

**Prototipo De Un Sistema De Alerta Temprana Para La Medición De Nivel En Ríos Con
Ubicación Rural: Caso Río Tuluá Y Morales Municipio De Tuluá**

Gabriel E. Romero y Nicolás Landazábal

Unidad Central Del Valle Del Cauca, Tuluá

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica

14 de enero de 2022

**Prototipo De Un Sistema De Alerta Temprana Para La Medición De Nivel En Ríos Con
Ubicación Rural: Caso Río Tuluá Y Morales Municipio De Tuluá**

AUTORES

GABRIEL EDUARDO ROMERO OQUENDO

NICOLÁS LANDAZÁBAL BARRENECHE

Presentado para optar el título de: Ingeniero Electrónico

DIRECTOR

INGENIERO ANDRÉS REY PIEDRAHITA

Unidad Central Del Valle Del Cauca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Programa de Ingeniería Electrónica

Valle del Cauca - Tuluá

14 de enero de 2022

Tabla de contenido

ABSTRACT	6
RESUMEN.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
MARCO DE REFERENCIA	16
MARCO CONCEPTUAL	16
RASPBERRY PI 3 MODELO B+	16
PWM (PULSE-WIDTH MODULTAION)	17
PANELES SOLARES	17
RELÉS	19
CONMUTADOR O SWITCH	21
RED DE ÁREA LOCAL (LAN)	21
MARCO TEÓRICO.....	22

IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA	22
ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA	23
INUNDACIONES	25
ESTRUCTURACIÓN DE LOS SAT A NIVEL MUNDIAL	27
MODELOS Y PREDICCIONES DE LAS INUNDACIONES EN LOS SAT	29
ESTADO DEL ARTE DE LOS SAT EN COLOMBIA.	31
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DEL DISTRITO DE BARRANQUILLA	33
MARCO LEGAL	36
CONSEJO NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	37
UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	38
COMITÉ NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO DEL RIESGO	38
COMITÉ NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO	38
COMITÉ NACIONAL PARA EL MANEJO DE DESASTRES	38
CONSEJOS DEPARTAMENTALES, DISTRITALES Y MUNICIPALES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	39
METODOLOGÍA	40
ALCANCE DEL TRABAJO	43
ARQUITECTURA DEL DISPOSITIVO PARA EL SAT	44

FUENTE DE ALIMENTACIÓN	44
CONTROL	45
SISTEMA EMBEBIDO	45
COMUNICACIÓN	45
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA Y VALLE DEL CAUCA	
45	
ELABORACIÓN DEL CIRCUITO	47
CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL DISPOSITIVO SAT	48
APLICACIÓN WEB Y API	61
ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN	62
INTERFAZ DE USUARIO	63
CÓDIGOS BASE DE DATOS, API E INTERFAZ	65
PRUEBAS Y RESULTADOS	66
CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	75
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	82
PRESUPUESTO	111

Abstract

In the following document, an electronic device was developed that is part of an early warning system, which has the purpose of monitoring in real time the level of the Tuluá and Morales rivers, with which it was intended to provide a solution and help to the prevention of natural disasters in the city of Tuluá, Valle del Cauca because this city did not have this technology at the time. Only the device that is a part of the early warning system was developed, because as its name indicates, the system is a union of different parts, which make it work. This device was operational for two years between 2017 and 2019, in the city of Tuluá, by the Fivetech S.A.S Company together with the Tuluá mayor's office. Due to the change of mayor, the device was withdrawn. Finally, this project has several points that can be improved for future work in case someone decides or wants to continue based on this project.

Keywords: *device, alert, raspberry, river, sensor, proximity, SAT, Tuluá, Morales*

Resumen

En el siguiente documento se desarrolló un dispositivo electrónico que hace parte de un sistema de alerta temprana, el cual tiene la finalidad de monitorear en tiempo real el nivel de los ríos Tuluá y Morales, con él que se pretendió brindar una solución y una ayuda para la prevención de desastres naturales en la ciudad de Tuluá, Valle del Cauca debido a que esta ciudad en su momento no contaba con esta tecnología. Se desarrolló únicamente el dispositivo que es una parte del sistema de alerta temprana, debido a que como su nombre lo indica el sistema es una unión de diferentes partes las cuales hacen que funcionen. Este dispositivo estuvo operativo por dos años entre el 2017 y 2019, en la ciudad de Tuluá, por parte de la empresa Fivetech S.A.S en conjunto de la alcaldía de Tuluá. Debido al cambio de alcalde se dio de baja al dispositivo. Por último, este proyecto cuenta con varios puntos que se pueden mejorar para un trabajo futuro en caso tal de que alguien lo decida o quiera continuar tomando como base este proyecto.

***Palabras clave:** dispositivo, alerta, raspberry, río, sensor, proximidad, SAT, Tuluá,*

Morales

Prototipo De Un Sistema De Alerta Temprana Para La Medición De Nivel En Ríos Con Ubicación Rural: Caso Rio Tuluá Y Morales Municipio De Tuluá

El presente trabajo de grado tiene como principal objetivo el diseño de un dispositivo para un sistema de alerta temprana enfocada en las fuentes hídricas; en este caso los ríos Tuluá y Morales, que se encuentran ubicados en la ciudad Tuluá, Valle del Cauca.

Con este dispositivo se pretende ayudar a la población de la ciudad de Tuluá en tener un dispositivo que les brinde información oportuna y continua de sus ríos con el fin de que, si en algún momento se llegase a presentar una emergencia, cuenten con la oportuna información en todo momento y puedan generar un plan de acción con la finalidad de evitar situación que pongan en riesgo a la población civil.

Los sistemas de alerta temprana están compuestos por varias estructuras las cuales tienen determinadas funciones para garantizar su funcionamiento. Estas estructuras varían de acuerdo con la necesidad presentada en cada situación. En este caso se presenta la siguiente estructura para el sistema de alerta temprana:

- fuente de alimentación
- dispositivo de detención para nivel del río
- dispositivo de comunicación
- aplicación informática para procesamiento de datos

Se debe tener en consideración que el dispositivo está diseñado para estar instalado en áreas remotas, rurales o en la misma ciudad, donde es posible que no se tenga acceso a la malla eléctrica, por lo cual se opta por la utilización de paneles solares como fuente de alimentación primaria para garantizar el funcionamiento del dispositivo.

El dispositivo de detención es el encargado de recolectar la información; la cual se obtiene mediante un sistema embebido utilizando una Raspberry y sensores de ultrasonido, que realizan una medición constante del nivel del río, una vez obtenida esta información se almacena en una memoria externa de la Raspberry a modo de copia seguridad y se procede a enviar la información.

Por medio de un switch o router se transfiere la información a la aplicación informática, la cual procederá a guardar los datos en una base de datos y procesar la información para poder ser entregada al usuario final, esta información queda registra en una gráfica que también permite la organización de la fecha, cómo el sensor o río que se quiere revisar.

Una vez obtenidos los datos en tiempo real y siendo procesados se pretende brindar esta información a las entidades u organizaciones que la puedan llegar a necesitar; para que de esta forma puedan generar planes de acciones y lograr evitar tragedias que puedan suceder como perdidas civiles por el incremento del nivel de un río.

Por último, la estructura del documento es la siguiente: el capítulo 1, presenta el planteamiento del problema junto con la formulación del problema; el capítulo 2, la justificación; el capítulo 3, el objetivo general y los específicos; el capítulo 4, el marco de referencia y el marco conceptual; el capítulo 5, el marco teórico y la importancia de los sistemas de alerta temprana; el capítulo 6, el marco legal; el capítulo 7, presenta el modelo y la metodología del trabajo; en el capítulo 8, muestra el alcance que tiene y puede llegar a tener el trabajo; el capítulo 9, se presenta la arquitectura del dispositivo para el sistema de alerta temprana junto a la elaboración y programación del circuito y se muestra todo lo referente al aplicativo web y la

API; el capítulo 10, se muestran y se analizan los resultados obtenidos; y en el capítulo 11, se presentan conclusiones del trabajo realizado, las posibles mejoras y la investigación futura.

Planteamiento del problema

Los ríos son “corrientes de agua continuas o discontinuas, de caudal variante, que desembocan a otro río, a un lago, embalse o al mar. Son un punto de recolección de las escorrentías superficiales producto de la lluvia y en ellos aflora el nivel freático”(Estado Libre Asociado de Puerto Rico Dpta de Recursos Naturales, 2007), en la mayoría de los casos los ríos son de agua dulce haciendo esto factible para el consumo; generando de esta forma una de las razones principales para que los seres humanos comenzaran a establecerse cerca de ellos, no obstante, los ríos también proporcionan muchos otros beneficios como lo es mantener con vida la fauna y flora de una región, es una forma de higiene para seres vivos, nos ayuda a crear tierra fértil y crear sistemas de riego para los alimentos sembrados en estas tierras. Depende de la situación también se puede usar como un medio transporte, fuente de alimentos, medio de recreación, y otras situaciones.

Al crear asentamiento cerca de los ríos, los seres humanos se han puesto en un peligro recurrente debido al crecimiento de estos y se ha aprendido a vivir con formas de prevenir este peligro, esto se genera principalmente cuando hay lluvias y puede llegar a considerarse una catástrofe, sin embargo no solo el crecimiento es un problema también la disminución de este, que se puede generar por un derrumbe el cual no deja pasar el agua, una represa creada por un animal o riego ilegal entre otros tipos de situaciones. Todos estos factores se deben tener en cuenta a la hora de cuidar los ríos y la vida de los seres que tengan un asentamiento cerca de ellos.

Actualmente en el municipio de Tuluá, Valle del Cauca se puede identificar una situación problemática relacionada con no disponer de un sistema eficiente que en tiempo real genere

alarmas que puedan ser de utilidad para la prevención de catástrofes debido al crecimiento de nivel del río Tuluá y Morales. Del mismo modo, el municipio tampoco cuenta con mecanismos que permitan realizar un seguimiento del incremento o disminución del nivel de los ríos, por lo cual es difícil identificar situaciones de riesgo que pueden llegar a presentarse. En resumen, los sistemas de alerta temprana del municipio no disponen de tecnologías que faciliten cumplir con el propósito de salvaguardar la vida de las personas en relación con catástrofes que pueden generarse por el crecimiento de nivel del río Tuluá y Morales.

Analizando la situación descrita anteriormente y teniendo presente que actualmente las tecnologías existentes pueden hacer posible el desarrollo de una solución que permita: (1) realizar la medición y seguimiento del caudal de los ríos Tuluá y Morales; y (2) la generación de alarmas a que haya lugar en caso de una emergencia por crecimiento o disminución del caudal de los ríos.

Formulación del problema

¿Cómo debe estar conformado un dispositivo que, en tiempo real, cense y registre el nivel de caudal de los ríos Tuluá y Morales alertando cuando una emergencia por crecimiento o disminución del caudal se presente?

Justificación

Los sistemas de alerta temprana (SAT) son “herramientas que permiten proveer una información oportuna y eficaz a través de instituciones técnicas, científicas y comunitarias, por medio de herramientas y elementos, que permiten a los individuos expuestos a una amenaza latente, la toma de decisiones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para que puedan brindar una adecuada respuesta teniendo en cuenta sus capacidades.”(Mendoza et al., 2016).

Estos sistemas se pueden aplicar a todos los campos donde se sea posible pronosticar una amenaza que ponga en riesgo una población, la fauna o flora de una región. Estas amenazas pueden ser fenómenos naturales o creados por el hombre, realizando un monitoreo constante de variables específicas o indicadores fijados de acuerdo a la necesidad del caso, los cuales pueden ser sociales culturales, entre otros y en casos naturales inundaciones, erupciones y otros desastres. La recopilación de datos para la prevención de este tipo de situaciones se puede hacer de forma manual o mediante la implementación de sistemas automatizados que permita el monitoreo continuo de estas variables.

Colombia cuenta con cinco áreas hidrográficas que se encuentran asociadas a las principales zonas del país: Amazonia, Caribe, Magdalena – Cauca, Orinoco y Pacífico. En las cuales se ubican cuarenta zonas hidrográficas y en estas se pueden identificar trecientas dieciséis subzonas hidrográficas (*Riesgo Por Inundación - IDIGER*, n.d.). En hechos más recientes se presentaron emergencias en el municipio de Chocó el día 23 de febrero del 2019 donde cinco ríos se desbordaron debido a fuertes lluvias generando una situación de emergencias en los municipios de San Juan, Iró, Condoto, Cértegui y Quito (El Espectador, 2019). Según se reportó en el portal del Espectador.

Con este proyecto se quiere brindar datos actualizados con los cuales se podrán analizar el nivel del río, dado que en estos momentos no se posee un método que pueda medirlos en tiempo real, y de esta forma se podría hacer un sistema de detención temprana de emergencias. Con esto se busca brindar un apoyo a toda la población del municipio, y así tratar de evitar o disminuir las cifras de accidentalidad y mortalidad a causa de este tipo de desastre (desbordamiento del río).

Con la obtención de estos datos se pueden establecer muchos parámetros como lo son histograma del río, y con esto saber el crecimiento o disminución del nivel y determinar cuáles son las causas de este ya sean naturales o artificiales y de acuerdo a esto, se permite la creación de un plan de acción de acuerdo a la necesidad que tenga el caso y un plan de contingencia de cómo se debe proceder para poder prevenir o evitar una gran catástrofe.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un dispositivo de alerta temprana basada en un sistema embebido que permita la medición continúa, registro y envío del nivel en los ríos Tuluá y Morales.

Objetivos específicos

- Describir el estado del arte relacionado con los sistemas de medición para nivel de ríos Tuluá y Morales y si existen algún tipo de alerta temprana en el área.
- Diseño del dispositivo de alerta temprana que permita realizar la medición, registró y envío, en tiempo real, de los datos correspondientes al nivel del rio.
- Implementación del dispositivo de alerta temprano diseñado.
- Realizar pruebas al dispositivo construyendo además una pequeña aplicación que reciba los datos correspondientes al nivel del rio y permita su visualización a ciudadanos interesados los cuales puedan conocer las alertas que se presenten en caso de que se genere una situación de riesgo.

Marco De Referencia

Marco conceptual

En esta sección del documento se detallará sobre la implementación, los conceptos y tecnologías que se usaron para la realización del dispositivo entre las cuales se encuentran la Raspberry Pi 3 modelo B+, paneles solares, pwm, relés, software gestor de base de datos.

Raspberry pi 3 modelo B+

Es una de las marcas más vendidas en el mundo, la raspberry es una computadora de un tamaño similar al de una tarjeta de crédito al cual se puede adecuar un mouse, teclado y pantalla. Es usado ampliamente para construir y configurar proyectos electrónicos, pero también tiene aplicaciones más simples como lo pueden búsquedas en internet, procesamiento de texto, ver videos o jugar video juegos (*Raspberry Pi Documentation*, n.d.).

La raspberry pi 3 modelo B+ fue lanzada al mercado en marzo del 2018 y tendrá una vida útil hasta enero del 2026 y sus características son:

- Cuenta con un procesador Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz.
- Posee una RAM de 1GB LPDDR2 SDRAM.
- Wi-Fi y Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE.
- Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0, con una tasa de transferencia máxima de 300 Mbps.
- 40 pines extendidos con cabecera tipo GPIO.
- Tamaño completo HDMI.
- 4 puertos USB 2.0.

- Puerto de cámara CSI para conexión a Raspberry pi camera.
- Puerto para conectar una pantalla táctil.
- 4 salidas de audio estero y video compuesto.
- Puerto microSD para cargar tu sistema operativo y almacenar información.
- Requiere una fuente de poder que cuente con 5 voltios a 2.5 amperios (*Buy a Raspberry Pi 3 Model B+ – Raspberry Pi, n.d.*).

PWM (pulse-width modulation)

La modulación por ancho de pulsos o PWM por sus siglas en inglés, es una técnica la cual modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica por lo que en general tienden a ser señales sinusoidales o cuadradas.

La aplicación que poseen los PWM va desde transmitir información en un canal de comunicación, control de motores, la cantidad de energía que se envía a una carga, entre otras posibles situaciones.

Su principal aplicación en este dispositivo de alerta temprana es la de controlar la energía que se produce en el panel y transferirla a una batería. Debido a que este regulador fuerza a los paneles solares a trabajar a la tensión de la batería.

Haciendo que cuando se alcance la etapa de absorción en la carga de batería, el regulador modifique la intensidad de los pulsos logrando que de esta forma las baterías no se estropeen.

Paneles solares

Los paneles solares son dispositivos que tienen como función la captación de la radiación electromagnética producida en el sol, transformándola en diferentes formas de energía tanto calórica como eléctrica.

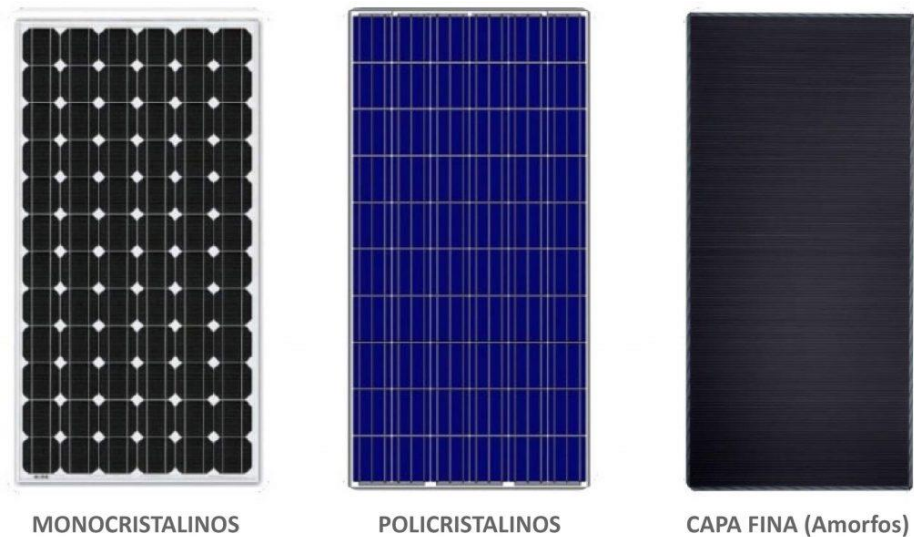
Su funcionamiento es principalmente debido a los materiales semiconductores con los que están contruidos como silicio cristalino o arseniuro de galio, haciendo uso del efecto fotovoltaico, de esta forma genera electrones al ser inyectado con radiación electromagnética.

Los colectores solares térmicos tienen su uso principalmente de calentador para ciertos líquidos proporcionando de esta una forma sencilla y económica de suministrar calor y los paneles fotovoltaicos están compuestos por celdas que convierten la luz en electricidad y luego se transmiten hacia unas baterías, para suplir el consumo energético (*Panel Solar - Concepto, Invención, Funcionamiento y Usos*, n.d.).

