

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**Implementación de un sistema de alerta temprana como soporte a la
prevención, atención de incidentes y ejecución de planes de
contingencia frente a desbordes en departamento de Lambayeque:
caso río La Leche**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Jesus Humberto Yovera Puican

ASESOR

Oscar Alex Serquen Yparraguirre

<https://orcid.org/0000-0001-9968-493X>

Chiclayo, 2023

**Implementación de un sistema de alerta temprana como soporte a
laprevención, atención de incidentes y ejecución de planes de
contingencia frente a desbordes en departamento de
Lambayeque: caso río La Leche**

PRESENTADA POR:

Jesus Humberto Yovera Puican

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR:

Luis Augusto Zuñe Bispo
PRESIDENTE

Gregorio Manuel León Tenorio
SECRETARIO

Oscar Alex Serquen Yparraguirre
VOCAL

Dedicatoria

A mi padre, a ti, exclusivamente a ti, tú que merecías estar presente en estemomento, tú que anhelabas que esto fuera posible.

A mi madre y mis hermanas por su esfuerzo y apoyo, mucho de los logros se los debo a ellas entre lo que se incluye este.

A mi esposa e hija, su ayuda ha sido muy importante para mí, este proyecto noha sido fácil, pero estuvieron motivándome y apoyándome hasta donde sus alcances lo permitían.

Agradecimientos

A mi asesor de tesis Oscar Serquen Yparraguirre e Ing. Luis Zuñe Bispo porbrindarme su ayuda y conocimientos durante la presente investigación.

Al personal de Defensa Civil Y pobladores del distrito de Pacora por brindarme lainformación necesaria para la elaboración de este proyecto y a los pobladores de dicho distrito por ayudarme a comprender su problemática y por su estadía.

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

srtecnicos.com

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.ucm.edu.co

Fuente de Internet

1%

7

view.genial.ly

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Católica Santo
Toribio de Mogrovejo

1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	14
Resultados y discusión	16
Conclusiones	32
Recomendaciones	33
Referencias	34
Anexos	36

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un sistema de alerta temprana como soporte a la prevención, atención de incidentes y ejecución de planes de contingencia frente a desbordes en departamento de Lambayeque: caso río La Leche. Este tema se propuso debido a los grandes problemas que tiene la población aledaña al río La Leche cuando sucede un desborde, se pierden cultivos, ganado, vida, infraestructura, negocios, etc. Para llevar a cabo la solución, se plantearon 4 objetivos específicos, estos son: Desarrollar un prototipo de hardware para el sistema de alerta temprana frente a desbordes, establecer el algoritmo para el prototipo de hardware de alerta temprana, desarrollar el algoritmo inteligente de aprendizaje para la predicción de desbordes y validar el sistema de alerta temprana bajo los principios establecidos en la ley Sinagerd. Además, se utilizó la metodología tipo Scada para el desarrollo de la solución. Los resultados obtenidos por esta solución lograron satisfacer las necesidades de los pobladores, logrando así que más del 90% de ellos evacuen a tiempo y ejecuten los planes de contingencia conociendo sus zonas seguras y estar alertados siempre.

Palabras claves: Sistema de alerta temprana, desborde de río

Abstract

The objective of this research work is to carry out an early warning system to support prevention, incident attention and execution of contingency plans against overflows in the department of Lambayeque: La Leche River case. This issue is due to the great problems that the population surrounding the La Leche river has when an overflow occurs, crops, livestock, life, infrastructure, businesses, etc. are lost. To carry out the solution, 4 specific objectives were set, these are: Develop a hardware prototype for the early warning system against overflows, establish the algorithm for the early warning hardware prototype, develop the intelligent learning algorithm for the prediction of overflows and validate the early warning system under the principles established in the Sinagerd law. In addition, the Scada type methodology was obtained for the development of the solution. The results obtained by this solution managed to satisfy the needs of the inhabitants, thus achieving that more than 90% of them evacuate on time and execute contingency plans knowing their safe zones and always being alert.

Keywords: Early warning system, river overflow

Introducción

Un sistema de alerta temprana es un conjunto integral de procedimientos para recopilar información sobre fenómenos naturales predecibles para advertir a la gente sobre posibles desastres naturales, mejorar la preparación y reducir las pérdidas y los impactos sociales, esto ayuda a reducir la ocurrencia de desastres, la vulnerabilidad de la población [1].

