

Sistema de monitoreo y alerta temprana a inundaciones

Erick Andrés Baez Cruz

Sebastián Felipe Buitrago Ayala

Universidad cooperativa de colombia

Electiva 4

Ingeniero Pedro Osorio

11/09/2025

Índice

Introducción	1
Planteamiento el problema y/o justificación	2
Objetivos	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Marco referencial	3
Marco teórico	3
Internet de las Cosas (IoT)	3
.NET	3
LoRa (Long Range)	3
Arduino mega	4
ESP32	5
n8n	6
Metodología Scrum	6
Marco legal	8
Ley Estatutaria 1581 de 2012	8
Resolución 105 de 2020 de la ANE	8
Metodología Ingenieril	8
Requerimientos	8
Requerimientos funcionales	8
Requerimientos no funcionales	8
Modelado	9
Conclusiones	10

Índice de figuras

1.	Modulo lora	4
2.	Arduino Mega	5
3.	Esp 32	6
4.	Metodología Scrum	7
5.	Diagrama de arquitectura	9

Introducción

La ciudad de Villavicencio, por su ubicación geográfica, es susceptible a inundaciones recurrentes, principalmente por el desbordamiento de los ríos Guatiquía, Ocoa y Guayuriba durante las temporadas de lluvias intensas. Fenómenos climáticos, sumados a factores como la expansión urbana descontrolada y la extracción de materiales de los lechos de los ríos, agravan esta problemática. La falta de sistemas de alerta que anticipen las crecientes súbitas deja a las comunidades en un estado de alta vulnerabilidad.

Planteamiento el problema y/o justificación

El problema radica en la ausencia de un sistema de alerta temprana que anticipe de manera efectiva y oportuna la llegada de estas crecientes. Las comunidades son usualmente sorprendidas por el rápido ascenso de las aguas, especialmente durante la noche, lo que limita drásticamente el tiempo de reacción para evacuar y proteger sus bienes. La monitorización de las condiciones se realiza de forma general a nivel regional, pero no existe un mecanismo ágil y localizado que traduzca las precipitaciones en las montañas en una advertencia específica y directa para los habitantes de las zonas de riesgo en Villavicencio. Esta carencia de información en tiempo real impide que tanto los ciudadanos como los organismos de socorro puedan tomar acciones preventivas coordinadas.

Objetivos

Objetivo general

Se requiere una aplicación de alerta temprana basado en iot, que monitoree la actividad y las precipitaciones en zonas estratégicas cercanas a Villavicencio y notifique a los habitantes que se encuentran en zonas vulnerables o de alto riesgo de inundación mediante una aplicación móvil, con el fin de tomar medidas preventivas y minimizar los daños en gran medida.

Objetivos específicos

- **Diseñar** estaciones de simulación de monitoreo, microcontroladores y sistemas de comunicación de largo alcance.
- **Establecer** una plataforma central que reciba, procese y analice los datos en tiempo real.
- **Crear** una aplicación móvil sencilla que notifique correctamente según los parámetros establecidos en el análisis.

Marco referencial

Marco teórico

Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la red de objetos físicos o "cosas" que están equipados con sensores, software y otras tecnologías con el propósito de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Estos dispositivos van desde objetos domésticos cotidianos hasta sofisticadas herramientas industriales. La expansión de IoT se fundamenta en la convergencia de varias tecnologías, incluyendo la computación ubicua, los sensores de bajo costo, las redes de comunicación y el análisis de datos masivos. Hassan (2018)

.Net

Es una plataforma de desarrollo de software creada por Microsoft, compuesta por herramientas, lenguajes de programación y bibliotecas para construir diferentes tipos de aplicaciones. Las versiones más recientes, anteriormente .NET Core, son de código abierto y multiplataforma, lo que permite que el código se ejecute en Linux, macOS, Windows, iOS, Android y más. Troelsen y Japikse (2022)

LoRa (Long Range)

Es una tecnología de comunicación inalámbrica de bajo consumo y largo alcance, ideal para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT). Una antena LoRa es un componente esencial diseñado para transmitir y recibir señales LoRa, permitiendo la comunicación a largas distancias con un consumo mínimo de energía. La tecnología LoRa utiliza una técnica de modulación de espectro ensanchado llamada Chirp Spread Spectrum (CSS). Esta técnica distribuye la señal a través de una banda de frecuencia amplia, lo que resulta en una excelente sensibilidad del receptor y robustez contra interferencias. Las antenas LoRa operan en frecuencias sub-GHz, como 433 MHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EE. UU.). El alcance de la comunicación LoRa puede ser de varios kilómetros y se ve afectado

por factores como la calidad de la antena, la potencia de transmisión, los obstáculos en el entorno y la velocidad de datos. Existen diferentes tipos de antenas LoRa, como las antenas PCB (impresas directamente en la placa de circuito) que son compactas y económicas pero con menor ganancia, y antenas externas que pueden ofrecer un mayor alcance.Ojo (2021)