Existen tres tipos de paneles solares los cuales pueden ser monocristalino, policristalinos y placas solares de capa fina, un ejemplo grafico de estos paneles se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Tipos de Paneles



Nota. Adaptado de *Tipos de paneles solares*, por Ecofener, 2019, Ecofener

(<https://ecofener.com/blog/tipos-de-paneles-solares/>). CC BY 2.0

Paneles monocristalinos. Su principal característica es que están contruidos con una alta pureza de silicio teniendo de esta forma una alta eficiencia, debido a la alta pureza del silicio le da un aspecto uniforme con una tonalidad oscura y sus celdas están fabricadas con bloques en forma de octogonal.

Paneles policristalinos. Son los paneles más antiguos de los que se tiene registro, se construyen fundiendo silicio en bruto por lo que hace que su precio sea mucho menor al de otros paneles, al tener forma cuadrada las celdas de silicio aprovechan mejor el espacio del panel solar. Tienen una eficiencia parecida a los paneles monocristalinos.

Paneles de capa fina. Las construcciones de estos paneles solares están hechas por la utilización de varias capas de materiales fotovoltaicos, no solamente conformados por silicio, también se puede encontrar de telurio de cadmio, de indio, de cobre, de selenio y de galio o células fotovoltaicas orgánicas. Tienen una baja eficiencia aun con esta condición tienen una buena demandan para proyectos pequeños o usos domésticos, tiene un bajo coste de fabricación y tienen una tonalidad opaca, pueden tener buena flexibilidad lo que le permite acoplarse fácilmente a cualquier superficie (*Tipos de Paneles Solares - Blog Ecofener, n.d.*).

Relés

Es un instrumento eléctrico que tiene la función de interruptor, pero es accionado eléctricamente. La función principal es permitir el conmutar contactos mediante el uso de un electroimán.

Los relés son básicamente interruptores operados eléctricamente que se pueden presentar en muchos tamaños, formas y potencias. Cuando se instalan en circuitos de alta potencia se les conoce como contactores.

Relés electromecánicos convencionales. Son los más antiguos y también los más utilizados. El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es con normalidad abierto o normalmente cerrado (NA o NC).

Relés de núcleo móvil. Éstos tienen un émbolo en lugar de la armadura anterior. Se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos, debido a su mayor fuerza atractiva (por ello es útil para manejar altas corrientes).

Relés polarizados. Llevan una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior puede girar dentro de los polos de un electroimán y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y cierra los contactos. Si la polaridad es la opuesta girará en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro circuito (o varios).

Relé tipo Reed. Formados por una ampolla de vidrio, en cuyo interior están situados los contactos (pueden ser múltiples) montados sobre delgadas láminas metálicas. Dichos contactos se cierran por medio de la excitación de una bobina, que está situada alrededor de dicha ampolla. Los relés Reed pueden estar formados exclusivamente por la ampolla de vidrio y el contacto interior. Para activarlo basta con aproximar a la ampolla un imán.

Relé Estado Sólido. Su funcionamiento es idéntico al de los relés tradicionales, la única diferencia es que en su interior lleva un circuito electrónico para abrir y cerrar los contactos de salida en lugar de una bobina (*Rele o Relevador. Qué Es, Tipos, Funcionamiento Aprende Facil*, n.d.).

Conmutador o switch

Un switch es el dispositivo analógico que permite interconectar redes operando en la capa 2 o de nivel de enlace de datos del modelo OSI u Open Systems Interconnection. Un conmutador interconecta dos o más partes de una red, funcionando como un puente que transmite datos de un segmento a otro. Su empleo es muy común cuando existe el propósito de conectar múltiples redes entre sí para que funcionen como una sola. Un conmutador suele mejorar el rendimiento y seguridad de una red de área local.

El funcionamiento de un conmutador o switch tiene lugar porque el mismo tiene la capacidad de aprender y almacenar direcciones de red de dispositivos alcanzables a través de sus puertos (*Definición de Switch » Concepto En Definición ABC*, n.d.).

Red de área local (lan)

Una red de área local es cierto conjunto de equipos que pertenecen a un mismo circuito de red y se encuentran conectados entre sí, en una misma red por medio de switch o conexión Wi-Fi, la tecnología más habitual en estos casos es la de ethernet.

Tiene las cualidades de que puede albergar muchos usuarios bajo la misma red y de los protocolos que se incorporen a ella, su velocidad de conexión puede variar desde los 10 Mbps hasta 1 Gbps, dependiendo de qué tipo de ethernet se esté utilizando.

Dependiendo de los servicios que se necesite, una conexión puede existir de manera (peer-to-peer) o (P2P) en la cual los equipos se interconectan sin la necesidad de un equipo central y donde cada equipo interconectado tiene la misma función o también puede ser un entorno “client-server” en el cual un equipo central les brinda los servicios de red a los otros equipos (*LAN (Red de Área Local) - CCM*, n.d.).

Marco Teórico

En esta sección del documento encontraremos lo relacionado con el estado del arte de los sistemas de alerta temprana enfocado en fuentes hídricas en este caso ríos. Desde la importancia que estos sistemas pueden llegar a representar; al igual de una posible estructura que deben llevar los sistemas de alerta temprana y por último los sistemas de alerta temprana en Colombia.

Importancia de los sistemas de alerta temprana

Los sistemas de alerta temprana (SAT) se utiliza para los diferentes contextos en cual un riesgo está implícito como lo puede llegar a ser algo natural, industrial, social, biológico entre otros. Se define los (SAT) como dispositivos de control que tienen la capacidad de gestionar información y cuentan con las herramientas e instrumentos tecnológicos que las instituciones requieren para una pronta difusión de la emergencia, medidas preventivas o de mitigación oportuna con la finalidad de mermar los riesgos y pérdidas que pueda generar un desastre natural, tanto económicas, ambientales, lesiones personales y vidas (Domínguez-Calle & Lozano-Báez, 2014).

Al tratar el tema de los SAT se debe tener en cuenta, que estamos hablando de riesgos inminentes que amenazan diferentes factores tanto económicos, naturales, pérdidas sociales por lo cual ha generado lo que se conoce como gestión de riesgos los cuales buscan ser procesos sociales orientados a solventar las consecuencias negativas de los desastres y esto también incluye las actividades posteriores como lo son la rehabilitación, reconstrucción. En la Figura 2, se aprecia la estructura de una gestión de riesgo y en la cuarta sección de “Preparativos y respuestas a desastres” está la parte relacionada con los SAT (Yamin et al., 2013).

Figura 2

Estructura de una Gestión de Riesgo



Nota. Adaptado de *Componentes principales de la gestión del riesgo*, por Ghesquiere y Mahul, 2010,

GFDRR(https://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/modelacionprobabilistaparalagestiondelriesgodedesastre_elcasodebogotacolombia_reduced.pdf). CC BY 2.0

Estructura de los sistemas de alerta temprana

Los sistemas de alerta temprano tienden a identificarse como instrumentos tecnológicos para detectar y pronosticar amenazas inminentes y poder dar aviso de estas amenazas, debido a esto no se tiene una interpretación clara de si el riesgo se encuentra en una localidad o a nivel nacional. Por lo cual los sistemas de alertas tempranas deben plantearse de una forma que genere estrategias para tratar de mitigar los daños hechos por una emergencia natural, social, biológica entre otras.

En los SAT la claridad y el oportuno esparcimiento de la información es uno de los puntos más cruciales que se debe tener en cuenta y a medida que estos han ido evolucionando se han ido estructurando cada vez más haciendo que estos se vuelvan bastante complejos, el señor (Maskrey, 1997) nos plantea la siguiente estructura para un SAT.

Subsistema de advertencia. En el que los peligros son monitoreados y pronosticados a nivel internacional, nacional y local. En este tipo de alertas la información científica sobre los peligros inminente se produce y se comunica a las autoridades o naciones responsables de la gestión de desastres.

Subsistema de información de riesgos. Que pueda permitir a las autoridades de gestión de desastres generar escenarios de riesgos. Estos deberían indicar el potencial de impacto de la amenaza inminente en grupos específicos o sectores vulnerables de la sociedad.

Subsistema de preparación. Donde se permitan desarrollar estrategias de preparación para desastres que indiquen las acciones y decisiones necesarias con el fin de reducir la pérdida y el daño que se puedan esperar o predecir de la amenaza.

Subsistema de comunicación. Que pueda brindar una comunicación oportuna de los peligros inminentes, posibles escenarios de riesgos y estrategias que se necesiten para poder tomar las medidas necesarias frente a los peligros (Maskrey, 1997).

Las Naciones Unidas plantean un sistema de alerta temprana centrado en las personas, que consiste en capacitar a las personas y a las comunidades que se vean afectadas por las amenazas para que tengan el suficiente tiempo de actuar y de una manera eficaz, estos sistemas deben tener unos puntos a considerar como lo son el conocimiento del riesgo, servicios de monitoreo y alerta, difusión y comunicación y por último una capacidad de respuesta.

Conocimiento del riesgo. Los riesgos se presentan debido a la combinación de los peligros y las vulnerabilidades que se encuentran presentes, por lo cual se quiere recopilación y análisis de los datos, teniendo en cuenta multitud de factores para poder generar preparativos y prevenciones adecuadas.

Servicios de monitoreo y alerta. Los servicios de alerta son lo fundamental teniendo como principio una base de información confiable para poder predecir y pronosticar deben de mantenerse en funcionamiento las 24 horas en un monitoreo continuo, de esta forma generar alertas precisas y de manera oportuna.

Difusión y comunicación. Se tiene que generar canales óptimos para la comunicación, en donde deben contener información clara y útil que permita una respuesta adecuada para las amenazas. Se debe identificar previamente cuales son estos canales de comunicación y utilizar múltiples canales para garantizar que se llegue a toda la población pertinente y evitar una falla en cualquier canal.

Capacidad de respuesta. Se debe instruir a la comunidad para que respeten el servicio de advertencia y sepan cómo actuar ante las advertencias y las amenazas a las que se ven expuestos (UN/ISDR, 2006) .

Inundaciones

Son sucesos naturales que se pueden convertir rápidamente en situaciones complejas y de alto riesgo no solamente por la inundación sino por el las erosiones que pueden llegar a causar y el cambio en general en el entorno ambiental, sumado al desarrollo apresurado de los países o la expansión poblacional sin un correcto planeamiento, lo cual genera que se lleguen a revertir varias décadas de desarrollo para la ciudad o el gobierno, por esta razón las inundaciones deben

ser consideradas como áreas de prioritarias para la intervención de los gobiernos (Asian Disaster Preparedness Center, 2005).

Un ejemplo de lo que puede llegar hacer una inundación es el siguiente:

De acuerdo a (*Death Toll in Nepal Floods Rises to 55 | The Daily Star*, n.d.) el pasado 15 de julio del 2019, Nepal fue impactado por lluvias monzónicas las cuales trascurrieron por varios días y azotaron gran parte del área montañosa de Nepal. Generando de esta forma que grandes extensiones de tierras quedaran cubiertas por el agua, inundando villas, destruyendo puentes y carreteras por el todo el país.

Todo esto fueron consecuencias directas de las inundaciones además de muchas personas se vieron desplazadas y se estima que hubo alrededor de cincuenta muertos y unas doscientas aldeas se encontraron afectadas, por último, el vocero del gobierno Gokul Banskota confirmó: “el desastre ha causado una gran pérdida a la economía”.

En la siguiente Figura 3, se puede observar los impactos que tuvieron las inundaciones en Nepal, cerca al río Balku.

Figura 3

Inundación en Nepal



Nota. Adaptado de *Death toll in Nepal floods rises to 55*, 2019, The Daily Star

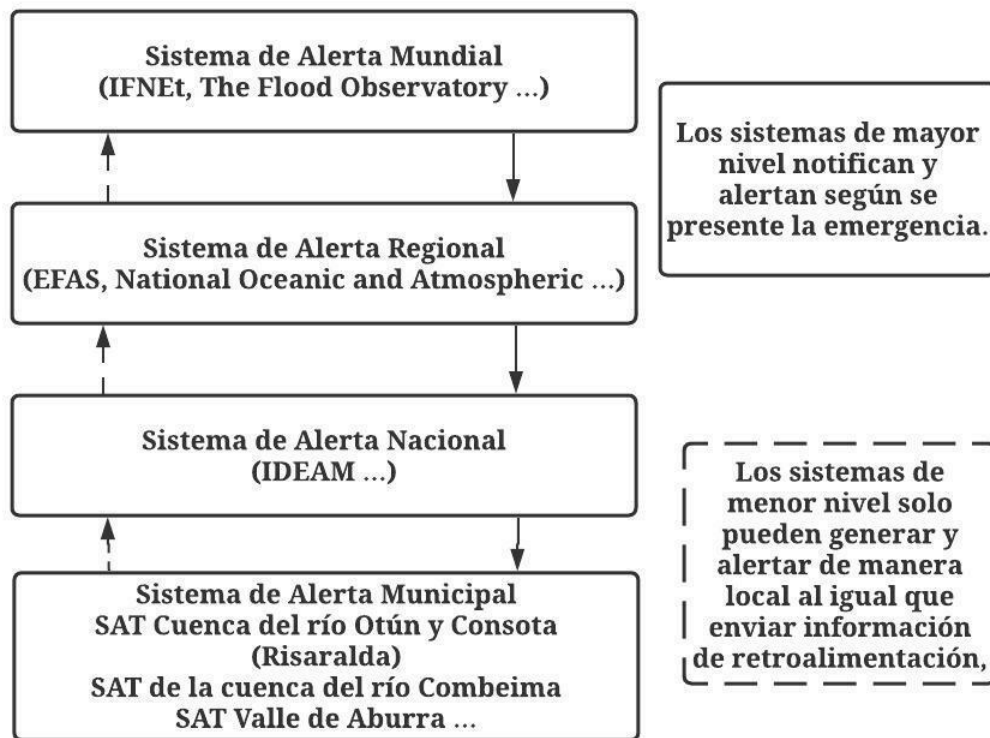
(<https://www.thedailystar.net/world/news/death-toll-nepal-floods-rises-55-1771729>). CC BY 2.0

Estructuración de los sistemas de alerta temprana a nivel mundial

Alrededor del mundo se han estructurado varios sistemas de alerta tempranas que van desde casos mundiales hasta los más específicos como lo puede ser un sistema de alerta municipal; como se observa en la Figura 4, se pueden apreciar algunos de los sistemas que se encuentran establecidos en la actualidad. Esto con la finalidad de amortiguar los impactos que puede generar cualquier tipo de catástrofe a continuación se hablara un poco sobre estos sistemas establecidos empezando por los mundiales, regionales nacionales hasta los municipales.

Figura 4

Sistemas Establecidos en la Actualidad



Algunos de los sistemas de alertas temprana a nivel que se han establecido a nivel mundial son los siguientes:

International flood network (IFNet). Es un SAT a nivel mundial donde se recopila información y noticias las cuales son de libre acceso. Aparte de esto uno de sus principales objetivos es facilitar la cooperación internacional para el manejo de inundaciones con la finalidad de reducir la pérdida de vidas y daños causados por las inundaciones, la forma en que brinda esta ayuda es generando alertas, realizando predicciones haciendo uso de mapas donde se registra las precipitaciones por periodos y monitorización de algunos de los ríos, lagos y mares. (IFNet, n.d.)

The Flood Observatory at Dartmouth Colorado. Aunque no se genera alertas sobre las emergencias que puedan llegar a generar las inundaciones; proporciona mediciones, cartografías y modelización de aguas superficiales, las cuales se pueden aplicar en investigaciones humanitarias y de recursos hídricos. Con esta información que proporciona se pueden generar modelamientos matemáticos para la prevención de desastres. (The Flood Observatory, n.d.)

También se han establecidos SAT a niveles regionales por todo el mundo, algunos de estos son los siguientes:

European Flood Awareness EFAS. Enfoque principal de EFAS es brindar apoyo oportuno y tener medidas preparadas antes de que una gran inundación ocurra, está enfocado principalmente en el en las cuencas hídricas transnacionales como en Europa en general. El EFAS genera grandes cantidades de información respecto a las cuencas hídricas la cual proporciona a las autoridades regionales y nacionales. (European Flood Awareness System – EFAS / Copernicus EMS - European Flood Awareness System, n.d.)

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Es la entidad que regula toda la información referente a la fauna acuática y fuentes hídricas en Estados Unidos, todo con

el fin de mantener una economía adecuada con las fuentes hídricas y fauna marina, mantener una restauración ideal de la fauna marina por último mantener generar alertas cuando sea necesario sobre las catástrofes que se puedan generar. (*Homepage / National Oceanic and Atmospheric Administration*, n.d.)

Modelos y predicciones de las inundaciones en los sistemas de alerta temprana

Una de las líneas de trabajo o de investigación en los SAT la constituyen el tratamiento de las inundaciones y las formas de predecirlas. Al revisar la literatura científica y técnica al respecto se encuentra que para generar sistemas de alerta tempranas enfocadas en inundaciones los cuales se necesita que sean funcionales y confiables se deben cumplir ciertas condiciones como explica (Collier, 2007), cualquier sistema de alerta para inundaciones debe contener información precisa en tiempo de real sobre las precipitaciones y modelos de estructuras hídricas. Se debe contar con sistemas remotos (radares o satélites) que realicen este monitoreo. Igualmente se deben complementar con la utilización de modelos de predicción hidrológicos, detección de precipitaciones e indicadores para la predicción numérica.

Existen varios modelos para la predicción de estos factores, de los cuales destacan los siguientes:

- flash Flood Guiance (FFG)
- numeral Weather Prediction (NWP) o predicción numérica del tiempo
- ensemble Prediction System (EPS)

Cada uno de estos modelos de predicción se utilizan dependiendo de las condiciones climáticas y las características de las zonas, estas condiciones se pueden dividir los siguientes grupos como se observa en la Tabla 1 (Collier, 2007):

Tabla 1

Grupos de Métodos para la Predicción de Inundaciones

Grupo 1	Estos grupos utilizan métodos centrados en la predicción directa y al mismo tiempo utilizan modelos deterministas que incluyen modelos de precipitación-escorrentía y curvas de descargas.
Grupo 2	Este grupo refiere métodos que ocupan series de tiempo muy largas con modelos hidrológicos complejos y a su vez posee grandes cambios en la distribución de las precipitaciones. En este grupo generalmente se utilizan métodos no deterministas como lo es el método de Monte Carlo para intentar predecir las desviaciones de los datos reales.
Grupo 3	Este grupo no requieren de modelo predictivos para su funcionamiento normalmente utilizan los hidrogramas para su funcionamiento y condiciones.
Grupo 4	Son usados en cuencas pequeñas, no utilizan predicciones tan extensas como los que usan los del grupo 2.
Grupo 5	Aplican sistemas tradicionales para sus predicciones, se utilizan normalmente en grandes ríos los cuales tienen muchos afluentes o mucha lluvia. En este grupo se usan análisis de regresión para la medición de aguas arriba y aguas abajo y cuando no existe linealidad.