A nivel nacional, las inundaciones de los ríos ocurren en verano, de enero a mayo, y son provocadas por el cambio climático y las precipitaciones en la región de los Andes. Las zonas afectadas (Tumbes, Piura y Lambayeque) y toda la región de Amazonas debido a las intensas lluvias con grandes inundaciones anuales y cambios en el caudal de los ríos (las más afectadas son la región amazónica, Loreto y Ucayali). Las zonas montañosas siguen viéndose afectadas por estos fenómenos. Por ejemplo, las faldas del Titicaca sufren inundaciones debido al desbordamiento de las aguas de los ríos Coata y Ramis [2].

A nivel del departamento de Lambayeque, las lluvias es una de las principales razones para el desborde de los ríos. El río La Leche aumentó su caudal provocando un desborde el 22 de abril del 2021 [3]. Este hecho afectó tanto al departamento de Piura como de Lambayeque. Este desbordamiento afectó principalmente al distrito de Morrope en Lambayeque, Este fue el segundo desbordamiento dado en ese año.

Otro de los desbordes ocurridos en el río La Leche fue el que sucedió el 09 de Marzo del 2023, el cual afectó aproximadamente a 250 familias ubicadas en el distrito de Morrope [4]. Dicha fuente indicó que 750 aproximadamente pobladores de los centros poblados de La Colorada y San Jorge estuvieron incomunicados. Aunque no hubo efectos graves este hecho también tuvo influencia en otros distritos como Zaña, cuyo río con su mismo nombre colapsó aislando a 3000 habitantes. Similarmente se encontraron el río Seco en Oyotún y el río Chancay, donde este último estuvo a punto de sufrir una inundación que comprendía un riesgo para 1500 familias de los sectores Taymito, Las Torres, Valencia y La Polita.

En el 2017 ocurrió un acontecimiento denominado el Fenómeno del niño, el cual provocó un desbordamiento del río La Leche. Este hecho provocó el aislamiento de 100 guardaparques del Santuario Histórico Bosque de Pómac, asimismo, se dañó el cultivo y casas de los pobladores que residían cerca como los de las zonas de La Curva, La Huaca Partida, Poma III y Ojo de Toro [5].

Ante este problema, es importante formularnos la siguiente pregunta ¿De qué manera la implementación de un sistema de alerta temprana apoyará en la prevención, atención de incidentes y ejecución de planes de contingencia frente a desbordes en el río La Leche? Para responder esta problemática, se definió como objetivo general: Implementar un sistema de alerta temprana como soporte a la prevención, atención de incidentes y ejecución de planes de contingencia frente a desbordes en departamento de Lambayeque: caso río La Leche.

Se plantearon como objetivos específicos: El desarrollo de un prototipo de hardware para el sistema de alerta temprana frente a desbordes, establecer el algoritmo para el prototipo de hardware de alerta temprana, desarrollar el algoritmo inteligente de aprendizaje para la predicción de desbordes y validar el sistema de alerta temprana bajo los principios establecidos en la ley Sinagerd.

En el aspecto social, tiene un fin benéfico con la población aledaña al río La Leche, ya que con la implementación se tomarán medidas de manera oportuna, gracias a la comunicación que se dará entre el organismo de control y la población. Además, de promover la participación ciudadana. Se justifica en el ámbito tecnológico por ser innovadora por el uso y aplicación, la cual la tecnología será de mucha ayuda a la población para conocer sus zonas vulnerables y de riesgo ante desbordes, para la prevención y los planes de contingencia.

Revisión de literatura

Antecedente #1: Palacio [6] En este artículo científico *“Retos y experiencias en el enfrentamiento a eventos extremos provocados por el cambio climático. Estudio de caso: Sistemas comunitarios de alerta temprana como medidas de adaptación a los peligros de inundaciones en la cuenca del río Bogotá, Colombia”*, el cual tuvo como principal objetivo “Discutir la importancia de implementar SAT comunitarios en la cuenca del río Bogotá como medida de adaptación en respuesta a un potencial aumento de peligros de inundaciones debido al comportamiento no estacionario de los procesos meteorológicos e hidrológicos debido al cambio climático, para ello se hizo uso de una metodología cualitativa, en la cual se recurrió a analizar documentación respectiva, teniendo un nivel descriptivo.

