



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA
INUNDACIONES EN LA PARROQUIA CONVENTO, CHONE-
MANABÍ**

AUTOR

Panamito Celi, Carlos Andrés

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TUTOR

Chávez García, Geovanny Danilo

Santa Elena, Ecuador

Año 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

**Ing. Geovanny Chávez García, Ph.D
TUTOR**

**Ing. Byron Lima Cedillo, Mgtr.
DOCENTE
ESPECIALISTA**

**Ing. Luis Morales Escobar, Ph.D
DOCENTE
ESPECIALISTA**

**Abg. María Rivera González, MSc.
SECRETARIO GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Carlos Andrés Panamito Celi, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

TUTOR

Ing. Geovanny Danilo Chávez García, Ph.D

Santa Elena, 15 de octubre de 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CARLOS ANDRÉS PANAMITO CELI**

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Diseño de un sistema de alerta temprana para inundaciones en la Parroquia Convento, Chone- Manabí previo a la obtención del título en Magíster en Electrónica y Automatización, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 15 de Octubre de 2024

EL AUTOR

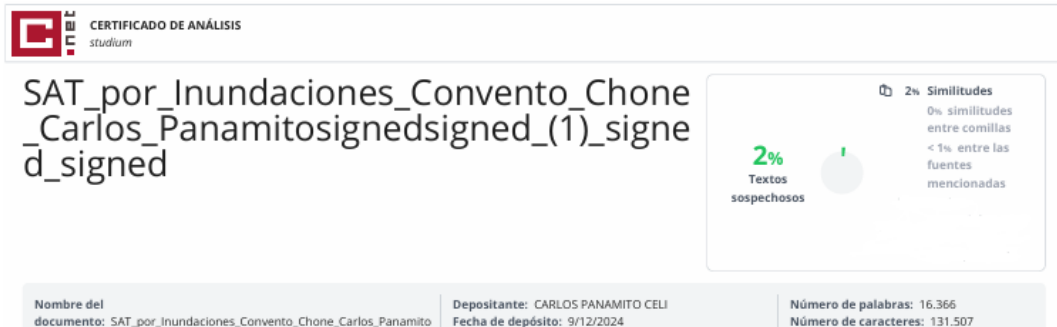
Carlos Andrés Panamito Celi



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Diseño de un Sistema de Alerta Temprana para Inundaciones en la Parroquia Convento, Chone- Manabí, presentado por el estudiante, Carlos Andrés Panamito Celi fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



TUTOR

Ing. Geovanny Danilo Chávez García, Ph.D



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, CARLOS ANDRÉS PANAMITO CELI

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, 15 de Octubre de 2024

EL AUTOR

Carlos Andrés Panamito Celi

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en todo momento. A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante. A mi hijo, por ser mi inspiración diaria. Y a mi esposa, por su paciencia, comprensión y amor inquebrantable durante esta maestría.

Carlos Andrés, Panamito Celi

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por su amor y apoyo incondicional que me han acompañado en cada paso de mi vida.

A mi hijo, cuya luz y alegría han sido mi constante fuente de inspiración para seguir adelante.

A mi esposa, por su infinita paciencia, comprensión y amor inquebrantable durante todo este proceso, sin los cuales este logro no habría sido posible.

Y a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido con su apoyo y palabras de aliento a la realización de este trabajo.

Carlos Andrés, Panamito Celi

ÍNDICE GENERAL

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
DECLARO QUE:	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AUTORIZACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA.....	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Revisión de literatura.....	4
1.2. Desarrollo teórico y conceptual	6
1.2.1. Simuladores	8
1.2.2. Sistemas de Alerta Temprana de Inundaciones	11
1.2.3. Sensores	12
1.2.4. Tarjetas de desarrollo.....	21
1.2.5. Internet de las Cosas (IoT).....	23

1.2.6.	Redes de Sensores Inteligentes	27
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA		28
2.1.	Contexto de la investigación.....	28
2.2.	Diseño y alcance de la investigación	28
2.3.	Tipo y métodos de investigación	29
2.4.	Población y muestra	29
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
2.6.	Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.....	30
2.6.1.	Selección e instalación de los sensores	30
2.6.2.	Tarjeta de desarrollo.	33
2.6.3.	Módulo Comunicación IoT.....	34
2.6.4.	Caja de Instalación para Componentes Electrónicos	35
2.6.5.	Cableado	36
2.6.6.	Poste de Montaje.....	36
2.6.7.	Recepción y Monitoreo.....	37
2.6.8.	Simulador Fritzing	39
2.6.9.	Cálculo de Consumo Energético.....	42
2.6.10.	Panel Solar	43
2.6.11.	Batería	44
2.6.12.	Controlador de Carga	45
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		48
3.1.	Generación y Simulación de Datos en Node-RED	50
3.2.	Visualización en Grafana	53
3.2.1.	Monitoreo del Nivel de Agua	53
3.2.2.	Monitoreo de Temperatura, Humedad y Presión	54
3.2.3.	Comportamiento de los Sensores (Agua, Humedad, Temperatura)	54

3.2.4. Detección de Lluvia	54
3.2.5. Mapa Interactivo de la Parroquia Convento	55
3.3. Sistema de Alerta Temprana.....	56
3.4. Discusión de Resultados.....	59
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa entre JSN-SR04T, HC-SR04 y SEN0208	30
Tabla 2 Comparativa entre RG-11, pluviómetro de cubeta basculante y sensor acústico	31
Tabla 3 Comparativa entre los sensores BME280, SHT31, y BMP388	32
Tabla 4 Comparativa de tarjetas	33
Tabla 5 Comparativa entre módulo de Comunicación IoT Lora y Sigfox	34
Tabla 6 Simulación de rangos generados por los sensores	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del desarrollo teórico del S.A.T para inundaciones	7
Figura 2 Interface del simulador grafana	8
Figura 3 Interface del simulador fritzing	9
Figura 4 Interface del simulador tinkercad	10
Figura 5 Sensor JSN-SR04T	14
Figura 6 Sensor HC-SR04	15
Figura 7 Sensor SEN0208.....	15
Figura 8 Pluviómetro Basculante RG-11	17
Figura 9 Pluviómetro de cubeta basculante 6466 Rain Collector II	18
Figura 10 Sensor acústico de precipitación OTT Pluvio	19
Figura 11 Sensor Meteorológico BME280.....	20
Figura 12 Sensor Metereológico SHT31	20
Figura 13 Sensor Metereológico BMP388	21
Figura 14 ESP32	22
Figura 15 Arduino UNO	23
Figura 16 Módulo Lora SX1276.....	24
Figura 17 Módulo Lora SX1261.....	25
Figura 18 Módulo Sigfox Wisol SFM10R1	26
Figura 19 Módulo Sigfox TD1208	26
Figura 20 Rio Convento Parroquia Convento - Chone.....	28
Figura 21 Caja eléctrica impermeable IP65.....	36
Figura 22 Poste 4m Acero Galvanizado	37
Figura 23 Antena LoRa de 868 MHz.....	38

Figura 24 Interface Fritzing dentro del S.A.T	39
Figura 25 Esquemático ESP32 con sensores	40
Figura 26 Placa de pruebas ESP32 con sensores	41
Figura 27 Panel Renogy 50W 12V Monocrystalline.....	44
Figura 28 Batería Renogy Deep Cycle AGM Battery 12 V 20Ah	45
Figura 29 Controlador de Carga EPEVER MPPT 10A	46
Figura 30 Desarrollo de la propuesta del Sistema de Alerta Temprana para inundaciones	47
Figura 31 Sistema de alimentación solar	49
Figura 32 Conexión Node-Red.....	51
Figura 33 Código en Node-Red sensor de ultrasónico (JSN-SR04T).....	51
Figura 34 Código en Node-Red sensor metereológico (BME280).....	52
Figura 35 Código Node-Red sensor de lluvia (RG-11)	52
Figura 36 InfluxDB.....	53
Figura 37 Monitoreo Grafana	56
Figura 38 Monitoreo en Grafana en alerta.....	57
Figura 39 Mensaje de alerta en Telegram.....	58
Figura 40 Monitoreo en normalidad dentro de Grafana.	58
Figura 41 Mensaje de normalidad en Telegram	59

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un sistema de alerta temprana de inundaciones para la parroquia Convento, con el propósito de monitorear variables climáticas y niveles de agua en tiempo real. Se emplearon sensores de nivel de agua (JSN-SR04T), temperatura, humedad y presión (BME280) y detección de lluvia (RG-11), integrados mediante Node-RED, InfluxDB y Grafana. El sistema incluye alertas automáticas cuando el nivel de agua supera los 180 cm, enviando notificaciones a los usuarios. El análisis geoespacial se realizó a través de plataformas del INAMHI y el Ministerio del Ambiente, lo que permitió visualizar zonas vulnerables. La simulación del sistema confirmó su capacidad para detectar posibles eventos de inundación y generar respuestas oportunas. La implementación futura en campo validará los resultados obtenidos en la simulación y mejorará la capacidad de respuesta ante emergencias.

Palabras clave: Sistema de alerta, Inundaciones, Monitoreo

ABSTRACT

This work develops an early flood warning system for the Convento parish, aiming to monitor climatic variables and water levels in real-time, contributing to disaster prevention. For this purpose, water level sensors (JSN-SR04T), temperature, humidity, and pressure sensors (BME280), and rain detection sensors (RG-11) were integrated, with an automated approach using Node-RED for data management, InfluxDB as the database, and Grafana for visualization and analysis. The system generates automatic alerts when the water level exceeds 180 cm, sending notifications to users to take preventive measures. Additionally, geospatial analysis was performed using data obtained from the platforms of the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI) and the Ministry of the Environment, which allowed the identification of vulnerable areas. The simulation proved the system's effectiveness, which will be validated in its field implementation.

Keywords: Alert system, Floods, Monitoring

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones representan uno de los desastres naturales más frecuentes y devastadores, especialmente en zonas con condiciones climáticas y geográficas vulnerables, como la parroquia Convento en el cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Esta región ha sufrido, a lo largo de los años, recurrentes episodios de inundaciones durante la temporada de lluvias, afectando gravemente tanto a la población local como a la infraestructura y las actividades económicas. Las recientes inundaciones, como las del 19 de febrero de 2024 (El Diario, 2024) y el 12 de julio de 2023 (Redacción Primicias, 2023), resaltan la necesidad urgente de mejorar los sistemas de prevención y respuesta ante estos fenómenos.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar un sistema automatizado de alerta temprana de inundaciones que permita el monitoreo continuo de las condiciones ambientales y la predicción de eventos de inundación, minimizando el riesgo de daños y pérdidas humanas y materiales. Este sistema se basará en el uso de sensores ultrasónicos, pluviómetros y un sistema de comunicaciones eficiente, como LoRaWAN, para asegurar la recolección y transmisión de datos en tiempo real a un centro de control centralizado.

El alcance de este proyecto abarca la conceptualización, diseño, simulación y validación de un sistema que permitirá no solo la predicción oportuna de inundaciones, sino también la implementación de medidas preventivas por parte de las autoridades y la población. El desarrollo de este sistema busca abordar uno de los problemas más críticos de la región la falta de un mecanismo eficiente para la emisión de alertas tempranas que permitan a la población prepararse y evitar los efectos devastadores de las inundaciones, salvaguardando vidas humanas y protegiendo los recursos económicos y sociales de la comunidad en la parroquia Convento.

Este trabajo es relevante en diversos ámbitos. En el ámbito social, la implementación de un sistema de alerta temprana aumentará la seguridad y bienestar de la población al proporcionar información oportuna para tomar decisiones informadas durante los eventos de inundación. En el ámbito profesional, este proyecto ofrece una oportunidad de aplicar conocimientos avanzados en electrónica, automatización y redes de sensores para resolver problemas reales. En el ámbito científico, la propuesta permitirá un avance en la gestión de

riesgos de desastres mediante el uso de tecnologías modernas para la predicción y mitigación de desastres naturales.

La investigación se desarrolla a lo largo de varios capítulos, inicialmente, se presenta una fundamentación que contextualiza la investigación. El marco teórico profundiza en el estado del arte de los sistemas de alerta temprana, explorando sensores inteligentes, redes IoT y algoritmos de predicción.

El diseño del sistema integra tecnologías de vanguardia, incluyendo sensores ultrasónicos JSN-SR04T para la medición precisa del nivel del agua, pluviómetros RG-11 para la detección de precipitaciones, y sensores meteorológicos BME280 para el monitoreo de temperatura, humedad. La información es procesada por un microcontrolador ESP32, que actúa como núcleo del sistema, integrando todos los sensores y gestionando la comunicación. Para la transmisión de datos a largas distancias, se implementa la tecnología LoRa utilizando el módulo SX1276, que opera en las bandas de frecuencia de 868 MHz o 915 MHz, permitiendo una cobertura extensa en áreas rurales.

Este trabajo aspira a contribuir significativamente al conocimiento en el área de la mitigación de riesgos naturales mediante la aplicación innovadora de tecnologías emergentes, ofreciendo una solución integral que combina monitoreo preciso, procesamiento eficiente y comunicación robusta para mejorar la respuesta ante inundaciones en la Parroquia Convento, Chone-Manabí.

Planteamiento de la investigación (Fundamentación de la investigación)

La investigación propuesta se enfoca en abordar el problema de las inundaciones recurrentes en la parroquia Convento, cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador, donde las intensas lluvias y las deficientes infraestructuras aumentan la vulnerabilidad de la población. Pese a los esfuerzos de las autoridades locales, la falta de un sistema de alerta temprana eficiente ha dificultado la prevención y respuesta oportuna ante los eventos de inundación. La implementación de un sistema automatizado de alerta temprana basado en tecnologías de electrónica y automatización industrial es de vital importancia para mitigar los efectos de estos desastres.

La propuesta se fundamenta en la utilización de sensores inteligentes para monitorear las variables clave en la predicción de inundaciones, tales como los niveles de agua, las condiciones climáticas y la precipitación. Además, se integrarán técnicas avanzadas de procesamiento de datos y redes de comunicaciones inalámbricas para asegurar la

transmisión en tiempo real de la información recolectada, permitiendo que las alertas lleguen de manera oportuna a las autoridades y a la población.

La justificación de esta investigación radica en la necesidad urgente de contar con un sistema que permita una respuesta más efectiva ante las inundaciones en la parroquia Convento. Las pérdidas humanas, económicas y materiales causados por los eventos recientes de inundación demuestran la vulnerabilidad de la región. El desarrollo e implementación de un sistema de alerta temprana automatizado no solo contribuirá a salvar vidas, sino que también fomentará el desarrollo sostenible y la resiliencia comunitaria al proteger los medios de subsistencia y la infraestructura local. Esta investigación es pertinente en el campo de la electrónica y la automatización, ya que permitirá aplicar herramientas y tecnologías avanzadas para la solución de problemas ambientales y de gestión de riesgos.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo el diseño e implementación de un sistema automatizado de alerta temprana basado en tecnologías de electrónica y automatización industrial puede mejorar la predicción y mitigación de inundaciones en la parroquia Convento, cantón Chone, provincia de Manabí?

Objetivo General:

Diseñar un sistema automatizado de alerta temprana por inundación en la Parroquia Convento, Chone-Manabí, que permita el monitoreo continuo, el procesamiento de datos y la predicción oportuna de eventos de inundación, generando y difundiendo alertas a las autoridades y la población mediante el uso de sensores ultrasónicos y pluviómetros conectados a través de un sistema de comunicaciones LoRaWAN, con el fin de minimizar los daños, salvaguardar vidas y contribuir a la gestión eficiente de riesgos de desastres en la región.

Objetivos Específicos:

- Diseñar una red de sensores inteligentes basada en sistemas embebidos y microcontroladores para la adquisición de datos de nivel de agua, utilizando sensores ultrasónicos, y de precipitación, empleando pluviómetros, así como sensores de condiciones meteorológicas para variables como temperatura, relevantes para la predicción de inundaciones en la Parroquia Convento.

- Proponer técnicas de procesamiento digital de señales y algoritmos de filtrado y conversión de unidades en los sistemas embebidos mediante el uso de microcontroladores como el ESP32 o Arduino, asegurando la calidad y consistencia de la información adquirida por los sensores.
- Diseñar un sistema de comunicaciones inalámbricas basado en protocolos y tecnologías de redes de área amplia de baja potencia (LPWAN), como LoRaWAN, para la transmisión eficiente y confiable de los datos procesados desde los nodos de sensores hasta un centro de control y procesamiento centralizado.
- Desarrollar un plan de validación y pruebas de funcionamiento para el sistema de alerta temprana de inundaciones, empleando herramientas de simulación de software gratuitas y accesibles, como Tinkercad para la simulación de circuitos electrónicos y QGIS para el análisis geoespacial, con el propósito de evaluar de manera precisa y efectiva la operatividad del sistema antes de su implementación en el campo.

Planteamiento hipotético

El diseño de un sistema alerta temprana por inundaciones automatizado de adquisición, procesamiento y transmisión de datos, basado en técnicas y tecnologías de electrónica y automatización industrial, permitirá la reducción de daños y pérdidas, así como a la protección de vidas humanas en la Parroquia Convento.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Revisión de literatura

La prevención de inundaciones mediante la implementación de sistemas de alerta temprana (SAT) ha sido un tema de creciente interés debido al aumento de eventos climáticos extremos y sus efectos devastadores sobre las comunidades vulnerable, varias investigaciones han abordado la importancia de la gestión del riesgo y la implementación de estrategias para mitigar los daños causados por inundaciones

Llano Marín y Martínez Hernández (2019), en su investigación titulada *Diseño de un sistema de alerta temprana por inundación en el Instituto Agrícola de Guacavía*, desarrollaron una metodología centrada en el análisis de riesgos y vulnerabilidad frente a inundaciones. El estudio identificó las principales amenazas, que incluyen la alta

vulnerabilidad física, social y económica de la población debido a ingresos fijos insuficientes y falta de educación sobre el riesgo de inundaciones. Para realizar su investigación, los autores utilizaron herramientas tecnológicas como ArcGIS, HecGeoHMS, Hec-GeoRAS y HEC-RAS, lo que permitió la simulación de los efectos potenciales de una inundación. Esto facilitó la identificación de recursos clave para mitigar las amenazas y capacitar a la comunidad sobre la prevención y respuesta frente a eventos de este tipo.

Por otro lado, en el cantón Babahoyo, Pérez Bayas (2017) en su estudio titulado *Diseño de un Sistema de Alerta Temprana para la Prevención de la Población Frente a Inundaciones en el Cantón Babahoyo*, destaca la importancia de establecer un sistema de alerta temprana robusto y eficaz para la protección de la población. El sistema propuesto incluye una estrategia de comunicación diseñada para asegurar que las alertas lleguen a la comunidad de manera oportuna y clara. Asimismo, se enfatiza en el uso de campañas de concientización y planes de comunicación adecuados. El estudio subraya que la falta de ingresos estables y la degradación ambiental en la región de Babahoyo aumentan significativamente la vulnerabilidad de las familias locales frente a inundaciones. Entre sus recomendaciones, el estudio propone incrementar el número de estaciones meteorológicas e hidrológicas en la región para mejorar la precisión de las alertas tempranas y facilitar la toma de decisiones.

En enfoque más tecnológico se puede observar en el estudio de Saá Ureña (2018) titulado *Diseño de un Prototipo de Sistema de Alerta Temprana para Inundación y Desbordamiento, Usando Visión Artificial y Redes Celulares para la Ciudad de Puyo*. Este estudio se centra en el uso de sistemas de visión artificial y procesamiento de imágenes en tiempo real para monitorear los niveles de los ríos y emitir alertas de inundación. El prototipo desarrollado por el autor emplea una cámara conectada a una Raspberry Pi3 y algoritmos basados en Python y OpenCV para capturar y procesar imágenes de los niveles de agua en el río Citayacu. El sistema, además de monitorear los niveles de agua, está diseñado para enviar alertas automáticas vía correo electrónico a las autoridades y a las personas en áreas de riesgo, ofreciendo así una alternativa automatizada a los sistemas convencionales de monitoreo

La implementación de sistemas de alerta temprana, combinada con una adecuada estrategia de comunicación y el uso de tecnologías avanzadas, ha demostrado ser una

solución efectiva para reducir el riesgo de inundaciones y proteger a las comunidades vulnerables. Sin embargo, estas soluciones deben ir acompañadas de políticas públicas que promuevan la educación y la conciencia sobre los riesgos, así como de inversiones en infraestructura de monitoreo y prevención.