En general estos cinco grupos reúnen todos los métodos para la predicción de inundaciones, no obstante, pueden generarse o existir otros métodos que no estén dentro de esos grupos y que sean específicos para ciertas situaciones.

Por último, se debe tener en cuenta que estos métodos probabilísticos pueden generar estimaciones no exactas debido a la falta de precisión y el nivel incertidumbre que se maneja en las precipitaciones; adicionalmente en los últimos años se han implementado otras tecnologías con la finalidad de ayudar a mejorar la exactitud de las predicciones, algunas de estas tecnologías son: sensores remotos, sensores de nivel, mediciones de los caudales entre otros.

Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia.

“Colombia ha sido pionera en América Latina en el desarrollo de una visión más integral frente al tratamiento de los riesgos y desastres, permitiendo una disminución de las pérdidas de vidas; sin embargo, los daños en la propiedad, la infraestructura y los medios de subsistencia siguen en aumento y evidencian que los desastres no son eventos de la naturaleza per se, sino el resultado de la aplicación de modelos inapropiados de desarrollo que no consideran la relación sociedad-naturaleza.”(Campos et al., n.d.) .

Se debe tener en cuenta que las amenazas por fenómenos naturales están no solamente ligadas a eventos naturales, también existen factores sociales externos como lo pueden ser las crisis económicas, la desigualdad social, los conflictos armados entre otras situaciones.

“En forma acumulativa, durante los últimos 40 años los desastres han ocasionado pérdidas que alcanzan los US\$ 7.100 millones, es decir, un promedio de pérdidas anuales de US\$ 177 millones. Entre 1970 y el 2011 se han registrado más de 28.000 eventos desastrosos, de los cuales cerca del 60% se reportan a partir de la década de 1990. Además, durante el 2010 y el 2011, en tan sólo 15 meses, se alcanzó una cifra equivalente a la cuarta parte de los registros y los muertos de la década anterior.” (Campos et al., n.d.).

Las primeras incursiones de Colombia en los sistemas de alerta temprana se enfocaron en la parte hidrológica, apoyándose en los sistemas internacionales que existían. En el año 1976 Colombia, junto al servicio colombiano de hidrología y meteorología (SCMH), crea el modelo Sacramento, el cual constaba con tarjetas perforadas para la posterior distribución de la información por medio de radio o teléfonos convencionales. (Antonio Domínguez Calle et al., 2010).

En la actualidad el monitoreo de emergencias en base a los sistemas de alerta temprana se encuentra regidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), los cuales recibieron un apoyo del gobierno de Suiza dando lugar a la renovación de los equipos e instalación de las nuevas estaciones automáticas, el software que utiliza en estos momentos lleva el nombre de HYDRAS.

El software HYDRAS debe suministrar por medio de una antena receptora datos en tiempo en real con un intervalo de una hora, los cuales son procesados y analizados en Bogotá. La red de estaciones automáticas que operan bajo la supervisión del IDEAM, cuenta con estaciones vía satélites que tienen una cobertura nacional y está hecha para cubrir los grandes ríos del país, teniendo como principales Magdalena – Cauca y Catatumbo.(Hebert Gonzalo Rivera, Humberto González Marentes et al., 2008).

Aparte de esto en Colombia se han instaurado varios sistemas de alertas temprana para con la finalidad de mitigar los efectos que pueden generar las inundaciones y otras catástrofes, en la Tabla 2, tomada de (Banco Mundial, 2013) se puede ver algunos de los sistemas de alerta temprana en Colombia que se han instaurado junto a los responsables de monitorear la información que proporciona los SAT.

Tabla 2

Sistemas de Alerta Temprana en Colombia y sus Monitores

Sistemas de Alerta Temprana en Colombia	
SAT de la cuenca del río Otún y Consota (Risaralda)	Universidad Tecnológica de Pereira
SAT de la cuenca del río Combeima (Tolima)	Consejo Regional del Tolima
SAT implementado en el Valle de Aburra (SIATA)	Gobierno local de Medellín
SAT implementado en la ciudad de Manizales	Gobierno local de Manizales
SAT en la ciudad de Barranquilla	Gobierno local de Barranquilla y Universidad de la Costa

Nota. Adaptado de *Temas de las ponencias centrales y sesiones de trabajo, según responsable*, pag 9, por GFDRR, 2014,

(<https://documents1.worldbank.org/curated/pt/552431468242406765/pdf/884980WP0SPANI00Box385225B00PUBLIC0.pdf>)

Sistema de alerta temprana del distrito de barranquilla

“Los fenómenos atmosféricos han incrementado su frecuencia e intensidad durante los últimos años debido a los efectos del cambio climático. La Región Caribe Colombiana ha sido una de las zonas más afectadas debido a inundaciones súbitas y fenómenos atmosféricos, aumentando el nivel del riesgo ya que es una zona vulnerable debido a factores económicos,

sociales y ambientales” (Coll, 2013), por esta razón las instituciones de gestión de riesgo de Barranquilla junto a la Universidad de la Costa se han visto en la obligación de implementar acciones y estrategias enfocadas a la mitigación de las afectaciones que pueden generar los fenómenos atmosféricos. “En la actualidad el SAT del distrito se encuentra en la fase de recolección de información en bases de datos, sobre precipitación, intensidad de las lluvias, temperatura, viento, presión atmosférica, luz y radiación solar, y niveles y flujos fluviales.

Se cuenta con dos estaciones (una estación sinóptica principal y una estación climatológica principal) del IDEAM con registro de 30 años. Además, el SAT tiene dos estaciones meteorológicas propias, registrando información desde junio de 2012.” (Banco Mundial, 2013).

De acuerdo a (Domínguez-Calle & Lozano-Báez, 2014), hasta el año 2014, se habían realizado instalaciones de algunos pluviómetros y en los próximos años se pretende mejorar la infraestructura de los SAT con la instalación de sensores de nivel para arroyo, radares y modelos hidrológicos e hidráulicos; además de establecer un portal en internet donde toda la información que se agregue a al portal sea de acceso libre.

Con esta recopilación de sobre el estado del arte de los sistemas de alerta se pretendió esclarecer la importancia que estos tienen y él porque se deben implementar; se debe tener en cuenta que la construcción de un sistema de alerta temprana para inundaciones debe constar con muchas partes para un funcionamiento ideal como lo son métodos predictivos, organización por parte de las entidades gubernamentales, equipo electrónico para mediciones en tiempo real entre otras más cosas.

En este proyecto se brindó a la ciudad de Tuluá, Valle del Cauca un dispositivo de alerta temprana para inundaciones en los ríos Tuluá y Morales, el cual debe censar constantemente el nivel de estos ríos y generar una alerta en caso de que se aumente el nivel del río o que se disminuya el nivel del río; esto con la finalidad de ayudar a la población del municipio de Tuluá la cual no contaba con dispositivos automatizados que realizaran estas funciones.

Marco Legal

En Colombia los SAT no están regidos por una ley en concreto debido a que son instrumentos tecnológicos adecuados a suplir una necesidad, sin embargo, las regulaciones en Colombia se hacen sobre los Sistemas de Gestión de Riesgos de Desastres.

Los Sistemas de Gestión de Riesgos están creados a partir de la LEY 1523 de 2012 la cual es la encargada de dirigir la implementación de la gestión del riesgo de desastres, del continuo desarrollo y la coordinación de funcionamiento, en la Figura 5, se observa el esquema implementado en Colombia.

Figura 5

Esquema para la Gestión del Riesgo en Colombia.



Nota. Adaptado de *Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*, por UNGRD, 2012, Portal Gestion del Riesgo(<http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>). CC BY

Al ser parte de las Naciones Unidas, Colombia debe cumplir los lineamientos que esta interponga para la reducción del riesgo de desastres (UNISDR) y también los marcos de acción de Hyogo.

Todo este procedimiento tiene como objetivo llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en todo el territorio nacional en busca de mejorar la calidad de vida, la seguridad y el bienestar de todas las comunidades colombianas.

Es de conocerse que la responsabilidad en la Gestión del Riesgo recae sobre todos y cada uno de los habitantes del territorio colombiano, y, en cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades pertenecientes al sistema ejecutarán los procesos de Gestión del Riesgo, entendidos como: Conocimiento del Riesgo, Reducción del Riesgo y Manejo de Desastres. Por su parte, los demás habitantes actuarán con precaución y autoprotección bajo lo dispuesto por las autoridades correspondientes.

Actualmente el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres está compuesto por 6 instancias de orientación y coordinación, quienes optimizan el desempeño y la gestión de las distintas entidades en la ejecución de acciones.

Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo

Es la instancia superior encargada de orientar a todo el Sistema Nacional encabezado por el presidente de la República, y a su seguir, los ministros, el Departamento Nacional de Planeación y el director de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

Es la entidad que se encarga de la coordinación de todo el Sistema Nacional y que dirige la implementación de la Gestión del Riesgo, atendiendo las políticas y el cumplimiento de la normatividad interna, además de las funciones establecidas en el Decreto – Ley 4147 de 2011.

Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo

Son los encargados de asesorar y planificar la implementación permanente del proceso de conocimiento del riesgo y está encabezado por el Director de la UNGRD, seguido por los directores del Departamento Nacional de Planeación, Departamento Nacional de Estadística, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto Colombiano de Geología y Minería, el IDEAM, la Dirección General Marítima, la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales, la Federación Nacional de Departamentos y la Federación Colombiana de Municipios.

Comité Nacional para la Reducción del Riesgo

El cual asesora y planifica la implementación del proceso de reducción del riesgo de desastres. Se encuentra integrado por el director de la UNGRD, quien lo preside; y los directores del Departamento Nacional de Planeación, el Consejo Colombiano de Seguridad, la Asociación de Corporaciones Autónomas, el presidente de la Federación Colombiana de Municipios, la Federación de Aseguradores Colombianos y los representantes de universidades públicas y privadas que en sus programas tengan manejo, administración y gestión del riesgo.

Comité Nacional para el Manejo de Desastres

Encargado de asesorar y planificar la implementación del proceso de manejo de desastres. Este comité está encabezado por el director de la UNGRD, el director del Departamento Nacional de Planeación y los comandantes o directores del Ejército Nacional, la

Armada Nacional, la Fuerza Aérea Colombiana, la Policía Nacional, la Defensa Civil, la Cruz Roja Colombiana y la Junta Nacional de Bomberos.

Consejos Departamentales, distritales y municipales para la Gestión del Riesgo

Son las instancias de coordinación, asesoría, planeación y seguimiento quienes deben garantizar la efectividad y articulación de los procesos de la Gestión del Riesgo en la entidad territorial que a cada uno le corresponde.

Es de resaltar que el trabajo de cooperación de todas las entidades que hacen parte del sistema no se hace de manera independiente, sino que apunta a la integralidad de las comunidades y sus habitantes, haciéndolos responsables de acciones que permitan la seguridad de todos y cada uno, por tal motivo no olvide que usted también es responsable de esta tarea (*Estructura Del Sistema Nacional de Gestión Del Riesgo de Desastres*, n.d.).

Metodología

La clase de investigación a utilizar estará basada en objetivos a desarrollar que permitirá realizar análisis, pruebas y obtener el resultado esperado; según el libro de “Metodología de la investigación de Robert Hernández Sampieri & Carlos Fernández Callado & Pilar Baptista Lucía” serian cuatro pasos a seguir, por lo cual estaría tratando un proceso de investigación cuantitativo debido a que:

- *“Plantear el problema de investigación cuantitativa consiste en afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación, desarrollando cinco elementos de la investigación: objetivos, preguntas, justificación, viabilidad y evaluación de las deficiencias.*
- *En la investigación cuantitativa los cinco elementos deben ser capaces de conducir hacia una investigación concreta y con posibilidad de prueba empírica.*
- *En el enfoque cuantitativo el planteamiento del problema de investigación precede a la revisión de la literatura y al resto del proceso de investigación; sin embargo, esta revisión puede modificar el planteamiento original.*
- *Los objetivos y las preguntas de investigación deben ser congruentes entre sí e ir en la misma dirección.”(Hernández Sampieri , Roberto Fernández Collado & Baptista Lucío, 2010).*

Realizar una investigación sobre el estado del arte relacionado con los sistemas de medición para el nivel del río.

El dispositivo consta de tres partes en total las cuales serán nombradas a continuación:

- Desarrollo e implementación del dispositivo.

- Conectividad del prototipo hasta una red.
- Tratamiento, almacenamiento de datos.

Este prototipo se plantea para el uso independiente y dependiente de un suministro eléctrico, tomando como factor el lugar en que se realiza la instalación del prototipo, el dispositivo se presenta con un suministro energético independiente con el uso de paneles solares, logrando de esta forma la instalación de este, en lugares de difícil acceso a una red eléctrica. El cual debe contar con un panel solar, un regulador de voltaje (PWM) y una batería o un banco de baterías según requiera la situación y el consumo para su funcionamiento independiente.

De acuerdo con el desarrollo del prototipo se debe investigar qué tipo tecnología es la más adecuada para el lugar donde se hace la instalación, debido a que la hidrografía de los ríos es muy diferente de uno a otro, teniendo en cuenta esto; este dispositivo de alerta se plantea para los ríos Tuluá y Morales, donde su profundidad en estado de calma no excede los 20 cm de profundidad aproximados.

Para esto se recurre a la instalación de sensores de ultrasonido, manejados por un controlador (Raspberry) con un módulo de reloj independiente. El controlador trabajara de forma continua ya que si ocurre algún fallo de comunicación pueda almacenar los datos exactos del momento y posteriormente ser enviados al aplicativo web donde serán almacenados en base de datos y se clasificara la información. La programación del controlador se realizará por medio del lenguaje Python.

Una vez creado el software que será implementado en el controlador, se realizará la instalación de los sensores que se requieran, a una altura prudente para evitar que los ríos logren dañar los sensores, de esta forma también se calcularía el nivel actual del rio tomando las

diferencias entre la distancia del sensor y la profundidad en estado de calma de los ríos en que se pretende instalar el prototipo.

Al encontrarse en una zona rural se debe considerar que la estructura de cada uno de los dispositivos puede cambiar ya sea por el terreno o el ambiente, también se debe contar con alimentación propia o auto sustentable por un periodo largo de tiempo.

Una vez comprobado el funcionamiento del dispositivo se procederá al tratamiento de datos, los cual se trabajará creando una base de datos usando alguna plataforma de desarrollo (Java, SQL, entre otros), en donde se podrá consultar el nivel actual del rio y llevar un histograma detallado que se pueda presentar los ríos Tuluá y Morales.

Toda esta información se trabajará en un ambiente local con un diseño de web a modo de simulación, con el fin de mostrar la información a la que podrá acceder el usuario.

Alcance Del Trabajo

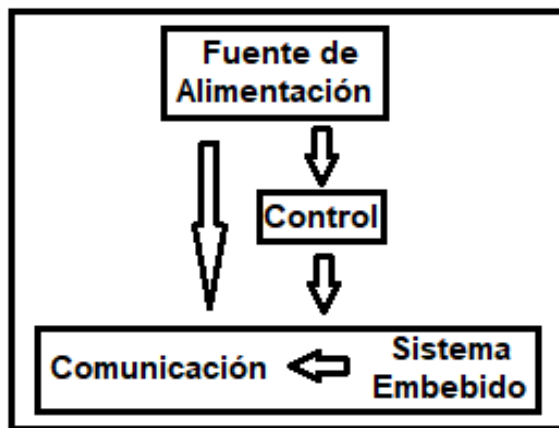
Cabe destacar que en el interés principal de este proyecto se tiene en el desarrollo de un dispositivo que permita realizar la medición, registró y envió (en tiempo real), de datos correspondiente al nivel del rio. El alcance del trabajo a desarrollar se tiene hasta este punto y se espera que el desarrollo del dispositivo que se propone permita llevar a cabo trabajos posteriores desde el campo de la informática para construir software especializado que permita gestionar los datos enviados por el dispositivo los cuales pueden ser analizados detalladamente, por ejemplo con analítica de datos, con propósitos de adquisición de conocimiento al respecto; es importante resaltar que si bien en el tercer objetivo se plantea desarrollar una aplicación web para permitir visualización de la información a ciudadanos interesados (los cuales pueden conocer las alertas a que haya lugar en caso que se genere una situación de riesgo), el propósito y alcance no cubre un desarrollo completo de dicho software.

Arquitectura Del Dispositivo Para El SAT

En esta sección del documento se encuentra todo lo relacionado con la construcción del dispositivo para el SAT, como se aprecia en la Figura 6, se encuentra un diagrama de bloques que contiene la estructura que lleva el dispositivo del SAT.

Figura 6

Diagrama de Bloque de un Dispositivo del SAT



Como se observa en el diagrama de bloques el dispositivo del SAT consta principalmente de cuatro partes las cuales son fuente de alimentación, control, sistema de embebido y la comunicación. Esta es principalmente la arquitectura que se usa para el diseño del dispositivo de un sistema de alerta temprana.

Fuente de alimentación

La principal fuente de alimentación del circuito será por medio de energía solar ya que el circuito está pensado para estar ubicado en una zona rural o una zona donde no tenga fácil acceso a una red eléctrica. No obstante, se dejará la posibilidad de tener las dos fuentes de alimentación tanto solar como de red eléctrica.

Control

Esta parte del circuito es la encargada de poder controlar las dos fuentes de alimentación y decidir cuál de las dos es la que se encuentra operativa y cual hace de respaldo.

Sistema embebido

Es el encargado de obtener los datos del sensor, hacer un respaldo y de enviarlos por medio de router vía internet que posteriormente los entregara a la base de datos y al programa web.

Comunicación

Por último, este bloque se encarga de hacer la comunicación entre el sistema embebido, la base de datos y el programa web, el cual se encarga del procesamiento de la información obtenida por el sensor.

Producción de energía solar en Colombia y Valle del Cauca

Antes de empezar con el diseño del circuito y debido a que estamos usando energía solar como principal fuente de energía se debe verificar primero la zona de instalación y producción de energía de la zona.