Se consideró este artículo ya que el SAT que se llegó a proponer para el caso de estudio considerado, brindó diversos beneficios directamente para la sociedad, la cual se encuentra aledaña a la localidad considerada como caso de estudio.

Antecedente #2: Nogra [7] La tesis *“Un sistema de alerta de inundaciones apunta a la parroquia Andrade Marín, propiedad del cantón Antonio Ante, a través de la red de sensores inalámbricos LPWAN”* en donde se tuvo como principal objetivo “Prototipo de alerta temprana de sensor inalámbrico, utiliza la red inalámbrica LPWAN utilizando el módulo LORA y previene inundaciones monitoreando el nivel del agua y las precipitaciones, para lo cual, se hizo uso de una metodología de carácter aplicada, pues se pretendió considerar las normas que rigen la realización de un proyecto.

Se consideró esta tesis ya que las variables que determinan el indicio de una posible inundación son efectivas, siendo estas la cantidad de lluvia y la obstrucción o saturación del agua en canales que se enfocan en el riesgo del cantón considerado como caso de estudio, para lo cual, se hizo uso de una metodología de tipo aplicada, a pesar de ello, se realizó bajo un diseño no experimental, habiendo considerado a un total de 50 personas, para lo cual, se optó en hacer uso de una ficha técnica para la recolección de información. Esto permitió concluir que, el sistema de alerta temprana permitió anticipar y comunicar a los ciudadanos aledaños al caso de estudio respecto al padecimiento de un desastre natural, siendo las más principales las lluvias.

Bases teórico científicas

Sistema de alerta temprana

Los SAT son un tipo de acción de adaptación climática que utiliza sistemas integrados de alerta temprana para advertir y brindar ayuda a las personas a estar preparados para los peligros relacionados con el clima. Los sistemas de alerta temprana diseñados adecuadamente pueden ayudar a proteger vidas, tierras, ganado, empleos e infraestructura [9].

Plan de contingencia

Es un plan preventivo, predictivo y reactivo que proporciona una estrategia y estructura operativa que ayuda a controlar las emergencias y minimizar sus consecuencias negativas. [10]. Es una herramienta de gestión que llega a todas las partes de la organización y ayuda a garantizar que la ayuda humanitaria se entregue de forma rápida y eficiente a quienes más la necesitan. El proceso de planificación de emergencias se puede dividir en tres preguntas sencillas: ¿Qué está pasando? ¿Qué estamos haciendo al respecto? ¿Qué podemos hacer para prepararnos con antelación? [11]

Sistema Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar para construir proyectos electrónicos. Arduino actúa como una interfaz entre computadoras u otros dispositivos, realizando tareas específicas y traduciendo tareas del mundo físico en acciones. Mediante el uso de sensores conectados a cualquier controlador, podemos hacer que el sistema realice determinadas acciones. [12].

Firestore Realtime Database

Es una base de datos NoSQL que se aloja en la nube, nos permite almacenar y sincronizar datos instantáneamente entre usuarios. La sincronización instantánea ofrece a los usuarios un fácil acceso a los datos desde cualquier dispositivo (en línea o móvil) y les ayuda a trabajar juntos [13].

Android

Es un sistema operativo diseñado originalmente para teléfonos móviles, lo que lo diferencia de otros sistemas operativos es que está basado en Linux, un sistema multiplataforma, abierto y gratuito [14].

Scada

Los sistemas Scada permiten la recopilación de datos mediante hardware y software para proporcionar monitoreo, recopilación y procesamiento de datos en tiempo real. Es una herramienta de automatización de procesos de fabricación que se puede controlar, monitorear, recopilar, analizar e informar mediante aplicaciones informáticas. Su función principal es evaluar los datos para corregir posibles errores [16].

¿Para qué sirve un sistema Scada? [17]

- Controla los procesos de forma local o remota.
- Supervisa, recopila y procesa datos al instante.
- Interactúa directamente con sensores, válvulas y más.
- Crea muchos paneles de advertencia para fallas de equipos o procesos debido a problemas operativos..
- Gestiona el mantenimiento según la amplitud obtenida..
- Control de calidad mediante los datos recogidos.

