanque del Hotel Zuana.
- Implementar el prototipo por medio de la visualización de datos de las mediciones en tiempo real.

1.3 ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

1.3.1 Descripción del problema

En las instalaciones del cuarto de máquinas del hotel Zuana Beach Resort, el director de mantenimiento, el Ingeniero César Vanegas, expuso un problema ante el Centro De Innovación y Emprendimiento de la universidad del Magdalena, el cual indicaba que en el hotel se cuenta con varios tanques de almacenamiento de agua que requieren ser monitoreados regularmente para garantizar que siempre cuenten con niveles suficientes de agua. Antes de la intervención de la solución del reto planteado por el hotel para medir el nivel del agua en uno de los tanques, se utilizaba una manguera y una cinta métrica en la pared del tanque como se ve en la Figura 1, lo cual implicaba que un operario debía ir hacia donde está el tanque para llevar a cabo esta tarea, y dar aviso del nivel. Esta práctica requería de un tiempo para llegar hasta donde se encontraba el tanque y verificar su nivel. Por tanto, resultó necesario explorar alternativas para la medición del nivel del agua en el tanque que permitiera reducir los tiempos, optimizar la medición del líquido y a su vez brindar la comodidad en el proceso y tomar decisiones con tiempo cuando se observara una reducción del nivel del agua, ya que el hotel Zuana Beach Resort maneja aproximada mente un 80% de ocupación de las habitaciones en temporada normal y en temporada alta, ocupando la totalidad de este. (Vanegas & Rodríguez, 2023)

Figura 1. Medición con maguera

Fuente: elaboración propia

Luego de la visita de campo, del diagnóstico y la revisión de los registros del sistema actual de monitoreo para los niveles de liquido en los tanques de almacenamiento del hotel Zuana, se decidió intervenir con la propuesta para iniciar la construcción del prototipo de un sistema de monitoreo de nivel de liquido de un tanque de almacenamiento del hotel.

1.3.2 Justificación del proyecto

En las últimas décadas el uso y disposición del agua se ha convertido en un asunto prioritario en la agenda global al mencionarse que, “La escasez y el uso abusivo del agua dulce plantea una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.” (Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, 1992)

Así mismo, según reportes de entidades oficiales como las Naciones unidas, el detrimento del recurso vital es cada vez más evidente al mencionar que:

“Se estima que para 2030 la mitad de la población de la Tierra vivirá en zonas con escasez de agua y, además, la demanda superará en un 40% a la oferta hídrica disponible.

Naciones Unidas apunta también al aumento de la población mundial, el desarrollo económico y los estragos del cambio climático como factores para explicar que los recursos de agua dulce disponibles por persona hayan disminuido en más de un 20% en las últimas dos décadas“ (Gascueña, 2020).

A nivel nacional según el Banco Mundial se cuenta con ventajas naturales, pero estas no se están aprovechando como se debe, por eso se dice que, Colombia ocupa el séptimo lugar en cuanto al número de fuentes hídricas en el mundo, sin embargo, no se hace un uso adecuado de este recurso debido a que en los últimos 20 años la oferta del agua se ha reducido significativamente.

Por otro lado, el turismo es ahora mismo el sector más golpeado por esta problemática, por un lado, el gran efecto que el cambio climático está dejando en zonas turísticas, y por otro, “el importante gasto económico que ocupa el consumo de agua en los hoteles, los cuales, tras la Pandemia del COVID-19 necesitan ser más rentables y eficientes que nunca”. (Ferra, 2021)

Es por esto por lo que, la mejora constante de procesos radicados al uso del preciado líquido se convierte en un importante avance para la conservación del fluido. No obstante, factores como el uso irracional, el poco mantenimiento y la carencia de sistemas eficientes agravan la problemática. Visto al hotel como un gran centro de operaciones, se puede percibir que:

"C.B. HOTELES Y RESORTS S.A. es una empresa que tiene como propósito brindar servicios de alta calidad en materia de alojamiento, alimentación, eventos, convenciones, viajes y turismo; buscando por medio de su actividad el crecimiento económico y la creación de valor para sus clientes, socios, colaboradores, proveedores y comunidad en general" (Cabralez Méndez, 2020).

Por todo el compromiso anteriormente resaltado, se puede considerar que el monitoreo del agua es el factor más importante para mitigar en cuanto al desperdicio del líquido. Puntualmente, el monitoreo constante con niveles de agua en tiempo real de los tanques de almacenamiento, siendo estos el primer punto de llegada del fluido, donde se presentan casos de vertimiento por desbordamiento. El segundo factor, es conseguir analizar parámetros específicos de llenado que permitan anticipar respuestas indeseadas de los sistemas para controlar los niveles de agua, reduciendo las pérdidas por desbordamiento y las fallas en los sistemas de bombeo por ausencia del líquido en las tuberías, lo que extenderá la vida útil de los equipos de bombeo.

1.4 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

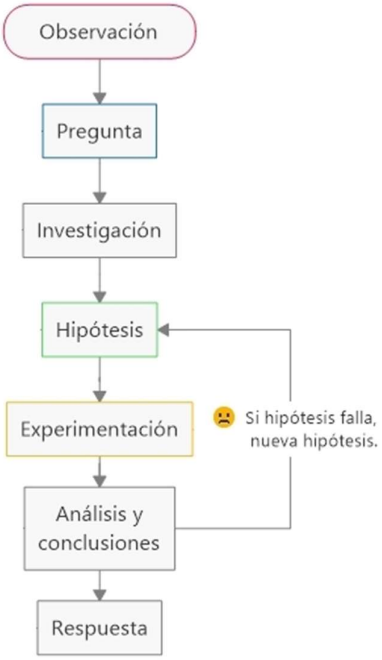
A continuación, se expone el marco conceptual y teórico que orientó el desarrollo del prototipo funcional que permitió dar solución al reto empresarial del hotel Zuana Beach Resort.

1.4.1 Método científico

El método científico definido por el autor Verne “es una forma sistemática para obtener conocimiento que ayude a responder preguntas. La gran diferencia del método científico es la manera de obtener conocimiento mediante el planteamiento de la hipótesis que luego debe ser probada experimentalmente” (Verne, 2022).

El método científico ha impulsado la creación de nuevo conocimiento desde su descubrimiento, dando solución a muchos problemas complejos de todas las ramas de estudio, como es la tecnología, medicina, la educación entre otros.

Figura 2. Diagrama de flujo del método científico.



Fuente: Tomado de Verne (Método Científico, 2022)

1.4.2 Sistema electrónico

Dado que la problemática del hotel demandó una solución abordada desde un sistema electrónico, es importante definir este importante concepto entregado por los autores Rodríguez y Gómez Suárez, quienes afirman que:

> Los sistemas electrónicos son conjuntos de circuitos interconectados que operan con señales eléctricas y las tratan para ejecutar una determinada función. Constan

de una etapa de entrada, en la que se recogen datos del exterior (luz, humedad, movimiento, pulsación en un teclado, temperatura, etc.) y de una etapa de proceso o control, donde se interpretan, gestionan y elaboran los resultados que permiten o no activar los dispositivos de salida, que forman la última etapa. (Rodríguez & Gómez Suárez, s.f.)

Se está rodeado de sistemas electrónicos en la vida diaria, desde el celular inteligente, la computadora y el televisor hasta el horno microondas o las licuadoras modernas, todas estas invenciones cuentan con un sistema electrónico que les da su funcionamiento.

Figura 3. *Diagrama de bloque general de un sistema electrónico*

Fuente: Tomado de (Rodríguez & Gómez Suárez, s.f.)

Otro concepto destacado que apoyó la entrega de la solución fue el relacionado con el concepto del prototipo, el cual se aporta a continuación:

1.4.3 Concepto de prototipo

Para comprender el concepto de prototipo es necesario tener presente la opinión del autor Ruales en su tesis, “El prototipo es, de manera general, un modelo preliminar del producto que se está diseñando; en tal virtud, este prototipo puede comprender la representación del objeto, la demostración de sus características o la simulación de la funcionalidad del producto” (2017).

Específicamente para este proyecto se desarrolló un prototipo físico que cumpliera a cabalidad con los objetivos planteados.

Por otro lado, la necesidad de monitorear un sistema electrónico se hace visible en este proyecto, teniendo presente que aporta elementos de rigor para la toma de decisiones.

1.4.4 Monitoreo

Para la Real Academia Española (RAE) monitorear es “observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías” (RAE, 2022).

El monitoreo es importante porque permite estar informados del estado actual de un evento y así poder tomar decisiones lo más pronto posible sobre ese evento que se está monitoreando, evitando que tenga comportamientos no deseados. Para comprender este importante concepto el autor Navarro lo contextualiza así:

> A lo largo de la historia el monitoreo de niveles de agua ha sido crucial en diversos campos. En la Prehistoria la agricultura dependía de las aguas que caían del cielo. Siglos más tarde la humanidad empezó a dominar la canalización de estas aguas para facilitar el cultivo. Ya en época antigua se inició la costumbre de medir las crecidas de los grandes ríos. Los egipcios fueron los primeros de los que tenemos noticia que medían el caudal del Nilo para conocer cómo sería la cosecha ese año, si abundante o si por el contrario habría escasez de alimento, y con ello hambre y también muertes. (Chaín Navarro, 2021)

Para la prevención de inundaciones los egipcios tenían el Nilometro, un instrumento parecido a un metro que se encontraba en el rio Nilo.

A lo largo de la historia se encuentran otro tipo de invenciones que eran utilizadas para medir y a su vez ha nacido la necesidad de obtener la información lo más pronto posible para que el monitoreo se desarrolle en tiempo real.

1.4.5 Sistema en tiempo real

Es importante conocer que es un sistema en tiempo real, debido a que este proyecto cumple con esa característica y le aporta valor. De esta manera, se recoge la impresión de la importancia de la expresión, de empresas como Intel, que resalta lo siguiente:

> El término “sistema en tiempo real” se refiere a cualquier sistema de procesamiento de información con componentes de software y hardware que realiza funciones de aplicación en tiempo real y puede responder a los eventos con limitaciones de tiempo predecibles y específicas. (intel.la, 2019)

Adicionalmente, se aporta un segundo concepto que hace alusión a que “los sistemas en tiempo real se crearon para realizar tareas que se deben ejecutar en plazos límite del ciclo precisos (de hasta microsegundos)”. (intel.la, 2019)

Es congruente mencionar que, la información en tiempo real permite tomar decisiones rápidas y precisas lo que es crucial en muchos campos. La necesidad de tener información al instante conllevó buscar formas de transmitir datos y recibirlos de forma remota, a estas técnicas de medición y transmisión se les denominó telemetría.

1.4.6 Telemetría

La telemetría vista como un proceso “permite la medición en forma remota de magnitudes físicas o químicas captadas en tiempo real a través de sensores, trasmitiendo la información recopilada a un centro de control o estación receptora” (Moncho, 2022).

La telemetría y el Internet de las cosas (IoT) están estrechamente relacionados, ya que ambos se refieren a la recopilación de datos en tiempo real y la transmisión de información a través de redes de comunicaciones.

1.4.7 Internet de las cosas (IoT)

Cuando se realiza telemetría usando como medio de comunicación Internet, se está aplicando internet de las cosas, por eso es importante conocer su concepto.

> Por lo general, el término Internet de las Cosas se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extienden conectándolos a dispositivos electrónicos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana. Sin embargo, no existe ninguna definición única y universal. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

1.4.8 Fundamentos del Ultrasonido

El autor Ramón Pallás, afirma que:

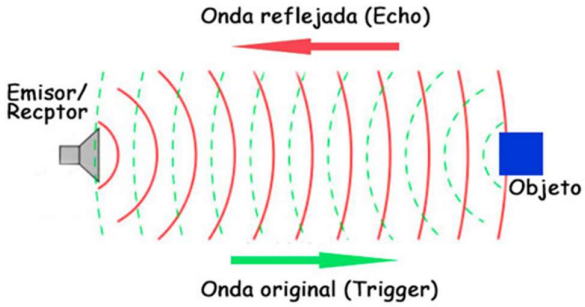
> Los ultrasonidos son una radiación mecánica de frecuencia superior a las audibles (unos 20 kHZ). Toda radiación al incidir sobre un objeto, en parte se refleja, en parte se transmite y en parte es absorbida. Todas estas propiedades de la interacción de una radiación con un objeto han sido aplicadas en mayor o menor grado a la medida de diversas magnitudes físicas. (Ramón Pallás, 2003)

Con base en el enunciado anterior, se identificó a los ultrasonidos como un mecanismo importante para la detección de objetos, el principio de funcionamiento del sensor de ultrasonido es que este permite medir distancias (ver figura 4), dónde se puede observar que se genera una onda de alta frecuencia que se propaga por el espacio libre hasta alcanzar un determinado material, el cual afecta la propagación de la onda y con esto produce una onda reflejada o eco la cual puede alcanzar nuevamente la distancia de salida, el tiempo que demora en recorrer estas dos distancias, es el valor que permite calcular las mismas con la ecuación:

$$\boldsymbol{d = v\left(\frac{t}{2}\right)}$$

Como sólo se necesita el tiempo que se tarda la onda del emisor hasta llegar al objeto, se divide el tiempo entre 2 y se usa la velocidad del sonido que es una constante.

Figura 4. *Representación del funcionamiento de un sensor ultrasónico*



Fuente: Tomado de (eloctavobit.com, 2022)

Conociendo la magnitud de la velocidad del sonido, solo resta determinar el tiempo que tarda en ser recibido por el receptor. Las ondas transmitidas a alta frecuencia pueden ser más confiables, sin embargo, las distancias a las que esta pueden llegar son menores. Teniendo claro el funcionamiento general de un sensor ultrasónico se eligió el sensor que más se adapta a los requerimientos y presupuesto del proyecto, es el sensor ultrasónico JSN-SR04T, el cual es un sensor resistente a la humedad con buena precisión.

1.4.9 Sensor Ultrasónico JSN-SR04T

A continuación, se comparte una breve descripción del sensor ultrasónico empleado en el proyecto, así:

Sensor de distancia por ultrasonido a prueba de agua, funcionamiento similar al sensor HC-SR04. Presenta tamaño pequeño, bajo consumo de potencia, alta precisión.

Características:

- Voltaje de funcionamiento: 5V
- Corriente total de operación: 30mA.
- Quiescent current: 5mA.
- Frecuencia de emisión acústica: 40KHz.