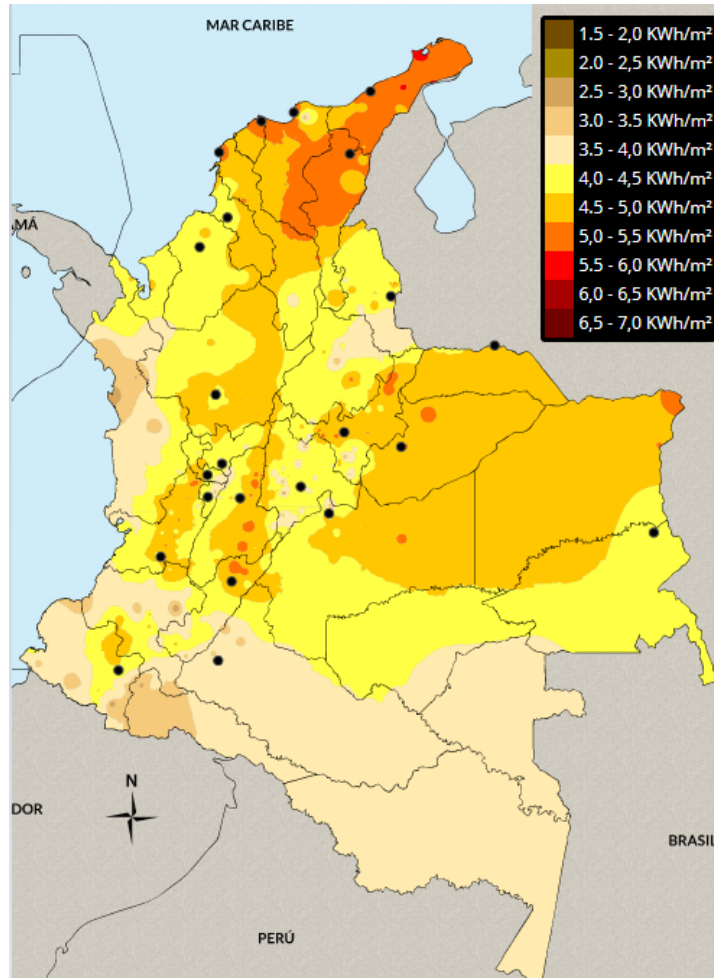
Para esto se utilizan los datos que entrega la gobernación acerca de la energía solar, esta se puede consultar en el (*Atlas Interactivo - Radiación IDEAM*, n.d.).

En esta dirección encontraremos un atlas interactivo que nos dirá por colores y sectores la energía solar producida en Colombia.

En la Figura 7, obtenida del atlas del ideam nos genera una perspectiva general de la energía producida en Colombia. En este caso debido que es un proyecto para la ciudad de Tuluá, Valle del Cauca. El atlas nos muestra que se genera alrededor de 4.0 - 5.0 KWh/m².

Figura 7

Atlas de la energía producida en Colombia.



Nota. Atlas Ideam (s.f) [Mapa energía solar Colombia] Recuperado 25 julio de 2020 de

<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Teniendo ya la energía la producción de energía solar se procederá a diseñar el circuito que servirá de alimentación al SAT.

Elaboración del circuito

Para la elaboración del circuito hay que tener en cuenta 2 factores importantes los cuales vendrían siendo que debe ser autónomo y que estará ubicado en exteriores donde puede que haya o no una red eléctrica.

Este es un prototipo funcional y en desarrollo, la persona que desee continuar con el proyecto y quiera usar esta información de base es libre de hacerlo.

Los componentes para la elaboración de este proyecto se encuentran listado a continuación.

- panel fotovoltaico 50w
- controlador PWM 10A
- batería AGM 12V 7A
- breakers
- relé 6v Ly2nj Dpd Jgx-13F
- fuente LM2596
- raspberry Pi 3 modelo B+
- sensor hc-sr04
- cargador 5v 2.5 A
- switch/Router

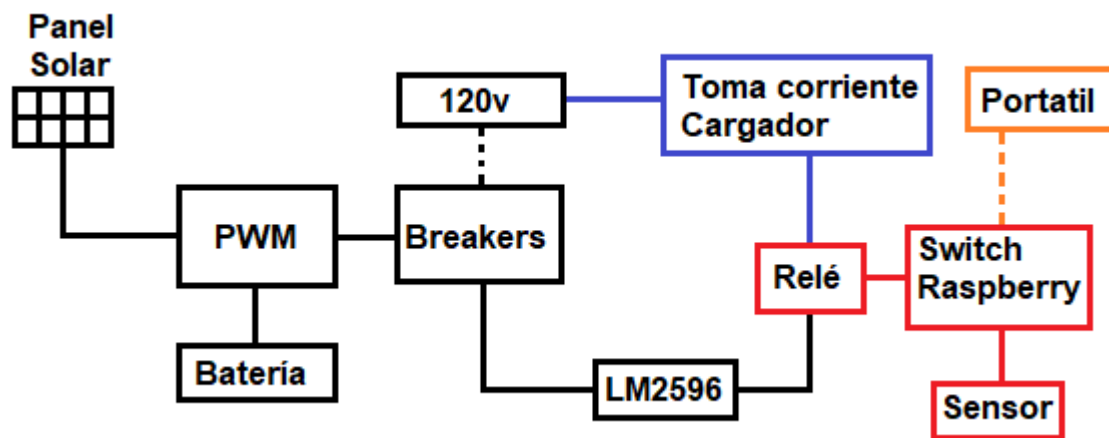
Circuito electrónico del dispositivo SAT

En la Figura 8, se observa el esquema de bloques del circuito, se hace la aclaración que la computadora portátil se usa para monitorear los datos entregados por la Raspberry.

Como se observa la entrada de 120v es una adición que se hace al circuito en caso tal de que la ubicación del circuito se encuentre cerca de una conexión estable de energía y pueda ser utilizada en caso de que sea necesitada.

Figura 8

Esquema de Bloques del Dispositivo



Esquema del circuito. Los componentes y cómo van conectados se puede apreciar en la Figura 9, el circuito del SAT trabaja entre unos 5 y 6 voltios, a una corriente máxima de 0.55 Amp. Por lo tanto, se debe regular las entradas de voltajes y trabajarlas en valores cercanos a estos.

El panel solar tiene una capacidad de 50w y la batería de 12v a 7700 mAh, en este caso se usa una fuente variable LM2596 conectada en serie a la batería y al pwm del panel solar y así

poder regular el voltaje que esta entrega, la otra entrada de 120 VAC, se regula con un cargador de 5v a 2.5 Amp.

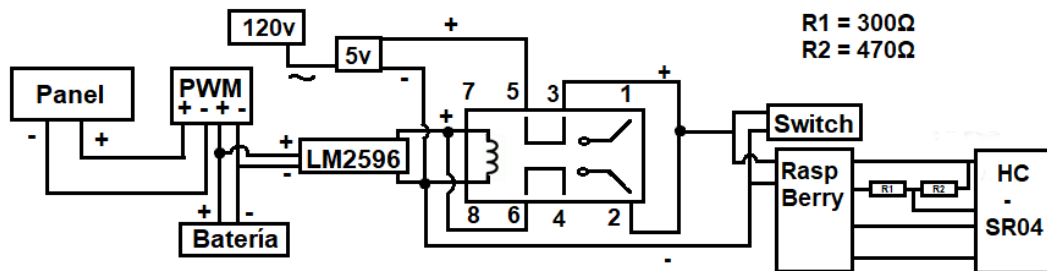
Las dos entradas de voltaje van conectadas al relé. Se debe tener en cuenta que la bobina que contrala el cambio de conexión interna del relé se ve controlada por el voltaje aportado por la batería del panel solar, haciendo que la energía principal sea la del panel solar y esto haga que la batería trabaje para evitar problemas por el no uso de esta y pueda averiarse.

En este caso se configura el relé de tal forma que lleguen a un mismo nodo y en caso de que alguna de las fuentes de alimentación falle la otra pueda entrar directamente a suplir la falla.

Por último, la conexión final va en paralelo tanto al switch como la Raspberry. El sensor de proximidad se alimentará directamente del voltaje entregado por la Raspberry.

Figura 9

Diagrama Esquemático del Circuito para el Dispositivo SAT



Sensor HC-SR04. El sensor HC – SR04, el cual es un sensor de ultrasonido que se está utilizando para medir la distancia que existe entre el sensor y la superficie del agua. De esta forma determinar el nivel en el que se encuentra el rio.

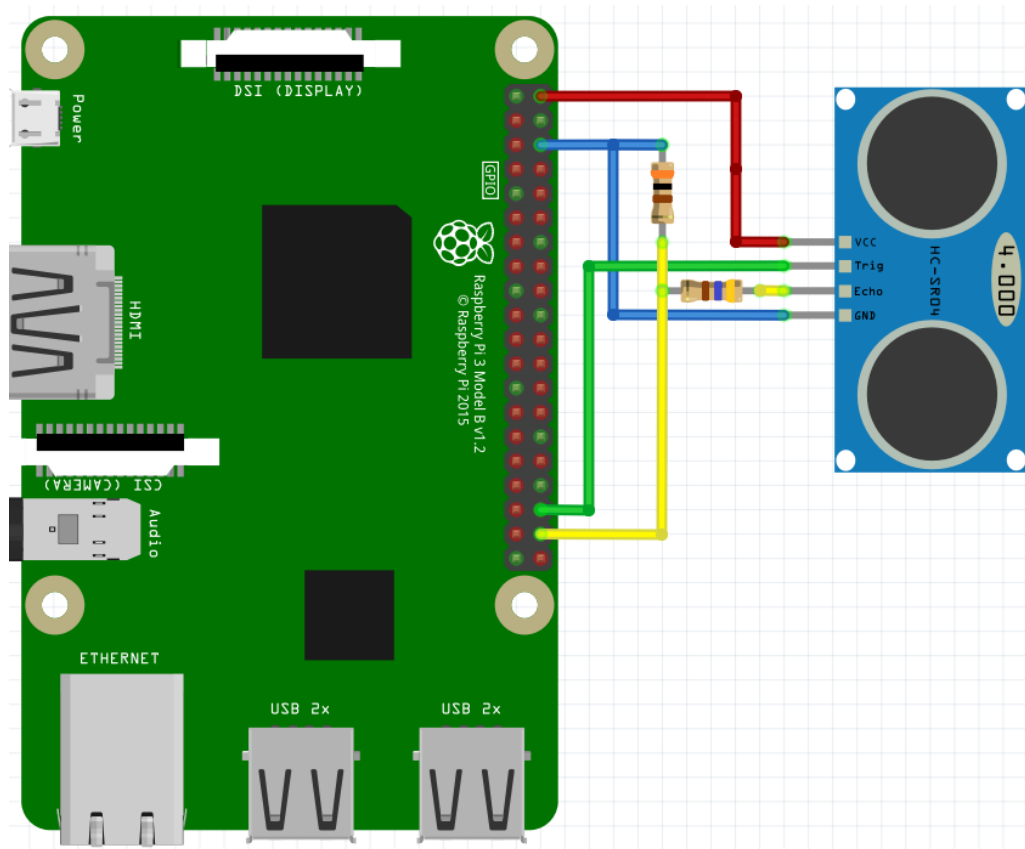
Tiene como requerimiento una entrada de 5 voltios los cuales también son retornados a la Raspberry; teniendo en cuenta que los pines GPIO en la Raspberry solo pueden manejar un máximo de 3.3 voltios, se debe regular el voltaje para evitar daños en la Raspberry.

En este caso hacemos un divisor de voltaje con resistencias de 300Ω y 470Ω para así bajar el voltaje a 3.05 voltios. De esta forma se evita dañar los pines de la Raspberry.

En la siguiente Figura 10, se muestra la conexión realizada en la Raspberry al igual que el divisor de voltaje.

Figura 10

Divisor de Voltaje y Conexión del Sensor con la Raspberry



Programación de la Raspberry. A la hora de programar la raspberry se requirió algo simple que era, lectura de las medidas, envío de datos por internet y que hiciera un guardado de datos cuando no tuviera internet para evitar la pérdida de estos.

A medida que se hacían pruebas se encontró un problema con respecto a la hora y fecha, como los datos adquiridos (medidas) requieren una fecha y hora exacta en la cual fueron obtenidos, esta información es de mucha importancia, se encontró que la Raspberry no posee un reloj interno y lo que hace es tomar la hora y fecha por internet, si tiene conexión no hay problema pero cuando no hay energía aproximadamente unos 2 días por así decirlo y la raspberry estuvo apagada y cuando se reconectó se encontró que no había internet ella seguirá con la hora que estaba cuando se apagó, es por eso que se buscó el modo de mantener un reloj para estos casos el cual fue con el módulo RTC DS3231, en la Figura 11, se puede apreciar su forma, con este módulo se podría configurar la hora que quisiera y así no depender si la Raspberry tiene o no internet.

Figura 11

Modulo Reloj RTC DS3231



Nota. Adaptado de *Modulo RTC DS3231 Compatible con Raspberry PI*, por Ferretrónica, 2020, Ferretrónica (<https://ferretronica.com/products/modulo-rtc-ds3231-compatible-con-raspberry-pi>)

CC BY 2.0

La raspberry tiene un sistema operativo de solo consola, la versión raspbian lite kernel la cual fue instalada para más rapidez a la hora de prender y liberar espacio pensando a futuro si los datos que no sean enviados por internet se guarden dentro en algún tipo de archivo o una base de datos propia, más adelante se explicará la forma en la cual se decidió guardar los archivos.

La programación se empezó por la comprobación de si había internet o no, al principio se usó una página externa para comprobar que hubiera internet al proyecto la cual era “www.google.com” comprobando el timeout, pero se encontró el problema de que, si google estaba bien, pero el link del proyecto estaba caído, era como si no hubiera internet, así que se tomó la decisión de abrir el link directamente a la página del proyecto y comprobar su timeout.

Usando la librería urllib2 se abrió la url y se comprobó en una función si su timeout es 5 dependiendo de su respuesta devuelve un “True” o un “False” y con dicha respuesta ya se tiene la comprobación de si hay o no internet, más que mirar si hay internet es comprobar si la página que recibirá los datos está en línea, en la Figura 12, se puede ver que la url es una ip eso es debido a que su ambiente es local, en caso tal de que no lo fuera, la línea comentada `#urllib2.urlopen(url,timeout=5)` se le daría el valor a “url” de la página o dominio como tal a la cual se va a conectar.

Figura 12

Fragmento del Código de Comprobación si Hay Conexión

```
def internet_on():
    try:
        urllib2.urlopen('http://192.168.0.15', timeout=5)
    # urllib2.urlopen(url, timeout=5)
    # return False
    return True
    except:
        return False
```

El formato de fecha y hora fue modificado para ser recibido como un string y de la forma “Año/Mes/Día Hora:Minutos:Segundos” como se puede apreciar en la variable “t” de la Figura 13.

Figura 13

Fragmento del Código Donde se ve la Creación del Archivo Sen.txt

```
t = datetime.now().strftime("%Y/%m/%d %H:%M:%S")
if internet_on()==True:
    if not path.exists('sen.txt'):
        mknod('sen.txt')
    tex = open('sen.txt','r')
    mensaje = tex.read()
    print(mensaje)
    tex.close()
```

El método utilizado para guardar los datos cuando no haya internet fue por medio de un archivo .txt que el mismo código creará internamente dentro de la Raspberry y estará leyendo y comprobando si hay algo escrito en este archivo el cual fue llamado “sen.txt”.

En la Figura 13, se puede ver el inicio del código donde se verifica que la función encargada de comprobar si hay o no conexión nos devuelve un “True” y así empezar el cuerpo del código.

Una vez el código detecta que hay conexión se revisa que el archivo “sen.txt” exista y procede a leer lo que contenga este, para saber si este archivo tiene o no datos guardados en él.

Si el archivo “sen.txt” se encuentra vacío, el código procede con el envío de un dato normal como se puede observar en la Figura 14. por medio de un post. Las variables a enviar son “t” que como se explicó es la hora y la fecha, “dix” que vendría siendo la distancia entre el sensor y la superficie del agua y por último “Nsen” que sería el ID del sensor para diferenciarlo de los otros sensores que se vayan a poner en diferentes o en el mismo río. En caso tal de que

aparezca un error cuando se envía el dato, será guardado directamente en el .txt y un salto de línea separados con una variable fija “sep” que siempre será “%”, esto sería el except que se ve en la Figura 14.

Figura 14

Fragmento del Código que Verifica si él .txt está Vacío.

```
if mensaje == '':
    print 'Enviando dato'
    print t
    print dix
    rio = {'fecha':str(t), 'dato': str(dix), 'idsensor': str(Nsen)}
    try:
        print 'try enviar dato'
        r = requests.post( url+ '/recieve_readings', params=rio)
        r.url)
        r = requests.post('http://sensores.fivetech.co/api/sensores', data=rio)
        print r.status_code

    except:
        print 'Except'
        f = (dix,t,Nsen, '\n')
        file = open('sen.txt', 'a')
        file.write(sep.join(f))
        file.close()
```

Si el archivo “sen.txt” se encuentra con datos guardados en él, el código abrirá el archivo y empezará a guardar lo encontrado en un array y lo irá enviando dato por dato a su vez guardándolo en un backup de respaldo por si ocurre un error para que no haya perdidas en los datos almacenados en el .txt, ya que antes en los sensores colocados en el río Tuluá y en Morales, se presentó una pérdida de un día entero de datos porque cuando se enviaba el .txt completo se borraba luego de hacer esto, pero en el momento en que se envió no lo envió del todo y se perdieron bastantes datos.

Al final del código en la Figura 15, se puede apreciar que si detecta un error el código escribe todo lo que hay en el backup y lo guarda en el archivo “sen.txt” y se volverá a repetir dicho proceso ya que el archivo tiene datos y no se han enviado del todo.

Figura 15

Fragmento del Código que Contiene el Envío del .txt

```
else:
    print 'Enviando archivo'
    data_río = [str(dix), str(t),str(Nsen)]
    str_data = sep.join(data_río)
    arr_río = mensaje.split('\n')
    del arr_río[-1]
    arr_río.insert(len(arr_río), str_data)
    arr_río_backup = deepcopy(arr_río)
    try:
        for río in arr_río:
            spl_t_río = río.split(sep)
            data_río={'fecha':spl_t_río[1], 'dato': spl_t_río[0],'idsensor': spl_t_río[2]}
            print("data: ", data_río)
            response = requests.post( url + '/recieve_readings', params=data_río)
            print('response: ', response)
            if response:
                del arr_río_backup[0]
                print ("Datos agregados a la base de datos con éxito")
            else:
                raise Exception("Error")
        file = open('sen.txt','w')
        file.write("")
        file.close()
    except Exception as e:
        print ("ERROR", e)
        backup_message = '\n'.join(arr_río_backup)
        file = open('sen.txt','w')
        file.write(backup_message)
        file.close()
```

En la Figura 16, se observa el final del código en el cual cuando no hay internet, guarda la medida, la hora y el ID del sensor en el archivo sen.txt y hace un retardo de 119 segundos que sería aproximadamente 2 minutos, se decidió así para tener un dato nuevo cada 2 minutos y no llenar la base de datos muy rápido, con este tiempo de dato cada 2 minutos, por día se obtendrán aproximadamente 720 datos. Para finalizar el código se pone que si encuentra algún fallo haga un reinicio de todo el sistema operativo dentro de la raspberry para que comience de nuevo el auto run.