¿Cómo funciona un Sistema Scada?

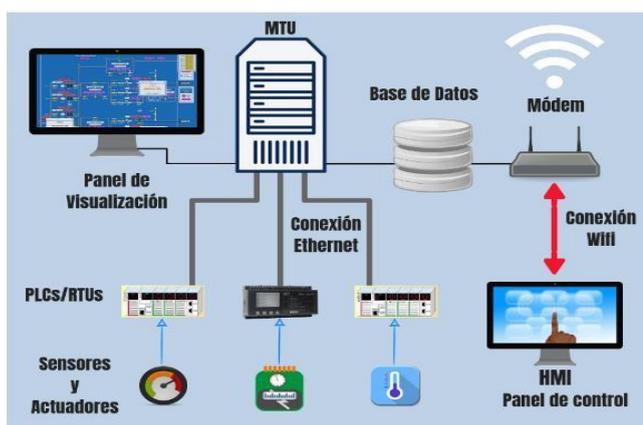


Figura 1 Diagrama Básico

La arquitectura básica del sistema Scada consta de un controlador lógico programable (PLC) o una unidad terminal remota (RTU), los cuales son microprocesadores que se comunican con varios instrumentos, como sensores y dispositivos finales. Luego utilizaron el software Scada para enviar información sobre estos objetos a una computadora. Procesa, distribuye y muestra datos y ayuda a los operadores y técnicos de mantenimiento a analizar datos y tomar decisiones importantes. [18].

Ley de Sinagerd

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres es un sistema funcional establecido mediante la Ley 29664 como un sistema mutuamente organizado, colaborativo, descentralizado, transversal y participativo que tiene como objetivo identificar y reducir peligros o reducir riesgos. Evite los riesgos emergentes y esté preparado y consciente de las situaciones de desastre mediante el desarrollo de principios, directrices de políticas, componentes, procesos y herramientas de gestión del riesgo de desastres [19].

Algoritmo – Ecuación de tendencia lineal

$$\hat{y} = b_0 + b_1 t$$

$$b_1 = \frac{\sum tY_t - \frac{(\sum t)(\sum Y_t)}{n}}{\sum t_i^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}} \quad b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{t}$$

La ecuación de tendencia lineal es una expresión matemática que representa una relación lineal entre dos variables, generalmente denotadas como “x” e “y”. Esta ecuación se utiliza para describir y predecir el comportamiento de una variable en función de la otra, asumiendo una relación lineal entre ellas

Materiales y métodos

Tipo de investigación

La investigación será de tipo cuantitativa, pues se trabajará con valores cuantificables para la recolección de información acerca de los tiempos estimados de respuesta de la muestra durante la evacuación frente a desbordamientos, atención de incidencias, ejecución de planes de contingencia y otros datos como el reporte del sistema de alerta temprana, de la tecnología Arduino y de los sensores.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, en la siguiente tabla

TABLA II
 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	Guia de entrevista y preguntas abiertas	Jefe de Defensa Civil del distrito de Pacora	Conocer la realidad problemática
Entrevista	Guia de entrevista	Jefe se Casería “Las Juntas”	Recolección de información de los pobladores aledaños al río la Leche

(ver anexo N° 01)

Fuente: elaboración propia

Procedimientos

Metodología de desarrollo

Se utilizó la Metodología para desarrollar Sistemas tipo SCADA, donde se trataron cinco elementos:

Iteración #1: Investigación preliminar

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Documentación del proyecto
- ✓ Características principales del sistema operativo donde se ejecutará el sistema.
- ✓ Características de administradores de base de datos
- ✓ Características de metodología de desarrollo
- ✓ Características de los lenguajes de programación

Iteración #2: Determinación de requisitos y requerimientos

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Entender el problema
- ✓ Entender el dominio
- ✓ Entender el modelo de negocio

Iteración #3: Proceso de desarrollo

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Desarrollo de software
- ✓ Desarrollo del hardware

Iteración #4: Implementación y evaluación

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Comprobar la conectividad del Arduino con el sistema de alerta temprana
- ✓ Comprobar la comunicación de forma bidireccional
- ✓ Realizar pruebas generales del Arduino con el sistema de alerta temprana.
- ✓ Realizar pruebas y tipos de fallas
- ✓ Documentar reportando todas las pruebas que fueron realizadas
- ✓ Documentación de cualquier defecto o error de software.