- Distancia máxima: 4.5m
- Resolución: aproximadamente 0.5cm
- Ángulo: menos de 50 grados.
- Temperatura de operación: -10°C ~ 70°C
- Temperatura de almacenamiento: -20°C ~ 80°C

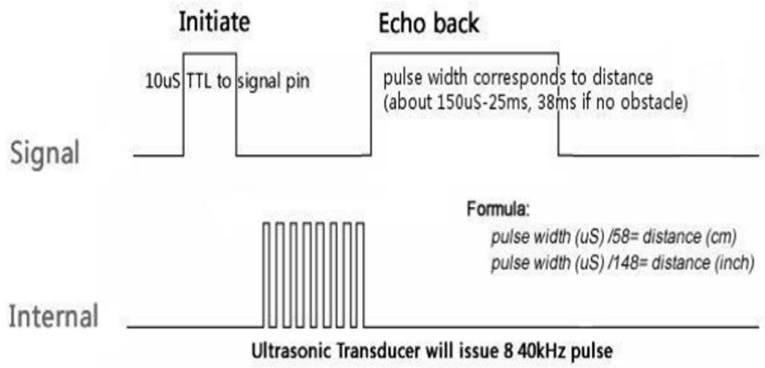
(didacticaselectronicas.com, 2023)

Figura 5. Sensor Ultrasónico JSN-SR04T

Fuente: Tomado de (didacticaselectronicas.com, 2023)

El proveedor Didácticas Electronicas suministra una hoja de datos con la siguiente información sobre el funcionamiento del sensor:

Figura 6. Diagrama de temporización ultrasónico



Fuente: Tomado de proveedor (didacticaselectronicas.com, 2023)

El funcionamiento descrito en la hoja de datos suministrada por el proveedor (Didácticas Electronicas, en inglés), es el siguiente:

> Se transmite un breve impulso ultrasónico en el tiempo 0, reflejado por un objeto. El sensor recibe esta señal y la convierte en una señal eléctrica. El siguiente impulso puede transmitirse cuando el eco se desvanece. Este periodo de tiempo se denomina periodo de ciclo. El periodo de ciclo recomendado no debe ser inferior a 50ms. Si se envía un pulso se envía al pin de señal, el módulo ultrasónico emitirá ocho señales ultrasónicas de 40kHz y detectará el eco de vuelta. La distancia medida es proporcional a la anchura del pulso de eco y puede calcularse mediante la fórmula anterior (Figura 6). Si no se detecta ningún obstáculo, la patilla de salida emitirá una señal de nivel alto de 38 ms (didacticaselectronicas.com, 2023).

El uso de sensores ultrasónicos es una forma no invasiva y no intrusiva de medir el nivel de agua, lo que significa que no es necesario tocar el agua ni hacer perforaciones en el tanque para medir su nivel, es más higiénico que otros instrumentos y es más resistente a entornos hostiles como la humedad, el polvo, las altas temperaturas y los gases corrosivos. Es de alta confiabilidad, sin contaminación, presenta un rendimiento estable por lo que puede ser ampliamente utilizado en varios campos relacionados con el nivel de material y el control del nivel de líquido.

Luego del análisis realizado al sensor JSN-SR04T este cumple adecuadamente con todas las características anteriormente mencionadas, por ende, se determinó que este es el sensor ultrasónico a utilizar para el desarrollo del prototipo.

Otros conceptos importantes para el desarrollo del proyecto son los compartidos a continuación:

1.4.10 Regresión lineal

La regresión lineal puede usarse para calibrar variables en un sistema electrónico teniendo los valores que ha tomado dicha variable y comparándolos con los valores que debe tomar

en realidad, con esto se obtiene una ecuación lineal que modifica la variable dependiente acercándola al valor real. A continuación, se explica cómo se halla dicha ecuación:

> La regresión lineal simple es útil para encontrar la fuerza o magnitud de cómo se relacionan dos variables: una independiente, que se representa con una X, y otra dependiente, que se identifica con una Y; sin embargo, la regresión lineal simple se distingue de otras pruebas, pues con ella puede estimarse o predecirse el valor de la variable de respuesta a partir de un valor dado a la variable explicativa. Para asociar estas dos variables se propone una línea recta que describe la tendencia de los datos, de ahí el nombre de regresión lineal. Dicha recta se expone en un plano y su grado de inclinación representa la pendiente, y una inclinación muy destacada indica grandes cambios en la variable dependiente (Reding Bernal, Zamora Macorra, & López Alvarenga, 2011)

Teniendo la pendiente y dos puntos de dicha recta se puede obtener fácilmente la ecuación que describe a esta, la cual se utilizó en este proyecto para calibrar las mediciones tomadas por el sensor.

1.4.11 Calibración

Es importante conocer el concepto de calibración porque fue necesario en este proyecto para corregir errores en las mediciones del sensor.

Para el autor Antonio Creus “Calibración es simplemente el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que "debería indicar" de acuerdo con un patrón de referencia con valor conocido” (Creus, 2009).

1.4.12 Circuito Impreso (PCB)

El circuito impreso hace posible la interconexión entre los componentes electrónicos que le dan vida al sistema desarrollado, por eso es muy importante para este proyecto. Seguido se presenta su definición según los resaltado por Peterson.

> Sus siglas en inglés corresponden a placa de circuito impreso (*printed circuit board*), y se define como un circuito cuyos componentes y conductores están contenidos

> dentro de una estructura mecánica. Las funciones conductoras incluyen trazas de cobre, terminales, disipadores de calor o conductores planos. La estructura mecánica se hace con material laminado aislante entre capas de material conductivo. A su vez, la estructura general es chapada y cubierta con una máscara de soldadura no conductora y una pantalla de impresión para la ubicación de leyenda de componentes electrónicos. (Peterson, 2022)

En los programas de diseño de PCB hay dos términos ampliamente utilizados, Layout y Footprint, donde el layout de la PCB se refiere a la disposición física de los componentes y las pistas en la placa, y es una parte crucial del diseño de PCB y, el Footprint es la representación gráfica del tamaño y la forma de un componente en la placa PCB, y es importante para garantizar que los componentes se ajusten correctamente al layout.

Los circuitos impresos son parte fundamental de un sistema electrónico, de forma profesional el circuito impreso se ubica en una caja IP para su protección y asegurar una larga vida útil.

1.4.13 Caja IP65

Es importante proteger el circuito impreso y demás componentes del sistema del polvo y la humedad del ambiente en el que se encuentre, para evitar que este se deteriore rápidamente o se produzca un corto circuito. Para lograr esto se usan cajas como la IP65 para proteger los sistemas.

> Las clasificaciones IP o "Ingress Protection" se definen en la norma internacional EN 60529 (BS británica EN 60529: 1992, IEC europea 60509: 1989). Se utilizan para definir niveles de efectividad de sellado de equipos electrónicos contra la intrusión de cuerpos extraños (herramientas, suciedad, etc.) y la humedad. (Baranera, 2019)

Las cajas tipo IP65 hasta la IP68 cuentan con las siguientes características:

IP65: Equipo hermético al polvo y protegido contra el agua proyectada.

IP66: Equipo hermético al polvo y protegido contra chorros de agua potentes.

IP 67: Equipo hermético al polvo y protegido contra la inmersión. durante 30 minutos a profundidades 150 mm - 1000 mm.

IP 68: Equipo hermético al polvo y protegido contra la inmersión completa y continua en agua. (Baranera, 2019)

Otro concepto de mucha importancia es el de Microcontrolador.

1.4.14 Microcontrolador

Se trata del componente que le aporta “inteligencia” al sistema electrónico, por eso es importante comprender su significado.

El Microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM). Funciona como una minicomputadora de bajos recursos. Su función es la de automatizar procesos y procesar información. (E-Marmolejo, 2017)

Específicamente para este proyecto es eligió el microcontrolador ESP32.

1.4.15 Microcontrolador ESP32

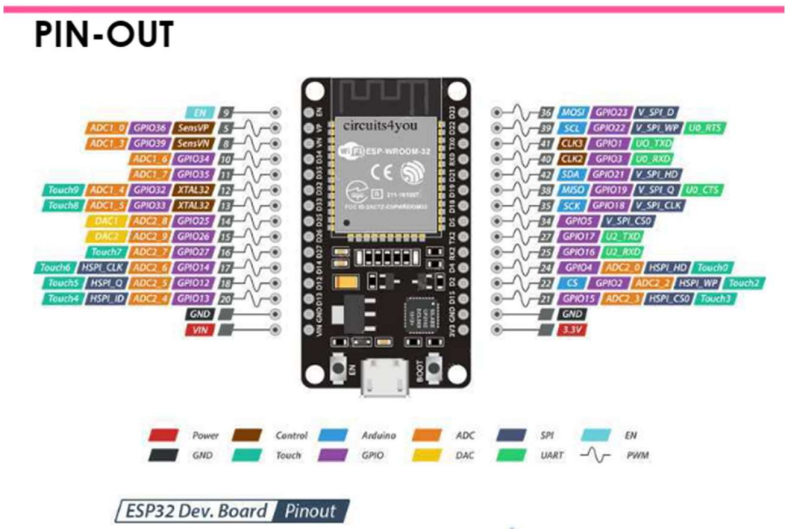
El microcontrolador ESP32 es muy usado hoy en día en muchos proyectos donde se aplica internet de las cosas (IoT), debe ser programado para que lea la información enviada por el sensor y la envíe por medio de internet al servidor deseado.

Creado por Espressif Systems, ESP32 es un sistema de bajo consumo y bajo costo en un chip SoC (System On Chip) con Wi-Fi y modo dual con Bluetooth. En el fondo, hay un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo o de un solo núcleo con una frecuencia de reloj de hasta 240MHz.

ESP32 está altamente integrado con switch de antena, balun para RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción con bajo nivel de ruido, filtros y módulos de administración de energía, totalmente integrados dentro del mismo chip.

Diseñado para dispositivos móviles; tanto en las aplicaciones de electrónica, y las de IoT (Internet de las cosas), ESP32 logra un consumo de energía ultra bajo a través de funciones de ahorro de energía. Incluye la sintonización de reloj con una resolución fina, modos de potencia múltiple y escalado de potencia dinámica. (Bruno Saravia, 2019)

Figura 7. Microcontrolador ESP32 Pin-out



Fuente: Tomado de Bruno Saravia (2019)

Adicionalmente, para Saravia las características principales son:

- Procesador principal: Tensilica Xtensa LX6 de 32 bits.
- Wi-Fi: 802.11 b / g / n / e / i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit / s).
- Bluetooth: v4.2 BR / EDR y Bluetooth Low Energy (BLE).
- Frecuencia de Clock: Programable, hasta 240MHz.
- Rendimiento: hasta 600DMIPS.
- ROM: 448KB, para arranque y funciones básicas.
- SRAM: 520KiB, para datos e instrucciones.” (Bruno Saravia, 2019)

El microcontrolador ESP32 no tiene la capacidad de trabajar con señales analógicas, de modo que cuenta con conversores ADC (Análogo a Digital) para cuando sea necesario leer

ese tipo de señales, para este proyecto no fue necesaria esa conversión porque todas las señales utilizadas son digitales.

El ESP32 es capaz de comunicarse con dispositivos por medio de una señal digital, ya que cuenta con pines GPIO (General Purpose Input Output) que permiten la conexión de dispositivos a través de señales digitales de entrada y salida.

Luego de la revisión teórica del microcontrolador ESP32 y haciendo la comparación con otros microcontroladores se determinó que éste cumple adecuadamente con todas las características necesarias para el desarrollo de la aplicación.

1.4.16 Señal analógica y digital

Es importante tener claridad en los conceptos de señal analógica y digital para establecer la diferencia entre ambas y comprender como el microcontrolador obtiene la información enviada por el sensor.

Para los Autores Castro y Fusario (1999) las señales analógicas son "Señales que pueden ser representadas por funciones que toman un número infinito de valores en cualquier intervalo considerado", mientras que las señales digitales son "Señales que pueden ser representadas por funciones que toman un número finito de valores en cualquier intervalo considerado".

Lo que permite establecer que la diferencia entre los dos tipos de señales es la cantidad de información que estas llevan, donde la analógica posee más información que la digital.

1.4.17 Network Time Protocol (NTP)

El protocolo NTP permite desde el ESP32 hacer la petición a un servidor NTP para obtener la fecha y hora en cada instante donde se necesite, como cuando se realiza la medición con un sensor, esto para tener una referencia temporal del instante en el que se tomaron los datos.

A continuación, se presenta el concepto de David L. Mills, creador de este protocolo.

> En pocas palabras, NTP es un servicio distribuido que sincroniza el reloj de la computadora con un conjunto de fuentes, ya sea remoto a través de Internet o local

> a través de un servicio de radio, satélite o módem telefónico. Hablamos del reloj del servidor, que ofrece sincronización, y uno o más relojes del cliente, que lo aceptan. Cuando el significado es claro desde el contexto, me refiero al reloj local en un cliente o servidor como el reloj del sistema (Mills, 2006).

Además, el protocolo NTP hace uso del protocolo de datagramas de usuario (UDP) para la transferencia de datos entre los clientes y servidores NTP.

1.4.18 Protocolo de datagramas de usuario (UDP)

UDP es importante para el protocolo NTP porque es un protocolo de transporte sin conexión y orientado a datagramas. Esto significa que no se requiere establecer una conexión antes de enviar datos, lo que lo hace más rápido y lo convierte en una opción preferida para aplicaciones que requieren una transmisión rápida de datos y toleran una cierta pérdida de datos.

Según el Autor Fung, el concepto de UDP es el siguiente:

> El UDP (User datagram protocol) es un protocolo sin conexión de la familia de protocolos de Internet que funciona en la capa de transporte y fue especificado en 1980 en la RFC (Request for Comments) 768. El protocolo UDP se utiliza para transmitir datagramas de forma rápida en redes IP y funciona como una alternativa sencilla y sin retardos del protocolo TCP. Se usa principalmente para consultas DNS, conexiones VPN y para el streaming de audio y vídeo. (Jacinto Fung León, 2019)

Otro concepto importante para este proyecto es el de servidor.

1.4.19 Servidor

Para realización de este proyecto fue muy importante el uso de un servidor para obtener la fecha y hora exacta en cada instante necesario, por eso se debe tener claro el concepto de este.