1.2. Desarrollo teórico y conceptual

El Sistema de Alerta Temprana (SAT) para Inundaciones es una solución tecnológica que integra diversos componentes IoT, con el objetivo de monitorear y prever condiciones ambientales que puedan desencadenar inundaciones. Este sistema aprovecha la comunicación de datos en tiempo real entre sensores y microcontroladores, los cuales capturan variables clave como el nivel de agua, la temperatura, la humedad y la presión. Estas mediciones son procesadas y analizadas mediante simuladores y plataformas de monitoreo, permitiendo generar alertas ante la detección de condiciones críticas.

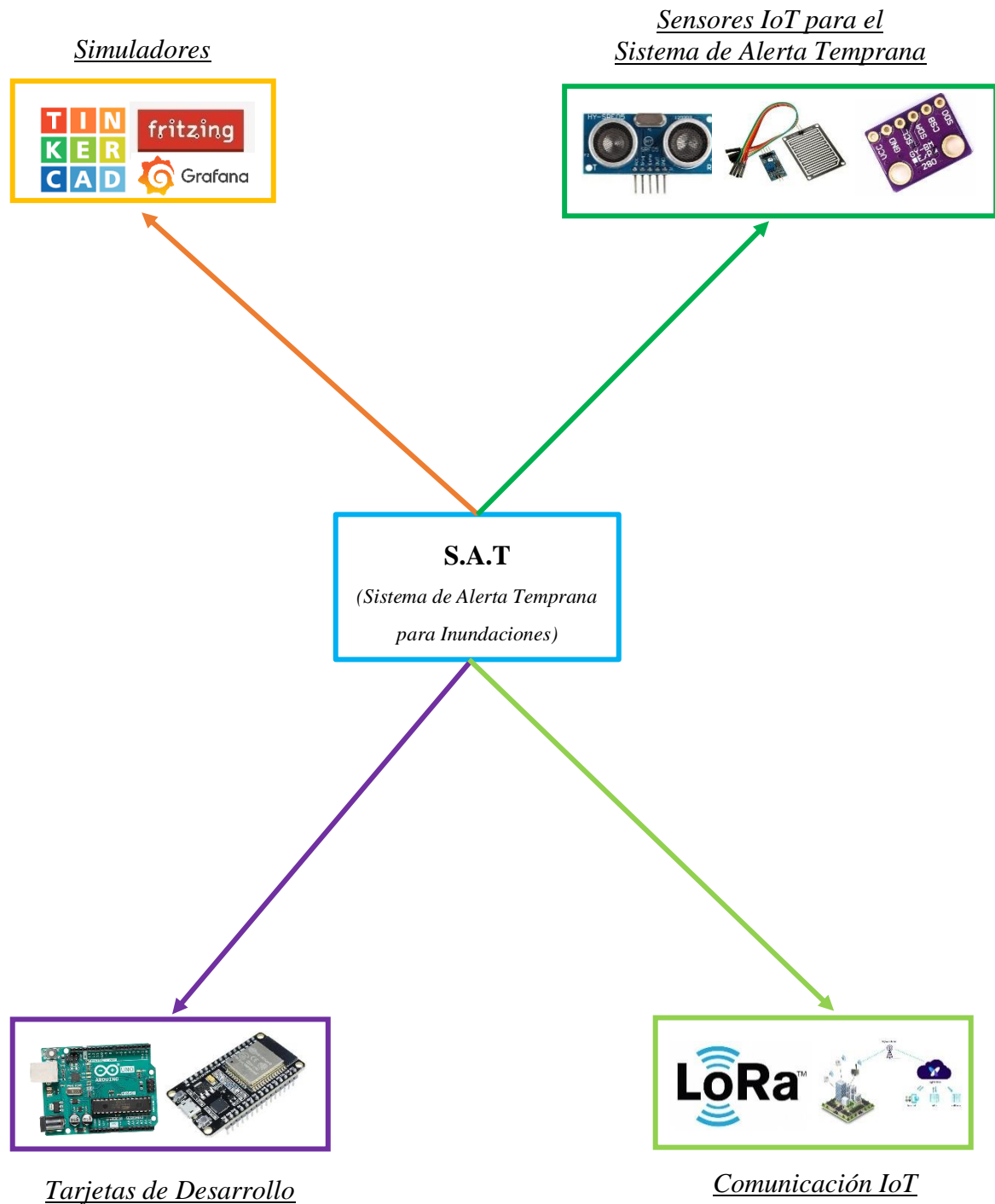
Para su funcionamiento, el sistema utiliza una red de sensores conectados a microcontroladores que capturan y procesan datos en tiempo real. Estos sensores, ubicados estratégicamente en zonas de riesgo, miden las variables antes mencionadas y transmiten los datos a través de plataformas de comunicación IoT. La infraestructura de comunicación, como LoRa, es fundamental para garantizar la transmisión efectiva de datos en áreas remotas o con dificultades de acceso a redes tradicionales

La Figura 1 muestra el esquema del desarrollo teórico del SAT, detallando los componentes esenciales que interactúan para el monitoreo de inundaciones. Estos elementos incluyen sensores IoT, microcontroladores, plataformas de comunicación y simuladores, que en conjunto permiten la detección temprana y oportuna de eventos de riesgo. Cada componente desempeña un papel crucial en la operatividad del sistema, desde la recolección de datos hasta su análisis y comunicación a los usuarios.

Una vez recogidos los datos, estos son procesados mediante simuladores y plataformas de monitoreo, como Grafana, donde se analizan y visualizan para obtener información crítica. Este análisis permite anticipar cambios bruscos en las condiciones que puedan señalar el riesgo de inundación. Así, el sistema es capaz de emitir alertas automáticas cuando se detectan umbrales de riesgo, como un aumento significativo en el nivel del agua o precipitaciones intensas. Las alertas generadas se envían a los usuarios responsables de la toma de decisiones, lo que permite una respuesta inmediata para minimizar los daños.

Figura 1

Esquema del desarrollo teórico del S.A.T para inundaciones



Nota: Esta figura Esquema muestra el desarrollo teórico del S.A.T para inundaciones. Autoría propia.

1.2.1. Simuladores

Los simuladores son herramientas clave en el diseño y prueba de sistemas de electrónica, automatización e IoT. Estos permiten modelar, visualizar y evaluar el comportamiento de los componentes y sistemas antes de la implementación física.

1.2.1.1. Grafana

Grafana es una plataforma de código abierto para la monitorización y visualización de datos en tiempo real. Aunque no es un simulador en el sentido tradicional, Grafana es crucial para proyectos IoT, ya que permite visualizar los datos recolectados por sensores y sistemas automatizados.

Características:

- Se puede conectar a bases de datos en la nube, dispositivos IoT y sistemas embebidos para visualizar datos de sensores (temperatura, humedad, nivel del agua, etc.).
- Los usuarios pueden crear gráficos y visualizaciones personalizadas para monitorizar sistemas de automatización.
- Compatible con bases de datos como InfluxDB, Prometheus, y otros servicios en la nube, lo que facilita la visualización en tiempo real de redes de sensores IoT.
- Se usa en proyectos IoT industriales, sistemas de alerta temprana y redes de sensores para la monitorización en tiempo real. (Salituro, 2023)

Figura 2

Interface del simulador grafana



Nota: Esta figura muestra la pantalla de simulación de grafana. Tomada de (Grafana, 2024)

1.2.1.2.Fritzing

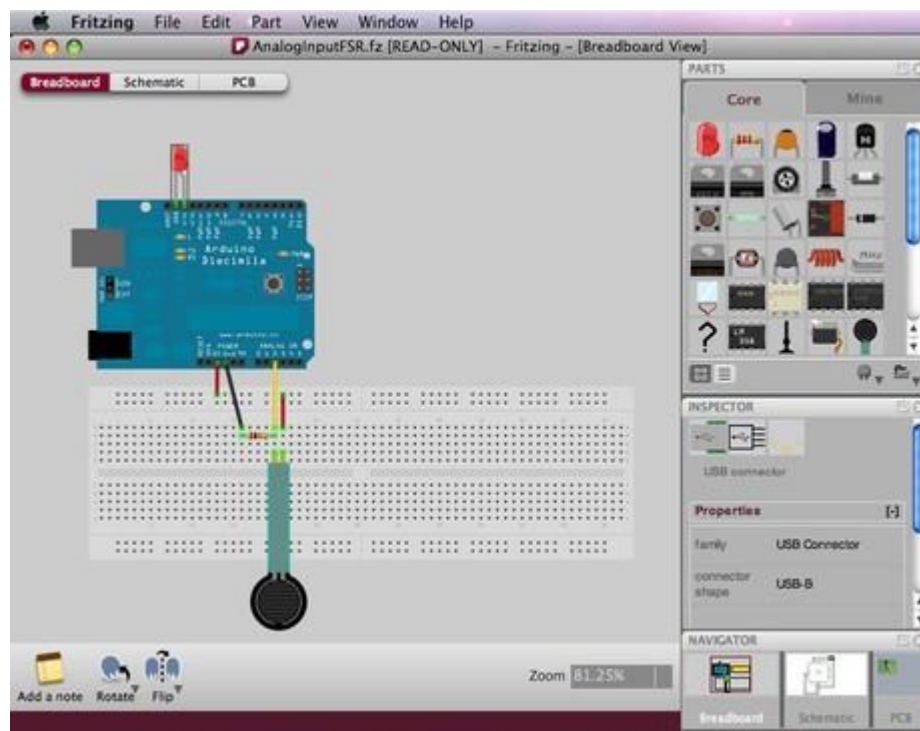
Fritzing es un simulador y herramienta de diseño de circuitos electrónicos enfocado en la prototipación rápida y la enseñanza. Es muy utilizado para diseñar proyectos de IoT y automatización con microcontroladores como Arduino.

Características:

- Permite a los usuarios diseñar circuitos electrónicos de forma intuitiva y convertir esos diseños en PCB (placas de circuito impreso).
- Interfaz gráfica fácil de usar, ideal para quienes están empezando en proyectos de electrónica e IoT.
- Ofrece una amplia librería de componentes electrónicos como sensores, actuadores y módulos de comunicación.
- Utilización en proyectos de IoT con sensores básicos, prototipos educativos con Arduino y desarrollo rápido de ideas. (López Aldea, 2016)

Figura 3

Interface del simulador fritzing



Nota: Esta figura muestra la pantalla de conexión de circuito en fritzing. Tomada de (Fritzing, 2024)

1.2.1.3. Tinkercad

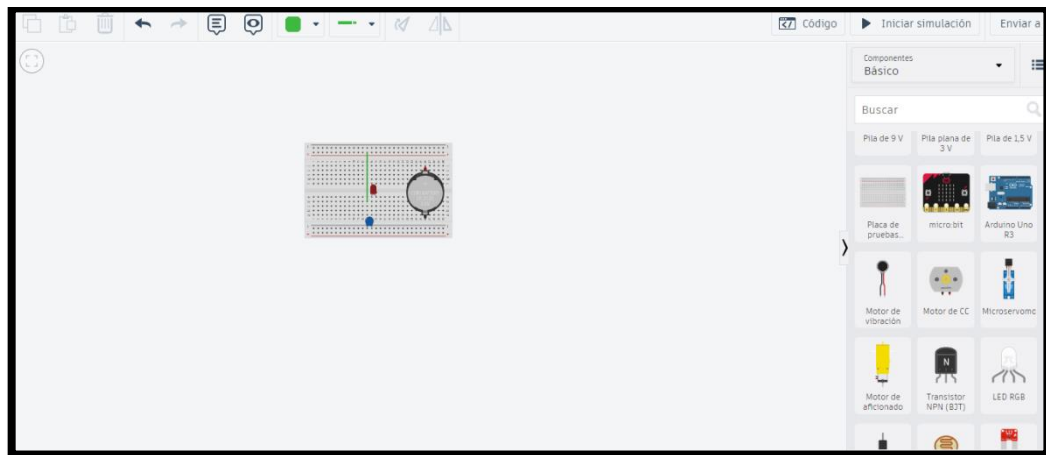
Tinkercad es una herramienta en la nube que permite la simulación de circuitos electrónicos y el diseño 3D. Es ideal para prototipar proyectos de IoT de forma rápida y fácil.

Características:

- Permite a los usuarios diseñar circuitos electrónicos, incluyendo el uso de microcontroladores como Arduino y sensores.
- Los usuarios pueden simular el código de microcontroladores en Arduino para probar sus proyectos antes de construirlos.
- Muy usado en entornos educativos por su simplicidad y capacidad para simular sensores y actuadores comunes.
- Usado en prototipos rápidos de proyectos IoT, enseñanza de circuitos básicos, simulación de sensores para proyectos de automatización. (Chiluisa Chiluisa et al., 2022)

Figura 4

Interface del simulador tinkercad



Nota: Esta figura muestra la pantalla de conexión de circuito en tinkercad. Autoría Propia.

1.2.2. Sistemas de Alerta Temprana de Inundaciones

Los sistemas de alerta temprana de inundaciones (SATI) son herramientas cruciales en la gestión de riesgos de desastres hidrológicos. Su objetivo principal es reducir el impacto de las inundaciones mediante la detección temprana de condiciones que puedan conducir a estos eventos, y la difusión oportuna de alertas a las autoridades y la población en riesgo (Hernández, 2021). Un SATI eficaz puede salvar vidas, proteger bienes y medios de vida, minimizar daños a la infraestructura y facilitar una respuesta más efectiva ante los desastres

Los componentes clave de un SATI incluyen: (1) monitoreo y detección de eventos precursores, (2) análisis y predicción de riesgos, (3) difusión de alertas, y (4) preparación y respuesta a emergencias (Muñoz et al., 2018) .Estos componentes deben estar integrados y coordinados para garantizar una operación eficiente del sistema.

1. **Monitoreo y detección de eventos precursores:** Este componente implica la instalación de una red de sensores que vigilan en tiempo real variables críticas, como el nivel de los ríos, la precipitación acumulada, la humedad del suelo y otros factores meteorológicos relevantes. Esto incluye la utilización de tecnologías como pluviómetros y sensores ultrasónicos.
2. **Análisis y predicción de riesgos:** Los datos recopilados por los sensores deben ser procesados y analizados para predecir posibles inundaciones. Este análisis se basa en modelos hidrológicos que simulan el comportamiento de los sistemas fluviales y la capacidad de retención de las cuencas hidrográficas. Las predicciones pueden ser ajustadas en tiempo real en función de los datos entrantes.
3. **Difusión de alertas:** Una vez identificada la posibilidad de una inundación, se deben activar los mecanismos de alerta para que las autoridades y las comunidades tomen medidas preventivas. Las alertas pueden emitirse a través de diversos canales, como sistemas de mensajería masiva, aplicaciones móviles, redes sociales, radio y televisión.
4. **Preparación y respuesta a emergencias:** La efectividad de un SATI no solo radica en la detección temprana y la difusión de alertas, sino también en la capacidad de las comunidades para actuar de manera organizada frente a la emergencia. Esto requiere planes de evacuación bien estructurados, capacitación

comunitaria y la existencia de infraestructuras adecuadas para reducir el impacto de las inundaciones.

1.2.3. Sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos que detectan cambios en el entorno físico y los transforman en señales eléctricas que pueden ser interpretadas por sistemas de control o dispositivos inteligentes. (Palomares Garrido et al., 2024)

Estos dispositivos son cruciales para una amplia gama de aplicaciones, incluidas las relacionadas con la electrónica, automatización y el Internet de las Cosas (IoT), permitiendo la monitorización y el control en tiempo real de diversas variables y procesos.

Características de los Sensores

- Los sensores convierten una magnitud física, como temperatura, luz o presión, en una señal eléctrica que puede ser procesada.
- Los sensores son capaces de medir cambios pequeños en las condiciones ambientales con un alto grado de exactitud.
- La capacidad del sensor para detectar incluso los cambios más sutiles en el entorno.
- En el caso de IoT, los sensores están conectados a redes inalámbricas, enviando datos en tiempo real a sistemas que los analizan o a dispositivos que toman acciones automáticas en función de esos datos.
- Los sensores modernos están diseñados para ser pequeños y ligeros, facilitando su integración en dispositivos más grandes o sistemas complejos. (Palomares Garrido et al., 2024)

Los sensores juegan un papel crucial en sistemas de automatización, donde ayudan a realizar tareas de monitoreo, control de calidad, y optimización de procesos industriales. En IoT permiten la recolección de grandes cantidades de datos para su procesamiento y análisis, facilitando la toma de decisiones automatizadas y mejorando la eficiencia de los sistemas.

Aplicación en Electrónica y Automatización IoT

En el ámbito de electrónica y automatización IoT, los sensores permiten el control remoto y el monitoreo de sistemas a través de dispositivos inteligentes conectados a una red. Se

utilizan ampliamente en aplicaciones industriales, casas inteligentes, automóviles autónomos y monitoreo ambiental, entre otros.

Estos sensores son fundamentales en sistemas de alerta temprana, como en la detección de inundaciones, donde permiten medir el nivel del agua, la velocidad de la corriente, las precipitaciones, y otros factores críticos en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta ante desastres.

1.2.3.1. Sensor Ultrasónico

Un sensor ultrasónico es un dispositivo que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para detectar la distancia entre el sensor y un objeto o superficie. En la medición del nivel del agua, estos sensores son capaces de medir de forma precisa la altura de un líquido (como agua en un río, tanque o embalse) sin entrar en contacto directo con él, lo que los hace ideales para aplicaciones en las que se requiere precisión y durabilidad. Los sensores ultrasónicos son ampliamente utilizados en sistemas de alerta temprana para prevenir inundaciones o controlar niveles de agua en depósitos.

Funcionamiento

El sensor ultrasónico emite ondas de sonido a una frecuencia inaudible para los humanos (generalmente en el rango de 20 kHz a 40 kHz). Estas ondas viajan a través del aire y rebotan cuando encuentran una superficie, como la del agua. El sensor mide el tiempo que tarda la onda en viajar desde el dispositivo hasta el agua y regresar, y, con base en este tiempo de respuesta, calcula la distancia entre el sensor y la superficie del agua. Este proceso se denomina tiempo de vuelo o eco.

1.2.3.1.1. Sensor JSN-SR04T

El sensor *JSN-SR04T* es un sensor ultrasónico sumamente popular para la medición del nivel de agua y aplicaciones al aire libre, debido a su robustez y resistencia a condiciones ambientales adversas.

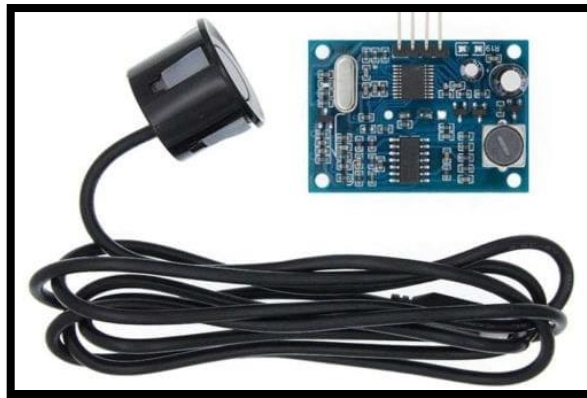
Características principales tomadas de (Datasheet JSN-SR04T)

- **Alcance de medición:** De 20 cm a 600 cm, con un margen de error de ± 1 cm.
- **Frecuencia:** 40 kHz.
- **Tensión de funcionamiento:** 3.0-5.5V.
- **Resistencia a la intemperie:** Este modelo es resistente al agua (IP68), lo que lo hace ideal para su uso en exteriores y entornos húmedos.