Resultados y discusión

En base a la metodología utilizada

Iteración #1: Investigación preliminar

Documentación del proyecto en general para conocer las necesidades reales de este

Para conocer la realidad de la empresa y obtener datos de ella con la finalidad de realizar el proyecto, se aplicaron entrevistas al personal de defensa civil, al jefe de los caseríos aledaños al río la Leche, a fin de evaluar los procedimientos de emisiones de alertas, la evacuación de zonas seguras y la búsqueda de personas que se encuentren en estado de desaparecidas. Asimismo, se realizó un análisis evaluando los tiempos estimados en la evacuación ante los desbordamientos, mapeos de zonas detectadas como vulnerables y seguras y el procedimiento de la búsqueda de personas registradas como desaparecidas. A partir de los datos antes mencionados, se pudo conocer que cuando el nivel de agua se encuentra en un alto nivel, el encargado procede a hacer de conocimiento a la población; sin embargo, no llegan a alertar a todos para que procedan a realizar su evacuación lo que origina el desborde del río.

Característica de la metodología de desarrollo

Metodología para Desarrollar Sistemas tipo SCADA

La metodología tipo SCADA es ideal para el desarrollo de sistemas automatizados. Sus fases son:

Elemento Básico 1: Investigación preliminar

Elemento Básico 2: Evaluación de los requisitos y requerimientos

Elemento Básico 3: Fase de desarrollo

Elemento Básico 4: Implementación y evaluación

Características de los modelos de desarrollo

Metodología para Desarrollar Sistemas tipo SCADA

La metodología tipo SCADA es ideal para el desarrollo de sistemas automatizados.

Sus fases son:

Elemento Básico 1: Investigación preliminar

Elemento Básico 2: Evaluación de los requisitos y requerimientos

Elemento Básico 3: Fase de desarrollo

Elemento Básico 4: Implementación y evaluación

SCADA

SCADA es aquel software que va a permitir controlar y supervisar procesos en tiempo real desde un ordenador a distancia, asimismo establece comunicación entre los diversos dispositivos instalados. Las ventajas de SCADA son las siguientes:

- Los datos pueden mostrarse al usuario de manera gráfica
- Permite la ejecución automatizada en los procesos.
- Permite la comunicación de datos en tiempo real.

Características de los Lenguajes de Programación

- **App Inventor – JAVA**

El entorno de desarrollo de software se basa en ideas compartidas por los equipos educativos del MIT y Google para desarrollar aplicaciones para el sistema operativo Android, está basado en una solución Java.

Características de los controladores existentes en el mercado Arduino

Es una plataforma de hardware libre basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo de software, y de fácil uso en entornos relacionados con la electrónica. Sus ventajas son las siguientes:

1. Simplifica el trabajo con microcontroladores
2. Su precio es accesible en cuanto a hardware
3. El software es compatible en los Sistemas Operativos
4. Linux, Windows y Macintosh OSX
5. Es de código abierto, simple y directo

Iteración #2: Determinación de los requisitos y requerimientos

- **Comprender el problema**

Los terrenos de cultivo y ganadería están ubicados en la ribera de los ríos La Leche y Motupe, encontramos también una depredación de barreras en el entorno de los ríos, lo cual provoca mayores erosiones laterales, una alta colmatación del río La Leche y el río Motupe. No existe organización ni participación comunitaria referida a la gestión de Riesgo de Desastres (cultura de prevención), la cual esta situación limita los recursos humanos ante una emergencia, existe una baja integración entre las organizaciones e instituciones locales.

- **Comprender el dominio**

Para poder plantear los problemas existentes, ha sido necesario evaluar todo el proceso que se realiza ante inundaciones por lluvias y desborde del río: **Nivel 1 (color verde) - Situación normal:**

Ligera a moderadamente lluviosa, nivel del río normal, sin caudal de origen pluvial.

Nivel 2 (color amarillo)- Condición de aviso:

Lluvia fuerte con presencia de vientos, truenos y relámpagos de poca duración, caudal bajo en río la Leche proveniente de las lluvias en la serranía lambayecana, río Motupe inactivo, tramo pacora.