Según el autor Orin Thomas “Un servidor o server es un equipo que proporciona servicios y recursos a otros dispositivos digitales en una red, como almacenamiento, ejecución de

aplicaciones, gestión de base de datos y facilitación de la comunicación entre diferentes dispositivos” (Thomas, 2019).

Existen varios tipos de servidores, pero para este proyecto solo se necesita de un servidor de tiempo.

1.4.20 Servidor de tiempo

Para el desarrollo de este proyecto se usó el servidor de tiempo que ofrece la organización Pool Project, que es gratuito y confiable para este tipo de proyectos. A continuación, se explica brevemente de que trata el Pool Project:

> El proyecto de la lista de servidores horarios pool.ntp.org es una gran granja virtual de servidores que ofrecen un servicio NTP fiable y fácil de usar para millones de clientes. La lista la utilizan millones o decenas de millones de sistemas alrededor del mundo. Es el 'servidor horario' por defecto para la mayoría de las principales distribuciones Linux y muchos dispositivos de red (pool.ntp.org, 2019).

1.4.21 Protocolo TCP/IP

TCP/IP es el protocolo que trabaja por debajo del protocolo SMTP para enviar y recibir correos electrónicos. Por lo tanto, SMTP depende del protocolo TCP/IP para su funcionamiento.

Para el autor Estrada TCP/IP “es un conjunto de protocolos o reglas de conexión que permite dividir una cierta cantidad de información en paquetes y enviarlos a Internet, controlando la llegada a su destino” (Estrada Corona, 2004).

En este proyecto se utilizó el protocolo TCP/IP de forma indirecta utilizando el protocolo SMTP para el envío de correos electrónicos.

1.4.22 Protocolo simple de transferencia de correo (SMTP)

Es el protocolo estándar utilizado para enviar correo electrónico a través de Internet, y el utilizado en este proyecto para el envío de alertas por correo electrónico. El autor De Luz (2023) afirma que:

> El protocolo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) o también conocido como «Protocolo de Transferencia simple de correo» es el protocolo utilizado cuando vamos a enviar un correo electrónico a través de un servidor de correo. Este protocolo se utiliza por los clientes locales de email para enviar los mensajes de email al servidor de correo remoto, por tanto, actúa únicamente en sentido salida, a diferencia del protocolo POP3 que sirve para recibir los emails, este SMTP sirve para enviarlos.

Agregado a lo anterior, De Luz afirma que:

> Este protocolo pertenece al nivel de aplicación del modelo TCP/IP, utiliza el protocolo de la capa de transporte TCP, y hace uso de diferentes puertos dependiendo de si el tráfico va cifrado o no va cifrado:
>
> - Puerto 25 TCP para tráfico sin cifrar.
> - Puerto 465 TCP para tráfico cifrado SSL (SMTPS).
> - Puerto 587 TCP como puerto alternativo para SMTPS con TLS (De Luz, 2023).

1.4.23 JavaScript Object Notation (JSON)

Este concepto es fundamental porque JSON permitió el envío de información desde el microcontrolador hasta Power BI, debido a que es el formato compatible con su API.

Según IBM (2022), JSON (JavaScript Object Notation) es un formato ligero de intercambio de datos, es de fácil lectura y escritura para los usuarios, fácil de analizar y generar por parte de las máquinas y se basa en un subconjunto del lenguaje de programación JavaScript, Estándar ECMA-262 3a Edición - Diciembre de 1999.

Adicionalmente IBM agrega que:

> JSON es un formato de texto completamente independiente del lenguaje, pero que utiliza convenios que resultan familiares a los programadores de lenguajes de la familia C, incluidos C, C++, C#, Java™, JavaScript, Perl, Python y mucho otros.

> Estas características hacen de JSON un lenguaje de intercambio de datos ideal (ibm.com, 2022).

1.4.24 Interfaz de programación de aplicaciones (API)

La API REST de Power BI de manera especial “facilita a los desarrolladores el streaming en tiempo real”. (learn.microsoft.com, 2023)

La API de Power BI recibe e interpreta la información en formato JSON para posteriormente convertir esa información en visualizaciones o informes.

1.4.25 Power BI Services

Power BI permite la creación de un conjunto de datos de streaming por medio de su API y recibir información en tiempo real desde cualquier servidor remoto. Según lo descrito en la página Web oficial de Microsoft “Es una plataforma unificada y escalable de inteligencia empresarial (BI) con funciones de autoservicio apta para grandes empresas. Conéctese a los datos, visualícelos e incorpore sin problemas objetos visuales en las aplicaciones que usa todos los días” (powerbi.microsoft.com, 2023)

Adicionalmente Microsoft sostiene que, “En Power BI puedes crear y compartir visualizaciones de datos interactivas entre centros de datos globales, incluidas las nubes nacionales, para satisfacer sus necesidades en materia de normativas y de cumplimiento” (powerbi.microsoft.com, 2023).

Además, Microsoft explica lo que se puede hacer cuando se transmiten datos en tiempo real:

> Power BI con el streaming en tiempo real ayuda a transmitir datos y actualizar paneles en tiempo real. Cualquier objeto visual o panel creado en Power BI puede mostrar y actualizar datos en tiempo real y objetos visuales. Los dispositivos y orígenes de datos de transmisión pueden ser sensores de fábrica, orígenes de medios sociales, métricas de uso del servicio y muchos otros elementos a partir de

> los cuales se puedan recopilar o transmitir datos dependientes del tiempo (learn.microsoft.com, 2023).

1.4.26 Streaming

Es importante tener claro este concepto porque cuando se desarrolló este proyecto se creó un conjunto de datos de Streaming en Power BI services, siendo este conjunto el que escucha la información enviada por el microcontrolador.

Para la autora Diez de Paz “El streaming es la tecnología que permite la difusión de contenido multimedia en línea, es decir, se consume directo sin necesidad de esperar descargar el contenido” (Diez de Paz, 2021).

Para este proyecto es Streaming se realizó con datos de tipo String que se consumen directamente en una Dashboard creada también en Power BI.

1.4.27 Dashboard

La importancia del Dashboard o panel es que permite visualizar el comportamiento de los datos transmitidos en tiempo real, de forma dinámica y fácil de leer.

Microsoft en su sitio web oficial (en inglés) lo define de la siguiente forma:

> Un panel de Power BI es una sola página, a menudo denominada lienzo, que cuenta una historia a través de visualizaciones. Debido a que está limitado a una página, un panel bien diseñado contiene solo los aspectos más destacados de esa historia (learn.microsoft.com, 2023).

1.4.28 FreeRTOS

El concepto de FreeRTOS se destaca igualmente porque con esto se logro hacer uso de los dos núcleos que posee el ESP32 y así poder realizar tareas simultaneas, mejorando el rendimiento del sistema electrónico.

FreeRTOS en su sitio web oficial, describe lo siguiente:

> Desarrollado en asociación con las principales compañías de chips del mundo durante un período de 18 años, y ahora descargado cada 170 segundos, FreeRTOS

es un sistema operativo en tiempo real (RTOS) líder en el mercado para microcontroladores y microprocesadores pequeños. Distribuido libremente bajo la licencia de código abierto del MIT, FreeRTOS incluye un kernel y un conjunto creciente de bibliotecas de IoT adecuadas para su uso en todos los sectores de la industria. FreeRTOS está construido con énfasis en la confiabilidad y facilidad de uso. (freertos.org, 2023)

1.5 MARCO LEGAL

Es importante tener claro la definición de Derecho de autor, Según la *WIPO* (*World Intellectual Property Organization*) en español Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, define derecho de autor de la siguiente manera:

> En la terminología jurídica, la expresión “derecho de autor” se utiliza para describir los derechos de los creadores sobre sus obras literarias y artísticas. Las obras que se prestan a la protección por derecho de autor van desde los libros, la música, la pintura, la escultura y las películas hasta los programas informáticos, las bases de datos, los anuncios publicitarios, los mapas y los dibujos técnicos. (WIPO, 2023)

Adicionalmente la *WIPO* responde al siguiente interrogante: ¿Qué puede protegerse por derechos de autor?

> La legislación no suele contener una lista exhaustiva de las obras que ampara el derecho de autor. No obstante, en términos generales, entre las obras habitualmente protegidas por el derecho de autor en todo el mundo están las siguientes:
>
> - las obras literarias como las novelas, los poemas, las representaciones escénicas, las obras de referencia, los artículos periodísticos;
> - los programas informáticos y las bases de datos;
> - las películas, las composiciones musicales y las coreografías;
> - las obras artísticas como los cuadros, los dibujos, las fotografías y las esculturas;

- la arquitectura;
- los anuncios, los mapas y los dibujos técnicos.

La protección del derecho de autor abarca solo las expresiones, pero no las ideas, procedimientos, métodos de operación o conceptos matemáticos en sí. El derecho de autor puede amparar o no elementos como los títulos, los lemas o logotipos, dependiendo de que la paternidad de la obra sea suficiente. (WIPO, 2023)

1.5.1 Leyes

Según la **LEY 23 DE 1982** del Congreso Nacional de la República de Colombia, publicado en el Diario Oficial el día 28 de enero de 1982, Sobre derechos de autor se establece que:
Artículo 1º. Los autores de obras literarias, científicas y artísticas gozarán de protección para sus obras en la forma prescrita por la presente Ley y, en cuanto fuere compatible con ella, por el derecho común. También protege esta Ley a los intérpretes o ejecutantes, a los productores de programas y a los organismos de radiodifusión, en sus derechos conexos a los del autor.

1.5.2 Decretos

Según el **decreto 1360 de 1989**, del Gobierno de la República de Colombia, publicado en el Diario Oficial 38871 de junio 23 de 1989, "Por el cual se reglamenta la inscripción de soporte lógico (software) en el Registro Nacional del Derecho de Autor". Se establece que:
Artículo 1° De conformidad con lo previsto en la ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, el soporte lógico (software) se considera como una creación propia del dominio literario.
Artículo 2° El soporte lógico (software) comprende uno o varios de los siguientes elementos: el programa de computador, la descripción de programa y el material auxiliar.
Artículo 3° Para los efectos del artículo anterior se entiende por:
a) "Programa de computador": La expresión de un conjunto organizado de instrucciones, en lenguaje natural o codificado, independientemente del medio en que se encuentre

almacenado, cuyo fin es el de hacer que una máquina capaz de procesar información, indique, realice u obtenga una función, una tarea o un resultado específico.

b) "Descripción de Programa: Una presentación completa de procedimientos en forma idónea, lo suficientemente detallada para determinar un conjunto de instrucciones que constituya el programa de computador correspondiente.

c) "Material auxiliar": Todo material, distinto de un programa de computador o de una descripción de programa, creado para facilitar su comprensión o aplicación, como, por ejemplo, descripción de problemas e instrucciones para el usuario.

Artículo 4° El soporte lógico (software), será considerado como obra inédita, salvo manifestación en contrario hecha por el titular de los derechos de autor.

1.6 AREA DE ESTUDIO

1.6.1 Universo geográfico.

El presente proyecto se realizó en las instalaciones del Hotel Zuana Beach Resort, ubicado Cra. 2 #6-80, Bello Horizonte Santa Marta, capital del Magdalena y Distrito Turístico, Cultural e Histórico. Santa Marta dista de Bogotá 1.286 km. Sus coordenadas geográficas son: 11.141175 latitud norte y 74.225418 de latitud oeste. La altura promedio de la ciudad es de 6 metros sobre el nivel del mar y tiene un área de 2.393 km².

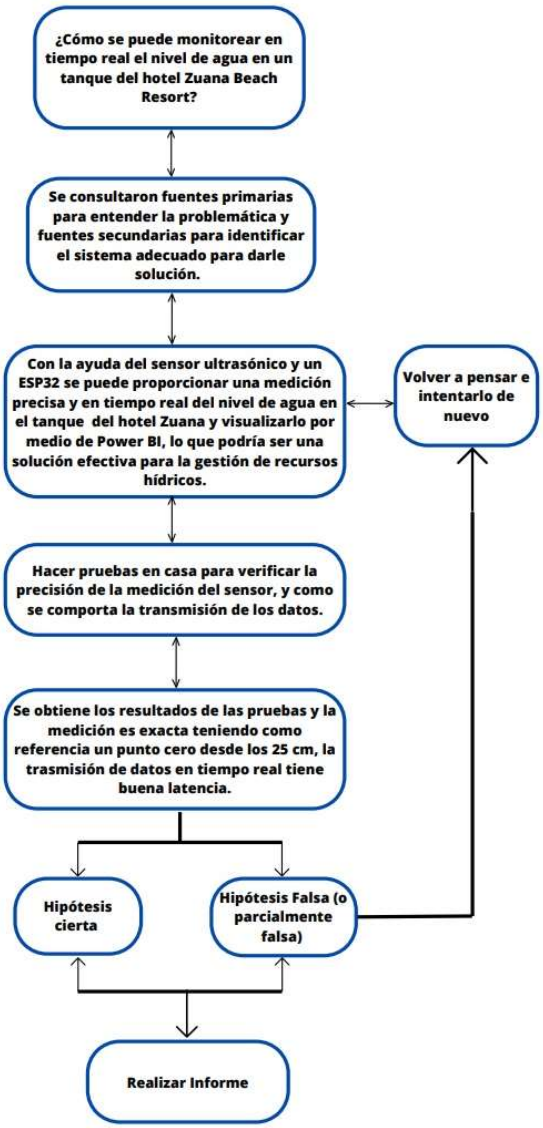
1.6.2 Universo temporal.

El proyecto se planeó en septiembre 13 del 2019, se presentó la propuesta formalmente en noviembre de 2022 y se ejecutó entre enero y abril del 2023.

1.6.3 Metodología.

Para este proyecto se aplica el método científico definido en el marco teórico. En este proyecto el primer paso del método científico “la observación” se llevó a cabo el hotel Zuana Beach Resort al identificar el problema y proponer el reto a la Universidad del Magdalena.