- Se puede utilizar con microcontroladores como Arduino o Raspberry Pi, ESP32 lo que facilita su implementación en proyectos de automatización y control del nivel de agua.

Figura 5

Sensor JSN-SR04T



Nota: Esta figura muestra el sensor ultrasónico JSN-SR04T. Tomada de (Unit Electronics, 2024).

1.2.3.1.2. Sensor HC-SR04

El sensor *HC-SR04* es otro sensor ultrasónico muy común, pero con menor resistencia a las condiciones climáticas, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en interiores.

Características principales tomadas de (Datasheet HC - SR04)

- **Alcance de medición:** De 2 cm a 400 cm, con una precisión de ± 3 mm.
- **Frecuencia:** 40 kHz.
- **Tensión de funcionamiento:** 5V.
- **Limitaciones ambientales:** No es resistente al agua, por lo que debe utilizarse en entornos controlados o interiores.
- Ideal para proyectos educativos y pequeños sistemas de control de nivel en entornos donde las condiciones ambientales no son un factor crítico.

Figura 6

Sensor HC-SR04



Nota: Esta figura muestra el sensor ultrasónico HC-SR04. Tomada de (Mouser Electronics, 2023)

1.2.3.1.3. Sensor SEN0208 (DFRobot URM07)

El sensor *SEN0208* es un sensor ultrasónico industrial diseñado para aplicaciones en entornos complejos, ofreciendo mayor precisión y estabilidad que los modelos básicos.

Características principales tomadas de (Datasheet SEN0208)

- **Alcance de medición:** De 25 cm a 4.5 metros, con una precisión de ± 1 mm.
- **Frecuencia:** 40 kHz.
- **Tensión de funcionamiento:** 5V.
- **Resistencia a la intemperie:** Alta protección contra el polvo y la humedad (IP67), lo que lo hace ideal para aplicaciones industriales y exteriores.
- Es compatible con sistemas avanzados y puede conectarse fácilmente a tecnologías IoT y plataformas de monitoreo en tiempo real.

Figura 7

Sensor SEN0208



Nota: Esta figura muestra el sensor ultrasónico SEN0208. Tomada de (DigiKey, 2024)

1.2.3.2. Sensores de Precipitación

Un sensor de precipitación es un dispositivo diseñado para medir la cantidad de lluvia que cae en una ubicación determinada durante un período de tiempo específico. Estos sensores son esenciales para el monitoreo climático, la gestión de recursos hídricos y la automatización de sistemas de riego.

Existen varios tipos de sensores de precipitación, pero en general, estos dispositivos miden el agua de lluvia acumulada. Los más comunes utilizan mecanismos de cubetas basculantes, ópticos o acústicos. El sensor detecta la cantidad de lluvia que cae en una superficie, y en algunos casos, también puede medir la intensidad y el tiempo entre cada evento de precipitación.

Tipos de sensores de precipitación y características

1.2.3.2.1. RG-11 (Rain Gauge Sensor)

El RG-11 es un sensor de lluvia basado en tecnología óptica, lo que significa que utiliza luz infrarroja para detectar la presencia de gotas de agua en su superficie. A diferencia de los pluviómetros tradicionales, no requiere mantenimiento frecuente, ya que no tiene partes móviles que puedan desgastarse con el tiempo.

Características principales tomadas de (Hydreon Corporation)

- **Tecnología:** Óptica (detección mediante infrarrojos).
- **Modos de funcionamiento:** Puede operar en diferentes modos como sensor de lluvia, detector de intensidad, o contador de gotas.
- **Sensibilidad:** Ajustable, lo que permite personalizar el nivel de detección de lluvia.
- **Salida de datos:** Puede emitir una señal digital que indica la presencia de lluvia o la intensidad de la misma.
- El RG-11 es resistente a las condiciones climáticas extremas, lo que lo hace adecuado para su uso en exteriores durante largos períodos.
- **Instalación:** Se puede colocar fácilmente en exteriores, en sistemas de riego o sistemas meteorológicos, y conectarse a controladores o sistemas de monitoreo, sistemas de alerta temprana.

Figura 8

Pluviómetro Basculante RG-11



Nota: Esta figura muestra el sensor de precipitación RG-11. Tomada de (Tek300, 2024)

1.2.3.2.2. Pluviómetro de cubeta basculante

Modelo: Davis Instruments 6466 Rain Collector II

El pluviómetro de cubeta basculante es el sensor de lluvia más común utilizado en estaciones meteorológicas. Funciona con una pequeña cubeta que, cuando recoge una cantidad específica de agua (generalmente 0.2 mm), se inclina, vacía el agua y activa un interruptor para registrar la cantidad de lluvia.

Características principales tomadas de (David Instruments, 2022)

- **Precisión:** Alta precisión en la medición de la cantidad de lluvia, con una resolución de aproximadamente 0.2 mm por cada basculación.
- **Mantenimiento:** Requiere limpieza periódica para evitar obstrucciones por hojas o suciedad.
- **Salida de datos:** Emite un pulso cada vez que la cubeta se inclina, lo que permite contar la cantidad de precipitación acumulada.
- Fácil de instalar en exteriores, pero requiere protección contra el viento fuerte para evitar lecturas incorrectas.
- Estaciones meteorológicas, monitoreo del clima en áreas agrícolas, y estudios hidrológicos

Figura 9

Pluviómetro de cubeta basculante 6466 Rain Collector II



Nota: Esta figura muestra el sensor de precipitación 6466 Rain Collector II. Tomada de (Scaled Instruments, 2024)

1.2.3.2.3. Sensor acústico de precipitación

Los sensores acústicos detectan la lluvia mediante la vibración de las gotas que impactan una superficie. Estas vibraciones son convertidas en señales eléctricas que pueden ser procesadas para calcular la cantidad de precipitación.

Un modelo típico de sensor acústico de precipitación es el OTT Pluvio, que utiliza tecnología acústica para medir la precipitación.

Características principales tomadas de (OTT HydroMet, 2024)

- **Tecnología:** Basado en la detección de las vibraciones generadas por las gotas de lluvia.
- **Precisión:** Moderada en la medición de la intensidad de la lluvia, pero menos precisa para medir la cantidad total acumulada.
- **Resistencia ambiental:** Robusto y resistente a condiciones extremas.
- **Mantenimiento:** Bajo mantenimiento, ya que no requiere partes móviles.

Figura 10

Sensor acústico de precipitación OTT Pluvio



Nota: Esta figura muestra el sensor de precipitación OTT Pluvio. Tomada de (Dastec, 2024)

1.2.3.3. Sensores Meteorológicos

1.2.3.3.1. Sensor BME280 (Sensor de Temperatura, Humedad y Presión Barométrica)

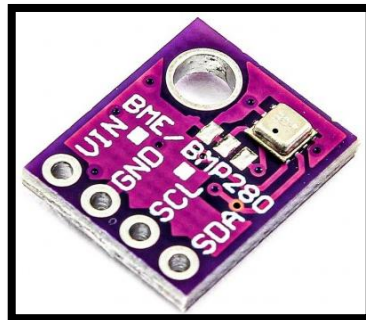
El BME280 es un sensor ambiental ampliamente utilizado que mide temperatura, humedad relativa y presión barométrica. Es conocido por su tamaño compacto, bajo consumo de energía y alta precisión, lo que lo hace ideal para aplicaciones meteorológicas y de IoT.

Características principales tomadas de (Bosch Sensortec BME280 Data sheet, 2024)

- **Rango de temperatura:** -40°C a 85°C.
- **Rango de humedad:** 0% a 100% RH.
- **Rango de presión:** 300 hPa a 1100 hPa.
- **Interfaz:** I2C o SPI, fácil de integrar en sistemas de microcontroladores o placas como Arduino, ESP32 y Raspberry Pi.
- **Precisión:** $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ para temperatura, $\pm 3\%$ para humedad, ± 1 hPa para presión.
- **Aplicaciones:** Estaciones meteorológicas, drones, monitoreo de clima interior, sistemas IoT para control ambiental.

Figura 11

Sensor Meteorológico BME280



Nota: Esta figura muestra el sensor meteorológico BME280. Tomada de (ElectroPeak, 2022)

1.2.3.3.2. SHT31 (Sensor de Temperatura y Humedad)

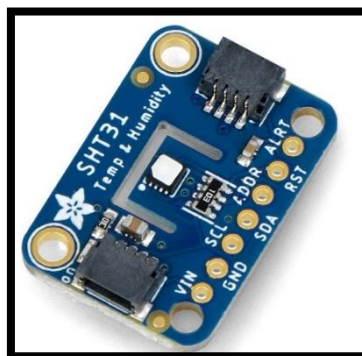
Otro sensor meteorológico popular es el SHT31, que mide temperatura y humedad con una gran precisión y es común en estaciones meteorológicas y aplicaciones industriales.

Características principales tomadas de (Sensirion, 2015)

- **Rango de temperatura:** -40°C a 125°C.
- **Rango de humedad:** 0% a 100% RH.
- **Interfaz:** I2C.
- **Precisión:** $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ para temperatura, $\pm 2\%$ para humedad.
- **Aplicaciones:** Control de calidad del aire, estaciones meteorológicas, automatización de edificios.

Figura 12

Sensor Meteorológico SHT31



Nota: Esta figura muestra el sensor meteorológico SHT31. Tomada de (Botland, 2022)

1.2.3.3. BMP388 (Sensor de Presión Barométrica y Temperatura)

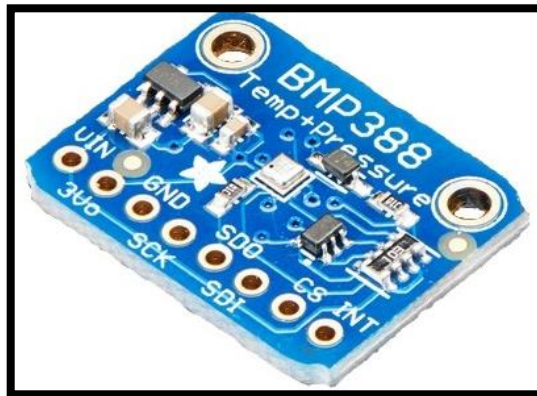
El BMP388 es un sensor especializado en la medición de la presión barométrica y temperatura. Es altamente preciso y se usa frecuentemente en aplicaciones de altitud y pronóstico del clima.

Características tomadas de (Bosch Sensortec BMP388 Datasheet, 2018)

- **Rango de temperatura:** -40°C a 85°C .
- **Rango de presión:** 300 hPa a 1250 hPa.
- **Interfaz:** I2C o SPI.
- **Precisión:** $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ para temperatura, ± 0.08 hPa para presión.
- **Aplicaciones:** Altímetros, pronóstico del clima, sistemas de navegación y control de altura en drones.

Figura 13

Sensor Meteorológico BMP388



Nota: Esta figura muestra el sensor meteorológico BMP388. Tomada de (Rs Group, 2024)

1.2.4. Tarjetas de desarrollo

Una tarjeta de desarrollo es un pequeño circuito integrado que contiene un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida en un solo chip. Los microcontroladores se utilizan en sistemas embebidos para controlar dispositivos y realizar tareas específicas como la automatización de procesos, monitoreo de sensores, o control de actuadores. Son el "cerebro" de muchos dispositivos electrónicos, desde electrodomésticos hasta sistemas complejos en automóviles o sistemas de IoT.

1.2.4.1.ESP32

Características principales tomadas de (Espressif, 2024):

- **Procesador:** Dual-core de alto rendimiento, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones que requieren multitarea o procesamiento de datos en tiempo real.
- **Conectividad:** Incluye Wi-Fi y Bluetooth, ideal para proyectos IoT donde la conectividad a internet o comunicación entre dispositivos es esencial.
- **Puertos E/S:** Ofrece una gran cantidad de pines de entrada/salida (hasta 36 GPIO), lo que lo hace muy versátil.
- **Programación:** Compatible con Arduino IDE, pero también puede programarse en **MicroPython** o usando el SDK nativo **ESP-IDF** para un mayor control.
- **Aplicaciones:** Proyectos de IoT, automatización del hogar, sistemas embebidos avanzados.

Figura 14

ESP32



Nota: Esta figura muestra ESP32. Tomado de (Xukyo, 2024)

1.2.4.2.Arduino UNO

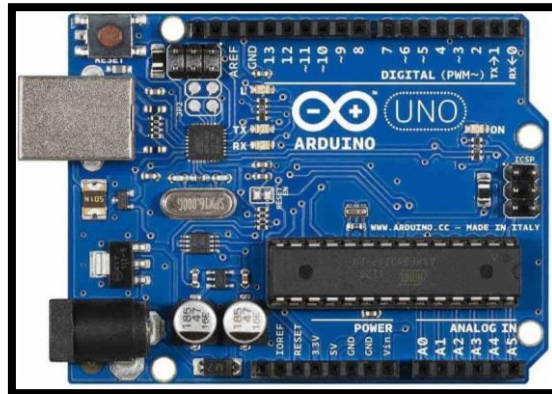
Características principales tomadas de (Arduino UNO , 2024)

- **Procesador:** Procesador de 8 bits más lento, adecuado para tareas sencillas o proyectos educativos.
- **Conectividad:** No tiene conectividad inalámbrica integrada, aunque se pueden agregar módulos adicionales como el ESP8266 para añadir Wi-Fi.
- **Puertos E/S:** Ofrece 14 pines digitales y 6 entradas analógicas, suficiente para proyectos pequeños y medianos.

- **Programación:** Usualmente programado en el entorno Arduino IDE, con una amplia comunidad de soporte y bibliotecas para principiantes.
- **Aplicaciones:** Prototipos, control de dispositivos, educación en programación y electrónica básica.

Figura 15

Arduino UNO



Nota: Esta figura muestra microcontrolador Arduino Uno. Tomado de (AV Electronics, 2024)

1.2.5. Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la interconexión de dispositivos a través de internet, lo que permite a estos recolectar, intercambiar y procesar datos sin intervención humana. En IoT, se utilizan diferentes tecnologías de comunicación para conectar sensores, dispositivos, y sistemas a plataformas en la nube para automatizar procesos, monitorear en tiempo real y mejorar la toma de decisiones. LoRa y Sigfox son dos tecnologías clave en la comunicación de IoT a larga distancia con bajo consumo de energía.

1.2.5.1. Lora

LoRa (Long Range) es una tecnología de modulación de radiofrecuencia diseñada para comunicaciones de largo alcance con bajo consumo de energía. Es parte de la red LoRaWAN, un protocolo de red inalámbrica que permite la comunicación entre dispositivos de IoT y gateways. LoRa es ideal para aplicaciones que requieren bajo ancho de banda y conectividad a larga distancia en áreas rurales o urbanas.

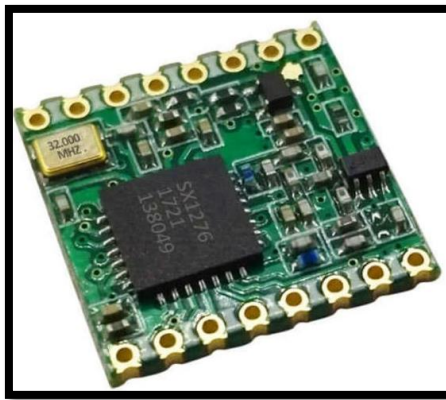
1.2.5.1.1. SX1276

Características principales tomadas de (Semtech Corporation , 2016):

- Modulación LoRa y FSK/OOK.
- Frecuencia: 137 MHz a 1020 MHz.
- Sensibilidad: hasta -137 dBm.
- Potencia de transmisión: hasta +20 dBm.
- Comunicación bidireccional.
- **Aplicaciones:** sensores de inundaciones, monitoreo ambiental, redes IoT en áreas rurales.

Figura 16

Módulo Lora SX1276



Nota: Esta figura muestra el módulo de comunicación Lora SX1276. Tomado de (Electrostore, 2024)

1.2.5.1.2. SX1261

Características principales tomadas de (Semtech Corporation, 2017):

- Bajo consumo de energía, ideal para dispositivos alimentados por batería.
- Frecuencia: 150 MHz a 960 MHz.
- Alta sensibilidad: hasta -148 dBm.
- Soporte para modulación LoRa y GFSK.
- Potencia de transmisión: hasta +15 dBm.
- **Aplicaciones:** monitoreo remoto, sensores de alerta temprana en áreas urbanas y rurales.

Figura 17

Módulo Lora SX1261



Nota: Esta figura muestra el módulo de comunicación Lora SX1261. Tomado de (Mouser Electronics, 2024)

1.2.5.2. Sigfox

Sigfox es una tecnología de comunicación de baja potencia que utiliza una red de ultra bajo ancho de banda para transmitir pequeños paquetes de datos. Es ideal para sistemas de alerta temprana debido a su bajo costo y capacidad de cubrir grandes distancias con baja demanda de energía.

1.2.5.2.1. Wisol SFM10R1

Características principales tomadas de (Seong Ji Datasheet SFM10R1)

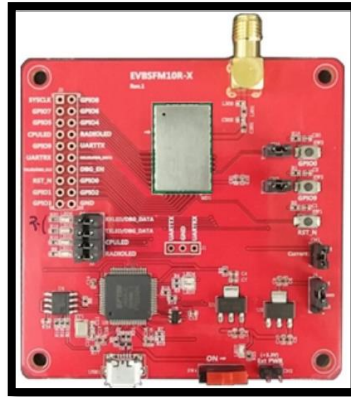
1.2.5.3. Módulo Sigfox con rango Sigfox

Sigfox es una tecnología de comunicación de baja potencia que utiliza una red de ultra bajo ancho de banda para transmitir pequeños paquetes de datos. Es ideal para sistemas de alerta temprana debido a su bajo costo y capacidad de cubrir grandes distancias con baja demanda de energía.

- de frecuencia de 868 MHz (Europa) y 902 MHz (América).
- Consumo energético muy bajo, ideal para sensores alimentados por baterías.
- Transmisión de hasta 12 bytes por mensaje.
- Alcance de hasta 50 km en áreas rurales y 10 km en áreas urbanas.
- **Aplicaciones:** sensores de monitoreo para inundaciones, incendios o terremotos en áreas rurales.

Figura 18

Módulo Sigfox Wisol SFM10R1



Nota: Esta figura muestra el módulo de comunicación Wisol SFM10R1. Tomado de Sigfox.

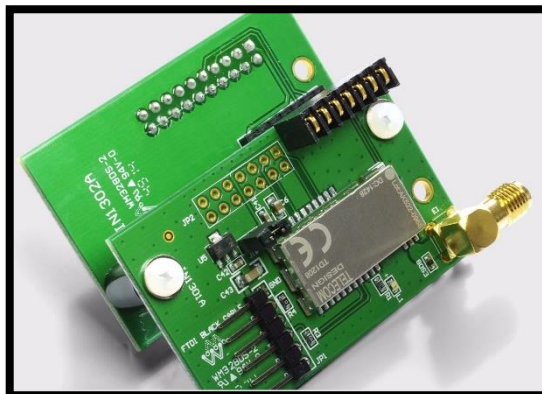
1.2.5.3.1. TD1208

Características principales tomadas de (Telecom Desing Datasheet TD1208, 2014)

- Módulo Sigfox compacto y eficiente en energía.
- Comunicación bidireccional (limitada a pequeños volúmenes de datos).
- Frecuencia de 868 MHz y 902 MHz.
- Ideal para aplicaciones que requieren una larga duración de la batería.
- **Aplicaciones:** adecuado para sensores remotos que envían alertas periódicas, como en sistemas de detección de agua o monitoreo de temperatura.

Figura 19

Módulo Sigfox TD1208



Nota: Esta figura muestra el módulo de comunicación TD1208. Tomado de Sigfox.