Nivel 3 (color naranja) - Condiciones críticas:

Lluvias intensas con vientos fuertes, truenos y relámpagos de duración prolongada, el caudal de río la Leche aumentó con probabilidad de desborde en los puntos críticos (zonas bajas de la ribera) , tramo del río Motupe activado por desfogue de aguas.

Nivel 4 (color rojo) - Impacto o desastre:

Fenómenos meteorológicos intensos y anómalos, lluvias severas y prolongadas, desborde del río la Leche y Motupe, caudal de los ríos que sobrepasan la capacidad de las defensas ribereñas naturales.

● Comprender el modelo de negocio

Para comprender el modelo de negocio se hizo una revisión al plan de contingencia distrital.

En el nivel 2:

- Notificación y preparación del equipo de primera respuesta: Plataforma de Defensa Civil, Grupo de Trabajo, Comité Comunitario y Brigadistas Voluntarios. Activación del Centro de Operaciones de Emergencia Distrital (COED).
- Aviso a la población, MENSAJE DE ALERTA, haciendo uso de los medios de difusión: redes sociales y radio local. Los caseríos Santa Isabel, Las Juntas y Señor de Luren, se hace uso del SAT, mediante altoparlantes.
- Se identifican recursos disponibles, se repasan las rutas de evacuación y confirmación de las zonas seguras.
- Se preparan los centros de refugio y albergues temporales, dotándolos con los recursos disponibles (BAH).

En el nivel 3:

- COED, recepciona y verifica información local sobre las incidencias y emergencias suscitadas en el distrito (zona rural y urbana). En tiempo real, el secretario técnico, trasmite la información al COER Lambayeque e INDECI Lambayeque.

Ante los problemas presentados anteriormente, se han formulado los siguientes requerimientos:

Requerimientos funcionales

Requerimientos funcionales de la aplicación móvil para el poblador

- Gestionar incidencias y/o emergencias
- Agregar incidencias y/o emergencias
- Listar incidencias y/o emergencias
- Iniciar sesión
- Cerrar sesión
- Visualización de Información Hidrometeorológica.
- Alerta temprana frente a desbordes
- Visualización de rutas de evacuación.
- Visualización de zonas seguras.
- Visualización de zonas de riesgo.
- Visualización de planes de contingencia

Requerimientos funcionales de la aplicación móvil para el administrador

➤ Gestionar incidencias

- Listar incidencias y/o emergencias
- Reportar incidencias
- Iniciar sesión
- Cerrar sesión
- Visualización de Predicción de desbordes.
- Visualización de planes de contingencia

Requerimientos no funcionales

Requerimientos no funcionales de la aplicación móvil para el poblador

- IDE para el desarrollo: App
- Lenguaje de programación:
- Programación en bloques, C++
- Plataforma móvil: Firebase
- Base de datos: Realtime Database Edition y Toad Data Modeler Freeware
- Servidor de aplicaciones: Google maps
- Android 6 o superior

Requerimientos no funcionales de la aplicación móvil para el administrador

- IDE para el desarrollo: App
- Lenguaje de programación:
- Programación en bloques, C++
- Plataforma móvil: Firebase
- Base de datos: Realtime Database
- Servidor de aplicaciones: Google maps
- Android 6 o superior

Requerimientos no funcionales para tablero de control de la administración técnica

- Lenguaje de programación: C++
- Wifi módulo ESP32
- IDE para el desarrollo: Arduino IDE
- Tablero de control
- 4 focos led
- Bocina: Sonido de alerta
- Sensor de Ultrasonido: Nivel del rio
- Sensor de Temperatura, Humedad y Presión Atmosférica.
- Memoria microSD
- GSM: Enviar mensajes de texto
- Fuente voltaje
- Módulo RTC DS3231: Dispositivo electrónico que permite obtener mediciones en tiempo real, fecha, segundos, minutos, horas, numero de día, día de semana, mes y año.