Figura 8. *Modelo simplificado de las etapas del método científico*



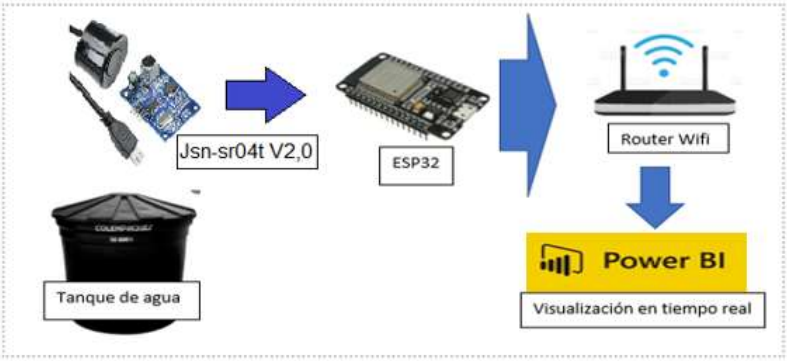
Fuente: Elaboración propia

1.6.3.1 Hipótesis

Para dar solución a este problema se formuló la siguiente pregunta hipótesis: ¿será posible dar solución a la problemática del hotel Zuana Beach Resort, relacionada con la medición del agua por medio de la construcción de un prototipo funcional con características de

producto mínimo viable que permita hacer de manera eficiente el proceso de medición y monitoreo de los niveles de agua de un tanque en las instalaciones principales del hotel? Para tales fines y, por tanto, se propuso diseñar un sistema electrónico que monitorea el nivel del agua en el tanque en tiempo real, visualizado en la Power BI y que permite una notificación al operario cuando hay poca cantidad de agua para que la persona encargada de encender la turbina lo haga en el mejor momento evitando que los clientes del hotel se queden sin agua y que las tuberías se llenen de aire.

Figura 9. Esquema general del sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua



Fuente: elaboración propia a partir de datos.

1.6.3.2 Desarrollo del prototipo

El prototipo se desarrolló haciendo uso de los siguientes programas (software) y siguiendo el cronograma de actividades planteado a continuación:

1.6.3.3 Software

Se presentan todas las herramientas de software utilizadas en el desarrollo del proyecto con su respectiva versión.

Tabla 1. Herramientas utilizadas para el desarrollo del prototipo.

Software	Versión

Proteus	8.13
Arduino IDE	2.0.4
Microsoft Excel	Aplicación de Microsoft 365
Power BI service	(aplicación web 2023)

Fuente: Elaboración propia

1.6.3.4 Cronograma de actividades

El cronograma de actividades del proyecto se presentó en semanas.

Tabla 2. Cronograma de Actividades

Semanas / Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Preparación de propuesta																
Análisis general de la problemática																
Posibles soluciones desde la ingeniería electrónica																
Elaboración documento de la propuesta																
Fase de revisión de la propuesta de solución seleccionada																
Revisión detallada de la propuesta																
corrección de detalles																
Envío de propuesta																
Fase de recolección de información bibliográfica y del terreno																
Primera visita al hotel Zuana																
recolección de antecedentes																
Revisar ubicación y dificultades																
Inspeccionar condiciones generales del sitio																

Fase de diseño del modelo características y funcionamiento																
Diseño general del sistema																
Diseño de la PCB																
Fase de programación de la tarjeta esp32																
Profundizar en el lenguaje de programación																
Hacer pruebas de funcionamiento con Arduino IDE																
Pruebas de funcionamiento con circuito																
Programar la tarjeta con Código del proyecto																
Fase de modulación de parámetros caracterización y acondicionamiento del circuito de prueba																
Modulación de parámetros																
Ensamblar circuito en váquela universal																
Ajustes del circuito																
Fase de prueba del prototipo del sistema de monitoreo de nivel																
Fase de prueba de cada componente																
Revisar comportamiento del sensor																
Ajustes finales del circuito de prueba																
Fase de construcción del circuito impreso																
Impresión del circuito en váquela																
Ensamblar todos los componentes y soldarlos																

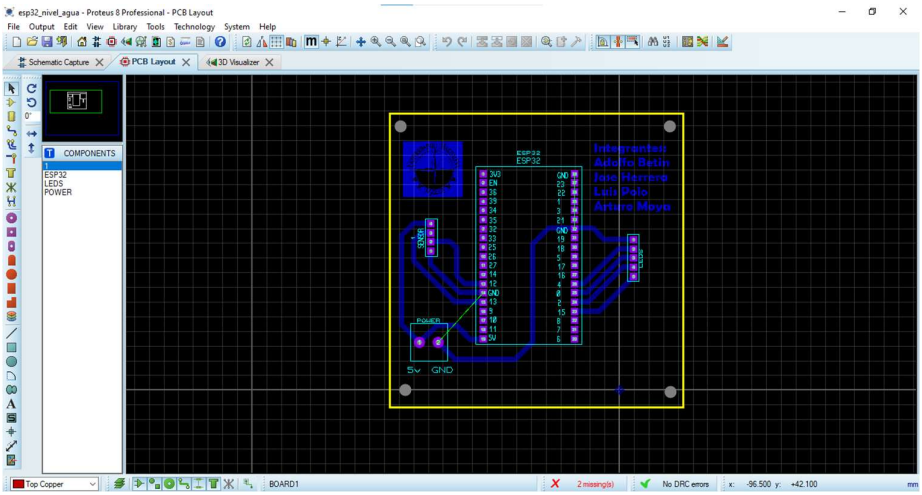
Ensayo para verificar el correcto funcionamiento																
Verificar el correcto funcionamiento																
Fase de identificación de ajustes y correcciones finales para entrega del prototipo																
Identificar correcciones																
Hacer correcciones necesarias																
Fase de instalación del sistema en el tanque del hotel Zuana Beach Resort																
Definir ubicación de la caja y punto de acceso a internet																
Instalación del prototipo y puesta en marcha																

Fuente: Elaboración propia

1.6.3.5 Diseño del PCB – Ensamblaje del prototipo

El diseño del circuito impreso o PCB se realizó con el programa Proteus 8, es un programa muy completo para el diseño de circuitos impresos con calidad profesional.

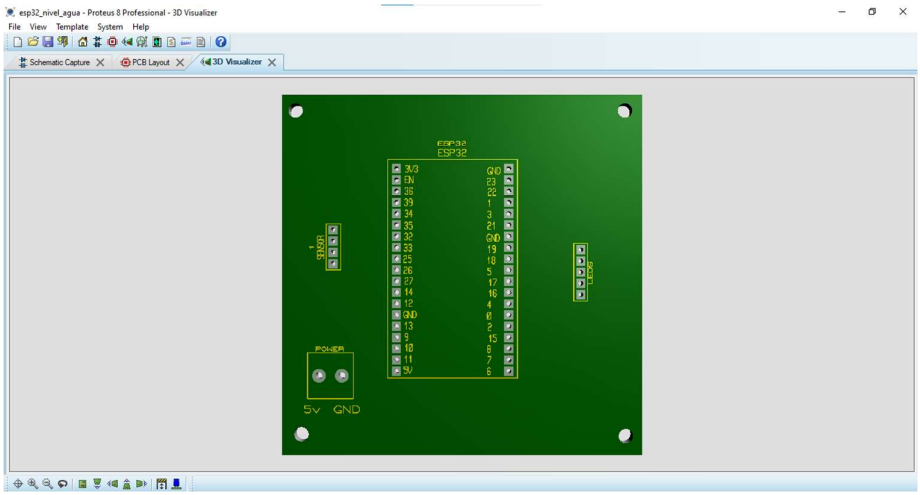
Figura 10. *Diseño de*l circuito impreso (PCB) en Proteus.



Nota. Vista Layout del circuito impreso en Proteus. Fuente: Elaboración Propia.

Para tener una visión más clara de cómo se ve el circuito real Proteus brinda una visualización en 3D.

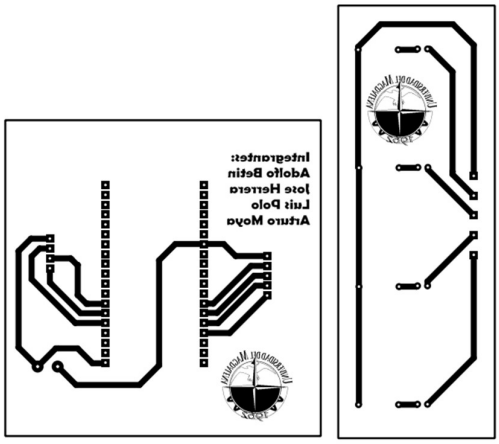
Figura 11. *Vista en 3D del diseño PCB en Proteus.*



Nota. En la vista 3D se puede ver cuál sería el resultado final de la PCB. Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el diseño se procedió a imprimirlo en papel fotográfico.

Figura 12. *Formato para impresión del diseño PCB*.



Fuente: Elaboración Propia

Esto para luego colocarlo sobre la placa de cobre y aplicándole calor para transferir la tinta. Una vez transferida la tinta a la placa de cobre, esta se sumerge en ácido férrico para quitar el cobre que no esté cubierto por la tinta, dando como resultado pistas de cobre aisladas

que conectarán los diferentes componentes del circuito. Por último, se hacen las perforaciones donde van ubicados los componentes y estos se sueldan a la placa.

Figura 13. *Circuitos* impresos terminados.

Fuente: Elaboración Propia

Se le agrega una capa protectora a la PCB para evitar la corrosión en las pistas de cobre y extender la vida útil del circuito.

Figura 14. Capa protectora para los circuitos impresos.

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el circuito impreso listo y funcionando se procedió a montarlo en una caja IP65 que es la que se instaló en el hotel Zuana Beach Resort.

Figura 15. Montaje del sistema en la caja IP65

Fuente: Elaboración Propia

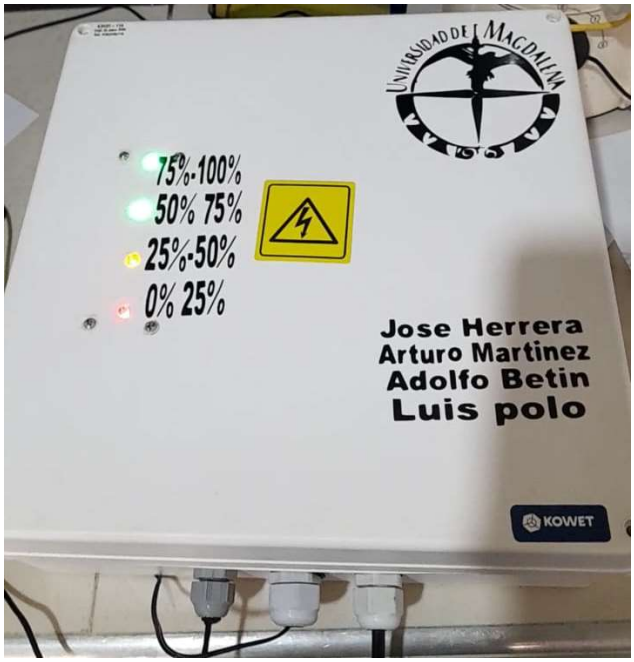
Teniendo en cuenta las dimensiones y peso de la caja, para el montaje se utilizaron rieles, ver figura 16.

Figura 16. Montaje para colocar la caja en la pared utilizando rieles.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 17, se puede ver ya el sistema ensamblado y en funcionamiento. Esta sería la medición local del tanque representada en porcentajes del 25% para cada nivel.

Figura 17. Sistema en funcionamiento con indicadores leds.



Nota. Esta sería la medición local del tanque representada en porcentajes del 25% para cada nivel. *Fuente: Elaboración Propia*

1.6.3.6 Programación del microcontrolador ESP32

La programación de este microcontrolador se realizó con una versión simplificada del lenguaje C y C++ que es utilizada en el entorno de desarrollo integrado de Arduino o Arduino IDE.

Para conectar la ESP32 a la computadora se utiliza un cable microUSB-USB y se debe instalar el *driver* proporcionado por Silicon Labs: CP210x USB to UART Bridge VCP Drivers - Silicon Labs (silabs.com). También se debe instalar el soporte para programar y cargar código en placas de desarrollo basadas en el microcontrolador ESP32 de Espressif Systems en el Arduino IDE, esto se hace buscando “esp32” en “Boards manager” e instalándolo.

Con esto ya fue posible programar la ESP32 en el Arduino IDE.

Figura 18. Arduino IDE

Fuente: Elaboración Propia

El código se divide en 8 partes principales:

1. Lectura del sensor
2. Calibración de la medición
3. Cálculos matemáticos
4. Modificar estado de los leds indicadores según la variable de interés (porcentaje)
5. Conexión a Wifi
6. Obtención de la fecha y hora (datetime)
7. Envío de la información a Power BI por medio de su API
8. Envío de alerta a correos electrónicos

A continuación, se explica de forma general el código:

Librerías

Se utilizan 5 librerías en este proyecto **<Arduino.h>** para usar el segundo núcleo de la ESP32 asignándole una tarea, **<HTTPClient.h>** para el envío de los datos a Power BI, **<WIFI.h>** para establecer la conexión de la ESP32 a internet por Wifi, “time.h” se utiliza para obtener la fecha y hora de internet por medio de un servidor de tiempo y por último

<ESP_Mail_Client.h> para el envío de correos electrónicos desde la ESP32 usando el protocolo SMTP.

Figura 19. Librerías

```
#include <Arduino.h>
#include <HTTPClient.h>
#include  <WiFi.h>
#include "time.h"

#include <ESP_Mail_Client.h>
```

Fuente: Elaboración propia

Constantes

- Primero se definen los pines de la ESP32 que controlarán el sensor JSN-SR04M (TRIG, ECHO) y se definen los pines de la ESP32 para controlar los leds indicadores del nivel de agua.
- Se establece el nombre público (SSID) y la contraseña (password) de la red Wifi.
- Se asigna el servidor ntp (pool.ntp.org) del que se obtendrá la fecha y hora exacta.
- Se configuran las zonas horarias para obtener la fecha y hora correcta de Colombia.
- Se define **AUTHOR_EMAIL** con el correo que será el autor del envío de los correos, este debe ser un correo de Gmail.