1.2.6. Redes de Sensores Inteligentes

Las redes de sensores inteligentes son fundamentales para la adquisición de datos en los SATI. Estas redes constan de múltiples nodos de sensores distribuidos espacialmente, capaces de monitorear variables relevantes como niveles de agua, precipitación, caudal de ríos, entre otros (Cama Pinto et al., 2016) . Los avances en la electrónica y los sistemas embebidos han facilitado el desarrollo de sensores inteligentes de bajo costo, consumo eficiente de energía y capacidades de procesamiento integradas.

Las redes de sensores inteligentes son un pilar fundamental en el funcionamiento de un SATI, ya que permiten la recolección de datos en tiempo real sobre las condiciones que pueden generar inundaciones. Estas redes consisten en un conjunto de nodos de sensores distribuidos en áreas geográficas estratégicas, capaces de medir variables como la cantidad de lluvia (precipitación), el nivel del agua en los cuerpos fluviales, la velocidad del viento, la humedad y la presión atmosférica.

Uno de los aspectos más relevantes de estas redes es su capacidad de operar de manera autónoma, gracias a la tecnología de sistemas embebidos y a su bajo consumo energético. La evolución de los microcontroladores, como el ESP32, ha permitido el desarrollo de sensores más eficientes, con mayor capacidad de procesamiento de datos y transmisión de información a largas distancias.

Además, la implementación de sensores como el JSN-SR04T (sensor ultrasónico) para la medición del nivel de agua, o el BME280 (sensor meteorológico para la medición de temperatura, humedad y presión), ha optimizado la precisión de los datos recopilados y mejorado la capacidad predictiva de los SAT. También, dispositivos como el pluviómetro basculante se utilizan para medir de manera precisa la cantidad de lluvia caída, lo cual es crucial para evaluar el riesgo de desbordamiento de ríos o acumulaciones peligrosas de agua.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

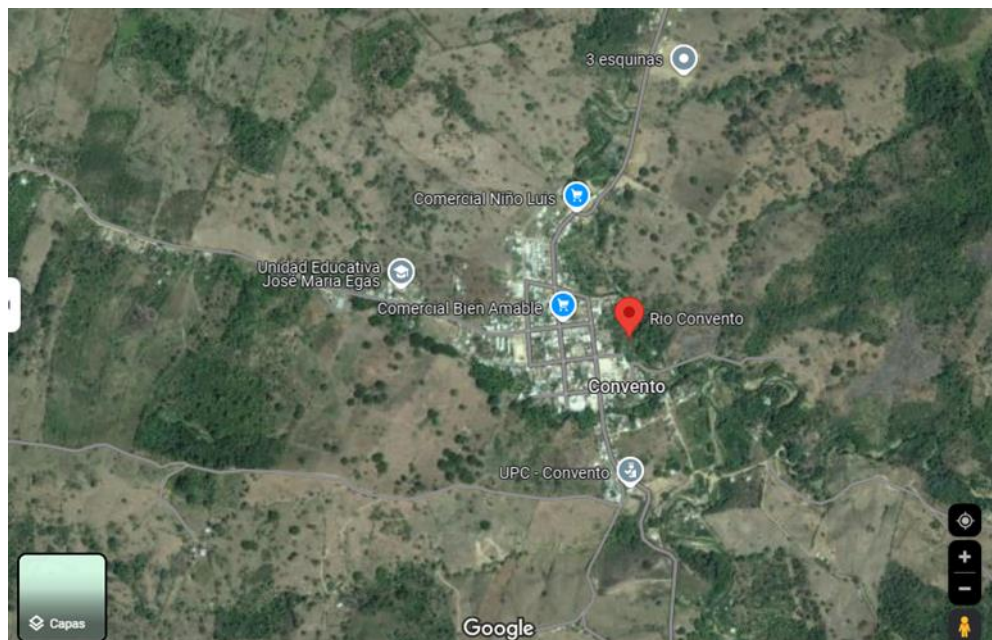
2.1. Contexto de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Convento, situada en el cantón Chone, provincia de Manabí, en la región costera de Ecuador. Esta parroquia se caracteriza por su clima tropical húmedo, con una temporada de lluvias que se extiende de diciembre a mayo, durante la cual se presentan altos niveles de precipitación. La parroquia está ubicada cerca de varios ríos y arroyos, lo que la convierte en una zona de alto riesgo de inundaciones.

Los eventos de inundación frecuentes afectan tanto a las áreas habitadas como a las agrícolas, con repercusiones significativas en la calidad de vida de sus habitantes y en la economía local. Las coordenadas geográficas de la parroquia Convento son aproximadamente 0°35' de latitud sur y 80°10' de longitud oeste, (-0.27859, -80.03559) y su topografía plana y baja aumenta la vulnerabilidad ante las lluvias intensas

Figura 20

Río Convento Parroquia Convento - Chone



Nota: Esta figura indica la ubicación del río Convento. Tomado de Google Earth.

2.2. Diseño y alcance de la investigación

El diseño de la investigación es de carácter no experimental, ya que no se manipularán variables de manera directa en un entorno controlado, sino que se observarán y analizarán

las variables existentes relacionadas con las inundaciones en la parroquia Convento y su impacto.

El alcance de la investigación es descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque busca detallar las características de las inundaciones y los factores que las provocan en la parroquia. A su vez, es explicativo porque se pretende dar una explicación de cómo un sistema de alerta temprana automatizado puede mitigar estos eventos y mejorar la capacidad de respuesta ante ellos.

2.3. Tipo y métodos de investigación

Se llevará a cabo una investigación mixta, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos. El componente cuantitativo se centrará en el análisis de datos numéricos relacionados con niveles de agua, precipitación, topografía y otras variables relevantes para el diseño del sistema. El componente cualitativo comprenderá la comprensión de las experiencias y percepciones de la población local respecto a las inundaciones, lo cual será valioso para el diseño del sistema de alerta temprana.

El método principal será el hipotético-deductivo, partiendo de la hipótesis planteada y contrastándola con la información recopilada y los resultados obtenidos durante el diseño del sistema. Además, se emplearán métodos analíticos para estudiar los componentes del sistema y luego integrarlos en una solución.

2.4. Población y muestra

La población de estudio estará conformada por los habitantes de la parroquia Convento, así como por las autoridades locales y organismos de respuesta a emergencias involucrados en la gestión de riesgos de inundaciones. Para la recolección de datos cualitativos, se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a los participantes que puedan aportar información relevante sobre el impacto de las inundaciones y las necesidades de la comunidad.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos cuantitativos, se realizará una revisión exhaustiva de estudios previos, informes técnicos y bases de datos relacionadas con los niveles de agua, precipitación, topografía y otras variables relevantes para el diseño del sistema de alerta temprana de inundaciones en la parroquia Convento.

En cuanto a los datos cualitativos, se emplearán técnicas como entrevistas semiestructuradas y grupos focales con miembros de la comunidad y autoridades locales. Los instrumentos a utilizar serán guías de entrevista y protocolos de grupos focales, diseñados para comprender las percepciones, experiencias y necesidades de la población con respecto a las inundaciones y el sistema de alerta temprana propuesto.

2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.

2.6.1. Selección e instalación de los sensores

Se presentan una serie de tablas comparativas que analizan los principales sensores disponibles en el mercado, considerando sus características técnicas, alcances de medición, resistencia a las condiciones ambientales y aplicaciones principales. Este proceso de selección permite identificar los dispositivos que mejor se adecuan a los requisitos del proyecto, priorizando la precisión, durabilidad y adaptabilidad de los sensores al entorno de la parroquia Convento, donde se llevará a cabo el diseño y simulación del sistema. Aunque el proyecto no contempla la implementación física, esta evaluación es clave para asegurar la viabilidad técnica del sistema en futuras aplicaciones.

Tabla 1

Comparativa entre JSN-SR04T, HC-SR04 y SEN0208

Sensor	Alcance de medición	Resistencia ambiental	Aplicación principal
JSN-SR04T	20 cm a 600 cm	Resistente al agua (IP67)	Sistemas de control al aire libre
HC-SR04	2 cm a 400 cm	No resistente al agua	Aplicaciones en interiores
SEN0208	20 cm a 4.5 m	Resistente al agua (IP66)	Aplicaciones industriales y exteriores

Nota: El sensor seleccionado es el JSN-SR04T el cual cumple con los requisitos necesarios para el sistema de alerta temprana.

Se selecciono el sensor JSN-SR04T para nuestro proyecto debido a su capacidad de medición, que abarca desde 20 cm hasta 600 cm, lo que lo hace adecuado para monitorear niveles de agua en diferentes contextos. Su clasificación IP67, que asegura resistencia al agua, es crucial para operar en exteriores, enfrentando condiciones climáticas adversas sin comprometer su funcionalidad. En comparación con el HC-SR04, que no es resistente al agua, el JSN-SR04T ofrece una mayor durabilidad y confiabilidad en aplicaciones al aire libre, garantizando un mejor desempeño en nuestro proyecto de alerta temprana para inundaciones.

Tabla 2

Comparativa entre RG-11, pluviómetro de cubeta basculante y sensor acústico

Sensor	Tecnología	Alcance de medición	Aplicación principal
RG-11	Óptica	Detecta desde llovizna a fuertes lluvias	Sistemas de riego, toldos automáticos, monitoreo
Pluviómetro de cubeta basculante	Mecánica	0.2 mm por basculación	Estaciones meteorológicas, monitoreo climático
Sensor acústico	Acústica	Intensidad de la lluvia	Zonas de difícil acceso, alerta temprana

Nota: El sensor seleccionado es el RG-11 el cual cumple con los requisitos necesarios para el sistema de alerta temprana.

Se seleccionó el sensor RG-11 para el sistema de alerta temprana debido a su tecnología óptica, que permite detectar desde lloviznas ligeras hasta lluvias intensas, lo cual es fundamental para un monitoreo preciso en tiempo real. Su capacidad de activarse con diferentes niveles de precipitación lo hace más versátil en comparación con el pluviómetro de cubeta basculante, que solo mide incrementos específicos de lluvia, y el

sensor acústico, cuya aplicación es limitada en áreas abiertas. El RG-11 es, por tanto, ideal para la detección de lluvias en nuestro sistema de alerta temprana.

Tabla 3

Comparativa entre los sensores BME280, SHT31, y BMP388

Modelo	Parámetros medidos	Rango de Temperatura	Precisión Temperatura	Aplicaciones
BME280	Temperatura, Humedad, Presión	-40°C a 85°C	±1.0°C	Estaciones meteorológicas, IoT, drones, control ambiental
SHT31	Temperatura, Humedad	-40°C a 125°C	±0.3°C	Estaciones meteorológicas, control de calidad del aire
BMP388	Temperatura, Presión	-40°C a 85°C	±0.5°C	Altímetros, sistemas meteorológicos avanzados, navegación

Nota: El sensor seleccionado es el BME280 el cual cumple con los requisitos necesarios para el sistema de alerta temprana.

Se seleccionó el sensor BME280 para el sistema de alerta temprana debido a su capacidad para medir temperatura, humedad y presión atmosférica, proporcionando datos completos y precisos en un solo dispositivo. Aunque el SHT31 ofrece mayor precisión en temperatura, no mide presión, lo que es fundamental para evaluar cambios climáticos y posibles inundaciones. El BMP388, aunque útil en altimetría, carece de medición de humedad. Por su versatilidad y rango de aplicación, el BME280 es la opción más adecuada para el monitoreo ambiental integral en nuestro sistema de alerta temprana.

2.6.1.1. *Instalación del Sensor Ultrasónico JSN-SR04T*

- **Altura recomendada:** El sensor debe estar instalado a aproximadamente 2 metros sobre el nivel máximo esperado del agua, en un lugar elevado y con buena visibilidad del agua.
- **Instalación:** Colocar el sensor dentro de una carcasa impermeable para protegerlo de la lluvia y los residuos. La carcasa debe tener una apertura para que las ondas ultrasónicas puedan viajar sin obstrucción.

2.6.1.2. *Instalación del Sensor de Precipitación RG-11*

- **Altura recomendada:** Debe instalarse a una altura de aproximadamente 3 metros para evitar obstrucciones y permitir la caída libre de la lluvia.
- **Instalación:** El sensor debe estar en una posición completamente vertical y bien sujeta en el poste. Asegurarse de que no haya árboles o estructuras que bloqueen la caída de la lluvia.

2.6.1.3. *Instalación del Sensor Meteorológico BME280:*

- **Altura recomendada:** Instalar a una altura de 2.5 metros. El sensor debe estar en una ubicación ventilada para obtener mediciones precisas.
- **Instalación:** Colocar el sensor dentro de una caja protectora ventilada que lo proteja del sol directo y la lluvia.

2.6.2. **Tarjeta de desarrollo.**

La elección de la tarjeta de desarrollo es fundamental para garantizar una integración eficiente con los sensores y módulos de comunicación del sistema de alerta temprana. En la tabla comparativa, se evalúan las capacidades de conectividad, facilidad de programación y aplicaciones típicas de diferentes modelos.

Tabla 4

Comparativa de tarjetas

Modelo	Conectividad	Programación	Aplicaciones
ESP32	Wi-Fi, Bluetooth	Arduino IDE, ESP-IDF, MicroPython	IoT, sistemas embebidos avanzados,

Arduino UNO	No tiene (se pueden agregar módulos)	Arduino IDE	automatización industrial Prototipos, proyectos educativos, control de pequeños sistemas
-------------	--------------------------------------	-------------	---

Nota: La tarjeta seleccionada es el ESP32.

Se seleccionó el microcontrolador ESP32 para el proyecto debido a su conectividad integrada, que incluye Wi-Fi y Bluetooth, lo cual permite desarrollar sistemas de monitoreo y control remoto sin necesidad de módulos adicionales. Además, su compatibilidad con múltiples plataformas de programación, como Arduino IDE, ESP-IDF y MicroPython, facilita su implementación en aplicaciones de IoT y automatización industrial. A diferencia del Arduino UNO, que requiere módulos externos para conectividad y tiene un poder de procesamiento más limitado, el ESP32 ofrece un rendimiento superior para proyectos avanzados y escalables.

2.6.3. Módulo Comunicación IoT

El módulo de comunicación IoT es esencial para transmitir los datos de los sensores hacia una plataforma central en tiempo real. La tabla comparativa muestra las características de diferentes módulos LoRa y Sigfox, evaluando su frecuencia, alcance, capacidad de datos y consumo de energía.

Tabla 5

Comparativa entre módulo de Comunicación IoT Lora y Sigfox

Característica	SX1276 (LoRa)	SX1261 (LoRa)	WISOL SFM10R1 (Sigfox)	TD1208 (Sigfox)
Frecuencia	137 MHz - 1020 MHz	150 MHz - 960 MHz	868 MHz (EU) / 902 MHz (US)	868 MHz (EU) / 902 MHz (US)

Alcance	15-20 km (rural)	10-15 km (rural)	Hasta 50 km (rural)	Hasta 50 km (rural)
Capacidad de Datos	Varias Kb por mensaje	Varias Kb por mensaje	Hasta 12 bytes por mensaje	Hasta 12 bytes por mensaje
Consumo de Energía	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Tipo de Comunicación	Bidireccional	Bidireccional	Unidireccional	Unidireccional
Aplicación	Sensores remotos, IoT	Sensores IoT de bajo consumo	Sensores IoT en áreas rurales	Sensores IoT simples

Nota: El módulo seleccionado es SX1276 (LoRa) y antena Lora 868 MHz.

El módulo SX1276 (LoRa) fue seleccionado para el proyecto debido a su capacidad de transmitir datos a largas distancias (hasta 20 km en áreas rurales), lo que es ideal para monitorear sensores en ubicaciones remotas. Su comunicación bidireccional permite el envío y recepción de datos, lo que facilita la gestión y control del sistema en tiempo real. Además, ofrece una mayor capacidad de transmisión de datos en comparación con los módulos Sigfox, que están limitados a mensajes de hasta 12 bytes. Esto lo convierte en la opción más adecuada para el sistema de alerta temprana que requiere información detallada y constante.

2.6.4. Caja de Instalación para Componentes Electrónicos

La caja debe proteger todos los componentes electrónicos, como el ESP32, el módulo LoRa y la batería, de las condiciones climáticas.

Caja Seleccionada:

- **Marca/Modelo:** QILIPSU Caja eléctrica del recinto del metal, 20"x16"x10" caja de conexiones de acero impermeable negra IP65 para proyectos
- **Dimensiones:** 508 mm x 406 mm x 254 mm (suficiente para alojar la batería, el controlador de carga y el ESP32).
- **Resistencia:** Clasificación IP65, resistente al agua y al polvo.
- **Material:** Policarbonato resistente a UV.

Figura 21

Caja eléctrica impermeable IP65



Nota: La figura muestra la caja a utilizar para la instalación de los componentes. Tomada de (Amazon , 2023)

Instalación:

- Instalar la caja en el poste a una altura de 2 metros, asegurando que esté accesible para mantenimiento.
- Hacer orificios para la entrada de los cables de los sensores, panel solar y antena LoRa. Asegurar que las juntas estén bien selladas para evitar la entrada de agua.

2.6.5. Cableado

2.6.5.1. Cables para Panel Solar:

- **Calibre:** AWG 12 (suficiente para manejar la corriente del panel).
- **Longitud:** 3 metros (la distancia entre el panel y la caja de control).

2.6.5.2. Cables de Sensores:

- **Calibre:** AWG 22-24 (para los sensores y el microcontrolador).
- **Protección:** Recomendable usar cables blindados si el área es propensa a interferencias electromagnéticas.

2.6.6. Poste de Montaje

Para un sistema de monitoreo de nivel de agua, pluviómetro y sensores meteorológicos, el poste debe estar lo suficientemente alto para obtener lecturas precisas, evitar interferencias y tener una buena exposición solar.

Poste Seleccionado:

- **Altura:** 4 metros.
- **Material:** Acero galvanizado (resistente a la intemperie).
- **Diámetro:** 5 cm (suficiente para soportar los dispositivos).
- **Base:** Anclado en concreto para garantizar estabilidad.

Figura 22

Poste 4m Acero Galvanizado



Nota: Esta figura muestra el poste a utilizar. Tomado de (Ledex, 2023)

2.6.7.Recepción y Monitoreo

Para recibir los datos transmitidos desde la estación en el río, se utilizará un módulo de recepción LoRa, que recogerá las señales emitidas por el sistema de monitoreo.

- **Marca/Modelo:** TTGO LoRa32 SX1276
- **Frecuencia:** 868 MHz (compatible con el transmisor del río)
- **Antena:** Incluye antena LoRa integrada de 868 MHz para maximizar la recepción de señal.

Este módulo permite una conexión directa con el transmisor del río y recibe los datos de forma eficiente. Su antena LoRa tiene suficiente alcance para cubrir distancias de hasta 10 km en condiciones adecuadas. Además, la conectividad WiFi ofrece la opción de subir los datos a un servidor o sistema de monitoreo local.

Figura 23

Antena LoRa de 868 MHz



Nota: Figura muestra la antena de conexión a utilizar. Tomado de (Instant Byte, 2021)

2.6.7.1. Sistema de Monitoreo Local

2.6.7.1.1. Alimentación para el Sistema de Recepción

El sistema de recepción en el pueblo también necesita una fuente de energía para funcionar.

Fuente de Alimentación Recomendada:

- Fuente de 5V/2A: Para alimentar el TTGO LoRa32.
- Conector USB: Se puede usar una fuente de alimentación estándar con conector USB para alimentar el dispositivo.

2.6.7.1.2. Ubicación de la Antena LoRa:

- Instalar la antena LoRa en un punto elevado, como el techo de un edificio en el pueblo.
- Asegurar que esté libre de obstrucciones para mejorar la recepción de la señal.
- Conectar el TTGO LoRa32 a la antena mediante el cable SMA.
- Configurar el módulo para que reciba los datos del transmisor en el río.