Figura 1

Modulo lora

Arduino mega

El Arduino Mega es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Es una opción popular para proyectos que requieren una mayor cantidad de pines de entrada/salida (GPIO) y más memoria en comparación con otras placas Arduino como el Arduino Uno. Algunas características adicionales de este microcontrolador son las siguientes:

- 54 pines de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM
- 16 entradas analógicas
- memoria flash de 256kb

- SRAM de 8KB
- EEPROM de 4KB
- Velocidad de relok de 16 MHz



Figura 2

Arduino Mega

ESP32

El ESP32 es una serie de microcontroladores de bajo costo y bajo consumo de energía desarrollados por Espressif Systems. Se caracteriza por integrar conectividad Wi-Fi y Bluetooth, lo que lo convierte en una opción muy popular para proyectos de IoT. El ESP32 es el sucesor del ESP8266 y viene con características mejoradas como un procesador de doble núcleo, más pines GPIO y soporte para Bluetooth 4.2 y Bluetooth de bajo consumo. Kurniawan (2019)

- Procesador de 32 bits
- Conectividad Wifi
- Memoria de 520 kb de SRAM
- 34 pines E/S programables

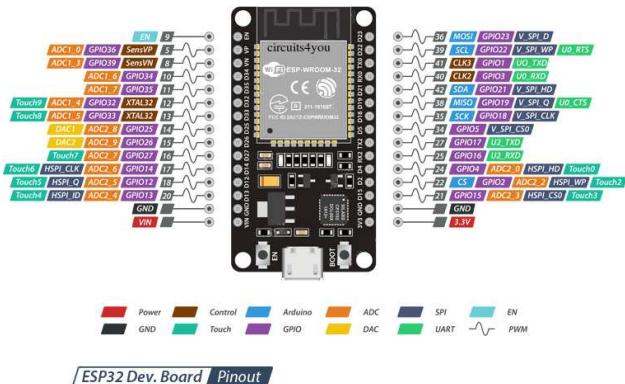


Figura 3

Esp 32

n8n

n8n es una plataforma de automatización de flujos de trabajo de código abierto diseñada para equipos técnico. Permite a los usuarios conectar diferentes aplicaciones y servicios para automatizar tareas repetitivas y procesos complejos. n8n se destaca por su flexibilidad, permitiendo a los usuarios construir flujos de trabajo utilizando una interfaz visual de arrastrar y soltar o escribiendo código cuando sea necesario. Cada conexión en n8n se denomina "nodo", y cada nodo realiza una acción específica. Se pueden combinar múltiples nodos en un flujo de trabajo que se ejecuta automáticamente. Por ejemplo, se podría crear un flujo de trabajo que se active con el envío de un nuevo formulario, envíe un mensaje a Slack y almacene los datos en una hoja de cálculo de Google. n8n también está diseñado para la era de la IA, con soporte nativo para conectar modelos de lenguaje grandes y herramientas como LangChain. Esto permite la creación de flujos de trabajo de IA que utilizan datos y lógica propios del usuario. n8n se puede alojar en las instalaciones del usuario (on-premise) para un mayor control o en la nube para mayor comodidad. Pant (2023)

Metodología Scrum

Scrum es una metodología ágil que se usa para organizar y gestionar proyectos de software. Se basa en trabajo en equipo, entregas rápidas y mejora continua, dividiendo el

desarrollo en ciclos cortos llamados sprints (generalmente de 1 a 4 semanas).

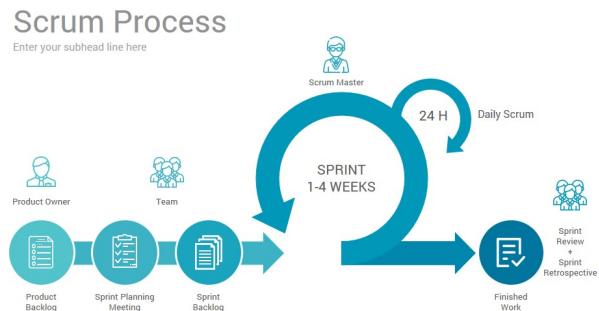


Figura 4

Metodología Scrum

Marco legal

Ley Estatutaria 1581 de 2012

Es la ley general de protección de datos personales en Colombia. Establece los principios, derechos, deberes y procedimientos para el tratamiento de datos personales.