  Una vez establezca el correo Gmail que se utilizará como autor de las alertas se deben hacer una configuración y generar una clave de acceso de la siguiente forma: Ingresamos al correo Gmail elegido para la aplicación y se hace lo siguiente:

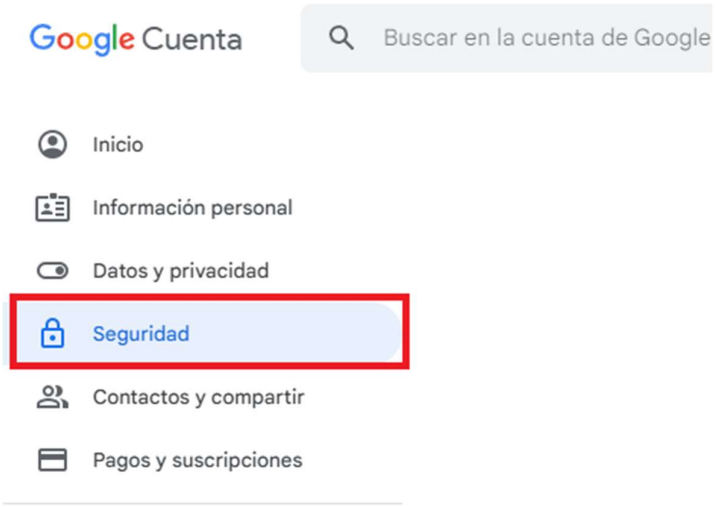
Figura 20. Generar clave de acceso (paso 1)

Nota. Dando click en la foto de perfil y seleccionar Gestionar tu cuenta de Google.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se observa la importancia de seleccionar la seguridad

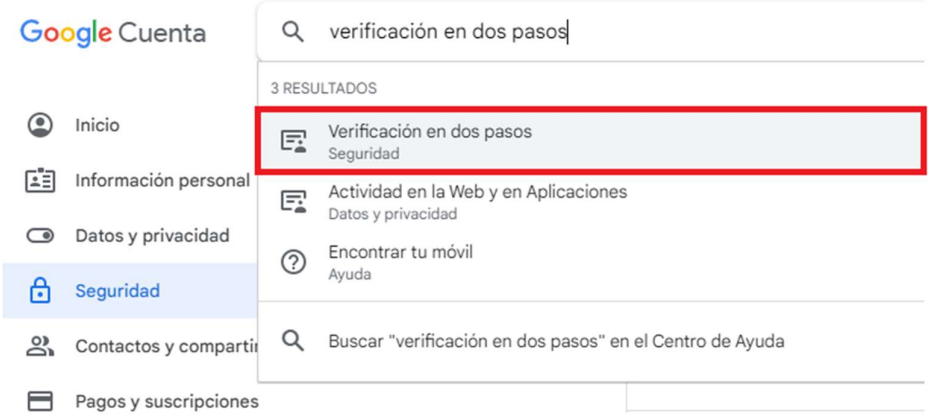
Figura 21. Generar clave de acceso (paso 2)



Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se denota la generación de clave de acceso, aquí es importante escribir en la barra de búsqueda **Verificación en dos pasos** y seleccionar esa opción.

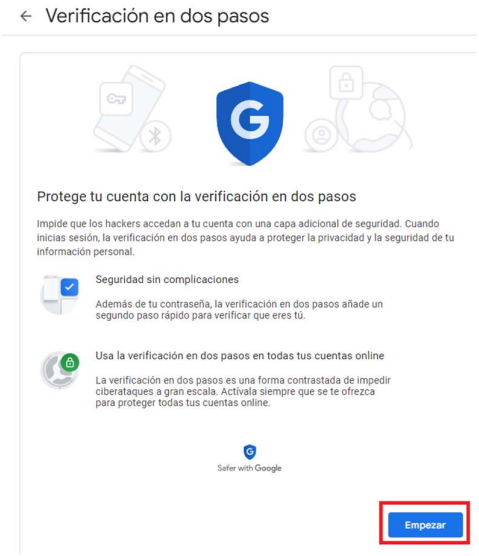
Figura 22. Generar clave de acceso (paso 3)



*Nota. En la barra de búsqueda escribir **Verificación en dos pasos** y seleccionar esa opción. Fuente: Elaboración propia.*

En la figura 23, se da continuidad al paso de generación de clave. Importante seleccionar Empezar.

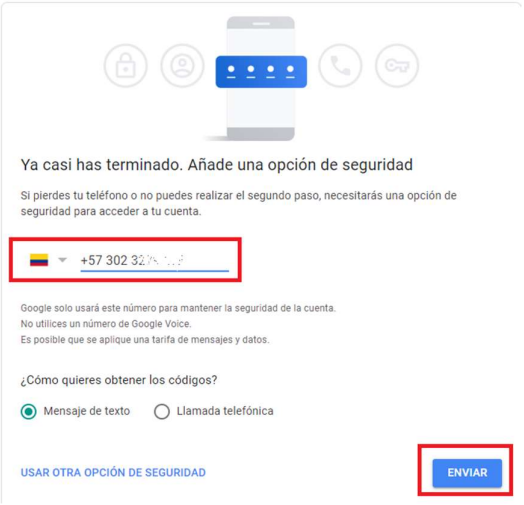
Figura 23. Generar clave de acceso (paso 4)



Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se continua con el siguiente paso para la generación de la clave. Aquí es importante añadir tu número de celular para hacer una confirmación de seguridad y clic en Enviar.

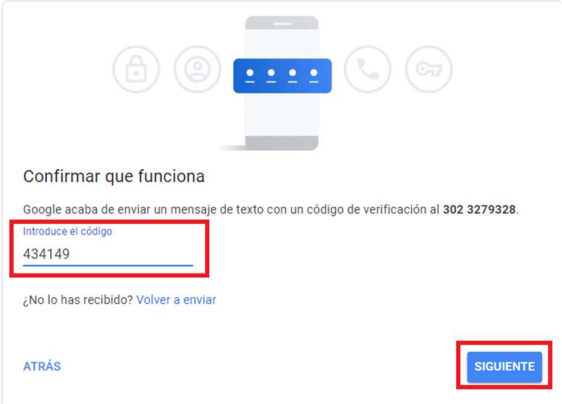
Figura 24. Generar clave de acceso (paso 5)



Nota. Añade tu número de celular para hacer una confirmación de seguridad y click en Enviar. Fuente: Elaboración propia.

La figura 25 ilustra el paso 6 para generar la clave de acceso. Aquí se ingresa el código que fue enviado al teléfono y se da clic en Siguiente.

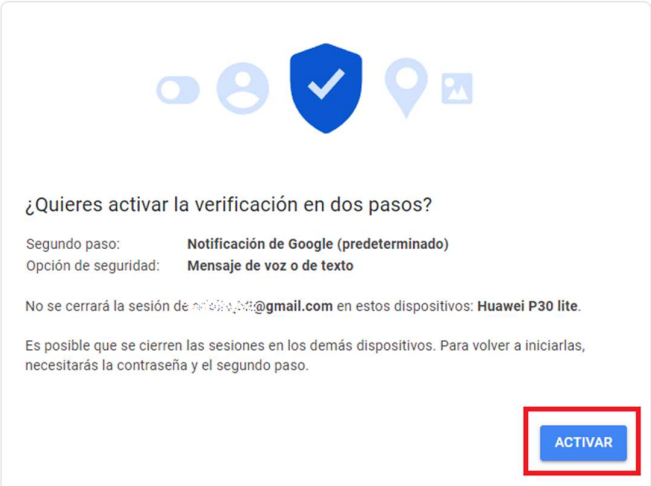
Figura 25. Generar clave de acceso (paso 6)



Nota. Ingresa el código que te enviaron al teléfono y Siguiente. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26, se activa la verificación en dos pasos.

Figura 26. Generar clave de acceso (paso 7)

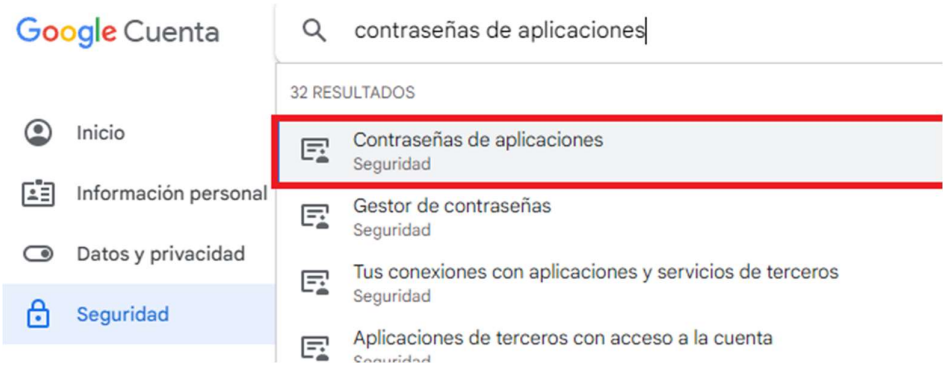


Nota. Click en ACTIVAR para finalmente activar la verificación en 2 pasos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27, se presenta el paso 8, aquí desde el apartado de seguridad se busca **Contraseñas de aplicaciones** y se abre.

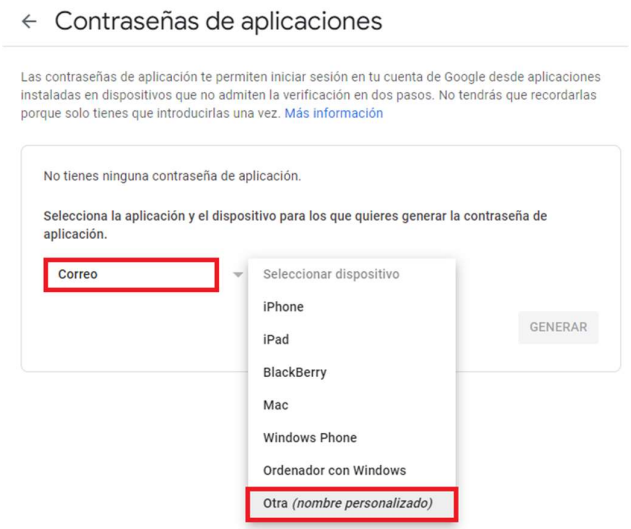
Figura 27. Generar clave de acceso (paso 8)



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen (ver figura 28), se indica la selección de primera opción donde se elige el **Correo** y en la segunda opción **Otra (nombre personalizado).**

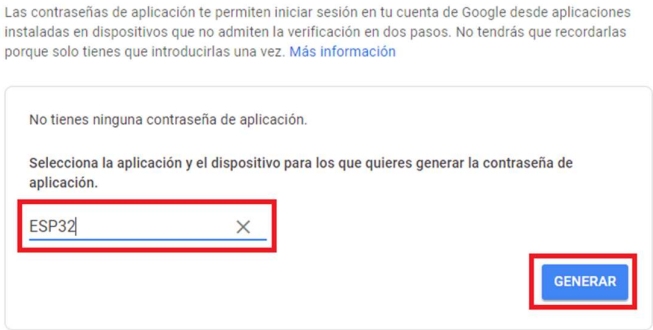
Figura 28. Generar clave de acceso (paso 9)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 29, se muestra cómo se debe agregar el nombre del dispositivo, para este caso ESP32 y clic en Generar.

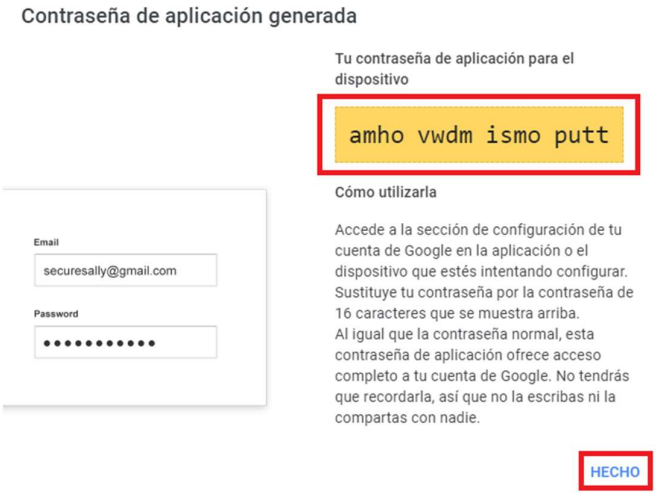
Figura 29. Generar clave de acceso (paso 10)



Fuente: Elaboración propia

En la figura 30, se indica cómo se obtiene la clave de acceso que se asignará en el código de la ESP32 a la constante AUTHOR_PASSWORD.

Figura 30. Generar clave de acceso (paso 11)



. Fuente: Elaboración propia

Ahora que ya se obtuvo la clave de acceso, podemos continuar con la programación:

- Se define la constante **AUTHOR_PASSWORD** con la clave de acceso generada anteriormente en la configuración del correo Gmail.

Figura 31. Definición de constantes tipo #define y const

```
#define TRIG 13
#define ECHO 12
#define LED_RED 4
#define LED_YELLOW 0
#define LED_GREEN1 2
#define LED_GREEN2 15
const char* ssid = "ZUANA";
const char* password = "**********";
const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const int dist_extra = 47;
const int altura_max_agua = 257;
#define AUTHOR_EMAIL "niveltanque2@gmail.com"
#define AUTHOR_PASSWORD "tyqqdernzwneykcx"
```

Fuente: Elaboración propia

En la función **setup()** se hacen todas las configuraciones necesarias antes de que empiecen a ejecutarse los bucles infinitos.

- Primero se le da de alta a la tarea2 **Task2** para que se ejecute en el núcleo 0 con la función **xTaskCreatePinnedToCore()**.
- Se definen como salida (OUTPUT) los pines de la ESP32 que controlarán los leds indicadores.
- Se envía un 0 (LOW) a los leds para que todos inicien apagados.
- Se inicializan los pines de la ESP32 que conectan al sensor ultrasónico JSN-SR04M. El TRIG como salida (OUTPUT) y el ECHO como entrada con flanco de subida (INPUT_PULLUP).
- Se llama la función WiFi.begin() pasándole como parámetro el nombre y contraseña de la red wifi a la que se conectará para empezar la conexión.

Se configura la sesión con el servidor SMTP para enviar las alertas a los correos electrónicos.

Figura 32. Función setup()

```
void setup(){

  xTaskCreatePinnedToCore(loop2,"Task2",15000,NULL,0,&Task2,0);

  pinMode(LED_RED, OUTPUT);

  pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);

  pinMode(LED_GREEN1, OUTPUT);

  pinMode(LED_GREEN2, OUTPUT);

  digitalWrite(LED_RED, LOW);

  digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);

  digitalWrite(LED_GREEN1, LOW);

  digitalWrite(LED_GREEN2, LOW);

  pinMode(TRIG, OUTPUT);

  pinMode(ECHO, INPUT_PULLUP);

  WiFi.begin(ssid, password);

  session.login.email = AUTHOR_EMAIL;

  session.login.password = AUTHOR_PASSWORD;

  message.sender.name = "ALERTA";

  message.sender.email = AUTHOR_EMAIL;

  message.subject = "NIVEL DE TANQUE";

 }
```

Fuente: Elaboración propia

Función loop(), esta es una función propia del IDE de Arduino que no retorna ningún valor e internamente ejecuta el bucle principal del programa, este se ejecuta por defecto en el núcleo 1 de la ESP32.