2.6.7.1.3. Monitoreo de Datos:

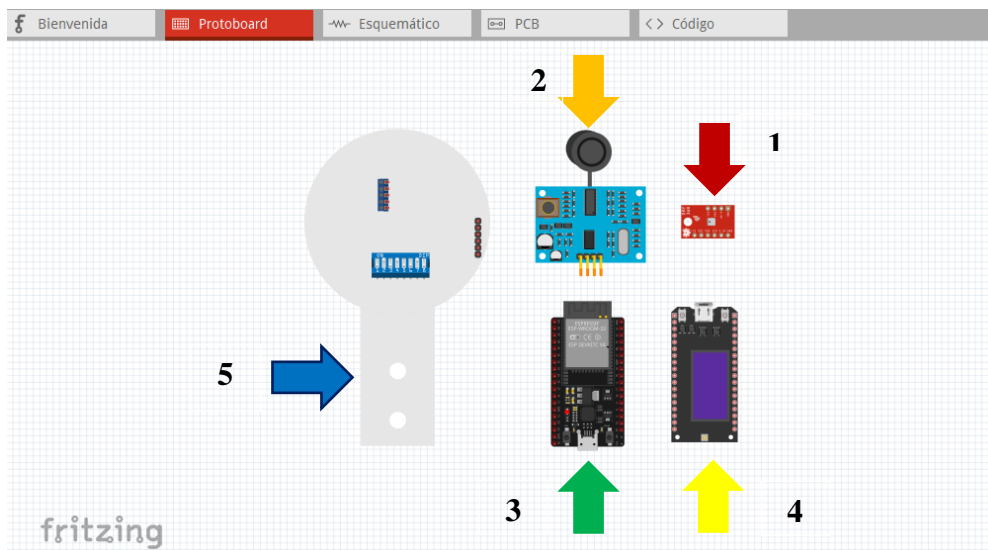
- Conectar el módulo a una laptop o PC mediante la red WiFi para visualizar los datos recibidos.
- Utilizar Grafana para crear dashboards interactivos que permitan un monitoreo constante de los niveles de agua, precipitación y otros parámetros en tiempo real.

2.6.8.Simulador Fritzing

El uso de un simulador de circuitos como Fritzing permite visualizar y probar la interconexión de los diferentes componentes del sistema de alerta temprana antes de su implementación física. En el simulador, se configuran los componentes seleccionados, como los sensores meteorológicos y de nivel de agua, junto con el microcontrolador ESP32 y el módulo de comunicación LoRa. Esta simulación facilita la validación del diseño de hardware, garantizando que todos los elementos funcionen correctamente en conjunto y que el sistema cumpla con los requisitos técnicos definidos.

Figura 24

Interface Fritzing dentro del S.A.T



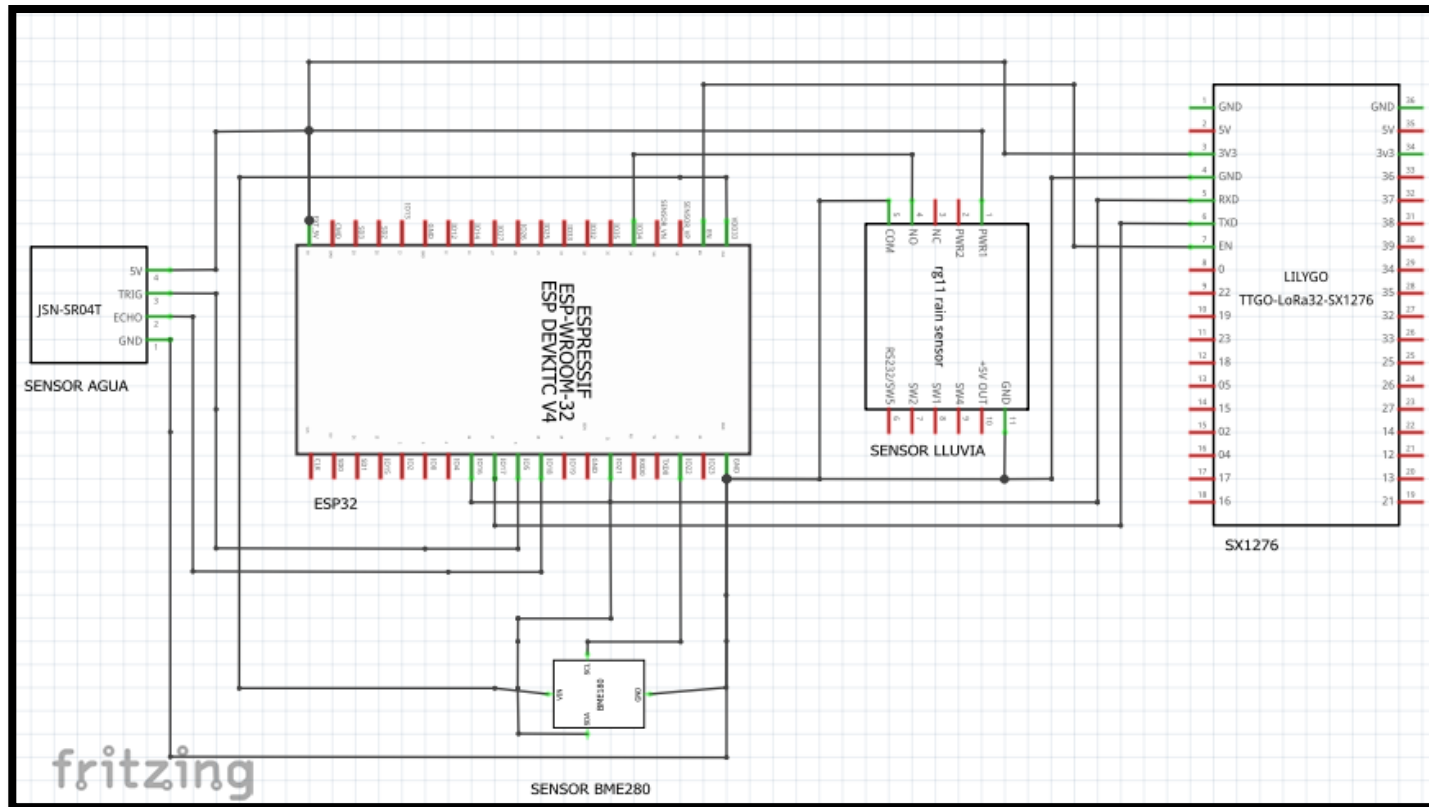
Nota: Componentes a utilizar dentro del simulador de circuitos Fritzing. Autoría propia.

Componentes dentro del Software Fritzing

1. Sensor Metereológico BME280
2. Sensor Ultrasónico JSN-SR04T
3. Microcontrolador ESP32
4. Módulo Lora SX1276
5. Sensor de Precipitación RG-11

Figura 25

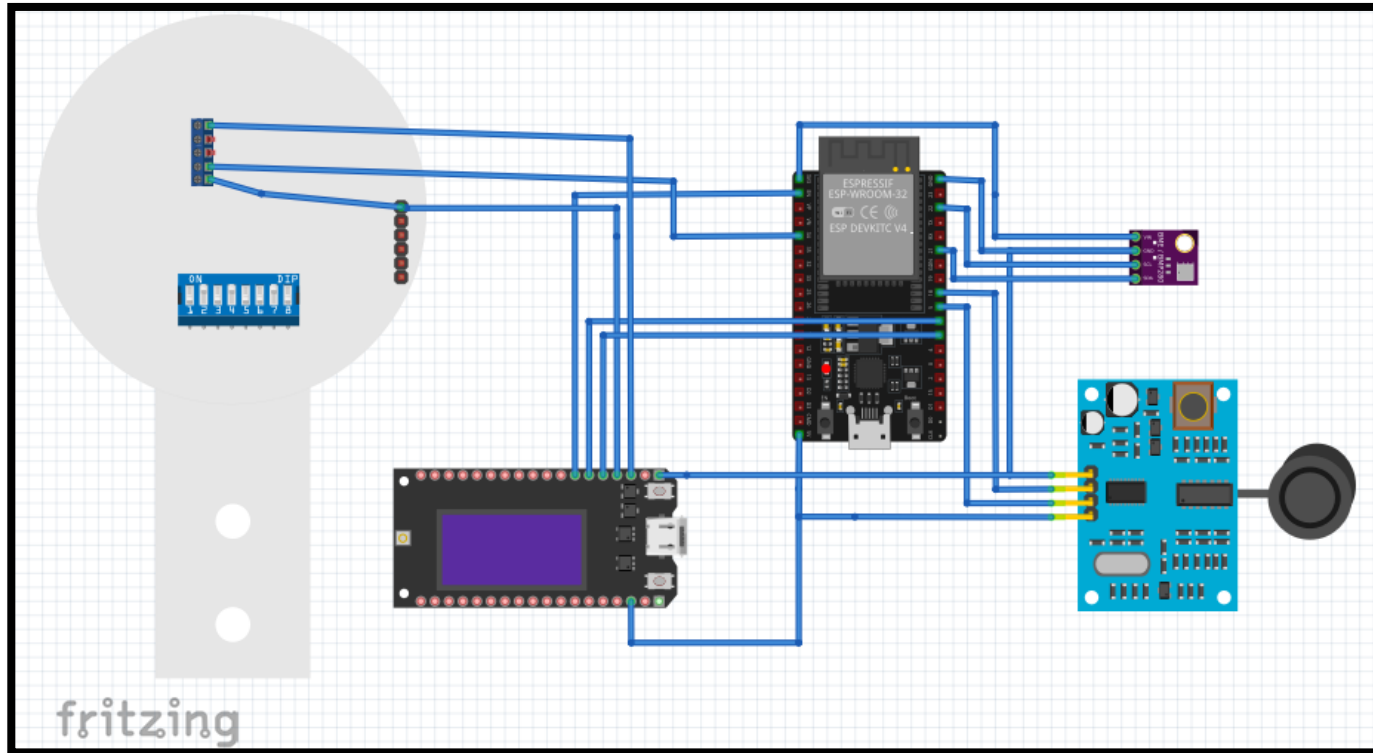
Esquemático ESP32 con sensores



Nota: Esta figura muestra la conexión esquemática entre los sensores (JSN-SR04T, BME280, RG-11) y microcontrolador (ESP32) con Lora SX1276. Tomada: Autoría.

Figura 26

Placa de pruebas ESP32 con sensores



Nota: Esta figura muestra la conexión en Placa de pruebas entre los sensores (JSN-SR04T, BME280, RG-11) y microcontrolador (ESP32) con Lora SX1276. Tomada: Autoría

2.6.9. Cálculo de Consumo Energético

Se utilizó la fórmula de la Ley de Watt para determinar la potencia.

$$Potencia = Voltaje(V) * Corriente (I)$$

JSN-SR04T (Sensor ultrasónico):

- Consumo: Menos de 8 mA
- Voltaje: 3.0 - 5.5V
- Potencia = Voltaje * Corriente = 5V * 0.008A = **0.04W**

BME280 (Sensor de temperatura, presión y humedad):

- Consumo: 3.6 μ A a 1 Hz para humedad, presión y temperatura.
- Voltaje: 1.71 - 3.6V
- Potencia= Voltaje * Corriente = 3.3V * 0.0000036A = **0.00001188W**
(En este caso, el consumo es insignificante debido a la baja corriente)

RG-11 (Sensor de lluvia):

- Consumo en modo estándar: 15 mA
- Voltaje: 5 - 30V
- Potencia= Voltaje * Corriente = 12V * 0.015A = **0.18W**

SX1276 (Módulo LoRa):

- Consumo en modo de recepción: 9.9 mA
- Voltaje: 3.3V
- Potencia= Voltaje * Corriente = 3.3V * 0.0099A = **0.03267W**

ESP32 (Microcontrolador):

- Consumo en modo activo: 160 mA
- Voltaje: 3.3V
- Potencia= Voltaje * Corriente = 3.3V * 0.240mA = **0.792W**

Consumo Total

- **Potencia total**=0.04W+0.00001188W+0.18W+0.03267W+0.792W=**1.05655W**
- **Energía diaria**= 1.05655W*24h=25.356 Wh por día

2.6.10. Panel Solar

Para determinar el tamaño adecuado del panel solar, se debe tener en cuenta el consumo energético y las horas de sol pico disponibles por día. Las horas de sol pico (HSP) son un promedio de las horas en que el panel solar puede generar su potencia nominal. Se supone que esta esta región es alrededor de 5 horas pico por día.

Para alimentar un sistema con sensores y tarjeta como el ESP32, se necesita un panel solar que pueda generar suficiente energía durante el día para mantener el sistema funcionando 24/7. Para una carga diaria es de aproximadamente 1W.

La potencia requerida del panel solar fue calculada mediante la fórmula de (Smotkin, 2019)

$$\text{Potencia del panel} = \frac{\text{Energía diaria (E}_d\text{)}}{\text{Horas pico del sol (HSP)}}$$

$$\text{Potencia del panel} = \frac{25.36W}{5}$$

$$\text{Potencia del panel} = 5.07W$$

Panel Solar Seleccionado:

Aunque un panel de 5.07W podría satisfacer el consumo de energía bajo condiciones óptimas, es recomendable seleccionar un panel de mayor capacidad por varias razones:

- Debido a factores ambientales donde la eficiencia de los paneles solares se ve afectada por el clima (nubes, polvo, ángulo de incidencia del sol, suciedad en el panel), lo que significa que la producción de energía real suele ser menor que la potencia nominal del panel.
- Pérdidas en el sistema durante la conversión de energía y el almacenamiento en la batería, se producen pérdidas. Esto incluye la eficiencia del controlador de carga, pérdidas en el almacenamiento de la batería y la descarga, y las pérdidas en la conversión de corriente.
- Expansión futura ya que permite agregar más sensores o funcionalidades sin necesidad de cambiar el panel.
- Un panel de 50W proporciona un margen de seguridad amplio, lo que garantiza que el sistema funcione incluso en días nublados o con menor insolación.

Características principales tomadas de (Regony, 2022)

- **Marca/Modelo:** Renogy RNG-50D-SS 50W 12V Monocrystalline Solar Panel
- **Potencia nominal:** 50W
- **Voltaje de operación:** 12V
- **Corriente de operación:** 2.94A
- **Dimensiones:** 581 mm x 509 mm x 30 mm
- **Peso:** 3.5 kg

Figura 27

Panel Renogy 50W 12V Monocrystalline



Nota: Esta figura muestra el panel solar a utilizar. Tomado de (Regony, 2022)

Este panel es adecuado para alimentar el sistema, proporcionando energía más que suficiente para el consumo diario, incluso en días nublados, con un buen margen de seguridad.

2.6.11. Batería

La batería es esencial para almacenar la energía generada por el panel solar durante el día y mantener el sistema funcionando por la noche o en días nublados. Para el sistema de monitoreo.

Dado que el sistema debe funcionar durante la noche, necesitamos una batería capaz de almacenar suficiente energía para al menos 24 horas de operación. La capacidad de la batería se puede calcular usando la fórmula:

$$\text{Capacidad de la Batería} = \frac{\text{Energía diaria } (E_d)}{\text{Voltaje de la batería } (V_b)}$$

$$\text{Capacidad de la Batería} = \frac{25.36Wh}{12V}$$

$$\text{Capacidad de la batería} = 2.11Ah$$

Batería Seleccionada:

Características principales tomadas de (Regony, 2024)

- **Marca/Modelo:** Renogy 12V 50Ah Core Series Deep Cycle Lithium Iron Phosphate Battery
- **Capacidad:** 50Ah
- **Voltaje:** 12V
- **Dimensiones:** 197 mm x 166 mm x 171 mm
- **Peso:** 5.35 kg

Figura 28

Batería Renogy Deep Cycle AGM Battery 12V 20Ah



Nota: Esta figura muestra la batería a utilizar. Tomado de (Regony, 2024)

Esta batería proporciona suficiente capacidad para asegurar días de operación en ausencia de luz solar, considerando el bajo consumo del sistema.

2.6.12. Controlador de Carga

El controlador de carga regula la energía que va del panel solar a la batería, protegiendo el sistema contra sobrecargas y sobre descargas. Dado que estamos trabajando con un panel solar de 50W y una batería de 12V, necesitamos un controlador adecuado para estos valores.

Controlador de Carga:

Características principales tomadas de (MPPT Solar Charge Controller, 2024)

- **Marca/Modelo:** EPEVER MPPT 10A Solar Charge Controller
- **Tipo:** MPPT (Maximum Power Point Tracking), que maximiza la eficiencia del panel solar.
- **Corriente máxima:** 10A
- **Voltaje:** 12V/24V autoajustable
- **Protecciones:** Sobrecarga, cortocircuito, descarga profunda.

Figura 29

Controlador de Carga EPEVER MPPT 10A

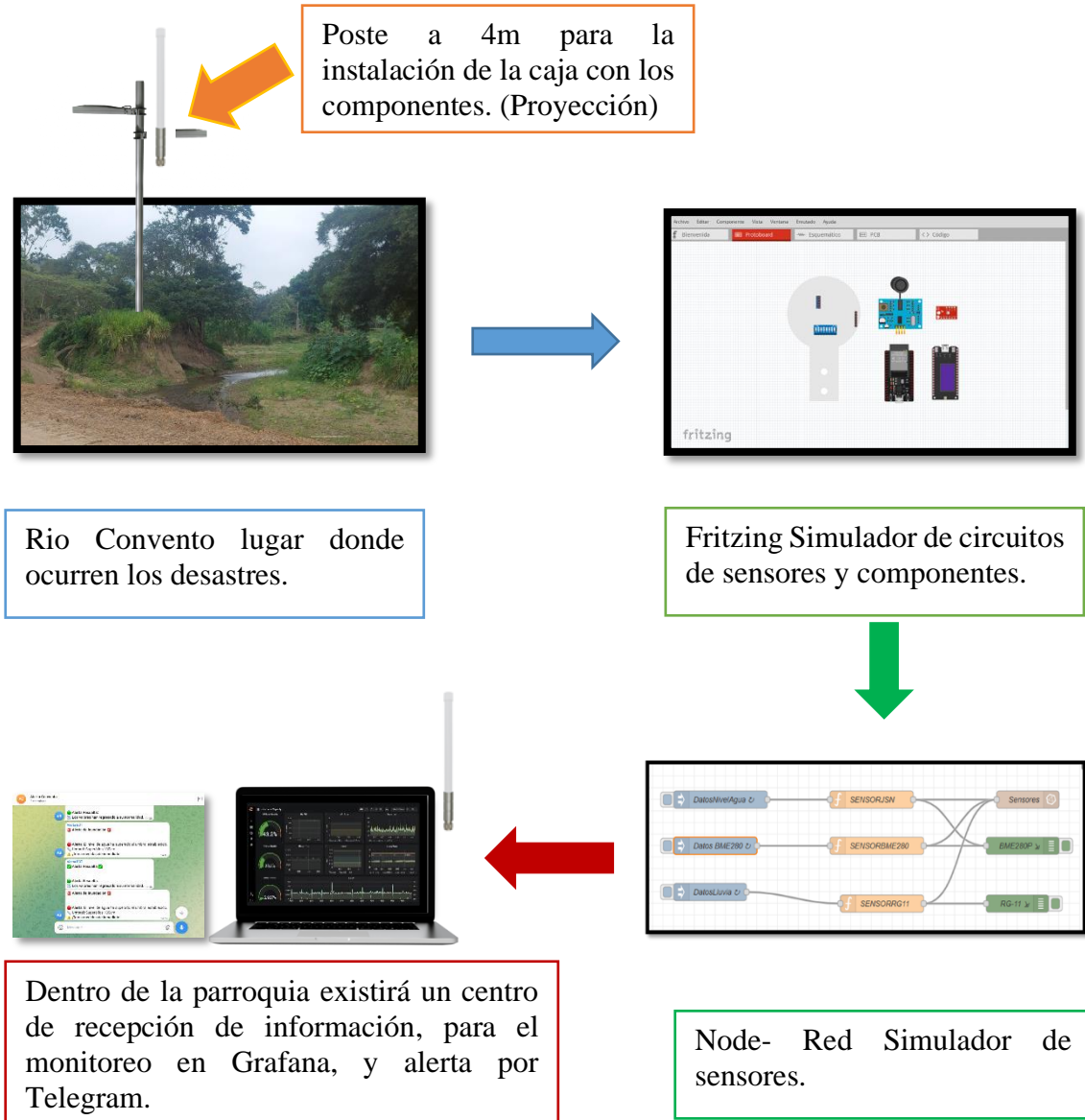


Nota: Esta figura muestra el controlador de carga a utilizar. Tomado de (Viasolar, 2024)

El controlador MPPT es ideal ya que optimiza la energía solar capturada, aumentando la eficiencia en comparación con los controladores PWM tradicionales. El rango de corriente de 10A es más que suficiente para el panel de 50W.