Figura 16*Final del Código*

```
else:
    print ("Sin internet")
    print t
    print dix
    data = (dix,t,Nsen,'\n')
    file = open ('sen.txt','a')
    file.write(sep.join(data))
    file.close()
    time.sleep(119)
except KeyboardInterrupt:
    print "quit"
    GPIO.cleanup()
#except:
# os.system("sudo reboot")
```

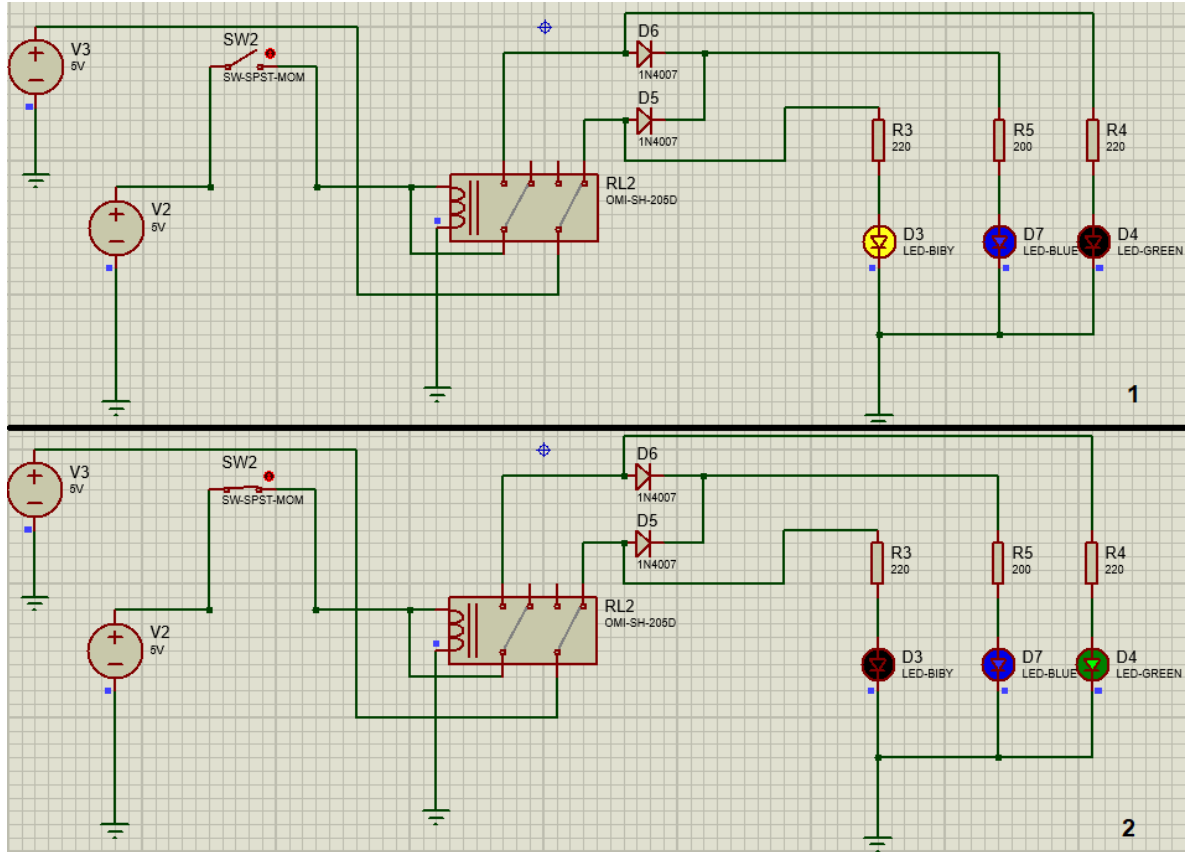
Simulación y pruebas del circuito. Antes de realizar el ensamblaje del circuito se realiza una simulación en Proteus para verificar el funcionamiento del relé y la activación correcta de las dos fuentes de voltaje.

Esto se verifica con la ayuda de diodos led, teniendo una conexión de tres diodos en donde siempre estará activado el diodo azul el cual nos indicará que en todo momento deber haber voltaje y corriente. Mientras que los otros diodos tanto el amarillo, como el verde nos indicara cuál de las dos fuentes se encuentra activa en estos momentos.

En la Figura 17, se observan dos escenarios que van determinados por el switch (SW2). Cabe recalcar que el relé actúa internamente como un switch de activación mecánica controlado por una bobina; en este caso el relé es de 8 pines y cuenta con dos terminales normalmente abiertas y dos terminales cerradas.

Figura 17

Simulación del Circuito en Proteus



Las terminales cerradas se encuentran activas mientras la bobina se encuentra apagada una vez que se ejerce voltaje sobre la bobina esta se activara al igual que las terminales que están normalmente abiertas.

Caso 1 el switch (sw2) se encuentra abierto, por lo cual está activa la fuente de voltaje V3 y se verifica con los leds azul y amarillos encendidos.

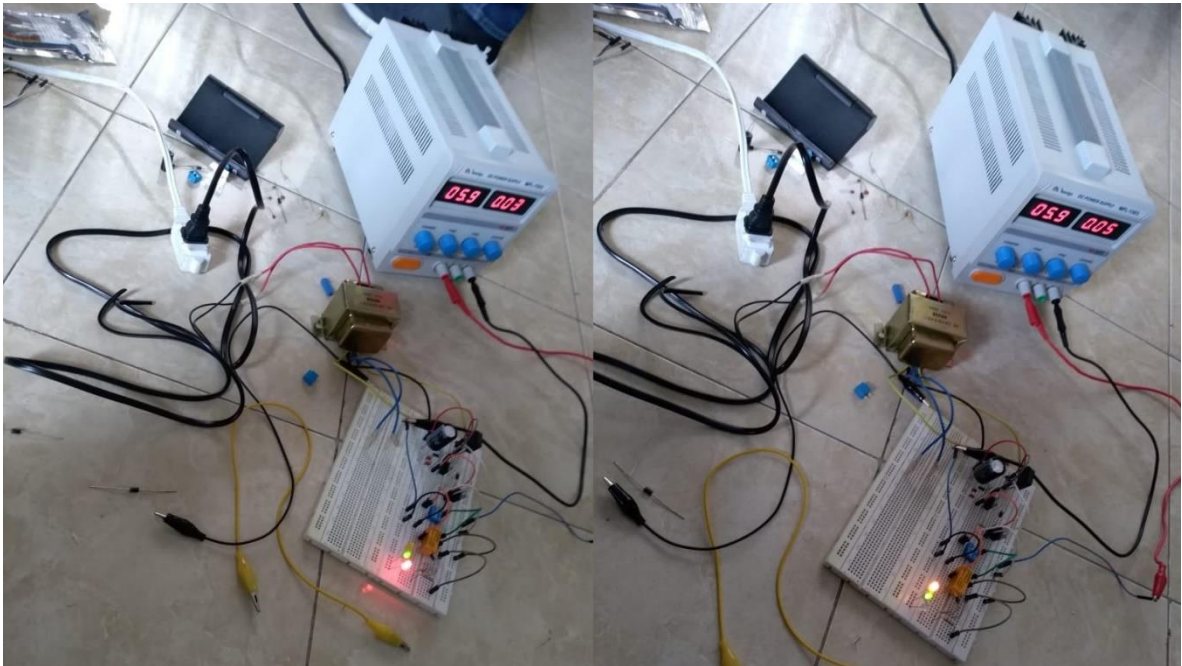
Caso 2 el switch (sw2) se encuentra cerrado activando la bobina activando el switch normalmente abierto y esto lleva a que la fuente de voltaje V2 es la que está activa verificando con los leds azul y verde encendidos.

Con esto se verifica que pueden existir dos fuentes de voltaje similares funcionando al mismo tiempo controladas por un relé, en caso de que una de las dos falle la otra entrara a trabajar.

Como se ve en la Figura 18, se ven las pruebas en físico verificando la activación de los diodos dependiendo de que fuente esté activa, en este caso por falta de implementación se construye una fuente de voltaje fija.

Figura 18

Foto del Circuito en Fase de Pruebas



En la Figura 19, se puede ver el esquemático del circuito usado en la foto de la Figura 18. Una vez que se ha solucionado la alimentación del circuito, se procede al montaje del panel solar en la base. Esta base se ve en la siguiente foto de la Figura 20, cabe destacar que esta base está hecha para el poder movilizar el panel junto a su caja eléctrica de forma sencilla.

Figura 19

Esquemático en Proteus de la Fase de Pruebas

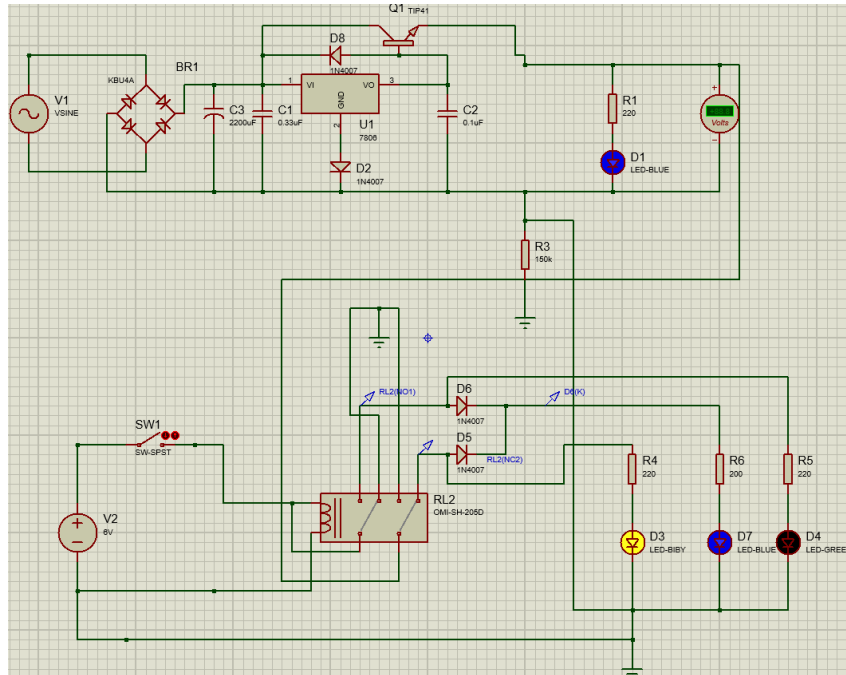


Figura 20

Foto del Panel Solar con la Estructura



Terminado el ensamblaje en la base del panel solar, se procede a juntar todas las partes para realizar las pruebas finales de funcionamiento del circuito de medición.

En la foto de la Figura 21, Se puede observar cada uno de los componentes que lleva el SAT para su funcionamiento.

Figura 21

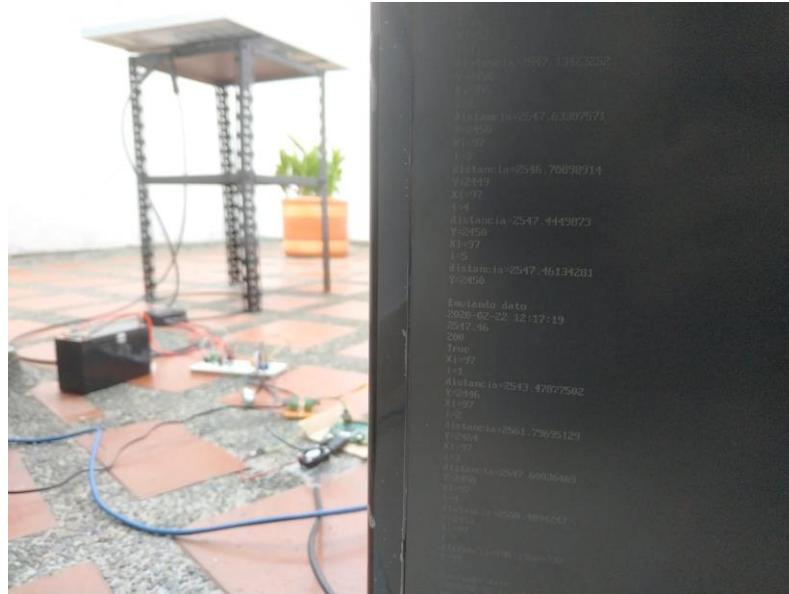
Componentes del dispositivo



Por último, con la ayuda de un monitor con entrada HDMI y usando la pared como referencia para que el sensor HC – SR04 tome mediciones a esta como se observa en la foto de la Figura 22, y se da por concluido que cada una de las partes está funcionando correctamente.

Figura 22

Pruebas con Todos los Componentes del Dispositivo y un Monitor



Con esto finaliza la sección del circuito controlador del SAT y funcionamiento del sensor.

Aplicación web y API

De forma que se pueda entregar al usuario final los datos recolectados por del SAT, se realiza un aplicativo web. Este aplicativo web se desarrolló en sistema Linux y se usó los siguientes programas para la culminación de este aplicativo.

- HTML5
- CSS3
- Docker
- Docker-Compose
- PostgreSQL
- Python
- HTTP
- JavaScript
- React

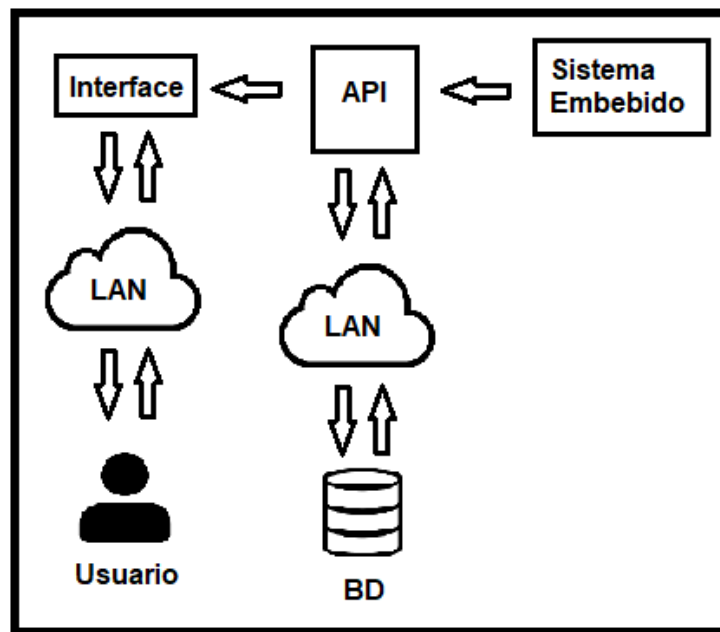
Arquitectura de la aplicación

La API debe recibir la información de la Raspberry por medio del Switch y una vez obtenga la información la almacenará en la base de datos, en la Figura 23 se muestra un diagrama de cómo funciona el aplicativo web y api.

Simultáneamente la API deberá enviar la información a la interfaz del usuario, donde el usuario podrá verificar todo lo que está pasando en tiempo real, además de poder realizar búsquedas con una fecha específica y ver el comportamiento del río en ese momento.

Figura 23

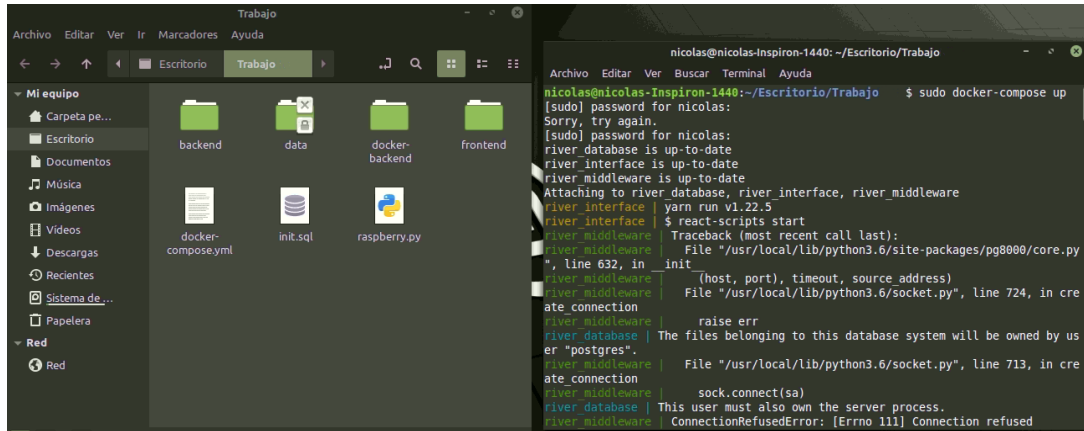
Funcionamiento del Aplicativo web y api



Para hacer que el programa corra se debe usar la consola de Linux, insertando el comando \$ sudo docker-compose up. Este comando debe ser usado en la carpeta que se encuentra el Docker para que funcione como se ve en la Figura 24.

Figura 24

Captura de Pantalla del Portátil con Sistema Operativo Linux



Para el funcionamiento de la aplicación se usa el comando `$ sudo docker-compose stop`, o en la consola de comando de Linux con el comando control + c.

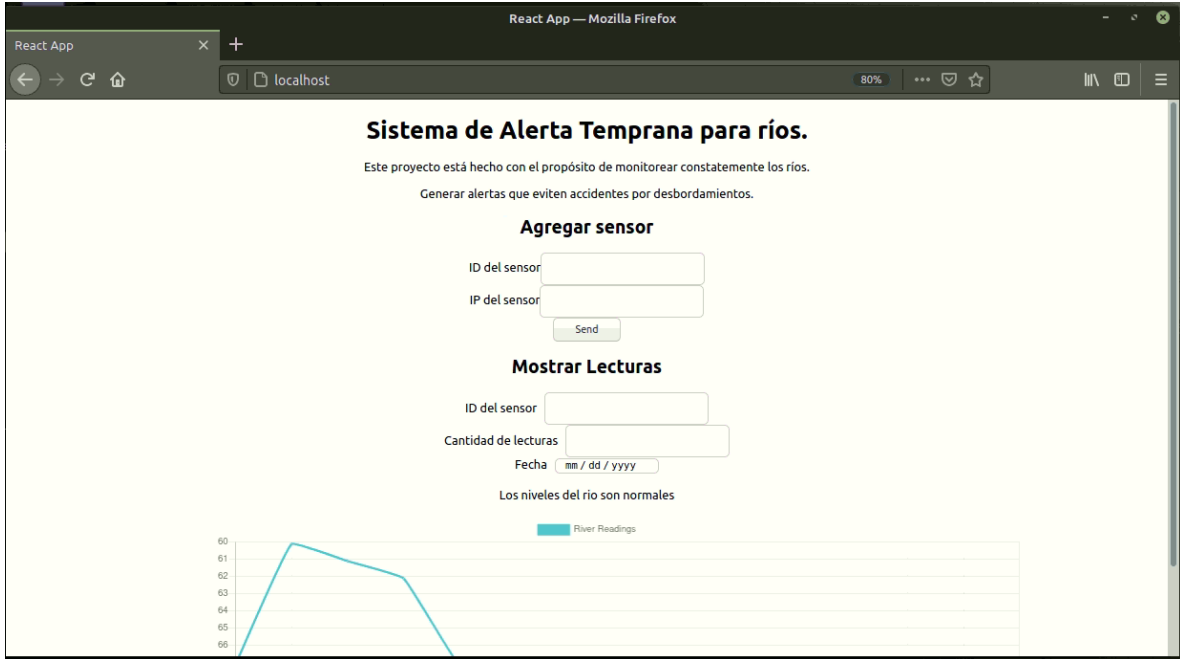
Una vez que el programa esté corriendo ya se encontrará la página web disponible en área local.