Resolución 105 de 2020 de la ANE

Esta resolución actualiza y compila el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF) y establece las condiciones técnicas para el uso de bandas de frecuencia de uso libre en Colombia.

Metodología Ingenieril

Requerimientos

Requerimientos funcionales

- RF-001: El nodo sensor debe ser capaz de leer datos de lluvia con presicion.
- RF-002: Los nodos sensores deben transmitir los paquetes de datos recolectados utilizando el protocolo LoRa.
- RF-003: El gateway debe reenviar los datos recibidos al servicio de backend (n8n) a través de una conexión a Internet (Wi-Fi o Ethernet).
- RF-004: La plataforma n8n debe recibir los datos del gateway y validar que el formato del paquete sea correcto.
- RF-005: La plataforma n8n sera capaz de registrar usuarios así como enviar mensajes a los usuarios.

Requerimientos no funcionales

- RNF-001: La latencia total desde la captura del dato en el sensor hasta su visualización en el dashboard no debe superar los 60 segundos en condiciones normales de red.

- RNF-002: El sistema debe cumplir con la Ley 1581 de 2012 de Colombia sobre la protección de datos personales.
- RNF-003: El backend y la aplicación web deben tener una disponibilidad del 99.5 %.

Modelado

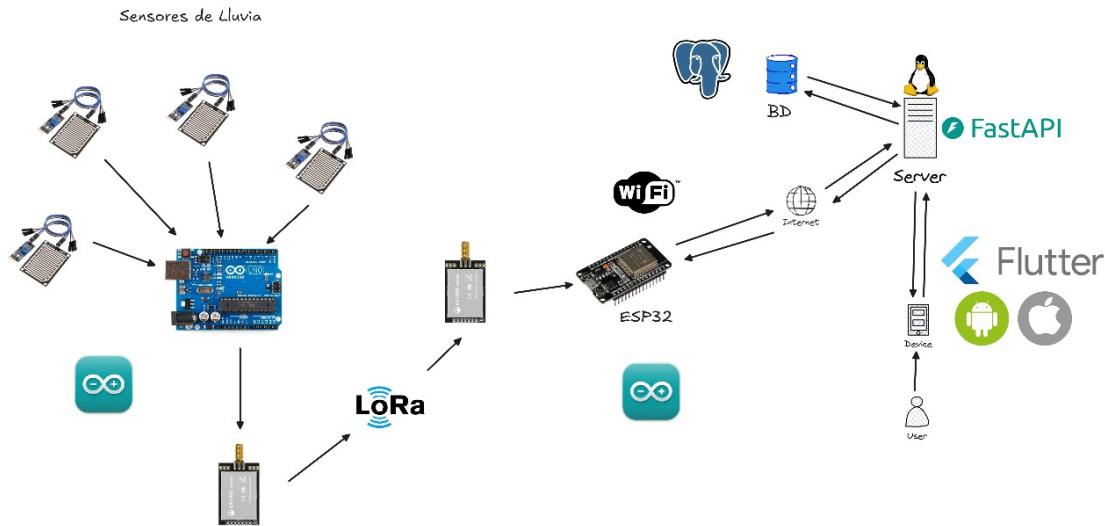


Figura 5

Diagrama de arquitectura

Conclusiones

Este proyecto ha demostrado exitosamente la viabilidad de un sistema de monitoreo ambiental inteligente en Villavicencio, utilizando tecnologías de bajo costo como IoT y LoRaWAN para responder a las necesidades específicas de la región. Su arquitectura modular y el uso de herramientas de código abierto no solo garantizan su sostenibilidad, sino que también establecen un sistema replicable para su expansión a otras ciudades de Colombia. El proyecto no es solo una solución local, sino el fundamento para construir una red nacional de soberanía de datos que capacitará a las entidades públicas para una gestión ambiental proactiva y basada en evidencia, sentando las bases de un ecosistema digital para la sostenibilidad en Colombia.

Referencias

- Hassan, Q. F. (2018). *The Internet of Things: From Theory to Practice*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor Francis Group.
- Kurniawan, A. (2019). *IoT projects with ESP32: Build exciting and powerful IoT projects using the ESP32*. Birmingham, UK: Packt Publishing.
- Ojo, K. S. (2021). *Practical internet of things with LoRa*. Berkeley, CA: Apress.
- Pant, T. (2023). *Workflow automation with n8n*. Birmingham, UK: Packt Publishing.
- Troelsen, A., y Japikse, P. (2022). *Pro C 10 with .NET 6: Foundational principles and practices in programming* (11th ed ed.). Berkeley, CA: Apress.