Figura 30

Desarrollo de la propuesta del Sistema de Alerta Temprana para inundaciones



CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con el objetivo *desarrollar un plan de validación y pruebas de funcionamiento para el sistema de alerta temprana de inundaciones, empleando herramientas de simulación de software gratuitas y accesibles, como Tinkercad para la simulación de circuitos electrónicos y QGIS para el análisis geoespacial, con el propósito de evaluar de manera precisa y efectiva la operatividad del sistema antes de su implementación en el campo.*

En lugar de utilizar Tinkercad para la simulación de circuitos electrónicos, se optó por Fritzing, una herramienta que permite el diseño y simulación de circuitos de manera visual, facilitando la creación de diagramas esquemáticos y de conexión física entre los componentes electrónicos del sistema. Esta herramienta resultó efectiva para verificar el diseño preliminar del sistema de alerta, específicamente en lo que respecta a la interconexión de sensores, microcontroladores, y otros elementos electrónicos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Para el análisis geoespacial, en lugar de utilizar QGIS, se emplearon fuentes oficiales de información pública proporcionadas por organismos especializados. Los datos geoespaciales e hidrológicos se obtuvieron de la página oficial del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) a través de su plataforma de pronóstico de niveles de agua en ríos y caudales: <https://inamhi.geoglows.org/apps/national-water-level-forecast>.

Se complementó la información geográfica con el acceso al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica mediante su mapa interactivo disponible en <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.

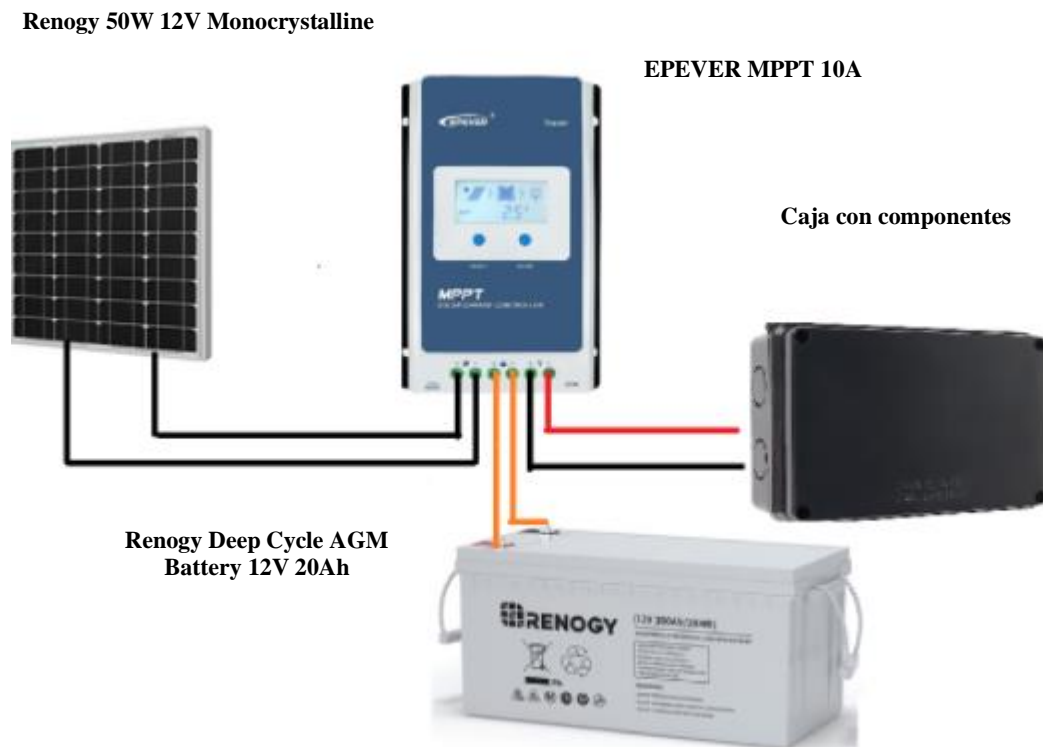
Estas plataformas permitieron obtener datos clave sobre las condiciones hidrológicas y climáticas del área de estudio, lo que fue fundamental para el diseño del sistema de alerta temprana. Previo a la recopilación de estos datos y su análisis, se inició con el diseño conceptual del sistema. Este proceso incluyó la planificación de la ubicación estratégica de los sensores de nivel de agua y el diseño de los circuitos electrónicos. Aunque el presente trabajo se centró únicamente en el diseño de los componentes del sistema, sin llegar a su implementación física, el uso de estas herramientas permitió validar el esquema técnico y funcional de la solución propuesta, asegurando que el sistema pueda ser probado de manera eficaz antes de su despliegue en campo.

El sistema integra una serie de sensores conectados al ESP32, simulados mediante la herramienta Fritzing, con el manejo de datos a través de Node-RED, InfluxDB y su visualización en Grafana. Se incluye además la implementación de un sistema de alertas que envía notificaciones en tiempo real vía Telegram cuando se detectan valores críticos.

El diseño de un sistema de alimentación mediante un panel solar Renogy 50W 12V Monocrystalline, acompañado de una batería Renogy Deep Cycle AGM Battery 12V 20Ah y un controlador de carga EPEVER MPPT 10A, demostró ser adecuada para la operación autónoma del sistema, garantizando la independencia energética y asegurando un funcionamiento continuo en situaciones donde el suministro eléctrico es limitado o inexistente. Esta configuración ofrece una solución sostenible y eficiente, complementando el diseño de un sistema destinado a la prevención de desastres naturales.

Figura 31

Sistema de alimentación solar



Nota: Este diagrama muestra la instalación sistema solar de alimentación. Autoría propia.

3.1. Generación y Simulación de Datos en Node-RED

Con el sistema físico simulado y configurado en Fritzing, se procedió a generar y procesar los datos de los sensores utilizando Node-RED. Esta herramienta permite la creación de flujos de trabajo mediante nodos que simulan el comportamiento de los sensores y gestionan los datos generados. Para ello, se implementaron tres nodos de inyección (inject nodes) que simulan los datos de los tres sensores principales:

La siguiente tabla muestra los rangos de datos generados por cada sensor durante la simulación:

Tabla 6

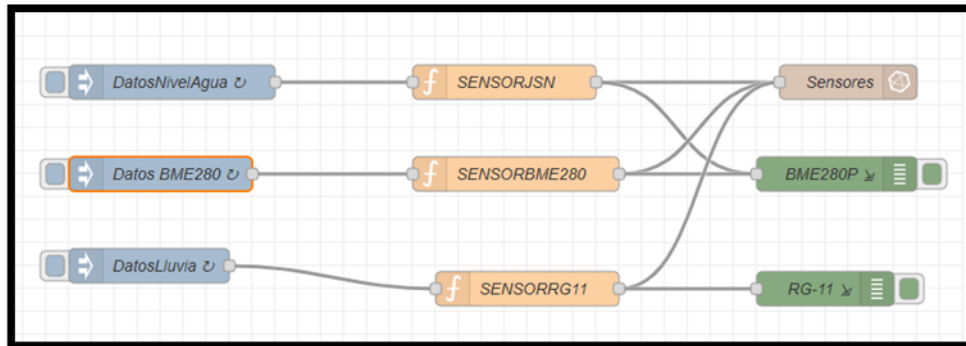
Simulación de rangos generados por los sensores

Sensor	Rango de Datos Simulados	Unidad
JSN-SR04T	0 cm - 200 cm	Centímetros (cm)
BME280 - Temperatura	20°C - 30°C	Grados Celsius (°C)
BME280 - Humedad	60% - 80%	Porcentaje (%)
BME280 - Presión	1000 hPa - 1010 hPa	Hectopascales (hPa)
RG-11	True/False	Booleano (1/0)

Nota: Estos datos fueron enviados a InfluxDB, una base de datos de series temporales, para su almacenamiento y posterior análisis.

Figura 32

Conexión Node-Red



Nota: Esta figura muestra la conexión dentro de Node-Red entre Inject (simulador de datos enviados de los sensores), function y influxdb out o debug. Autoría propia.

Figura 33

Código en Node-Red sensor de ultrasónico (JSN-SR04T)

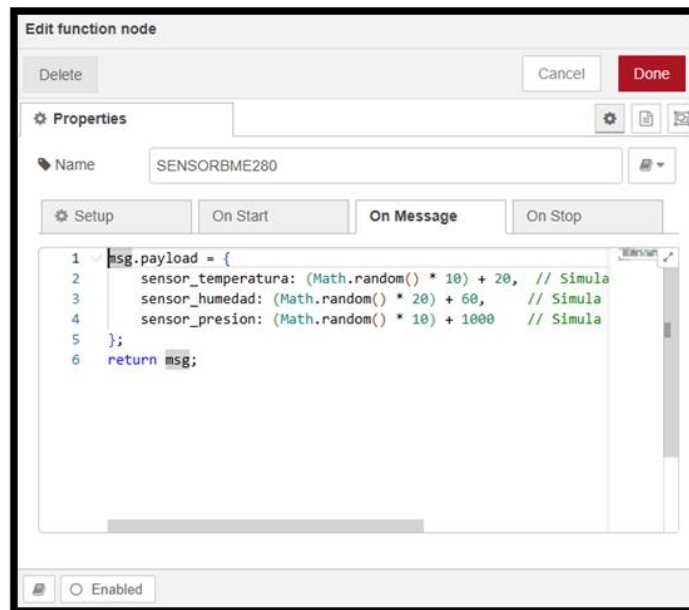
La imagen muestra la interfaz de edición de un nodo de función en Node-Red. El título es 'Edit function node'. Hay botones para 'Delete', 'Cancel' y 'Done'. La sección 'Properties' muestra el nombre 'SENSORJSN'. Hay pestañas para 'Setup', 'On Start', 'On Message' y 'On Stop'. El código JavaScript en la pestaña 'On Message' es:

```
1 msg.payload = {
2   sensor_agua: Math.floor(Math.random() * (200 - 50 + 1)) +
3 };
4 return msg;
```

Nota: Esta figura muestra el código implementado para la simulación del sensor de ultrasónico de agua en fuction. Tomada: Autoría propia.

Figura 34

Código en Node-Red sensor metereológico (BME280)



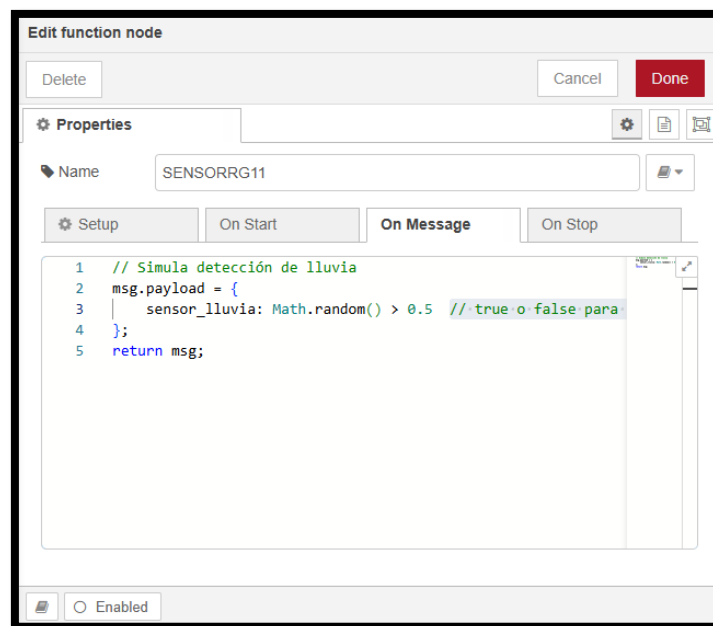
The screenshot shows the 'Edit function node' interface in Node-Red. The node is named 'SENSORBME280'. The 'On Message' tab is selected. The code in the editor is as follows:

```
1 msg.payload = {
2   sensor_temperatura: (Math.random() * 10) + 20, // Simula
3   sensor_humedad: (Math.random() * 20) + 60, // Simula
4   sensor_presion: (Math.random() * 10) + 1000 // Simula
5 };
6 return msg;
```

Nota: Esta figura muestra el código implementado para la simulación del sensor metereológico en fuction. Tomada: Autoría dentro de Node-Red.

Figura 35

Código Node-Red sensor de lluvia (RG-11)



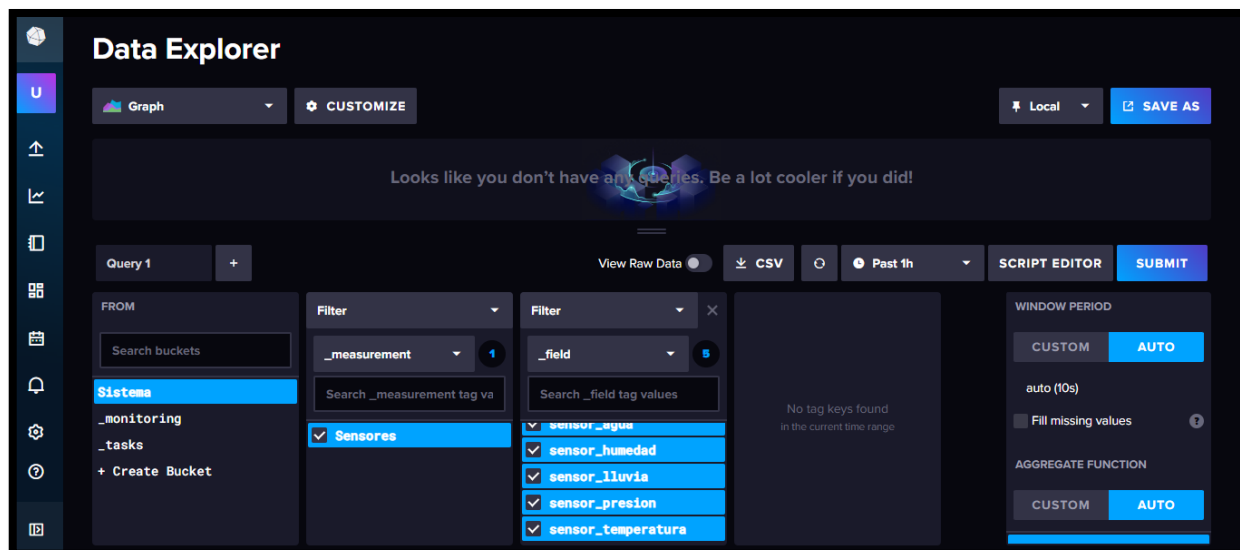
The screenshot shows the 'Edit function node' interface in Node-Red. The node is named 'SENSORRG11'. The 'On Message' tab is selected. The code in the editor is as follows:

```
1 // Simula detección de lluvia
2 msg.payload = {
3   sensor_lluvia: Math.random() > 0.5 // true o false para
4 };
5 return msg;
```

Nota: Esta figura muestra el código implementado para la simulación del sensor de precipitación en fuction. Tomada: Autoría dentro de Node-Red.

Figura 36

InfluxDB



Nota: La figura muestra la interface dentro de Influxdb. Tomada: Autoría.

3.2. Visualización en Grafana

Una vez almacenados los datos en InfluxDB, se configuró Grafana para visualizar en tiempo real los valores registrados por los sensores. Las siguientes visualizaciones fueron configuradas:

3.2.1. Monitoreo del Nivel de Agua

Para el monitoreo del nivel de agua, se implementó un gráfico horizontal segmentado por colores, el cual permite una visualización clara del estado del nivel de agua detectado por el sensor JSN-SR04T. El gráfico está dividido en cuatro segmentos:

- **Color verde:** Indica un nivel de agua normal y seguro.
- **Color amarillo:** Representa un aumento del nivel de agua, sugiriendo que se debe prestar atención.
- **Color naranja:** Señala que se debe tener precaución, ya que el nivel de agua está cerca de superar los límites establecidos.
- **Color rojo:** Activa una alerta, ya que el nivel de agua ha superado el umbral crítico, lo que indica un riesgo inminente de inundación y la necesidad de tomar medidas urgentes.

Además, se incluye una tabla con registros históricos, que muestra la variación del nivel de agua detectado a lo largo del tiempo. Este monitoreo permite no solo la observación en tiempo real, sino también el análisis de los patrones históricos del comportamiento del nivel de agua, lo cual es esencial para la predicción y prevención de posibles inundaciones. Se ha definido una alerta automática que se activa cuando el nivel de agua excede los 180 cm, lo cual es considerado un límite de riesgo en el sistema de alerta temprana.

3.2.2. Monitoreo de Temperatura, Humedad y Presión

El monitoreo de los parámetros ambientales, como la temperatura, humedad y presión atmosférica, se realiza mediante visualizaciones gráficas personalizadas que permiten un seguimiento en tiempo real de cada variable. En particular:

- Para la temperatura, se emplea un gráfico de línea que muestra cómo varía esta a lo largo del tiempo, lo que facilita la identificación de tendencias y cambios bruscos que podrían indicar condiciones extremas.
- Para la humedad, se utiliza un medidor tipo gauge que refleja el nivel de humedad actual en porcentaje (%). Además, se incluye una tabla histórica que almacena los valores a lo largo del tiempo para su análisis.
- Para la presión atmosférica, se ha configurado una pantalla digital que muestra la lectura actual junto con la fecha y la hora de cada medición, lo que permite un monitoreo preciso de los cambios en la presión, un indicador clave para la predicción de eventos meteorológicos.

3.2.3. Comportamiento de los Sensores (Agua, Humedad, Temperatura)

El comportamiento de los sensores es visualizado a través de tres gráficos de línea individuales, uno para cada sensor involucrado en el monitoreo de agua, humedad y temperatura. Estos gráficos permiten observar de manera detallada cualquier fluctuación anómala en las variables medidas, facilitando la identificación de patrones atípicos que puedan indicar la presencia de condiciones climáticas adversas o fallos en el sistema.

3.2.4. Detección de Lluvia

Para la detección de lluvia, se diseñó una tabla que responde a la pregunta: *¿Existe presencia de lluvia?* Esta tabla cuenta con un indicador visual que cambia de color según el estado detectado por el sensor RG-11. Si el sensor detecta la presencia de lluvia, el

indicador cambia a verde (True), y si no se detecta, el indicador permanece en rojo (False). Esta representación visual simplifica la interpretación de los datos y permite una respuesta rápida en caso de que se detecte una condición de lluvia.