Interfaz de usuario

La interfaz de usuario en este caso se puede observar en la Figura 25, como se observa en la captura los usuarios pueden añadir diferentes sensores para su monitoreo. No obstante, los nuevos sensores que se deseen añadir se deben haber programado previamente en el controlador (Raspberry) y haber registrado con una IP y su ID correspondiente.

Figura 25

Interfaz de Usuario



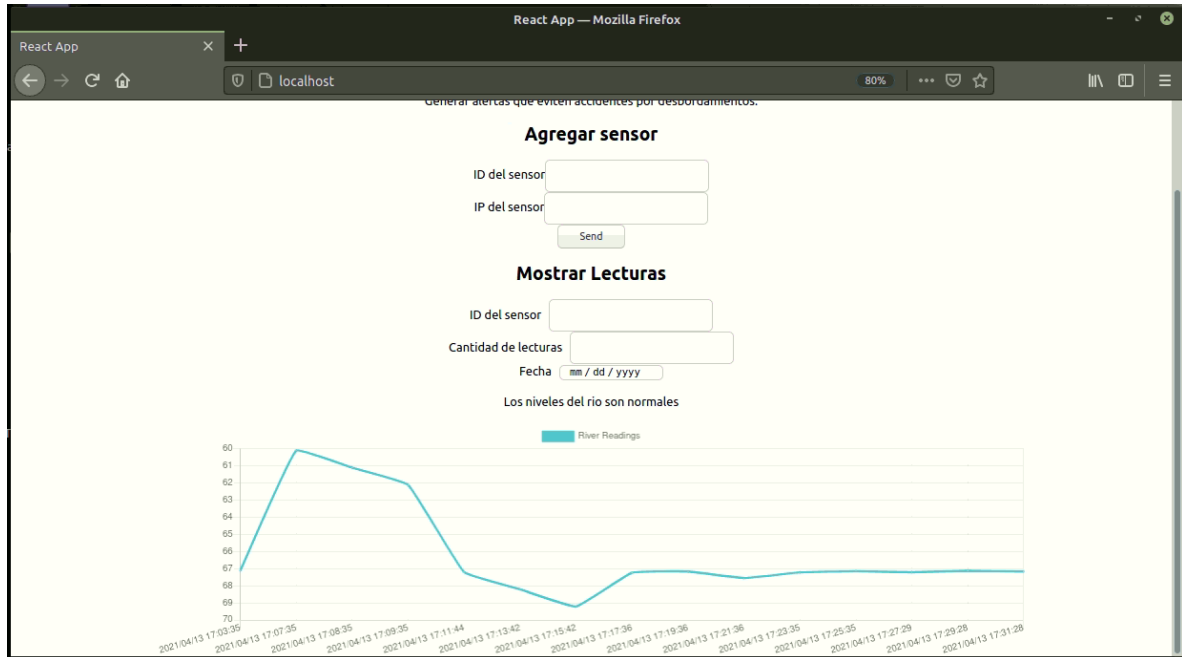
En la Figura 26, se observa cómo se registran los datos obtenidos por el sensor, recordemos que estos valores aparecen cada dos minutos.

La lectura de los valores puede ser modificada según la necesidad del usuario con los campos de mostrar lectura.

El usuario puede modificar la fecha y la cantidad de lecturas que desea ver, también puede especificar cuál es el sensor que desea monitorear. En caso de no seleccionar una cantidad determinadas de lecturas el sensor ira registrando en tiempo real todos los datos que le estén llegando en orden del más antiguo, al más reciente.

Figura 26

Grafica de Datos Obtenidos en Tiempo Real



Códigos Base de datos, Api e interfaz

Todos los códigos correspondientes a la base de datos, el api y la interfaz se encuentran listados en la sección de anexos.

Pruebas Y Resultados

Los resultados obtenidos con el prototipo diseñado fueron satisfactorios principalmente porque el proyecto se puso a funcionar conjunto a la alcaldía de Tuluá para el departamento de gestión de riesgos junto con las TIC, por medio de una empresa llamada FIVETECH S.A.S. Donde se trabajó y se desarrolló los dos primeros dispositivos de alerta. Aunque las alertas desarrolladas por el equipo de software de dicha empresa se pusieron en su momento para que mandaran correos y mensajes de texto como se ve en el círculo rojo de la Figura 27, a 4 personas los cuales eran el alcalde de Tuluá, el departamento de bomberos, el jefe de gestión de riesgos y por ultimo para Gabriel Romero que era el encargado del dispositivo en la empresa, el jefe del departamento de gestión de riesgos decidió no poner en funcionamiento estas alertas ya que él quería ver como se comportaban los dos dispositivos instalados y ver su nivel para así determinar a qué altura poner las alertas, de igual forma él tenía acceso a la página dada por Fivetech y podía ver en tiempo real el crecimiento de los ríos con una gráfica como se puede ver en la Figura 28.

La creación del dispositivo se empezó con la información entregada por la alcaldía los cuales no tenían ningún tipo de alerta, solo unas medidas dibujadas cerca de un puente del río Tuluá, por otra parte, la CVC posee un sistema de monitoreo continuo en los ríos, pero la alcaldía y el departamento de gestión de riesgos quería uno que fuera propio, que ellos tuvieran acceso cada que quisieran y así se empezó la elaboración de estos dispositivos.

Figura 27

Captura del mensaje de texto de prueba de la Alerta Roja

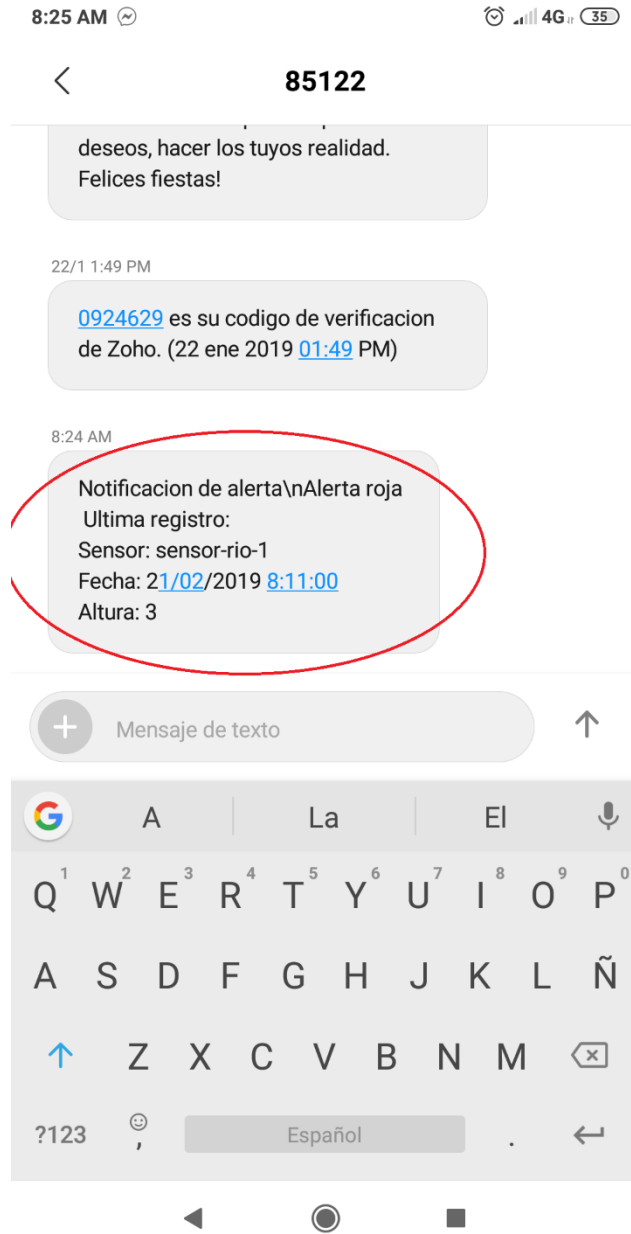
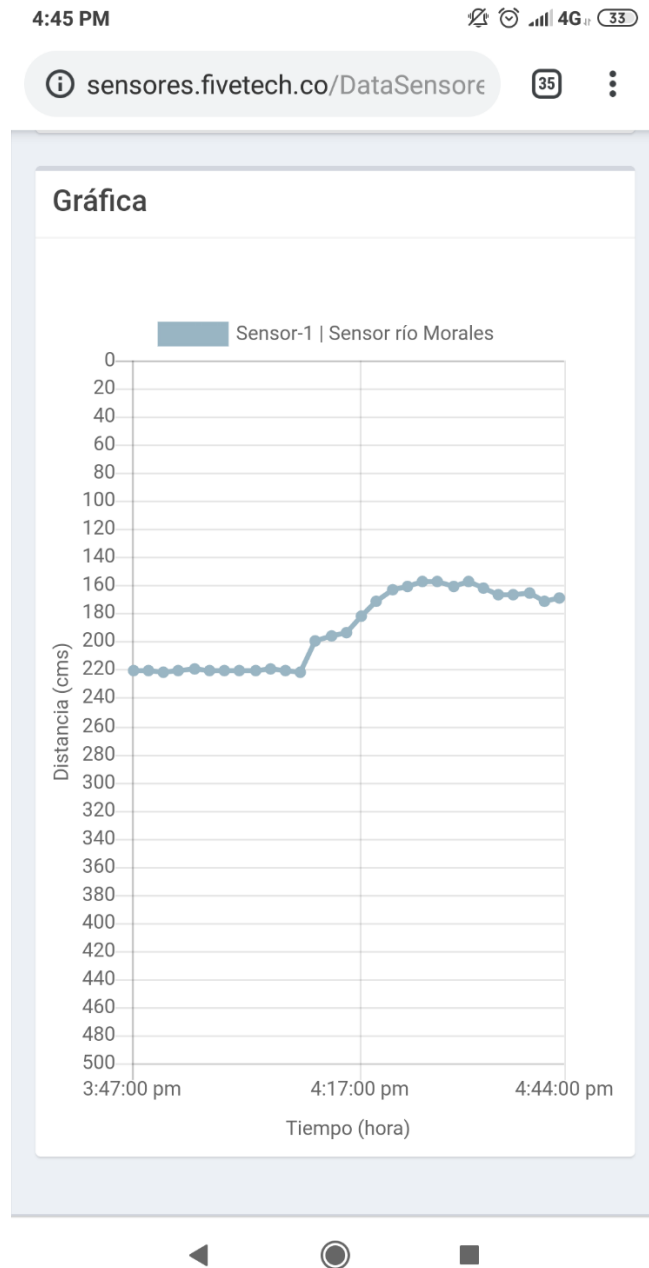


Figura 28

Captura de la gráfica del río Morales entregada por el aplicativo de Fivetech el 2 de abril del 2019



Se presentó en el año 2018 el diseño del dispositivo de alerta temprana al jefe de gestión de riesgos, al equipo de la alcaldía de las TIC y al alcalde, el cual era en su momento Gustavo Vélez Román, el primer diseño empezó muy simple solo era un arduino con un shield GSM que enviaba mensajes de texto cuando el sensor detectaba que algo se estaba acercando, la alcaldía aprobó el proyecto y se presentó el modelo actual que se ve en la Figura 29 con panel solar y con raspberry ya que en su momento la empresa lo facilitó por tenerlo a la mano y como iba a ser un prototipo se evitaría muchos gastos y solucionando la escases de recursos que tiene un arduino y sus limitantes, y un aplicativo web que cumplía las necesidades propuestas en los objetivos los cuales eran visualizar los datos y ver una alerta dependiendo del nivel del río.

Figura 29

Foto del Modelo Presentado del Dispositivo SAT



Se dio luz verde a la construcción de dos dispositivos, uno para el río Tuluá y otro para el río Morales, pero estos prototipos no estarían equipados con paneles solar por temas de

presupuesto. Se inició la instalación de uno de los sensores en el río Morales en una zona urbana, el cual tendría su fácil acceso para comprobar su funcionamiento e ir arreglando fallas, se cambió el aplicativo por uno propio de la empresa ya que la empresa puso a su equipo de desarrollo de software crear el aplicativo que organizaría y se encargaría de enviar las alertas al equipo de gestión de riesgos, al alcalde, a los bomberos y a nosotros los creadores del proyecto los datos.

Figura 30

Instalación del Sensor 1 en el Río Morales



Este sensor del río Morales funcionó y cumplió su propósito de notificar cuando el río crecía como se ve en la foto de la Figura 31, cuando estuvo cerca de tocar el sensor, al ser un

prototipo se quería reunir datos a lo largo de un año, encontrar errores o cosas que mejorarle como por ejemplo, el largo del tubo se cortó unas 2 veces porque estaba caído y algunas veces cuando el río era muy bajo detectaba la pared o habían unos picos muy altos, el código base se corrigió ya que en un apagón mientras cargaba él .txt se perdieron estos datos, aquí se creó el backup para que no volviera a suceder esto.

Figura 31

Foto del río Morales Crecido por Lluvias



La instalación del prototipo del río Tuluá se hizo a inicios del año 2019 más arriba del jardín botánico en puente Zinc, esta instalación fue complicada porque se seguía sin aprobar la compra de los paneles solares, así que se hizo una instalación eléctrica con un poste que había al lado de una casa. La caja con el modem y la Raspberry se puso en el puente y desde ahí se hacían las medidas al río y quedaba de fácil acceso para ir a hacerle mantenimiento como se puede ver

en la foto de la Figura 32, la conexión a internet de este prototipo instalado fue a través de un modem de internet satelital para que pudiera llegar a esta zona.

Figura 32

Foto del Sensor de Puente Zinc en el Río Tuluá



Los prototipos duraron instalados desde diciembre del 2018 hasta febrero del 2020 ya que para estas fechas empezó la pandemia y una nueva administración en la alcaldía junto a un nuevo alcalde, pero aun así el sector de las TIC estaba muy interesado en continuar con dicho proyecto para monitorear más los ríos con más sensores en diferentes puntos estratégicos.

En la Tabla 3 podemos observar el promedio mensual de los datos que arrojaban los dos prototipos instalados en el río Tuluá y Morales, se puede apreciar que en los meses de marzo y abril los datos obtenidos fueron irregulares hasta el punto de no tener registro en marzo y los de abril fueron demasiado irreales ya que el sensor fue cubierto por el río, de aquí en adelante se decidió cortar el tubo debido a que su longitud era mayor y el sensor se había sumergido.

Tabla 3

Promedio mensual de los datos obtenidos por los dos sensores

Promedio por mes (cm)		
Fecha	Río	
	Morales	Tuluá
Enero 2019	397.42	209.5
Febrero 2019	376.37	346.77
Marzo 2019	231.72	Sin Data
Abril 2019	222.78	693.51
Mayo 2019	222.38	299.74
Junio 2019	222.17	303.38
Julio 2019	227.47	316.98
Agosto 2019	240.45	323.95
Septiembre 2019	243.57	330.15
Octubre 2019	231.05	321.13
Noviembre 2019	227.93	310.58
Diciembre 2019	222.4	321.27
Enero 2020	227.04	294.8
Febrero 2020	232.01	298.5

En conclusión, el proyecto cumplió los objetivos propuestos y los superó hasta el punto de ser funcional y trabajar por más de un año haciendo una propia retroalimentación donde se

iban arreglando errores o agregando nuevas funcionalidades, cabe recalcar que se fueron planeando más ideas mientras avanzaba el proyecto, tales como convertir cada lugar en una estación con varios sensores ya sea con un pluviómetro o un sensor de ph entre otras ideas que quedan abiertas para futuros proyectos. Si se desea montar este mismo dispositivo se necesitan los siguientes materiales los cuales están en la Tabla 4 con sus respectivos precios al año 2021 y se requiere conseguir por aparte un protocolo de comunicación.

Tabla 4

Costo total del equipo en una aplicación real

Articulo	Precio(pesos)
Panel solar policristalino 50W	\$ 111,900
Controlador / regulador 12v/24v 40A PWM	\$ 121,900
Caja eléctrica 15 x 15 x 6	\$ 60,000
LM2596 Modulo Regulador De Voltaje Dc Con Voltímetro	\$ 20,000
Raspberry Pi 3 B	\$ 180,000
Ventilador Raspberry	\$ 11,000
Modulo reloj Raspberry	\$ 12,000
Memoria SD 16 Gb	\$ 18,000
Relé Industrial 6v Dc 10a 8 Pines	\$ 22,000
Batería Pila 12v 1.3a	\$ 38,000
Hosting web	\$ 120,000
Software	\$ 800,000
TOTAL	\$ 1'514,800

Conclusiones Y Trabajo Futuro

Como se pudo observar en este documento el dispositivo creado para la alerta temprana del nivel de los ríos, en la ciudad de Tuluá. Es completamente funcional al igual opera de acuerdo las necesidades planteadas.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que este proyecto aún tiene bastante espacio para poder mejorar y desarrollar. Como lo pueden llegar a ser los siguientes puntos.

En este proyecto se usó una caja eléctrica para salvaguardar toda la instrumentaría que hace parte del dispositivo, sin embargo, esta caja eléctrica no es la indicada pues no tiene certificación de grado IP adecuada; el grado de protección IP hace referencia al estándar internacional de IEC 60529 Degrees of Protection, este estándar hace alusión a la protección que tiene la caja frente al polvo y al agua, debido a que la caja eléctrica está pensada para ser instalada en zonas abiertas deberá contar con una certificación de IP 65 para evitar daños a la instrumentaría.

La protección IP 65 dicta que la estructura está protegida completamente contra polvo y chorros de agua, al igual que la tubería, tornillería y anclaje que tiene la caja se deben cambiar y adecuar (*IP Ratings / IEC*, n.d.).

Referente al dispositivo diseñado para este proyecto es funcional pero una vez terminado y realizadas las pruebas de funcionamientos, se encontró que hace falta sensores que transmitan a la aplicación informática tanto la carga de la batería y en caso de que se esté utilizando la doble alimentación un sensor que informe de cuál de las fuentes de alimentación es la que se encuentra operando.

Debido a que la instalación del dispositivo está pensada para lugares remotos, estos sensores ayudaran a tener más control sobre posibles fallas que se puedan presentar y poder monitorear el funcionamiento y en caso de que se produzca una falla generar una alerta sobre esta misma, igualmente se recomienda generar mantenimientos programados y con esto realizar una inspección física de los dispositivos.