En este bucle lo primero que se hace es realizar la lectura del sensor, se establece el pin de salida del sensor TRIG en bajo (LOW) durante 2 microsegundos. Luego se espera un tiempo de 2 microsegundos utilizando la función **delayMicroseconds()**. A continuación, se

establece el pin TRIG en alto (HIGH) durante 10 microsegundos para enviar una señal de sonido de alta frecuencia al objeto y se espera un tiempo de 20 microsegundos antes de volver a establecer el pin TRIG en bajo (LOW).

La función **pulseIn()** se obtiene el tiempo de ida y vuelta del pulso en micro segundos (Tus) donde 26000 son los microsegundos de espera a que el pulso se complete.

(arduinogetstarted.com, s.f.)

Como la velocidad del sonido a 20°C es de 343m/s

$distance = (343m/s\,)(Tus/2\,)$

Tus: Tiempo en microsegundos

Como es el tiempo de ida y regreso del pulso se divide entre 2.

Ahora realizando las conversiones para obtener la distancia en cm.

$distance = (343\cancel{m}/\cancel{s}\,)(T\cancel{us}/2\,)(1\cancel{s}/1000000\cancel{us})(1cm/0.01\cancel{m})$

$distance = (0.01715cm)(T\,)$

Aproximando 0.01715 a 1/58 tenemos que

$distance = T/58$

Que nos da la distancia en cm.

Antes de realizar la calibración se realizaron pruebas con un código que sólo lea la distancia y la muestre en cm comparando estas medidas con la de un flexómetro, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 3. Pruebas con el sensor ultrasónico.

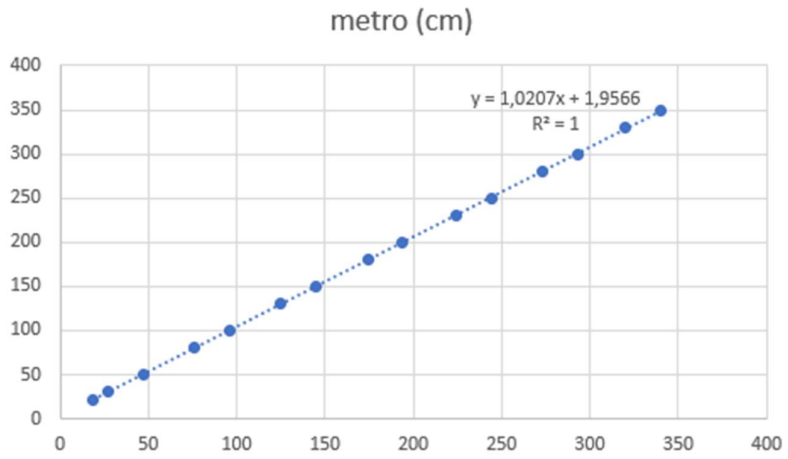
sensor (cm)	metro (cm)
19	21
27	30
47	50
76	80
96	100
125	130
145	150
175	180
194	200
224	230
244	250

273	280
293	300
320	330
340	350

Fuente: Elaboración propia

Usando esta información y el programa Excel se obtuvo la función de calibración por regresión lineal. El objetivo de la regresión lineal es encontrar la ecuación lineal que mejor se ajuste a los valores esperados para la variable dependiente, que es la distancia medida por el sensor.

Figura 33. Regresión lineal en Excel



Fuente: Elaboración propia

Se realiza la calibración de la distancia obtenida aplicando la función obtenida por regresión lineal.

Se obtiene la fecha y hora actual con la función **printLocalTime()** y se almacena en la variable **datetime**.

Teniendo ya la medición correcta en la variable **distancia_calibrada**, se hacen los cálculos para hallar el porcentaje que representa que tan lleno se encuentra el tanque de agua y también se calcula el volumen de agua teniendo en cuenta que el tanque lleno almacena 700 metros cúbicos. Donde **altura_max_agua** es la altura máxima a la que debe llegar el

agua (el 100% del tanque) y **dist_extra** es la distancia entre la altura máxima a la que llega el agua y la posición donde estará ubicado el sensor.

Teniendo establecidas estas constantes se puede aplicar la siguiente función para hallar **cm_agua** que es la altura real del agua en cm medida desde el fondo del tanque.

$$cm_agua = (altura_max_agua + dist_extra) - distancia_calibrada$$

Para hallar el porcentaje del tanque se aplica regla de 3 simple como se ve a continuación.

$$porcentaje_agua = (cm_agua * 100)/altura_max_agua$$

Se usan condicionales para evitar que el porcentaje sea menor que 0% o mayor a 100%.

Y se calcula el volumen de agua en metros cúbicos también con una regla de 3 simple, partiendo de que el tanque lleno almacena 700 m^3 de agua.

$$volumen = (porcentaje_agua * 700)/100$$

Haciendo uso de condicionales se encienden y pagan los leds (HIGH,LOW) comprobando el valor de la variable **porcentaje_agua**. Se indica el nivel del tanque con los siguientes rangos (0-25% : led rojo), (25-50% : led amarillo), (50-75% : led verde1), (75-100% : led verde2).

Figura 34. Función loop()

```
void loop(){
 digitalWrite(TRIG, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(TRIG, HIGH);
 delayMicroseconds(20);
 digitalWrite(TRIG, LOW);
 distance = pulseIn(ECHO, HIGH,26000);
 distance= distance/58;
 distancia_calibrada = (1.0207*distance) + 1.9566;
 datetime = printLocalTime();
 cm_agua = (altura_max_agua + dist_extra) - distancia_calibrada;
 porcentaje_agua = (cm_agua*100)/altura_max_agua;
```

```
  if (porcentaje_agua <=25){
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);
  }else if(porcentaje_agua>25 && porcentaje_agua<=50){
    digitalWrite(LED_YELLOW,HIGH);
  }else if(porcentaje_agua>50 && porcentaje_agua<=75){
    digitalWrite(LED_GREEN1, HIGH);
  }else if(porcentaje_agua>75 && porcentaje_agua<=100){
    digitalWrite(LED_GREEN2, HIGH);
  }
}
```

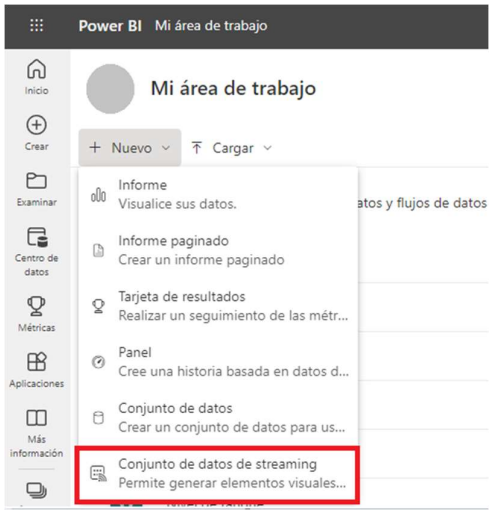
Fuente: Elaboración propia.

Función loop2() que se usa para crear un bucle infinito que se ejecutará en el núcleo 0 de la ESP32, dicho bucle se crea con **for(;;)**.

A este núcleo (el 0) se le asigna la tarea llamada “Task2” que se encarga de enviar los datos en formato JSON a Power BI, esto lo hace cada 5 segundos por medio de su API y los datos se envían usando el protocolo de comunicación http.

Para enviar los datos a Power BI primero se debe ingresar a Power BI services: https://app.powerbi.com/ y seguir los siguientes pasos:

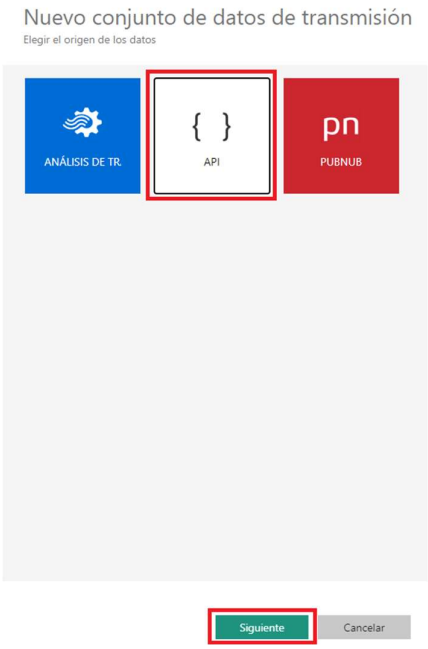
Figura 35. *Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 1)*



*Nota. Crear un **Conjunto de datos de streaming.** Fuente: Elaboración propia*

En la figura 36, se informa sobre la importancia de crear un conjunto de datos streaming. Elegir API como medio de la transmisión y dar en Siguiente

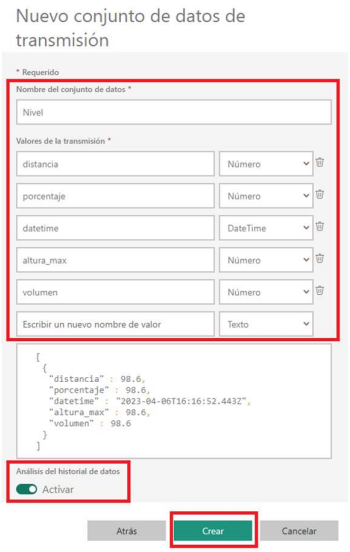
Figura 36. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 2)



Fuente: Elaboración propia

En la figura 37, se informa que se le colocaron un nombre al conjunto de datos, para este caso **Nivel** y se asignaron los **valores de trasmisión** estableciendo el tipo de valores son, en este caso se usan todos tipo **Número** excepto el datetime que es tipo **DateTime**. Importante activar la opción de **Análisis del historial de datos** para que en un futuro si se desea se puedan crear informes en Power BI de la información que se está enviando. Por último, dar en **Crear.**

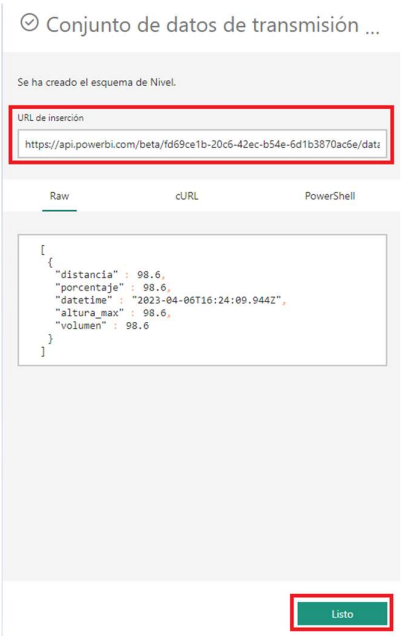
Figura 37. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 3)



Fuente: Elaboración propia

En la figura 38, se observa que se copia la **URL de inserción** que es la que se colocó en el código para enviar los datos desde la ESP32 y se le da al botón **Listo**. Con estos pasos se ha creado un nuevo **Conjunto de datos de *streaming*** y se obtuvo el enlace de la API.

Figura 38. Crear un Conjunto de datos de streaming (Paso 4)



Fuente: Elaboración propia

Primero se llama al método **http.begin()** pasándole como parámetro el enlace de la API, con esto se inicia la conexión entre la ESP32 y la API de Power BI.

Ahora se declara **json_data**, que es una cadena de texto en formato JSON con los datos a enviar. Los datos incluyen la distancia, el porcentaje, la fecha y hora, la altura máxima y el volumen.

Se envía los datos guardados en **json_data** a la API de Power BI utilizando el método **http.POST()** y guarda el código de respuesta HTTP en la variable **http_code**.

Este proceso se repetirá cada 5 segundos para enviar unos nuevos datos.

Se configuran dos alertas para este sistema, una cuando el nivel del agua está en 160 cm y otra cuando está en 180cm, además estas alertas sólo deben activarse cuando el tanque se está vaciando, no cuando se está llenando. Para dar solución a esto se utilizan dos variables booleanas, bajando1 y bajando2 que a manera de bandera permiten hacer el control de cuando se está vaciando el tanque y también asegura que se envíe un solo correo en caso de que el tanque se quede un tiempo en el rango de la alerta. Por medio de unos condicionales se verifica que la variable **cm_agua** se encuentre en el rango deseado para enviar la alerta a los correos electrónicos y con otro condicional se verifica que la variable bajando1 o bajando2 sean false para realizar el envío del correo electrónico.

Figura 39. Función loop2()

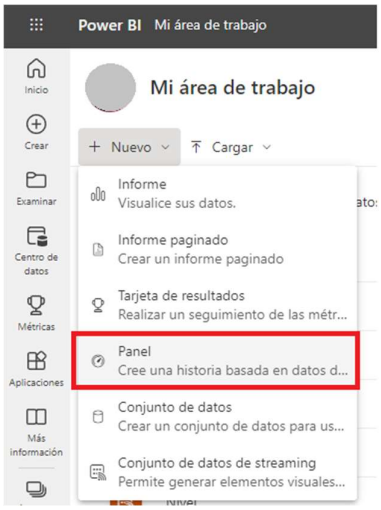
```
void loop2 (void *parameter){

  for(;;){

      http.begin("https://api.powerbi.com/beta/fd69ce1b-20c6-42ec-b54e-
6d1b3870ac6e/datasets/db95ef64-d079-4c2f-a0fd-
d488cc342f75/rows?key=tt1K8exxXu7G2gAICbbUtYZCDj29aw2VWrC1S4MqaE6%2FgMfNbTuvKHMlV7
XK5BSlxeFh%2F%2FoRdxylsEx69fSYdg%3D%3D");

      String json_data = "{\"distancia\": " + String(cm_agua) + ",\"porcentaje\":
"+String(porcentaje_agua) + ",\"datetime\": " +"\""+datetime+"\"" +
",\"altura_max\": " + String(altura_max_agua) +"}";

      int http_code = http.POST(json_data);

       if(cm_agua >=180 && cm_agua <=181){
```

```
        if(bajando1 == false){
          textMsg = "Nivel del tanque está en 180cm (70% del tanque).";
          /* Envia el correo y cierra la sesion */
          if (!MailClient.sendMail(&smtp, &message))
              return;
          bajando1 = true;
          }
       }
        if(cm_agua >=185){
            bajando1= false;
        }
        if (cm_agua >= 160 && cm_agua <=161){
          if (bajando2 == false){
             textMsg = "Nivel del tanque BAJO, esta en 160cm (62% del tanque).";
              /* Envia el correo y cierra la sesion */
              if (!MailClient.sendMail(&smtp, &message))
                  return;
                bajando2 = true;
             }
            }
            if (cm_agua >=165 && cm_agua <180){
                bajando2 = false;
            }
    delay(5000);
   }
}
```

Fuente: Elaboración propia

Para que los datos sean visualizados en Power BI y en tiempo real se debe crear una Dashboard o tablero siguiendo estos pasos (ver figura 40):

Figura 40. Crear Dashboard (Paso 1)



Nota. En el área de trabajo con el botón Nuevo y seleccionando Panel creamos un nuevo panel donde se visualizarán los datos en tiempo real. Fuente: Elaboración propia.