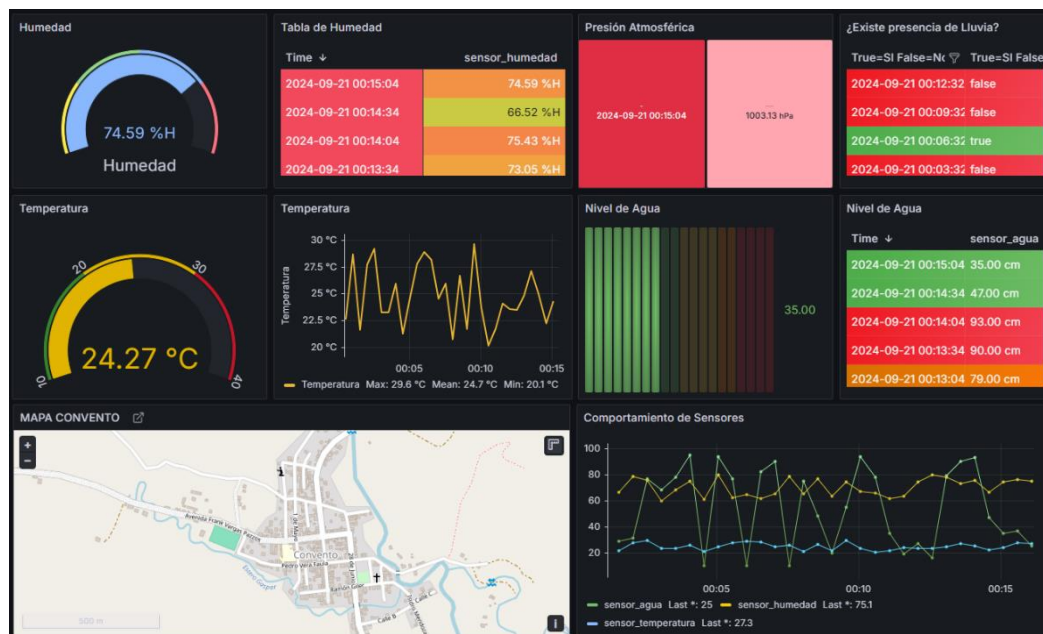
3.2.5. Mapa Interactivo de la Parroquia Convento

El mapa interactivo de la parroquia Convento actúa como una herramienta visual que permite a los usuarios monitorear la situación hidrológica de la región en tiempo real. Este monitoreo es esencial para detectar anomalías en los niveles de agua, la precipitación y otras variables climáticas. Los datos obtenidos y actualizados a través de las siguientes plataformas son procesados y mostrados en el mapa interactivo:

- **Pronóstico de Niveles de Agua (INAMHI):** A través de la plataforma del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), disponible en <https://inamhi.geogloss.org/apps/national-water-level-forecast>, se accede a datos en tiempo real sobre los niveles de agua de los ríos y cuencas de la zona. Estos datos son fundamentales para el monitoreo de eventos de crecidas y permiten evaluar posibles riesgos de inundaciones. El sistema puede emitir alertas tempranas cuando los niveles superan un umbral crítico.
- **Mapa Interactivo del Ministerio del Ambiente:** Complementando el monitoreo, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica proporciona un mapa interactivo accesible en <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>. Este mapa geoespacial detalla la topografía de la región, incluyendo infraestructuras importantes y áreas propensas a inundaciones. Mediante la superposición de capas, el sistema puede identificar rápidamente zonas vulnerables y ofrecer información detallada sobre la evolución de las condiciones climáticas.

Figura 37

Monitoreo Grafana



Nota: La figura muestra la interface del monitoreo realizado dentro de Grafana. Tomada: Autoría dentro de Grafana.

3.3. Sistema de Alerta Temprana

Uno de los componentes fundamentales del sistema es la propuesta de un sistema de alerta temprana, que aprovecha los datos generados por los sensores para identificar situaciones potencialmente peligrosas y notificar a los usuarios de forma inmediata.

El sistema de alerta temprana fue diseñado de la siguiente manera:

- Cuando el nivel de agua registrado por el sensor JSN-SR04T supera los 180 cm, el sistema genera una alerta crítica en Grafana. Ver figura 38.
- Esta alerta envía un mensaje de notificación a través de Telegram a los usuarios responsables del monitoreo del sistema. La alerta incluía el siguiente mensaje:

“🚨 **Alerta de Inundación** 🚨

🔴 **Alerta: El nivel de agua ha superado el umbral establecido.**


📏 **Umbral: Superó los 180cm**

⚠️ **¡Toma medidas de inmediato!**”. Ver figura 39.

- Una vez solucionado, emite un mensaje de notificación donde incluye el mensaje;

“ Alerta Resuelta 

 Alerta Resuelta:

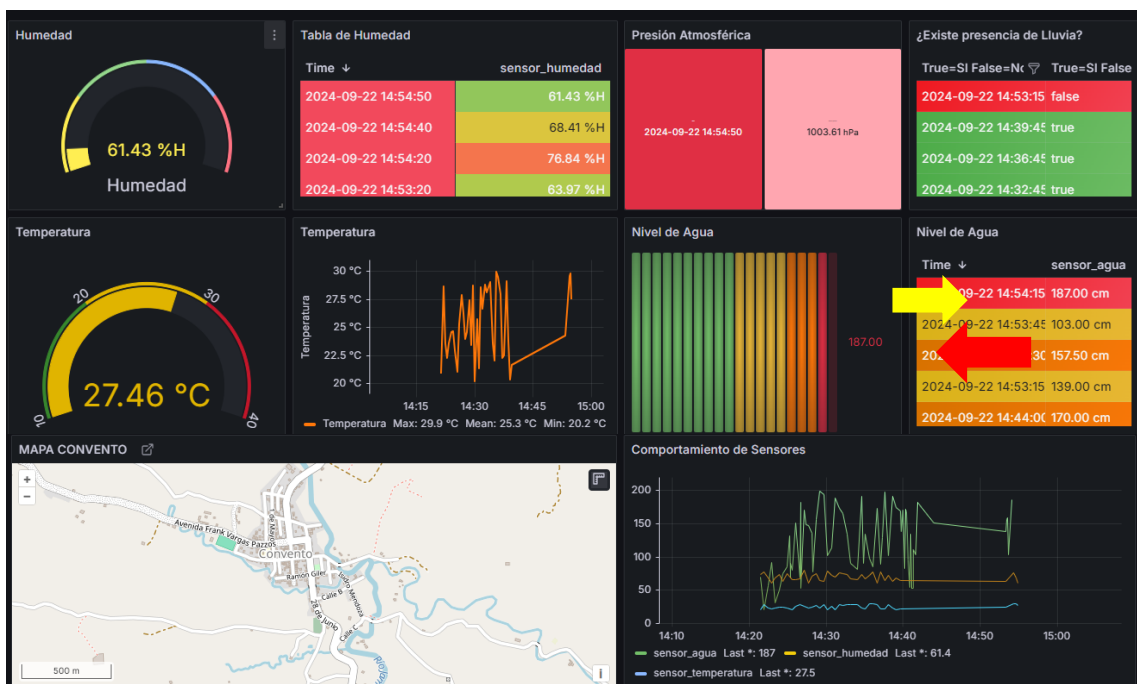
 Los valores han regresado a su normalidad”. Ver figura 40 y 41

- La alerta proporciona un aviso temprano que permite a los usuarios tomar medidas preventivas, como realizar evacuaciones si es necesario.

Este enfoque asegura que los responsables del monitoreo puedan reaccionar a tiempo ante situaciones de riesgo, reduciendo así el impacto de posibles inundaciones.

Figura 38

Monitoreo en Grafana en alerta.



Nota: La figura muestra el monitoreo dentro de Grafana, donde supera los niveles de agua y emite una alerta. Tomado: Autoría dentro de Grafana.

Figura 39

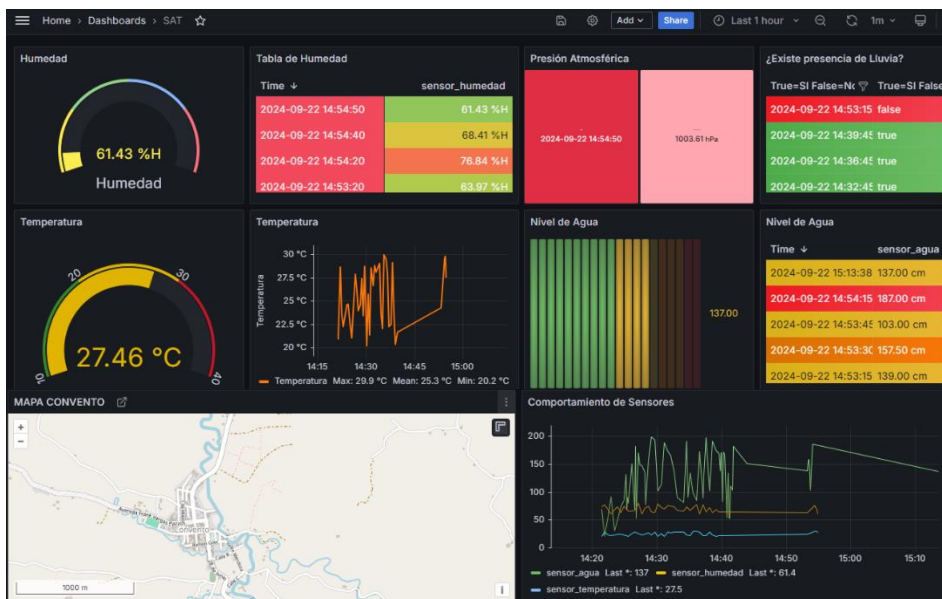
Mensaje de alerta en Telegram



Nota: La figura muestra una captura de alerta enviada dentro de la simulación por superar los niveles del umbral. Tomada: Autoría propia.

Figura 40

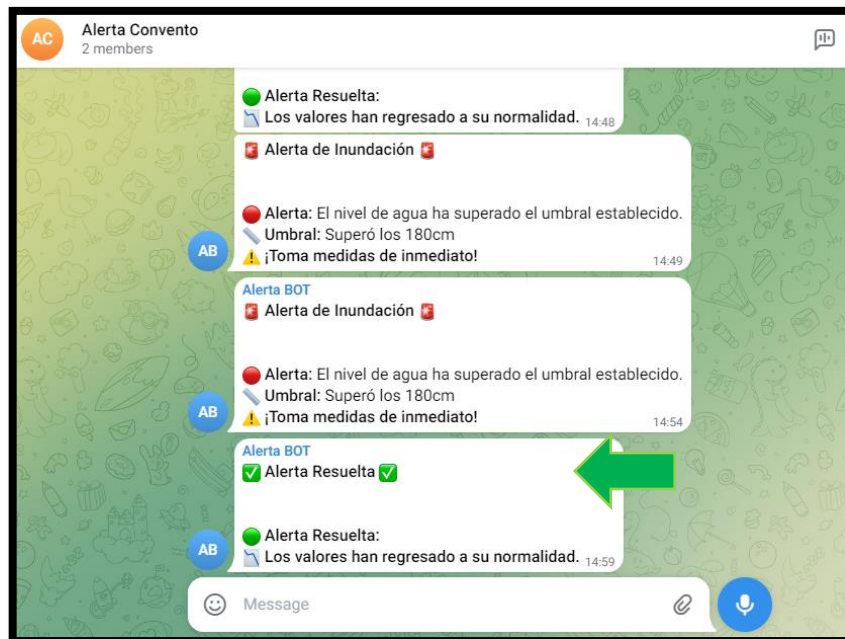
Monitoreo en normalidad dentro de Grafana.



Nota: La figura muestra el monitoreo dentro de Grafana en normalidad. Tomado: Autoría dentro de Grafana.

Figura 41

Mensaje de normalidad en Telegram



Nota: La figura muestra una captura de alerta enviada dentro de la simulación por regreso a la normalidad. Tomada: Autoría dentro de Telegram.

3.4. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos durante la simulación demostraron que el sistema es capaz de capturar y monitorear en tiempo real las variables ambientales y de riesgo de inundación con un alto grado de precisión. La integración de los sensores, junto con el uso de tecnologías como Node-RED, InfluxDB y Grafana, permitió la creación de un entorno de monitoreo automatizado y eficiente.

Además, la implementación de un sistema de comunicación basado en LoRa SX1276 ofrece la ventaja de poder enviar datos a largas distancias, lo que es particularmente útil en áreas rurales o de difícil acceso. La tecnología LoRa complementa el monitoreo al permitir la transmisión continua de datos, incluso en zonas donde la conectividad a internet es limitada.

En cuanto a la propuesta de alerta temprana, los resultados mostraron que es posible implementar un sistema de notificación eficaz, capaz de alertar a los usuarios en tiempo real sobre posibles riesgos, lo que brinda un margen de tiempo suficiente para la toma de decisiones y acciones preventivas.

CONCLUSIONES

- Se diseñó e integró una red de sensores inteligentes para la adquisición de datos de nivel de agua y variables meteorológicas. El sistema incluyó sensores ultrasónicos como el JSN-SR04T para monitorear los niveles de agua y el pluviómetro RG-11 para la detección de precipitación. Además, sensores meteorológicos como el BME280 permitieron medir la temperatura, humedad y presión. Estos sensores, integrados a través de un microcontrolador ESP32, proporcionaron datos precisos para la predicción de inundaciones en la parroquia Convento. El sistema demostró ser eficaz en la simulación, capturando y procesando la información en tiempo real.
- Se implementó técnicas de procesamiento de señales y conversión de unidades en los sistemas embebidos, utilizando el ESP32 como base del procesamiento de datos. Los algoritmos de filtrado y conversión garantizaron que los datos capturados por los sensores mantuvieran su calidad y consistencia antes de ser transmitidos y almacenados. Durante las simulaciones, se validó que los datos procesados eran precisos y confiables, lo que es esencial para la toma de decisiones en situaciones de riesgo de inundación.
- Se propuso un sistema de comunicación inalámbrica basado en la tecnología LoRaWAN para la transmisión de datos desde los nodos de sensores hasta un centro de control centralizado. Este protocolo, al ser de baja potencia y capaz de transmitir a largas distancias, demostró ser adecuado para zonas rurales como Convento, donde la conectividad a internet puede ser limitada. LoRaWAN aseguró la transmisión continua de los datos del sistema, incluso en condiciones adversas, mejorando así la fiabilidad del monitoreo y las alertas.
- Se diseñó y validó un plan de pruebas utilizando herramientas de simulación gratuitas y accesibles, como Fritzing y Node-RED, en lugar de Tinkercad, para la simulación de los circuitos electrónicos. El análisis geoespacial se realizó mediante plataformas oficiales como el INAMHI y el Ministerio del Ambiente, en lugar de QGIS, lo que proporcionó datos precisos sobre las condiciones hidrológicas del área. El sistema demostró ser funcional en la simulación, permitiendo su evaluación previa antes de su implementación en campo, asegurando que el sistema cumpla con los requisitos operativos y de alertas.

RECOMENDACIONES

- Aunque la simulación ha permitido validar el diseño propuesto, se recomienda realizar pruebas en campo con el sistema instalado, para ajustar los parámetros de sensibilidad de los sensores y evaluar su comportamiento en condiciones reales. Esto permitirá afinar la precisión del sistema de monitoreo y las alertas.
- Se sugiere capacitar a las comunidades locales en el uso de las plataformas de monitoreo y en la interpretación de las alertas, para que puedan responder de manera rápida y eficiente ante situaciones de emergencia. La formación debe incluir instrucciones claras sobre las acciones a seguir cuando se active una alerta de inundación.
- Se recomienda un análisis continuo de los datos obtenidos, para optimizar el sistema y ajustar los umbrales de alerta a medida que se recopilan más datos reales sobre el comportamiento del clima y los niveles de agua en la región.

REFERENCIAS

- Amay Izquierdo, J. C., y Tacuri Puma, F. P. (2014). *Análisis, diseño e implementación de un sistema de alarma para el monitoreo del registro de la lluvia en la ciudad de Cuenca basado en el protocolo GPRS*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Amazon . (06 de Septiembre de 2023). QILIPSU Caja eléctrica del recinto del metal, 20"x16"x10" caja de conexiones de acero impermeable negra IP65 para proyectos: https://www.amazon.com/QILIPSU-e1%C3%A9ctrica-conexiones-impermeable-proyectos/dp/B0CHJYSMXX/ref=sr_1_1_sspa?dib=eyJ2IjoiMSJ9.aKH-HeXp4R-zU1ITa1k_rm7fWrU2oXHzsauO4I-jNpCLbUvqIc28hcKJ0kZcU8FEIImLOVTx21v8gy1Ej_rvcn5_hs_F_h2UkvrGv7LL1bs6PxphamVe6V-HHcflMH-
- Arduino UNO . (13 de 09 de 2024). *Product Reference Manual SKU: A000066*. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- AV Electronics. (2024). <https://avelectronics.cc/producto/uno-r3-ch340/>
- Bosch Sensortec BMP388 Datasheet. (01 de 2018). *BMP388 Digital pressure sensor*. <https://www.mouser.com/pdfdocs/BST-BMP388-DS001-01.pdf?srsltid=AfmBOoqI9mREkYyn8DkO70G1FkhlnMMzrTdlOdeiZhxqMtrEvd5zHSYV>
- Bosch Sensortec BME280 Data sheet. (02 de 2024). *BME280 Combined humidity and pressure sensor*. <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf>
- Botland. (2022). <https://botland.store/high-precision-temperature-sensors/5415-sht31-digital-humidity-and-temperature-sensor-5904422305949.html>
- Cama Pinto, A., Acosta Coll, M., Piñeres Espitia, G., Caicedo Ortiz, J., Zamora Musa, R., y Sepúlveda Ojeda, J. (2016). *Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia*. Revista chilena de ingeniería, vol. 24 N° 4.