Finalmente, la aplicación que se diseñó para este trabajo es bastante básica por cual cuenta con bastantes puntos que se pueden mejorar, como lo es mejorar la estructura de privilegios de los usuarios, pues como está pensada la aplicación no existe la diferencia entre un usuario, súper usuario, moderador o administrador.

La aplicación no cuenta con una buena seguridad informática por lo cual se puede vulnerar fácilmente la base de datos o acceder al api de la aplicación de forma sencilla, debido a esto se pueden generar varios conflictos con la data almacenada al igual que corromper la información lo que nos llevaría a que se creen falsas alarmas y se pierda la fidelidad en el programa o en sistema de alerta temprana como tal.

La recomendación dada es utilizar el protocolo ethernet industrial debido que es un tipo de red de fácil configuración, operación, manutención y ampliación. Permitiendo de esta forma el crecimiento natural de un dispositivo de alerta temprana a los cuales se le puede integrar varios sensores según su necesidad.

Bibliografía

- Antonio Domínguez Calle, E., Angarita, H., Rivera, H., English, I., & Antonio Domínguez, E. (2010). *Viabilidad para pronósticos hidrológicos de niveles diarios, semanales y decadales en Colombia* *The feasibility of daily, weekly and ten-day water-level forecasting in Colombia*. 30(2), 178–187.
- Asian Disaster Preparedness Center. (2005). *Integrated Flood Risk Management in Asia. Report*. <http://www.adpc.net>
- Atlas Interactivo - Radiación IDEAM*. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Banco Mundial. (2013). *Sistemas De Alerta Temprana Por Fenómenos Hidrometeorológicos En Colombia: Herramientas Para La Toma De Decisiones En Momentos De Emergencias*. 36. <http://documents.worldbank.org/curated/en/552431468242406765/pdf/884980WP0SPANIO0Box385225B00PUBLIC0.pdf>
- Buy a Raspberry Pi 3 Model B+ – Raspberry Pi*. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>
- Campos, A., Holm-Nielsen, N., Díaz, C., Rubiano, D. M., Costa, C. R., Ramírez, F., & Dickson, E. (n.d.). *Un aporte para la construcción de políticas públicas BANCO MUNDIAL COLOMBIA Coordinadores y editores Fondo Mundial para la Reducción y Recuperación de Desastres*.
- Coll, M. A. A. (2013). *Sistemas de Alerta Temprana (S.A.T) para la Reducción del Riesgo de Inundaciones Súbitas y Fenómenos Atmosféricos en el Área Metropolitana de Barranquilla*. *Scientia et Technica*, 18(2), 303–308.

<http://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/view/8661%5Cnhttp://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/download/8661/5411>

Collier, C. G. (2007). Flash flood forecasting: What are the limits of predictability? *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 133(622), 3–23. <https://doi.org/10.1002/qj.29>

Death toll in Nepal floods rises to 55 | The Daily Star. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.thedailystar.net/world/news/death-toll-nepal-floods-rises-55-1771729>

Definición de Switch » Concepto en Definición ABC. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.definicionabc.com/tecnologia/switch.php>

Domínguez-Calle, E., & Lozano-Báez, S. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(148), 321. <https://doi.org/10.18257>

El Espectador. (2019). Chocó, en emergencia tras el desbordamiento de cinco ríos. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/ambiente/choco-en-emergencia-tras-el-desbordamiento-de-cinco-rios-article-841519/>

Estado Libre Asociado de Puerto Rico Dpta de Recursos Naturales. (2007). *Hojas de Nuestro Ambiente, Ríos de Puerto Rico*.

Estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>

European Flood Awareness System – EFAS | Copernicus EMS - European Flood Awareness System. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.efas.eu/en/european-flood-awareness-system-efas>

Hebert Gonzalo Rivera, Humberto González Marentes, Ó. M. S., Efraín Domínguez Calle,

- Henry Romero Pinzón, Miguel Fajardo Sierra, Eduardo Zamudio Huertas, Y., & González Hernández, M. C. C. (2008). *Protocolos para la emisión de pronósticos hidrológicos*.
- Hernández Sampieri, Roberto Fernández Collado, C., & Baptista Lucío, P. (2010). *Metodología de la investigación*.
- Homepage / National Oceanic and Atmospheric Administration. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.noaa.gov/>
- IFNet. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <http://www.internationalfloodnetwork.org/about.html>
- IP ratings / IEC. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.iec.ch/ip-ratings>
- LAN (red de área local) - CCM. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://es.ccm.net/contents/253-lan-red-de-area-local>
- Maskrey, A. (1997). National and Local Capabilities for Early Warning. ... *on National and Local Capabilities for Early Warning, October, 33*.
<http://www.unisdr.org/2006/ppew/whats-ew/pdf/national-and-local-capabilities-ew-maskrey.pdf>
<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=DESASTRES&lang=pt&nextAction=lnk&exprSearch=12089&indexSearch=ID>
- Mendoza, A., González, H., Buelvas, J., & Rueda, S. L. M. (2016). *Guía para la Implementación de Sistemas de alerta temprana*.
- Panel Solar - Concepto, invención, funcionamiento y usos. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://concepto.de/panel-solar/>
- Raspberry Pi Documentation. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from

<https://www.raspberrypi.com/documentation/#introWhatIs/>

Rele o Relevador. Qué es, Tipos, Funcionamiento Aprende Facil. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

Riesgo por Inundación - IDIGER. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://www.idiger.gov.co/rinundacion/>

The Flood Observatory. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://floodobservatory.colorado.edu/>

Tipos de paneles solares - Blog Ecofener. (n.d.). Retrieved October 19, 2021, from <https://ecofener.com/blog/tipos-de-paneles-solares/>

UN/ISDR. (2006). Global Survey of Early Warning Systems: An assessment of capacities, gaps and opportunities toward building a comprehensive global early warning system for all natural hazards. In *Platform for the promotion of early warning (UNISDR—PPEW)*, UN: p (Vol. 46). www.unisdr.orgwww.unisdr-earlywarning.org

Yamin, L., Ghesquiere, F., Darío, O., Mario, C., & Ordaz, G. (2013). *Global Facility for Disaster Reduction and Recovery - Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre. El caso de Bogotá, Colombia.*

Certificado de las Prácticas Laborales en la Alcaldía de Tuluá por Gabriel Eduardo

Romero Oquendo

26/10/21 8:28



Untitled Page

SECRETARÍA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL



EL SECRETARIO DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

CERTIFICA

Que el estudiante **GABRIEL EDUARDO ROMERO OQUENDO**, identificado con cédula de ciudadanía número 1.116.257.028 de Tuluá - Valle. Prestó sus servicios como practicante del programa INGENIERIA ELECTRÓNICA, de la **UNIDAD CENTRAL DEL VALLE (UCEVA)** en el Departamento Administrativo de las TIC de la Administración Municipal de Tuluá desde el 25 de julio de 2017 hasta el 25 de diciembre de 2017.

La presente certificación se expide en la ciudad de Tuluá V. el día 22 de octubre de 2021.

Atentamente,

JAIRO ALFONSO JIMÉNEZ GONZÁLEZ

Transcriptor: Juan Pablo Serna López

Calle 25 No. 25-04 PBX:(2) 2339300 Ext: 3015 Código Postal: 7630
www.tuluva.gov.co – email: archivo@tuluva.gov.co - facebook.com/alcaldiadetuluva
twitter.com/alcaldiadetuluva

Anexos

Instalación del dispositivo en el río Morales



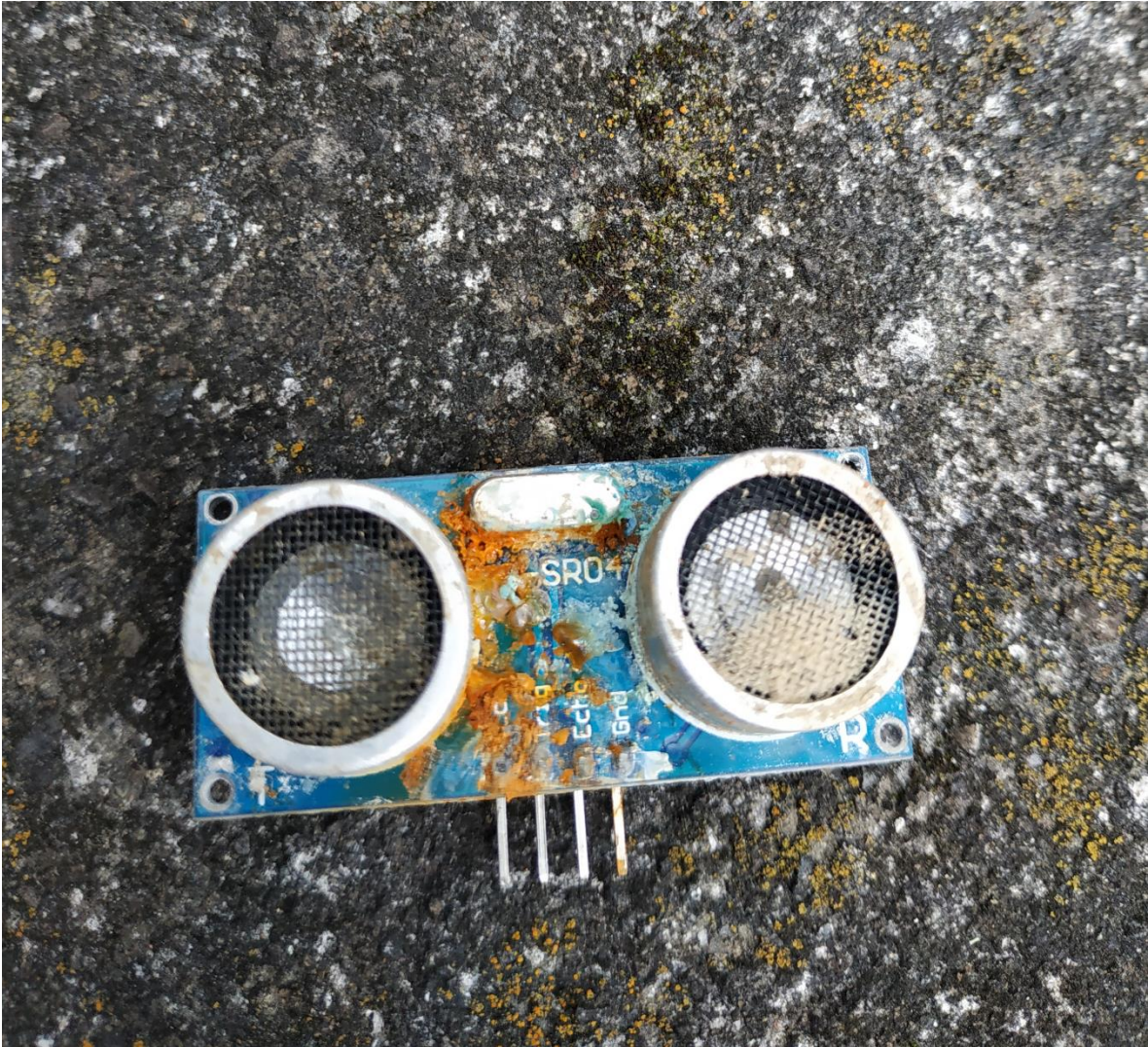






Dispositivo del río Tuluá luego de ser tapado por el agua





Captura de la base de datos del aplicativo de Fivetech con los datos recolectados

Unnamed\AppSensorQA\DataSensor\ - HeidiSQL 9.5.0.5196

Archivo Editor Buscar Herramientas Ir a Ayuda

Filtro de bases de c Filtro de tablas Host: fivetech.c8hddr2ml... Base de datos: AppSensorQA Tabla: DataSensor Datos Consulta*

1 SELECT * FROM `DataSensor` WHERE ds_fecha_evento BETWEEN '2019-02-20' AND '2019-12-31'

DataSensor (4x353,982)

ds_key	ds_fecha_evento	ds_datos	sensor_key
372,035	2019-12-30 22:54:05	202.58	1
372,036	2019-12-30 22:56:11	203.23	1
372,037	2019-12-30 22:58:18	202.82	1
372,038	2019-12-30 23:00:25	204.07	1
372,039	2019-12-30 23:02:32	203.93	1
372,040	2019-12-30 23:04:39	205.51	1
372,041	2019-12-30 23:06:46	204.71	1
372,042	2019-12-30 23:08:52	205.72	1
372,043	2019-12-30 23:10:59	203.91	1
372,044	2019-12-30 23:13:06	205.42	1
372,045	2019-12-30 23:15:12	205.79	1
372,046	2019-12-30 23:17:19	207.35	1
372,047	2019-12-30 23:19:26	207.15	1
372,048	2019-12-30 23:21:32	208.87	1
372,049	2019-12-30 23:23:40	208.01	1
372,050	2019-12-30 23:25:46	207.38	1
372,051	2019-12-30 23:27:53	207.55	1
372,052	2019-12-30 23:30:00	206.52	1
372,053	2019-12-30 23:32:06	208.10	1
372,054	2019-12-30 23:34:13	208.01	1
372,055	2019-12-30 23:36:20	207.58	1
372,056	2019-12-30 23:38:27	207.72	1
372,057	2019-12-30 23:40:33	210.30	1
372,058	2019-12-30 23:42:40	209.62	1
372,059	2019-12-30 23:44:47	211.60	1
372,060	2019-12-30 23:46:54	213.67	1
372,061	2019-12-30 23:49:01	213.04	1
372,062	2019-12-30 23:51:07	211.10	1
372,063	2019-12-30 23:53:14	212.01	1
372,064	2019-12-30 23:55:21	211.66	1
372,065	2019-12-30 23:57:27	210.27	1
372,066	2019-12-30 23:59:34	211.24	1
375,051	2019-12-10 16:51:40	320.90	2
375,052	2019-12-10 16:53:50	324.27	2
375,053	2019-12-10 16:55:59	323.57	2
375,054	2019-12-10 16:58:08	321.17	2
375,055	2019-12-10 17:00:32	322.29	2
375,056	2019-12-10 17:02:32	331.17	2

27 SELECT * FROM `AppSensorQA`.`DataSensor` LIMIT 1000;
 28 SHOW CREATE TABLE `AppSensorQA`.`DataSensor`;
 29 SHOW TABLE STATUS LIKE `DataSensor`;
 30 SELECT * FROM `DataSensor` WHERE ds_fecha_evento BETWEEN '2019-02-20' AND '2019-12-31';
 31 /* Filas afectadas: 0 Filas encontradas: 353,982 Advertencias: 0 Duración para 1 consulta: 0.328 sec. (+ 2.578 sec. network) */

Reparación y recorte del tubo del dispositivo del río Tuluá







Hoja de ruta del mantenimiento preventivo y correctivo del equipo

Mantenimiento		Frecuencia	Tipo
Raspberry			
Conectores	Verificación de los conectores de video	Trimestral	Correctivo
	Verificación de los conectores de alimentación	Trimestral	Correctivo
	Verificación de los conectores de red.	Trimestral	Correctivo
	Verificación de los conectores de los shields y ventiladores	Trimestral	Correctivo
Hardware	Verificación del estado las dispositivos de almacenamiento	Semestral	Preventivo
	Limpieza de los ventiladores y caja protectora.	Bimensual	Preventivo
	Inspección visual de los componentes electrónicos	Bimensual	Preventivo
	Temperatura del dispositivo y cargador	Bimensual	Correctivo
	Inspección de los sensores y la estructura de los sensores	Bimensual	Preventivo
Software	Limpieza del cache de la Raspberry	Trimestral	Correctivo
	Back up manual de la información	Trimestral	Preventivo
	Verificación del sistema de operativo de la raspberry	Trimestral	Preventivo
	Actualización de firmware	Semestral	Correctivo
Caja Eléctrica			
Estructura	Inspección del estado de la caja eléctrica	Bimensual	Preventivo
	Limpieza de las entradas de aire.	Bimensual	Correctivo
	Estado del cableado interno	Bimensual	Preventivo
Componentes	Verificación del cableado interno de la Caja eléctrica	Bimensual	Correctivo
	Verificación del Relé.	Bimensual	Correctivo
	Verificación de los Breakers.	Bimensual	Correctivo
	Verificación de los toma corrientes.	Bimensual	Correctivo
	Verificación del regulador LM2596.	Bimensual	Correctivo
Router			
	Inspección visual del Router	Bimensual	Preventivo
	Reinicio de 1 minuto del Router	Bimensual	Preventivo
Batería			
	Verificación de la carga eléctrica de la batería	Trimestral	Preventivo
	Verificación de las borneras de la batería	Bimensual	Correctivo
	Inspección del estado de la batería	Bimensual	Preventivo
	Inspección del año de la batería para futuro cambio	Semestral	Correctivo
Paneles Solares			
Estructura	Inspección visual de la estructura	Trimestral	Preventivo
	Verificación de la integridad estructural	Anual	Correctivo

	Detección de la existencia de oxidaciones o corrosiones.	Anual	Correctivo
Panel	Limpieza del panel Solar	Trimestral	Preventivo
	Inspección visual del Panel Solar	Trimestral	Correctivo
	Cableado del Panel Solar	Trimestral	Preventivo
	Comprobación de características eléctricas (Vmax, Imax entre otras)	Anual	Correctivo
	Estado de las borneras	Trimestral	Correctivo
Regulador	Revisión de funcionamiento	Mensual	Preventivo
	Comprobación de características eléctricas (Vmax, Imax entre otras)	Anual	Correctivo
	Estado de las borneras	Trimestral	Correctivo

Información del panel solar proporcionada por el proveedor

RS6E-5/10/20/50P



All-Purpose Module

RS6E-5/10/20/50P is a robust solar module with 18 or 36 solar cells. These modules can be used for on-grid solar applications. Our meticulous design and production techniques ensure a high-yield, long-term performance for every module produced. Our rigorous quality control and in-house testing facilities guarantee Resun Solar's modules meet the highest quality standards possible.



Monocrystalline Silicon Solar Modules

Features

High module conversion efficiency (up to 13.85%), through superior manufacturing technology



Guaranteed 0- +5W positive power output tolerance ensures high reliability



Anti-reflective, hydrophobic coating improves light absorption and reduces surface dust



Excellent performance under low light environments (mornings, evenings and cloudy days)



Entire module certified to withstand high wind loads (2400 Pascal) and snow loads (5400 Pascal)*



RS6E-5/10/20/50P



Electrical Data

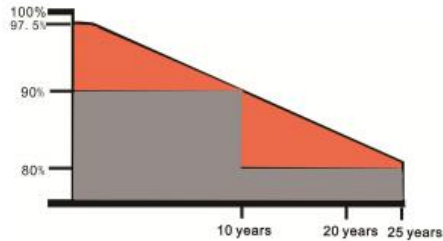


STC	RS6E 5P	RS6E 10P	RS6E 20P	RS6E 50P
Nominal Maximum Power(Pmax)	5W	10W	20W	50W
Optimum Operating Voltage(Vmp)	17.28V	17.43V	17.25V	17.22V
Optimum Operating Current(Imp)	0.29A	0.58A	1.16A	2.91A
Open CIRCUIT voltage(Voc)	21.27V	21.18V	21.2V	21.11V
Short Circuit Current(Isc)	0.32A	0.63A	1.27A	3.21A
Dimensions(mm)	300*190*17	360*310*17	540*364	670*540*30
Weight(kg)	0.34	0.67	1.68	5.00
Operating Temperature	-40℃~+85℃			
Maximum System Voltage	1000V(IEC)/600V(UL)			
Maximum Series Fuse Rating	15A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5W			

Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.43%/℃
Temperature Coefficient of Voc	-0.34%/℃
Temperature Coefficient of Isc	0.065%/℃

Industry-leading warranty



- 25 year transferable power output warranty:10year/90%;25year/80%.
- Based on nominal power.
- 10 year material and workmanship warranty.