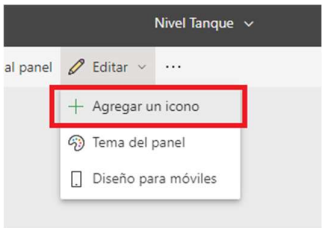
En la figura 41, se asigna el nombre al panel para su creación seleccionando Crear.

Figura 41. Crear Dashboard (Paso 2)

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 42, se observa el paso 3, *estando en el espacio del panel se selecciona en Editar y Agregar un icono.*

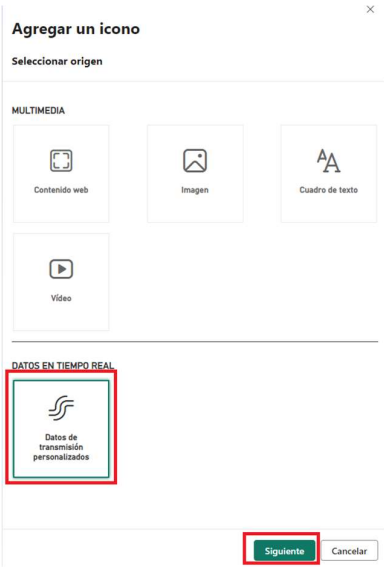
Figura 42. Crear Dashboard (Paso 3)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 43, se indica que se debe seleccionar como origen **Datos de transmisión personalizados** y Siguiente.

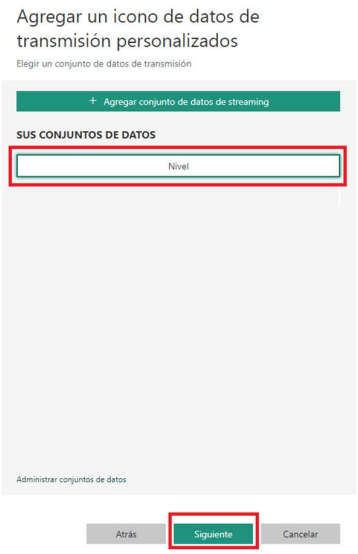
Figura 43. Crear Dashboard (Paso 4)



Fuente: Elaboración propia.

*Se selecciona el subconjunto de datos creado anteriormente **Nivel** y siguiente.*

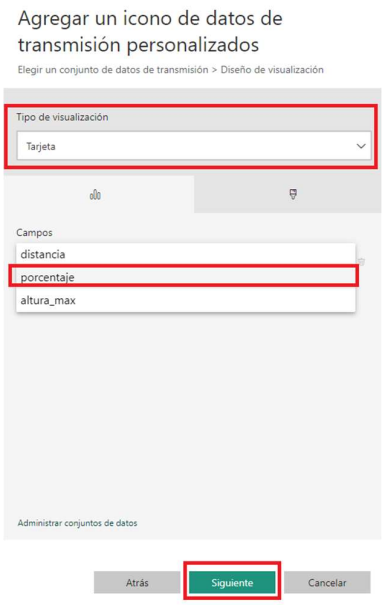
Figura 44. Crear Dashboard (Paso 5)



Fuente: Elaboración propia.

Se elige el tipo de visualización para el icono, en este ejemplo “tarjeta”, en los campos se elige la variable que se desea visualizar y se selecciona Siguiente (ver figura 45).

Figura 45. Crear Dashboard (Paso 6)

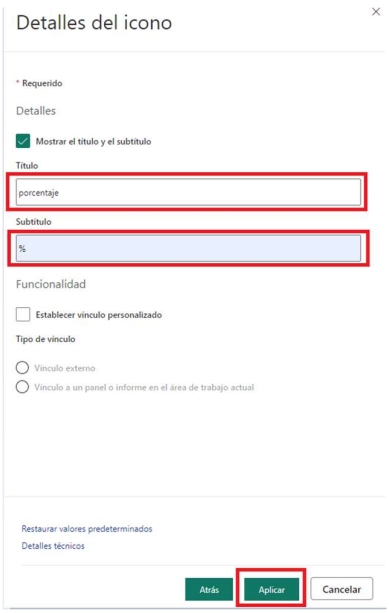


Fuente: Elaboración propia

Se define el título y subtitulo del icono y se selecciona Aplicar para crearlo.

De la misma forma se crean los demás iconos para formar la Dashboard que se desee (ver figura 46).

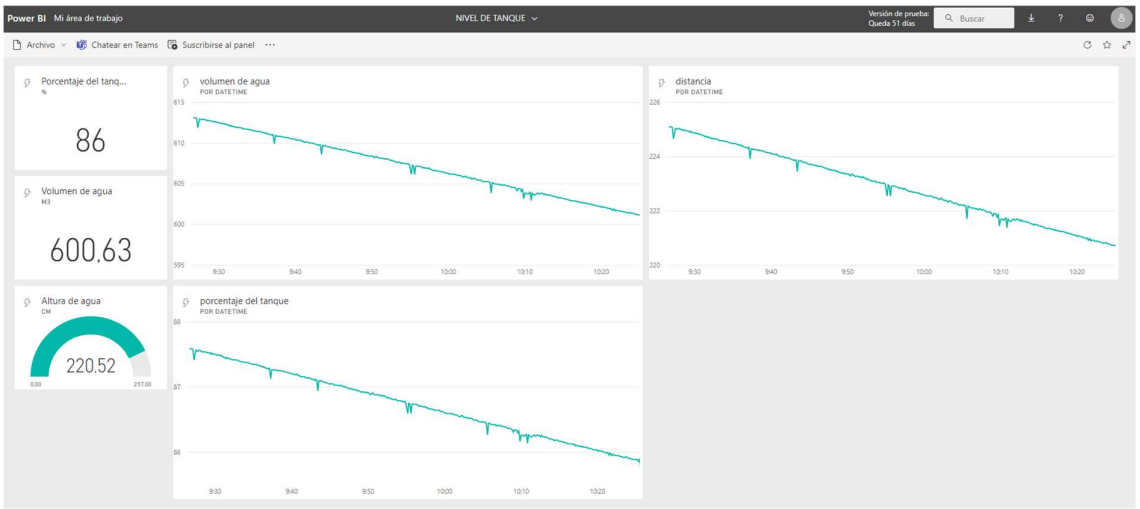
Figura 46. Crear Dashboard (Paso 7)



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se puede observar el resultado final de la Dashboard tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 47. Dashboard completa.



Fuente: Elaboración propia

1.7 RESULTADOS Y DISCUSION

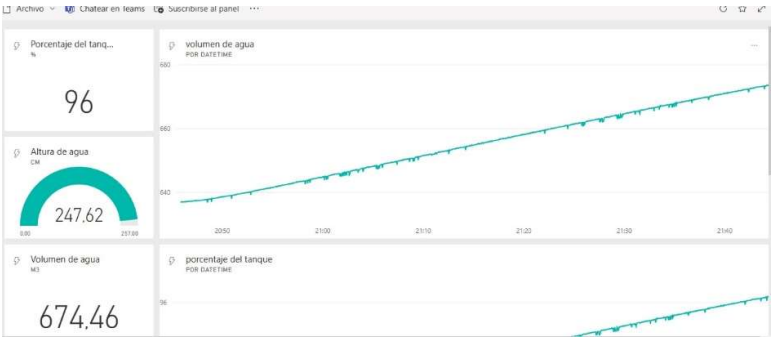
Una vez instalado el sistema, se comparó la medición del nivel con la que tenía el sistema del hotel Zuana Beach Resort y se encontró una diferencia de 4 cm, los cuales fueron calibrados de manera inmediata, dando como resultado un nivel acorde con la medición local del tanque, en esta toma de datos se pudo observar unos pequeños cambios en las medidas debido a movimientos del agua, que se generan debido los cambios del líquido cuando se está bombeando, esto produce que el nivel suba y baje en rangos de centímetros y genere pequeños picos en la gráfica mostrada en Power BI.

Instalado el sistema electrónico en el hotel Zuana Beach Resort, el 28 de marzo de 2023 se dio inicio al periodo de prueba de 15 días, en los cuales se realizaron los ensayos y se hizo seguimiento en busca de fallos o medidas erróneas y verificando el funcionamiento de las alertas que debían ser enviadas a los correos electrónicos asignados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante estos ensayos:

Primer seguimiento en la Dashboard en Power BI el 30 de marzo de 2023, donde se evidencia un correcto funcionamiento.

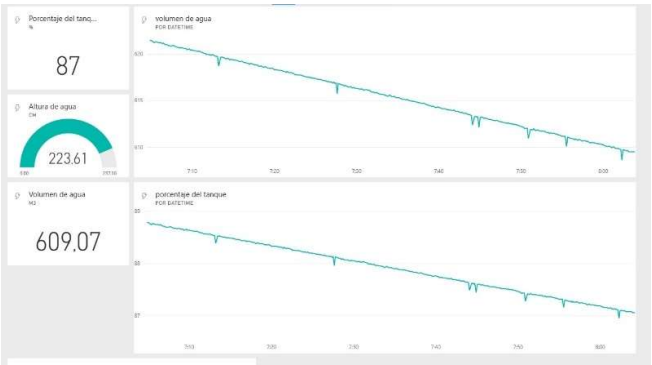
Figura 48. Seguimiento a Dashboard (30 de Marzo)



Fuente: Elaboración propia.

Seguimiento en la Dashboard en Power BI el 3 de abril de 2023, donde se evidencia un correcto funcionamiento.

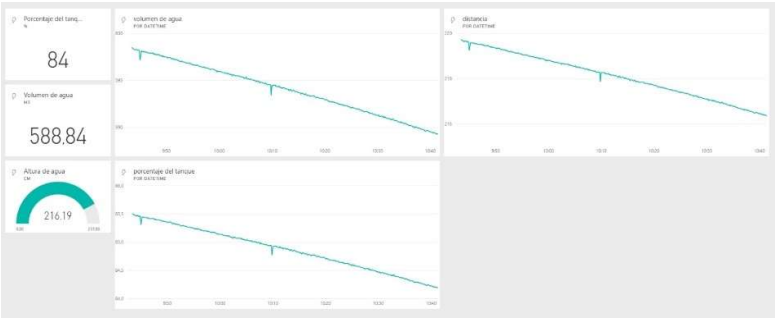
Figura 49. Seguimiento a Dashboard (3 de abril)



Fuente: Elaboración propia.

Seguimiento en la Dashboard en Power BI el 9 de abril de 2023, donde se evidencia un correcto funcionamiento.

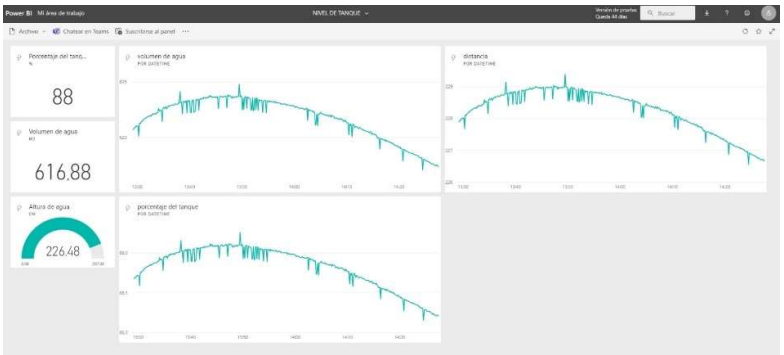
Figura 50. Seguimiento a Dashboard (9 de abril)



Fuente: Elaboración propia

Seguimiento en la Dashboard en Power BI el 17 de abril de 2023, donde el sistema continua teniendo un correcto funcionamiento.

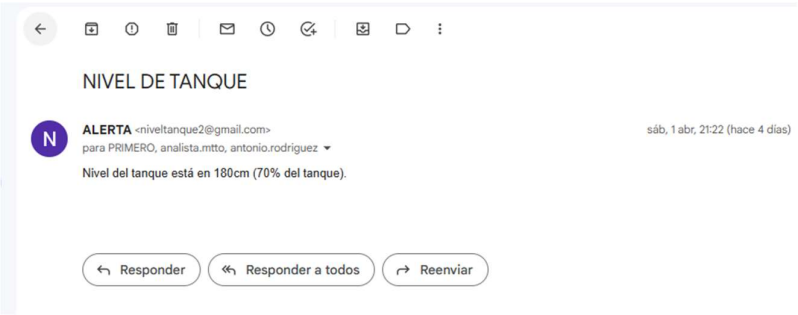
Figura 51. Seguimiento a Dashboard (17 de abril)



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se hizo seguimiento de las alertas. La primera, enviada el día 1 de abril de 2023.

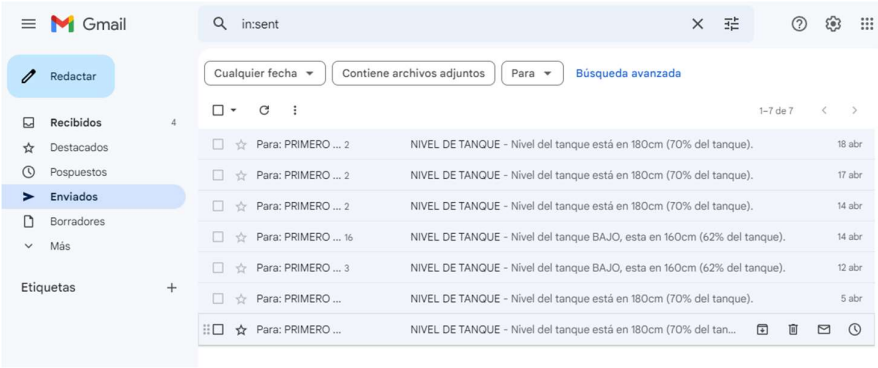
Figura 52. Primera alerta enviada a correos electrónicos



Fuente: Elaboración propia

Así como todas las alertas que han sido enviadas oportunamente para dar aviso de los niveles críticos de agua. Para mayor claridad, se muestran las alertas enviadas desde el correo autor niveltanque2@gmail.com.