- Carrizo Sineiro, C., Ferreyra, Y., Astudillo, D., y Soldá, S. (2018). *Sustentabilidad y gestión de riesgo. Respuesta, reparación y prevención frente a inundaciones desde un análisis de caso*. revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3328>
- Chiluisa Chiluisa, M. A., Lucio Ramos, Y. J., y Velásquez Campo, F. R. (2022). *Tinkercad como herramienta estratégica en el proceso de aprendizaje significativo*. Horizontes. Revista De Investigación En Ciencias De La Educación, 6(25), 1759–1767. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i25.451>
- Dastec. (2024). *Dastec Uruguay*. <https://www.dastecsr.com.uy/producto/ott-pluvio2-s-medidor-de-precipitaciones-por-pesaje-compacto-para-cualquier-tipo-de-precipitacion>
- Datasheet HC - SR04 . (s.f.). *Ultrasonic Ranging Module HC - SR04* . ElecFreaks: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
- Datasheet JSN-SR04T. (s.f.). *Datasheet JSN-SR04T*. https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/JSN-SR04-Datasheet.pdf
- Datasheet SEN0208. (s.f.). *DFRobot*. Weather - proof Ultrasonic Sensor with Separate Probe SKU : SEN0208: <https://www.application-datasheet.com/pdf/dfrobot/sen0208.pdf>
- David Instruments. (09 de 07 de 2022). *Rain Collector (#6466 & 6466M)*. https://cdn.shopify.com/s/files/1/0515/5992/3873/files/07395.365_Rain_Collector_Stand_Alone_RCwith_base_web.pdf?v=1668555442
- Davis Instruments. (07 de 09 de 2022). *Stand Alone Rain Collectors*. https://cdn.shopify.com/s/files/1/0515/5992/3873/files/DS6464_6466_Rev_B_web.pdf?v=1668040716
- DigiKey. (2024). *DigiKey*. <https://www.digkey.es/es/products/detail/dfrobot/SEN0208/6588472>
- El Diario. (19 de Febrero de 2024). El Diario. *Más de 30 familias afectadas por la acumulación de agua en la parroquia Convento*. <https://www.eldiario.ec/actualidad/el-desbordamiento-del-rio-convento-en-la-parroquia-del-mismo-nombre-causo-afectaciones-en-mas-de-30-familias/>

- ElectroPeak*. (2022). <https://electropeak.com/gy-bme280-5v-temperature-and-humidity-and-atmospheric-pressure-sensor-module>
- Electrostore*. (2024). <https://grupoelectrostore.com/shop/modulos-y-shields/modulo-lora-sx1276-915mhz/>
- Espressif. (2024). *ESP32 Series Datasheet Version 4.7*. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Fritzing*. (2024). <https://fritzing.org/>
- Grafana*. (2024). <https://grafana.com/grafana/>
- Hernández, C. (2021). *Early warning system for the reduction of risks of floods, using arduino technology and network communication of data for the middle basin area of rio lempa*. Universidad de Oriente. <https://doi.org/10.5377/revunivo.v9i9.11374>
- Hydreon Corporation. (s.f.). *Model RG-11 Optical Rain Gauge*. https://rainsensors.com/wp-content/uploads/sites/3/2015/documents/rg-11_using_rs232.pdf
- Instant Byte. (02 de Noviembre de 2021). *Instant Byte*. Especializados en redes, voz, seguridad e IoT: https://www.instantbyte.com/mikrotik_antenna_-_lora_antena_6-5dbi_824-960mhz_conector_hembra_-_cable_abrazadera_m%C3%A1stil-p-24666.html
- Ledex*. (2023). Tu iluminación mas brillante: <https://www.ledex.ec/producto/poste-circular-4-mts/>
- Llano Marín, O. A., y Martínez Hernández, J. C. (2019). *Diseño de un sistema de alerta temprana por inundaciones en la Institución Agrícola de Guacavia en Cumaral-Meta. Trabajo de grado*. Villavicencio: Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/21727>
- López Aldea, E. (2016). *Arduino. Guía práctica de fundamentos y simulación*. Grupo Editorial RA-MA.
- Moreno Castillo, J. M. (2019). *Generación y simulación de un modelo predictivo para prevenir inundaciones en viviendas aledañas a zonas de riesgo mediante técnicas*

- de inteligencia artificial*. Universidad Francisco José de Calda.
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/11349/16327>
- Mouser Electronics. (2023). *Mouser Electronics*. Unit Electronics.:
<https://www.mouser.ec/new/sparkfun/sparkfun-hcsr04-distance-sensor/>
- Mouser Electronics*. (2024).
<https://www.mouser.ec/ProductDetail/Semtech/SX1261MB2BAS?qs=qSfuJ%252Bfl%2Fd5rrry5gk%2F4EA%3D%3D>
- MPPT Solar Charge Controller*. (2024). User Manual : <https://www.epever.com/wp-content/uploads/2021/05/Tracer-AN-SMS-EL-V1.0.pdf>
- Muñoz, D., Licona, A., Morales, A., y Zorto, F. (2018). *Sistema de Automatizado de Alerta Temprana ante Inundaciones SAATI y mesa de simulación*. Portal De La Ciencia. <https://doi.org/10.5377/pc.v0i15.7320>
- OTT HydroMet. (25 de 09 de 2024). *OTT Pluvio² L*. <https://www.ott.com/es-la/productos/meteorologia-80/ott-pluvio2-l-273/productAction/outputAsPdf/>
- Palomares Garrido, G., Castro González, Á., Castillo Montoya, J. C., Malfaz Vázquez, M. Á., y Sánchez Caballero, M. S. (2024). *Una propuesta de integración de una red de sensores IoT en el robot Mini para monitorización del usuario en su domicilio*. Jornadas de Automática . <https://doi.org/https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10916>
- Pérez Bayas, S. P. (2017). *Diseño de un sistema de alerta temprana para la prevención de la población frente a inundaciones en el cantón Babahoyo*. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/21649>
- Proaño Vallejo, J. V., y Suarez Chanchay, M. V. (2016). *Implementación de un prototipo de sistema electrónico mediante comunicación inalámbrica para supervisión y detección de inundaciones*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Riobamba.
- Redacción Primicias. (12 de Julio de 2023). Primicias . *Google Maps alerta sobre inundaciones en Manabí*. <https://www.primicias.ec/noticias/sucesos/flavio-alfaro-emergencia-inundaciones/>

- Regony. (2022). <https://ca.renogy.com/renogy-50-watt-12-volt-monocrystalline-solar-panel-new-edition/>
- Regony. (2022). *RNG-50D-SS. 50W Monocrystalline Solar Panel:* https://www.renogy.com/content/RNG-50D-SS/RNG-50D-SS%20G2%20Datashet.pdf?srsltid=AfmBOopkjEyfuZEt7a1BnQ_rbgjqUf9AH AQNbRt931-IA3kbLwS_3PMU
- Regony. (2024). <https://www.renogy.com/12v-50ah-core-series-deep-cycle-lithium-iron-phosphate-battery/?srsltid=AfmBOorSgWmmX7TTxaKTxEcQ6eL-i2m2DhTfHJM4XWhXzh4ubugqpLAZ>
- Regony. (2024). *Renogy 12V 50Ah Core Series Deep Cycle Lithium Iron Phosphate Battery.* https://www.renogy.com/content/RNG-BATT-AGM12-200/AGM200-Datashet.pdf?srsltid=AfmBOoqOnhoVn1SX_WOvoCI_DytpUSDP4yPwqh9yi6DOXxW8POW1sQJp
- Rs Group. (2024). *Distrelec.* <https://www.distrelec.ch/en/bmp388-barometric-pressure-sensor-breakout-5v-adafruit-3966/p/30139192>
- Saa Ureña, H. S. (2018). *Diseño de un prototipo de sistema de alerta temprana para inundación y desbordamiento, usando visión artificial y redes celulares para la ciudad de Puyo.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Riobamba.
- Salituro, E. (2023). *Learn Grafana 10.x: A Beginner's Guide to Practical Data Analytics, Interactive Dashboards, and Observability.* Packt Publishing.
- Scaled Instruments. (2024). <https://www.scaledinstruments.com/shop/shop-by-category/rain-gauges/davis-6465-aerocone-rain-collector-with-vantage-pro2-mounting-base/?srsltid=AfmBOopMhzvu8Kt0GTrURDITSfwpSCV1jXOOq6NKa7YxBk0ZQsWdyFHk>
- Semtech Corporation . (2016). *SX1276/77/78/79 - 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver.* <https://www.mouser.com/datasheet/2/761/sx1276-1278113.pdf?srsltid=AfmBOoojD4rsJFDHtbWKEKFOWpkyJxb2orPkvzQgiHZ DAbx3Jkf5EhD->
- Semtech Corporation. (2017). *SX1261/2 Long Range, Low Power, sub-GHz RF Transceiver.* https://www.mouser.com/datasheet/2/761/DS_SX1261-2_V1.1-

1307803-

1487949.pdf?srsltid=AfmBOoo1I2kvz7zOW2Waj9nQw3EXIS1R2owvtjS90qP
yjI6hmrGszUfs

Sensirion. (Mayo de 2015). *Datasheet SHT3x-DIS*. Humidity and Temperature Sensor:
[https://cdn-shop.adafruit.com/product-
files/2857/Sensirion_Humidity_SHT3x_Datasheet_digital-767294.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2857/Sensirion_Humidity_SHT3x_Datasheet_digital-767294.pdf)

Seong Ji Datasheet SFM10R1. (s.f.). *SFM10R1*. [https://yadom.eu/carte-d-evaluation-
sigfox-module-wisol-sfm10r1-evbsfm10r1.html](https://yadom.eu/carte-d-evaluation-sigfox-module-wisol-sfm10r1-evbsfm10r1.html)

Smotkin, E. S. (22 de Enero de 2019). *Análisis de Horas de Sol Pico en Sistemas de
Energía*. Technology and Education Center for Renewable Energy:
<https://tecre.org/wp-content/uploads/2019/02/Rotary-talk-final.-Spanish.pdf>

Stella, J., y Anagnostou, E. N. (2018). *Modelación del impacto de inundaciones en una
cuenca subtropical en el sur de Florida*. Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-05>

Tek300. (2024). *Tek300*. Especialistas en hardware atmosférico:
<https://www.tek3000.com/precipitacion/624-pluviometro-optico-rg11.html>

Telecom Desing Datasheet TD1208. (08 de 2014). *High-Performance, Low-Current
Sigfox™ Gateway TD1208*. <http://rfmodules.td-next.com/modules/td1208/>

Unit Electronics. (2024). *Tienda de componentes electrónicos*. Unit Electronics:
[https://uelectronics.com/producto/sensor-ultrasonico-jns-
sr04t/?srsltid=AfmBOoos7NVQSLsRUpxxqCjTtuIeZyEdCNspMMSST-
zJxoeq1lSNvIB](https://uelectronics.com/producto/sensor-ultrasonico-jns-sr04t/?srsltid=AfmBOoos7NVQSLsRUpxxqCjTtuIeZyEdCNspMMSST-zJxoeq1lSNvIB)

Viasolar. (2024). *Viasolar*. Smart Energy: [https://www.viasolar.es/varios/reguladores-
solares/regulador-mppt-
10a/?srsltid=AfmBOoq74AIAVS_dfoTBWyr9XoU6nL6I_ctusP09Djsqy5-
i6jE3Q8UC](https://www.viasolar.es/varios/reguladores-solares/regulador-mppt-10a/?srsltid=AfmBOoq74AIAVS_dfoTBWyr9XoU6nL6I_ctusP09Djsqy5-i6jE3Q8UC)

Xukyo. (18 de Febrero de 2024). *Aranacorp*. [https://www.aranacorp.com/es/descripcion-
general-del-microcontrolador-nodemcu-esp32/](https://www.aranacorp.com/es/descripcion-general-del-microcontrolador-nodemcu-esp32/)

ANEXOS

Data Sheet Sensor JSN-SR04T

Especificaciones tomadas de (Datasheet JSN-SR04T)

Specifications:	Pulse width output / Serial Output
Operating Voltage	DC 3.0-5.5V
Working current	Less than 8mA
Probe frequency	40KHz
Farthest range	600cm
Recent range	20cm
Distance accuracy	+ - 1cm
Resolution	1mm
Measuring angle	75 degree
Enter the trigger signal	1, 10uS above the TTL pulse 2, the serial port to send instructions 0X55
Output the echo signal	Output pulse width level signal, or TTL
Wiring	3-5.5V (power positive) Trig (RX) RX Echo (output) TX GND (power supply negative)
Product Size	L42 * W29 * H12 mm
Operating temperature	-20 ° C to + 70 ° C
Product color	PCB board is blue

Data Sheet Sensor BME280

Especificaciones tomadas de (Bosch Sensortec BME280 Data sheet, 2024)

Key features

Package	2.5 mm x 2.5 mm x 0.93 mm metal lid LGA
Digital interface	I ² C (up to 3.4 MHz) and SPI (3 and 4 wire, up to 10 MHz)
Supply voltage	V _{DD} main supply voltage range: 1.71 V to 3.6 V V _{DDIO} interface voltage range: 1.2 V to 3.6 V
Current consumption	1.8 μ A @ 1 Hz humidity and temperature 2.8 μ A @ 1 Hz pressure and temperature 3.6 μ A @ 1 Hz humidity, pressure and temperature 0.1 μ A in sleep mode
Operating range	-40...+85 °C, 0...100 % rel. humidity, 300...1100 hPa
Humidity sensor and pressure sensor can be independently enabled / disabled	
Register and performance compatible to Bosch Sensortec BMP280 digital pressure sensor	
RoHS compliant, halogen-free, MSL1	

Key parameters for humidity sensor

- Response time ($\tau_{63\%}$) 1 s
- Accuracy tolerance ± 3 % relative humidity
- Hysteresis ± 1 % relative humidity

Data Sheet RG-11

Especificaciones tomadas de (Hydreon Corporation)

Parameter	Value
Input Voltage	9 – 30VDC or 9 – 26 VAC 50V surge Reverse polarity protected to 50V
Current Drain	15 mA nominal. (No outputs on, not raining, no heater) about 1.5 mA in micro-power sleep mode. 50 mA with output on. 55 mA - With heater on, 24V dc input.
Output	Relay closure, Normally Open and Normally Closed contacts. Max load 1A, 24 VDC.
Operating Temperature range	-40 C to +60C

Data Sheet ESP 32

Especificaciones tomadas de (Espressif, 2024)

Wi-Fi

- 802.11b/g/n
- 802.11n (2.4 GHz), up to 150 Mbps
- WMM
- TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU
- Immediate Block ACK
- Defragmentation
- Automatic Beacon monitoring (hardware TSF)
- Four virtual Wi-Fi interfaces
- Simultaneous support for Infrastructure Station, SoftAP, and Promiscuous modes

Note that when ESP32 is in Station mode, performing a scan, the SoftAP channel will be changed.

- Antenna diversity

Bluetooth®

- Compliant with Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specifications
- Class-1, class-2 and class-3 transmitter without external power amplifier
- Enhanced Power Control
- +9 dBm transmitting power
- NZIF receiver with -94 dBm Bluetooth LE sensitivity
- Adaptive Frequency Hopping (AFH)
- Standard HCI based on SDIO/SPI/UART
- High-speed UART HCI, up to 4 Mbps
- Bluetooth 4.2 BR/EDR and Bluetooth LE dual mode controller
- Synchronous Connection-Oriented/Extended (SCO/eSCO)
- CVSD and SBC for audio codec
- Bluetooth Piconet and Scatternet
- Multi-connections in Classic Bluetooth and Bluetooth LE
- Simultaneous advertising and scanning

CPU and Memory

- Xtensa® single-/dual-core 32-bit LX6 microprocessor(s)
- CoreMark® score:
 - 1 core at 240 MHz: 504.85 CoreMark; 2.10 CoreMark/MHz
 - 2 cores at 240 MHz: 994.26 CoreMark; 4.14 CoreMark/MHz
- 448 KB ROM
- 520 KB SRAM
- 16 KB SRAM in RTC
- QSPI supports multiple flash/SRAM chips

Clocks and Timers

- Internal 8 MHz oscillator with calibration
- Internal RC oscillator with calibration

- External 2 MHz ~ 60 MHz crystal oscillator (40 MHz only for Wi-Fi/Bluetooth functionality)
- External 32 kHz crystal oscillator for RTC with calibration
- Two timer groups, including $2 \times$ 64-bit timers and $1 \times$ main watchdog in each group
- One RTC timer
- RTC watchdog

Power Management

Fine-resolution power control through a selection of clock frequency, duty cycle, Wi-Fi operating modes, and individual power control of internal components

Five power modes designed for typical scenarios: Active, Modem-sleep, Light-sleep, Deep-sleep,

Hibernation

- Power consumption in Deep-sleep mode is $10 \mu\text{A}$
- Ultra-Low-Power (ULP) coprocessors
- RTC memory remains powered on in Deep-sleep mode
- Security
- Secure boot
- Flash encryption
- 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers
- Cryptographic hardware acceleration:
 - AES
 - Hash (SHA-2)
 - RSA
 - ECC
 - Random Number Generator (RNG)

Data Sheet Lora SX1276

Especificaciones tomadas de (Semtech Corporation, 2017)

- LoRa™ Modem
- 168 dB maximum link budget

- +20 dBm - 100 mW constant RF output vs. V supply
- +14 dBm high efficiency PA
- Programmable bit rate up to 300 kbps
- High sensitivity: down to -148 dBm
- Bullet-proof front end: IIP3 = -11 dBm
- Excellent blocking immunity
- Low RX current of 9.9 mA, 200 nA register retention
- Fully integrated synthesizer with a resolution of 61 Hz
- FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRaTM and OOK modulation
- Built-in bit synchronizer for clock recovery
- Preamble detection
- 127 dB Dynamic Range RSSI
- Automatic RF Sense and CAD with ultra-fast AFC
- Packet engine up to 256 bytes with CRC
- Built-in temperature sensor and low battery indicator

Conexión de Sensores con ESP32

Tabla 7

Conexión ESP32 con sensor JSN-SR04T

Pin JSN-SR04T	Pin ESP32
VCC	5V
GND	GND
Trig	GPIO 5
Echo	GPIO 18

Tabla 8

Conexión del ESP32 con el sensor RG-11

Pin RG-11	Pin ESP32
VCC	5V
GND	GND
Signal	GPIO 34

Tabla 9

Conexión del ESP32 con Sensor BME280

Pin BME280	Pin ESP32
VCC	3.3V
GND	GND
SCL	GPIO 22
SDA	GPIO 21

Tabla 10*Conexión ESP32 con LoRaSX1276*

Pin LoRa SX1276	Pin ESP32
VCC	3.3V
GND	GND
SCK	GPIO 18
MISO	GPIO 19
MOSI	GPIO 23
NSS	GPIO 5
RST	GPIO 14
DIO0	GPIO 26

Presupuesto

Tabla 11

Costo estimado de instalación

Componente	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Sensor JSN-SR04T	1	\$16,00	\$16,00
Sensor BME280	1	\$25,00	\$25,00
Sensor RG-11 (Importación)	1	\$105,55	\$105,55
LoRa SX1276	1	\$40,00	\$40,00
ESP32	1	\$12,00	\$12,00
Panel Solar 50W	1	\$70,00	\$70,00
Batería 20Ah(I)	1	\$235,00	\$235,00
Controlador de Carga (I)	1	\$70,00	\$70,00
Caja de Instalación 550mm	1	\$45,00	\$45,00
Poste de 4 metros	1	\$230,00	\$230,00
Cable AWG 12 (6 metros)	6	\$1,48	\$8,88
Cable AWG 22-24 (2 metros)	2	\$0,35	\$0,70
Antena LoRa	1	\$15,00	\$15,00

Computador (para Node-RED, etc.)	1	\$400,00	\$500,00
Total, Estimado			\$1.373,13

Tabla 12

Lista de tiendas de venta de componentes

Componente	Tienda	Link
Sensor JSN-SR04T	Electro Store	https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/ultrasonicos/modulo-sensor-jsn-sr04t-ultrasonico/
Sensor BME280	Robotics	https://roboticsec.com/producto/sensor-de-presion-barometrica-bme280/
Sensor RG-11 (I)	LunarticoAstro	https://eu.lunaticastro.com/?product=hydreon-rg-11-rain-sensor
LoRa SX1276	PlexyLab	https://www.plexylab.com/product-page/m%C3%B3dulo-sx1276-esp32-lora-915-mhz-con-bluetooth-wifi-oled
ESP32	PlexyLab	https://www.plexylab.com/product-page/m%C3%B3dulo-esp32-con-wifi-y-bluetooth-

		de-30-pines-esp32-wroom-32
Panel Solar 50W	QuitoLed	https://www.quitoled.com/producto/panel-solar-50w/
Batería 20Ah(I)	Regony	https://www.renogy.com/12v-20ah-core-series-deep-cycle-lithium-iron-phosphate-battery/?srsltid=AfmBOoqx6n5eLQKXJe3nDPfS1cXIKhrD8yYwhNqjt0LpfA0oJAWZ7EVz
Controlador de Carga (I)	Amazon	https://www.amazon.com/-/es/Controlador-Cargador-regulador-pantalla-negativa/dp/B08HQBFW16?th=1
Caja de Instalación 550mm	Ebay	https://www.google.com/search?q=20+pulgadas+a+cm&oq=20+pulgadas+&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqBwgAEAAyYgAQyBwgAEAAyYgAQyBggBEEUYOTIHCAIQA BiABDIHCAMQABiABDIHCAQQABiABDIHCAUQ ABiABDIHCAYQABiABDIGCAcQRRg80gEIMjcxN mowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Poste de 4 metros	Ledex	https://www.ledex.ec/producto/poste-circular-4-mts/
Cable AWG 12 (6 metros)	Kiwy	https://www.kywi.com.ec/cable-gemelo-12-awg-c-mincable/p?srsltid=AfmBOoqBX8BeIqYPx15d_kN2N7zNYq4iY2ieP0wRxkLvstccVceZ7Bfo
Cable AWG 22-24 (2 metros)	Steren	https://www.steren.com.ec/cable-esta-ado-para-conexiones-22-awg-color-cafe.html
Antena LoRa	Mouser	https://www.mouser.ec/ProductDetail/Pycom/LoRa-Antenna?qs=MLItCLRbWsziwtsd5t33VA%3D%3D
Computador (para Node-RED, etc.)	Computron	https://computron.com.ec/producto/laptop-notebook-xtratech-invicta-ci5-1135g7-2-4ghz-8gb-256gb-ssd-negra-15-6fhd-w11/