Resun Solar Energy Co.,Ltd

Add:No 15 Puzhuang Avene,Wuzhong District,Suzhou, Jiangsu China.
 Tel:+86 0512 66292101
 Fax:+86 0512 66293858
 E-mail:teri.wang@resunsolar.com
<http://www.resunsolar.com>

Data sheets usados de la url: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/560822/OMRON/LY2N.html>

Código interfaz de usuario

Títulos interfaz de usuario

```

import Form from './Form';
import Plot from './Plot';
import './App.css';
function App() {
  return (
    <div className="App">
      <h1>Sistema de Alerta Temprana para ríos. </h1>
      <p>Este proyecto está hecho con el propósito de monitorear constatemente los
ríos.</p>
      <p>Generar alertas que eviten accidentes por desbordamientos.</p>
      <div className="row">
        <div className="column">
          <h2>Agregar sensor</h2>
          <Form/>
        </div>
        <div className="column">
          <h2>Mostrar Lecturas</h2>
          <Plot/>
        </div>
      </div>
    </div>
  );
}
export default App;

```

Form interfaz de usuario

```

import React, {Fragment, useState} from 'react';
import axios from 'axios';

function Form(){
  const [datos, setDatos] = useState({
    sensor_id:",
    device_ip:",
  })

  const handleInputChange = (event)=>{

```



```

    setDatos({
      ...datos,
      [event.target.name]: event.target.value
    })
  }

  const enviarDatos = (event) => {
    event.preventDefault();

    const url = "http://localhost:5000/add_device"

    axios.post(url, {sensor_id:datos.sensor_id, device_ip:datos.device_ip})
      .then(res => {
        alert(res.data)
      })
  }

  return (
    <Fragment>
      <div class = "container mx-auto pt-3">
        <form class = "row" onSubmit = {enviarDatos}>
          { /*This is the form of the patient's personal data*/ }
          <div class = "grid grid-cols-2 mt-5">
            <div class = "mr-3">
              <label class = "block mb-1" for = "">
                ID del sensor
              </label>
              <input class = "border border-gray-500 bg-gray-300 w-full rounded py-1
text-px-2 "
                type = "text"
                name = "sensor_id"
                onChange = {handleInputChange}/>
            </div>
            <div class = "ml-3">
              <label class = "block mb-1" for = "">
                IP del sensor
              </label>
              <input class = "border border-gray-500 bg-gray-300 mb-1 w-full
rounded py-1"
                type = "text"
                name = "device_ip"
                onChange = {handleInputChange}/>
            </div>
          </div>
        </form>
      </div>
    </Fragment>
  )

```

```

        </div>
        <button
            class="block border border-blue-300 bg-blue-200 rounded py-3 px-5
mt-8"
            type = "submit">Send</button>
        </form>
    </div>
</Fragment>
);
}

export default Form;

```

Plot Interfaz de usuario

```

import React, {Fragment, useState, useRef, useEffect } from 'react';
import axios from 'axios';
import { Line } from 'react-chartjs-2';

function Plot(){
  const [plot, setPlot] = useState(false)
  const [readed_data, setReaded_data] = useState([])
  const [userDate, setUserDate] = useState({
    today:"
  })
  const [warning, setWarning] = useState(false)
  const [datos, setDatos] = useState({
    sensor_id:"
    quantity:15,
    input_date:"
  })

  const myRef = useRef();

  const handleInputChange = (event)=>{
    setDatos({
      ...datos,
      [event.target.name]: event.target.value
    })
  }

  const enviarDatos = ()=>{
    let url = "
    if (datos.sensor_id === ""){
      url = `http://localhost:5000/show_readings?quantity=${datos.quantity}`
    } else if (datos.input_date === "") {
      url =
`http://localhost:5000/show_readings?sensor_id=${datos.sensor_id}&quantity=${datos.quantity}`
    }
    if (datos.sensor_id !== "" && datos.input_date !== ""){
      let input_date = datos.input_date
      if (input_date.includes("-")){
        input_date = input_date.replaceAll("-", "/")
      }
    }
  }

```

```

    url =
`http://localhost:5000/show_readings?sensor_id=${datos.sensor_id}&time=${input_date}&quantity=${datos.quantity}`
  }

  axios.get(url, {"headers":{}} )
  .then(res => {
    setPlot(true)
    setReaded_data(res.data)
  })
}

useEffect(()=>{
  var date = new Date();
  const dd = String(date.getDate()).padStart(2, '0');
  const mm = String(date.getMonth() + 1).padStart(2, '0'); //January is 0!
  const yyyy = date.getFullYear();

  date = yyyy + '-' + mm + '-' + dd
  setUserDate({
    ...userDate,
    'today': date
  })
}, [])

useEffect(()=>{
  let count = 0
  const alert_variable = 30
  for (let i=readed_data.length-1; i>= 0; i--){
    if (readed_data[i][2] <= alert_variable){
      count += 1
    } else {
      if (count <= 0){
        count = 0
      } else {
        count -=1
      }
    }
  }
  if (count >= 5){
    setWarning(true)
  } else if (count == 0) {
    setWarning(false)
  }
}

```

```
    }
    console.log(count)
  }
}, [readed_data])

useEffect(() => {
  const interval = setInterval(enviarDatos, 1000);
  return () => clearInterval(interval)
}, [datos])

const update_readings = () =>{
  if (plot){
    const readings = []
    const times = []

    for (let i=readed_data.length-1; i>= 0; i--){
      readings.push(readed_data[i][2])
      times.push(readed_data[i][3])
    }

    const data = {
      labels: times,
      datasets: [
        {
          label: 'River Readings',
          fill: false,
          lineTension: 0.1,
          backgroundColor: 'rgba(75,192,192,0.4)',
          borderColor: 'rgba(75,192,192,1)',
          borderCapStyle: 'butt',
          borderDash: [],
          borderDashOffset: 0.0,
          borderJoinStyle: 'miter',
          pointBorderColor: 'rgba(75,192,192,1)',
          pointBackgroundColor: '#fff',
          pointBorderWidth: 1,
          pointHoverRadius: 5,
          pointHoverBackgroundColor: 'rgba(75,192,192,1)',
          pointHoverBorderColor: 'rgba(220,220,220,1)',
          pointHoverBorderWidth: 2,
          pointRadius: 1,
          pointHitRadius: 10,
          data: readings,
        }
      ]
    }
  }
}
```

```

    ],
  };

  const options = {
    scales: {
      yAxes: [{
        ticks: {
          reverse: true
        },
      }],
    }
  }

  return <Line ref={myRef} data={data} options={options} width="75%"
height="20%" />
}
}

return (
  <Fragment>
    <div>
      <form onSubmit = {enviarDatos}>
        { /*This is the form of the patient's personal data*/ }
        <div>
          <div>
            <label style={{marginRight:"10px"}}>
              ID del sensor
            </label>
            <input
              type="text"
              name="sensor_id"
              onChange={handleInputChange}/>
          </div>
          <div>
            <label style={{marginRight:"10px"}}>
              Cantidad de lecturas
            </label>
            <input
              type="text"
              name="quantity"
              onChange={handleInputChange}/>
          </div>
          <div>
            <label style={{marginRight:"10px"}}>

```

```

        Fecha
        </label>
        <input
        type="date"
        name="input_date"
        value={datos['input_date']}
        max={userDate['today']}
        onChange={handleInputChange}/>
    </div>
</div>

</form>
<br></br>
{
    warning ? <div>Alerta, el nivel del rio esta superando los limites
normales</div>:<div>Los niveles del rio son normales</div>
}
<div id="myPlotting" style={{margin:"auto", marginTop:"20px", height:
"150px", width: "75%",}}>
    {update_readings()}
</div>

</div>
</Fragment>
);
}

export default Plot;

```

Código base de datos

Docker-Compose

version: '3'

services:

db:

restart: always

container_name: river_database

image: postgres

environment:

- POSTGRES_DB=lecturas_rios
- POSTGRES_USER=postgres
- POSTGRES_PASSWORD=12345

volumes:

- **./init.sql**:/docker-entrypoint-initdb.d/init.sql
- **./data**:/var/lib/postgresql/data

networks:

- river_sensors

middleware:

restart: always

container_name: river_middleware

build:

context: ./backend

ports:

- **5000:5000**

volumes:

- **./backend**:/app/backend

environment:

- FLASK_ENV=development
- FLASK_APP=app.py
- FLASK_DEBUG=1

networks:

- river_sensors

depends_on:

- db

frontend:

restart: always

container_name: river_interface

depends_on:

- db

build:

context: ./frontend


```

ports:
- 80:3000
volumes:
- ./frontend:/app/frontend
networks:
- river_sensors

networks:
river_sensors:
driver: bridge
Base de datos

--
-- PostgreSQL database dump
--

-- Dumped from database version 12.5 (Ubuntu 12.5-0ubuntu0.20.04.1)
-- Dumped by pg_dump version 12.5 (Ubuntu 12.5-0ubuntu0.20.04.1)

SET statement_timeout = 0;
SET lock_timeout = 0;
SET idle_in_transaction_session_timeout = 0;
SET client_encoding = 'UTF8';
SET standard_conforming_strings = on;
SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false);
SET check_function_bodies = false;
SET xmloption = content;
SET client_min_messages = warning;
SET row_security = off;

SET default_tablespace = '';

SET default_table_access_method = heap;

--
-- Name: devices; Type: TABLE; Schema: public; Owner: postgres
--

CREATE TABLE public.devices (
  sensor_id character varying NOT NULL,
  ip character varying
);

```

```
ALTER TABLE public.devices OWNER TO postgres;

--
-- Name: readings; Type: TABLE; Schema: public; Owner: postgres
--

CREATE TABLE public.readings (
  reading_id integer NOT NULL,
  sensor_id character varying,
  dix real,
  "time" character varying
);

ALTER TABLE public.readings OWNER TO postgres;

--
-- Name: readings_reading_id_seq; Type: SEQUENCE; Schema: public; Owner: postgres
--

CREATE SEQUENCE public.readings_reading_id_seq
  AS integer
  START WITH 1
  INCREMENT BY 1
  NO MINVALUE
  NO MAXVALUE
  CACHE 1;

ALTER TABLE public.readings_reading_id_seq OWNER TO postgres;

--
-- Name: readings_reading_id_seq; Type: SEQUENCE OWNED BY; Schema: public;
Owner: postgres
--

ALTER SEQUENCE public.readings_reading_id_seq OWNED BY
public.readings.reading_id;

--
-- Name: readings reading_id; Type: DEFAULT; Schema: public; Owner: postgres
--
```

```
ALTER TABLE ONLY public.readings ALTER COLUMN reading_id SET
DEFAULT nextval('public.readings_reading_id_seq'::regclass);
```

```
--
-- Data for Name: devices; Type: TABLE DATA; Schema: public; Owner: postgres
--
```

```
COPY public.devices (sensor_id, ip) FROM stdin;
```

```
1      192.168.1.1
2      192.162.1.1
3      192.162.1.2
4      192.162.1.15
6      192.268.1.1
5      192.268.1.2
8      192.268.1.5
9      192.268.1.6
12     192.268.1.12
7      192.268.1.51
```

```
\\.
```

```
--
-- Data for Name: readings; Type: TABLE DATA; Schema: public; Owner: postgres
--
```

```
COPY public.readings (reading_id, sensor_id, dix, "time") FROM stdin;
```

```
1      1      25.6  11:10:6 01/01/2021
2      1      25.6  11:15:6 01/01/2021
3      1      25.6  11:20:6 01/01/2021
4      1      25.6  11:10:6 01/01/2021
5      1      25.6  11:15:6 01/01/2021
6      1      25.6  11:20:6 01/01/2021
7      1      25.6  11:10:6 01/01/2021
8      1      25.6  11:15:6 01/01/2021
9      1      25.6  11:20:6 01/01/2021
10     2      30    1:12:6 01/30/2021
```

```
\\.
```

```
--
-- Name: readings_reading_id_seq; Type: SEQUENCE SET; Schema: public; Owner:
postgres
--
```

```

SELECT pg_catalog.setval('public.readings_reading_id_seq', 10, true);

--
-- Name: devices devices_pkey; Type: CONSTRAINT; Schema: public; Owner: postgres
--

ALTER TABLE ONLY public.devices
  ADD CONSTRAINT devices_pkey PRIMARY KEY (sensor_id);

--
-- Name: readings readings_pkey; Type: CONSTRAINT; Schema: public; Owner:
postgres
--

ALTER TABLE ONLY public.readings
  ADD CONSTRAINT readings_pkey PRIMARY KEY (reading_id);

--
-- Name: readings fk_device; Type: FK CONSTRAINT; Schema: public; Owner:
postgres
--

ALTER TABLE ONLY public.readings
  ADD CONSTRAINT fk_device FOREIGN KEY (sensor_id) REFERENCES
public.devices(sensor_id);

--
-- PostgreSQL database dump complete

```

Código API

```

from flask import Flask, jsonify, request
from flask_cors import CORS
import pg8000
from datetime import date

db = pg8000.connect(database='lecturas_rios', user='postgres', password='12345',
host='db', port='5432')
app = Flask(__name__)

```

```
CORS(app)
```

```

@app.route('/add_device', methods = ['POST'])
def add_device():
    if request.method == 'POST':
        cursor = db.cursor()
        cursor.execute('savepoint roll_device')
        try:
            data = request.get_json(silent=True)
            sensor_id = data['sensor_id']
            ip = data['device_ip']

            query = "INSERT INTO devices (sensor_id, ip) VALUES ('{}',
'{}');".format(sensor_id, ip)

            db.run(query)
            db.commit()
            return 'Device succesfully added'
        except:
            cursor.execute('rollback to savepoint roll_device')
    else:
        return 'Method not supported'

@app.route('/recieve_readings', methods = ['POST'])
def recieve_readings():
    if request.method == 'POST':
        cursor = db.cursor()
        cursor.execute('savepoint roll_device_reading')
        try:
            print("HERE IS THE REQUEST: ", request.args)
            data = request.args
            print("DATA: ", data)
            time = str(request.args.get('fecha'))
            dix = str(request.args.get('dato'))
            sensor_id = str(request.args.get('idsensor'))
            db.run("INSERT INTO readings (sensor_id, dix, time) VALUES ('{}', '{}',
'{}')".format(sensor_id,dix,time))
            db.commit()
            return 'Data succesfully inserted into the database'
        except:
            cursor.execute('rollback to savepoint roll_device_reading')
    return 'None'

```

```

@app.route('/show_readings', methods = ['GET'])
def show_readings():
    print(request.args)
    quantity = 15
    try:
        cursor = db.cursor()
        cursor.execute('savepoint roll_device_reading_2')
        if 'sensor_id' in request.args.keys():
            sensor_id = request.args.get("sensor_id")
            if str(request.args.get("quantity")) != "":
                quantity = request.args.get("quantity")
            if 'time' in request.args.keys():
                time = request.args.get("time")
                if time == "":
                    today = date.today()
                    time = today.strftime("%Y/%m/%d")
                return jsonify(db.run("SELECT * FROM readings WHERE sensor_id = '{}'
AND time::text LIKE '%{}%' ORDER BY time DESC LIMIT '{}'"
.format(str(sensor_id),
str(time), str(quantity))))
            else:
                today = date.today()
                time = today.strftime("%Y/%m/%d")
                return jsonify(db.run("SELECT * FROM readings WHERE sensor_id = '{}'
ORDER BY time DESC LIMIT '{}'"
.format(str(sensor_id), str(quantity))))
        else:
            if str(request.args.get("quantity")) != "":
                quantity = request.args.get("quantity")
            return jsonify(db.run("SELECT * FROM readings ORDER BY time DESC
LIMIT '{}'"
.format(str(quantity))))
    except:
        cursor.execute('rollback to savepoint roll_device_reading_2')
        return "

if __name__ == '__main__':

```

Presupuesto

En la siguiente Tabla, se encuentra resumido el presupuesto que fue utilizado en la culminación de este proyecto.

Articulo	Unidades	Precio	Total
Cargador 5 voltios 2.5 amperios	1	\$ 14.500	\$ 14.500
Protoboard	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Fuete de alimentación	1	\$ 273.000	\$ 273.000
Implementación electrónica	1	\$ 90.000	\$ 90.000
Micro SD 16 gb.	1	\$ 16.500	\$ 16.500
Controlador 10A	1	\$ 59.624	\$ 59.624
Batería AGM 12V 7A	1	\$ 63.330	\$ 63.330
Panel Policristalino 50w	1	\$ 157.283	\$ 157.283
Sensor ultrasonido hc-sr04	1	\$ 21.000	\$ 21.000
Fuente Variable Lm2596	1	\$ 24.000	\$ 24.000
Caja sensor	1	\$ 7.000	\$ 7.000
Raspberry pi 3 B+	1	\$ 180.000	\$ 180.000
Caja Raspberry	1	\$ 13.000	\$ 13.000
Ventilador Raspberry	1	\$ 11.000	\$ 11.000
Modulo Reloj Raspberry	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Caja Eléctrica 12x12x4	1	\$ 38.000	\$ 38.000
Caja Eléctrica 15x15x6	1	\$ 60.000	\$ 60.000

Adecuaciones en la Caja Eléctrica	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Modem TP-Link TL-SF1005D	1	\$ 55.000	\$ 55.000
Breaker	2	\$ 12.500	\$ 25.000
Toma corriente y Caja	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Relé industrial 6v DC 10a 8pines Ly2nj Dpd Jqx -13f	1	\$ 32.000	\$ 32.000
Relé industrial 12v DC 10a 8pines Ly2nj Dpd Jqx -13f	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Tubería para electricidad	1	\$ 12.500	\$ 12.500
Mesa soporte	1	\$ 90.000	\$ 90.000
Monitor 24T35F IPS	1	\$ 500.000	\$ 500.000
Computador Portátil	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Viáticos	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Total			\$ 4.152.737

Nota: No incluye precios de mano de obra ni incluye precios de herramientas (destornilladores, alicates, taladros, etc).