Figura 53. Alertas enviadas por correo electrónico



Fuente: Elaboración propia

El sistema ha enviado alertas a 3 correos notificando que el nivel de agua estaba en 180 cm o 160cm como se acordó con el director de mantenimiento del hotel.

Luego de entregados los resultados referentes al prototipo se hace necesario dar los resultados para el logro de cada uno de los objetivos específicos y general mencionados en el trabajo. Donde se logra puntualizar lo siguiente:

Gracias al diagnóstico realizado y evidenciada la problemática que se presentaba en el suministro de agua del hotel Zuana, se hizo necesaria la intervención de este sistema de monitoreo. Con esto se tiene por cumplido el primer objetivo específico.

Luego de las diferentes investigaciones que se tuvieron para seleccionar el sensor más adecuado que permitiera la medición en los tanques del hotel Zuana Beach Resort, se determinó que el sensor que cumple a cabalidad con las características es el JSN-SR04T. Con esto se tiene por cumplido el segundo objetivo específico.

De igual manera y después de la revisión teórica y en el mercado de los diferentes dispositivos microcontroladores, se determinó que el microcontrolador que mejor se adaptaba a la aplicación es el ESP32 permitiendo el desarrollo del prototipo como se evidenció en el desarrollo del mismo, logrando así el cumplimiento del tercer objetivo específico.

Una vez comprendida la problemática que se presentaba en el hotel Zuana Beach Resort se definieron las características que tendría el sistema electrónico como hipótesis para dar solución a la problemática del hotel, logrando así el cumplimiento del cuarto objetivo específico.

Adicionalmente, se logró el diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua que es eficiente y rápido para realizar el monitoreo local por medio de indicadores led, el monitoreo remoto por medio de la Dashboard en Power BI y además el envío de las alertas por medio de correo electrónico de los niveles críticos de agua. Dando así cumplimiento al quinto objetivo específico.

Luego de los diferentes ensayos realizados durante los 15 días de prueba del sistema de monitoreo de nivel en un tanque de agua del hotel Zuana Beach Resort, donde se evidenció su correcto funcionamiento y obteniendo el 11 de abril de 2023 la aprobación del prototipo por parte del director de mantenimiento del hotel Zuana, ingeniero César Vanegas, se dio cumplimiento así al sexto objetivo específico.

Por último y después de estos ensayos se entiende entonces que se logró la implementación del prototipo por medio de la visualización de datos de las mediciones en tiempo real, logrando así el cumplimiento del séptimo objetivo específico.

Dado que se ha logrado el cumplimiento de todos los objetivos específicos se entiende entonces que se logró alcanzar el objetivo general, las validaciones y la solución de la pregunta hipótesis, cumpliéndose así el diseño e implementación de un prototipo funcional de un sistema electrónico de monitoreo en tiempo real de nivel de agua para un tanque de almacenamiento del hotel Zuana, Santa Marta, Magdalena, dando por terminada la práctica de innovación y emprendimiento como modalidad de grado, alcanzando un logro destacable tanto para la Universidad como para el Hotel.

1.8 CONCLUSIONES

En este trabajo se diagnosticó y registró el sistema de monitoreo de nivel de liquido en los tanques de almacenamiento del hotel, lo que permitió comprender la problemática lo suficiente para plantear una hipótesis. De esta misma manera, se seleccionó el sensor adecuado para realizar las mediciones en el tanque del hotel Zuana asegurando que estas mediciones fueran precisas y confiables. Por otro lado, se determinó el dispositivo controlador que mejor cumplió con la aplicación permitiendo obtener la velocidad esperada en el sistema y evitar gastar más dinero en un microcontrolador que estuviera sobredimensionado para este proyecto.

Entre otras reflexiones en el proyecto se definieron las características del sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua sentando las bases para el diseño y construcción del prototipo. Haciendo posible el diseñó del prototipo del sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua con los componentes determinados garantizando el correcto funcionamiento del prototipo y una presentación profesional.

Otro importante logro, fue que se lograron estructurar ensayos del sistema en un tanque del hotel Zuana asegurando el funcionamiento de este por mucho tiempo, funcionando las 24 h del día, evidenciando que se trata de un sistema de alta calidad. Permitiendo de esta manera que se implementara el prototipo y que este admitiera la visualización de datos de las mediciones en tiempo real, confirmando el correcto funcionamiento del envío de los datos desde el sistema a Power BI y la visualización en el panel.

Por lo tanto, se afirma que, en este trabajo se diseñó e implementó un prototipo funcional de un sistema electrónico de monitoreo en tiempo real de nivel de agua para un tanque de almacenamiento del hotel Zuana, Santa Marta, Magdalena. Lo más importante del diseño e implementación del prototipo fue establecer la comunicación entre el ESP32 y Power BI por

medio de su API porque esto permitió enviar las mediciones realizadas por el sensor ultrasónico y visualizarlas en un panel, dando lugar al monitoreo remoto. Lo que más ayudó a diseñar e implementar este prototipo fue realizar la programación dividiéndola en partes con una función específica, aplicando el famoso refrán "divide y vencerás" porque esto aportó orden y claridad para evitar errores. Lo más difícil en el diseño e implementación de este prototipo fue el diseño del circuito impreso porque el software utilizado no contaba con algunos modelos de componentes como el de la ESP32 y fue necesario crearlos desde cero para así llevar a cabo un buen diseño. Además, se logró, haciendo uso de un sensor de ultrasonido y un microcontrolador ESP32, conectar a internet, envío de los datos a Power BI para visualizarlos en una Dashboard y envío de correos electrónicos de las alertas deseadas, lo que significa que la hipótesis planteada es cierta dando solución al problema que se presentaba en el hotel Zuana Beach Resort.

También se concluye que este sistema ofrece una mayor eficiencia en la toma de decisiones en comparación con el sistema anterior, ya que este sistema notifica por medio de alertas cuando el nivel del agua está en un punto crítico, lo que reduce los tiempos para realizar la gestión y control de este recurso hídrico.

Se debe tener en cuenta que el sistema fue configurado exclusivamente para las características del tanque de almacenamiento de agua y que si se desea usar en otro tanque se debe cambiar esa configuración para el correcto funcionamiento del sistema. Además, se evidenció que el sensor ultrasónico JSN-SR04T es muy delicado en cuanto a la estática y se debe manipular en lo posible sin tocar su parte electrónica, para evitar dañarlo.

Pensando en un trabajo posterior, este sistema puede ser más integro añadiéndole la función de almacenamiento de los datos en una base de datos y añadiendo el control automático de una electrobomba para que sea el mismo sistema el encargado de llenar el tanque cuando se encuentre en un nivel bajo.

1.9 BIBLIOGRAFIA

Antonio, I. C. (2023). Estadisticas del Hotel Zuana. (J. Herrera, Entrevistador)

arduinogetstarted.com. (s.f.). *pulseIn()*. Obtenido de https://arduinogetstarted.com/es/reference/pulsein

Baranera, A. (2019). *Clasificación IP*. Obtenido de https://www.traza.com/blog/post/que-significa-ip65-ip66-ip67-en-las-caracteristicas-de-un-lector-o-terminal-de-mano#:~:text=IP65%3A%20Equipo%20herm%C3%A9tico%20al%20polvo,y%20protegido%20contra%20la%20inmersi%C3%B3n.

Bruno Saravia, A. R. (2019). *ESP32 NODE MCU*. Obtenido de https://docplayer.es/148519016-Esp32-node-mcu-autor-andres-raul-bruno-saravia.html

Cabralez Méndez, D. A. (2020). *Quiénes somos*. Obtenido de https://www.zuana.com/quienes-somos

Castro Lechtaler, A. R., & Fusario, R. J. (1999). *Teleinformatica para ingenieros en sistemas de información.* Barcelona: Reverté, S. A.

Chaín Navarro, C. (2021). *El Nilometro*. Obtenido de https://blogcatedranaval.com/2021/12/21/que-es-un-nilometro/

Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente. (1992). *DECLARACION DE DUBLIN SOBRE EL AGUA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE*. Obtenido de https://gestionsostenibledelagua.files.wordpress.com/2014/07/1992-declaracic3b3n-de-dublin-sobre-el-agua-y-el-ds.pdf#:~:text=En%20la%20Conferencia%20Internacional%20sobre%20el%20Agua%20y,de%20personas%20exige%20una%20acci%C3%B3n%20inmediata%20y%20eficaz.

Creus, A. (2009). *Instrumentos Industriales, su ajuste y calibración.* Barcelona: marcombo.

De Luz, S. (2023). *Aprende cómo funciona el protocolo SMTP para correo saliente*. Obtenido de https://www.redeszone.net/tutoriales/internet/que-es-protocolo-smtp-email-configuracion/

didacticaselectronicas.com. (2023). *Sensor de distancia ultrasónico 0-450cm*. Obtenido de https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/distancia/sensor-de-distancia-por-ultrasonido-jsn-sr04t-jsnsr04t-sensores-de-distancia-por-ultrasonido-sensor-ultrasonido-ultrasonicos-sonar-detail

Diez de Paz, L. (2021). *EL STREAMING COMO FORMA DE ENTRETENIMIENTO.* Obtenido de https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/13621/Laura_Teresa_Diez_De_Paz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

eloctavobit.com. (2022). *Sensor Ultrasónico*. Obtenido de https://eloctavobit.com/arduino/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino/

E-Marmolejo, D. R. (2017). *Microcontrolador*. Obtenido de https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/#:~:text=El%20Microcontrolador%20es%20un%20circuito,variables%20(flash%20y%20RAM).

Estrada Corona, A. (2004). *PROTOCOLOS TCP/IP DE INTERNET.* Obtenido de https://www.revista.unam.mx/vol.5/num8/art51/sep_art51.pdf

Ferra, C. F. (2021). *La importancia de que un hotel se comprometa con el ahorro de agua*. Obtenido de https://www.hosteltur.com/comunidad/nota/025417_la-importancia-de-que-un-hotel-se-comprometa-con-el-ahorro-de-agua.html

freertos.org. (2023). *FreeRTOS*. Obtenido de https://www.freertos.org/

Gascueña, D. (2020). *¿Cuánta agua consume y puede ahorrar un hotel? Claves para ser sostenible*. Obtenido de https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cuanta-agua-consume-y-puede-ahorrar-un-hotel/

ibm.com. (2022). *JSON*. Obtenido de https://www.ibm.com/docs/es/baw/20.x?topic=formats-javascript-object-notation-json-format

intel.la. (2019). *Sistema en tiempo real*. Obtenido de https://www.intel.la/content/www/xl/es/robotics/real-time-systems.html#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20%E2%80%9Csistema%20en%20tiempo,de%20tiempo%20predecibles%20y%20espec%C3%ADficas.

Jacinto Fung León. (2019). Redes Informáticas: Protocolos de Comunicación, Protocolo de Aplicación y Software. 2da. Edición: Cómo Desarrollar Aplicaciones para Conectarse a Mainframe y Servidores. En J. F. León, *Redes Informáticas: Protocolos de Comunicación, Protocolo de Aplicación y Software. 2da. Edición: Cómo Desarrollar Aplicaciones para Conectarse a Mainframe y Servidores* (págs. 80-81). Independently Published. Obtenido de Redes informáticas: Protocolos de comunicación, protocolo de Aplicación y Software

learn.microsoft.com. (2023). *API REST de Power BI*. Obtenido de https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/connect-data/service-real-time-streaming

learn.microsoft.com. (2023). *Introduction to dashboards for Power BI designers*. Obtenido de https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/create-reports/service-dashboards

learn.microsoft.com. (2023). *Transmisión en tiempo real en Power BI*. Obtenido de https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/connect-data/service-real-time-streaming

Mills, D. L. (2006). *Computer Network Time Synchronization, the network time protocol.* New York: Taylor & Francis Group.

Moncho, T. (2022). *Telemetría: qué es y cuáles son sus beneficios y aplicaciones*. Obtenido de https://www.movistar.es/blog/salud/telemetria-funcionamiento-componentes-aplicaciones-servicios/

Peterson, Z. (2022). *¿Qué es un PCB o Placa de Circuito Impreso?* Obtenido de https://resources.altium.com/es/p/what-is-a-pcb

pool.ntp.org. (2019). *NTP Pool Project*. Obtenido de https://www.pool.ntp.org/es/

powerbi.microsoft.com. (2023). *Porque Microsoft Power BI*. Obtenido de https://powerbi.microsoft.com/es-mx/why-power-bi/

powerbi.microsoft.com. (2023). *Power BI*. Obtenido de https://powerbi.microsoft.com/es-es/what-is-power-bi/#:~:text=Power%20BI%20es%20una%20plataforma,que%20usa%20todos%20los%20d%C3%ADas.

RAE. (2022). *Real Academia Española*.

Ramón Pallás, A. (2003). *Sensores Acondicionadores de Señal.* Marcombo.

Reding Bernal, A., Zamora Macorra, M., & López Alvarenga, J. C. (2011). *Cómo y cuándo realizar un análisis de regresión lineal simple?* Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53623853/Como_y_cuando_realizar_un_analisis_de_regresion_lineal_simple-libre.pdf?1498134185=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRincon_iconoclasta.pdf&Expires=1681940425&Signature=eE3DGD8kDnCuqQIO6rCLNZ

Rodríguez, R. L., & Gómez Suárez, J. (s.f.). *Sistemas electrónicos*. Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculleredo/aulavirtual/pluginfile.php/37095/mod_resource/content/2/analo%CC%81gica.pdf#:~:text=Los%20sistemas%20electr%C3%B3nicos%20son%20conjuntos,teclado%2C%20temperatura%2C%20etc.)

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *Internet de las cosas*. Obtenido de https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iot-overview/

Ruales, A. D. (2017). *Una mirada futurista al posible trabajo del diseñador.* Quito.

Thomas, O. (2019). *Windows Server.*

Verne, A. (2022). *Método Científico*. Obtenido de https://siliseed.com/metodo-cientifico-pasos-ejemplo/

WIPO. (2023). *Derecho de autor*. Obtenido de OMPI: https://www.wipo.int/copyright/es/#accordion__collapse__01