Iteración #3: Proceso de desarrollo

Eje 1: Desarrollo de software o Metodología de Desarrollo de SW

a) Lenguaje de Programación

El lenguaje de programación en el que se desarrolla el proyecto es JAVA Scheme.

b) Plataforma de desarrollo

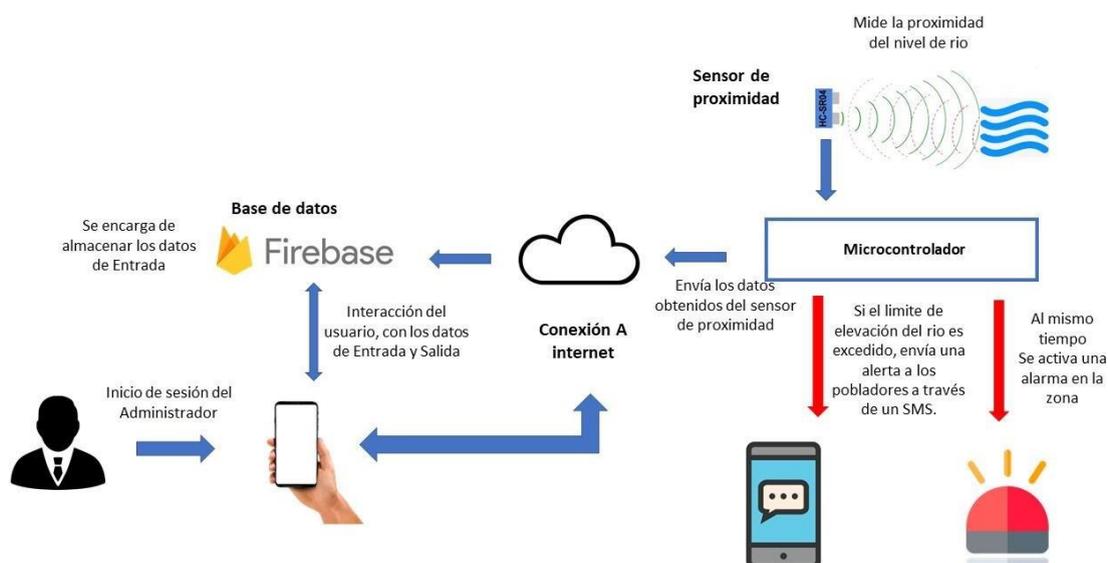
Para el Desarrollo del Software se hace uso de App Inventor.

c) Base de Datos

La base de datos en donde se almacena la información es Firebase Realtime Database.

d) Programación

Se realizó un diagrama de flujo para el desarrollo del proceso el cual se muestra a continuación:



Implementación, evaluación y pruebas

1. Generar un instalador del software, que desempaquete e instale el software completo en el nuevo equipo. Se generó un .apk lo que permite la ejecución de la aplicación móvil.

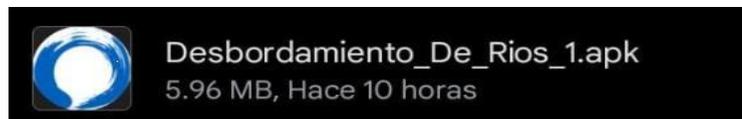


Fig 29. App Desbordamiento de Ríos

2. Probar la conectividad del equipo de control con el sistema

El software implementado se conecta con los componentes que obtienen los datos que en el presente caso es ARDUINO. Para comprobar el funcionamiento de este, es necesario la verificación del código.

```

RíoLaLesh2

if(cm>=10 && cm<5){
  Serial.print(cm);
  Serial.print("ADVERTENCIA-Río-Creciente-Tomen-Precauciones");
  //Serial.println(datestring);
  //Serial.print(" ");
  Serial.println();
  desb=1;
  //Serial.print(F("Humedad: "));
  Serial.print(h);
  Serial.print(F("% Temperatura: "));
  Serial.print(t);
  Serial.println(F("%C "));

  // Encendemos el indicador
  RGB_color(255,165,0,true); // Color Naranja

  //Apagamos los demás indicadores
  // RGB_color(255,0,0,false); // Color Rojo
  // RGB_color(0,255,0,false); // Indicador Color Verde
  // RGB_color(255,255,0,false); // Color Amarillo

  buzzer_off();

  // Enviamos los datos de distancia y Mensaje a Firebase
  //Firebase.setInt(fbdo,ruta- "/Distancia", cm);
  Firebase.setString(fbdo,ruta- "/Mensaje", "ADVERTENCIA-Río-Creciente-Tomen-Precauciones");
  //Firebase.setInt(fbdo,ruta2- "/Temperatura", t);

```

Fig 30. Verificación del código

Por último, se procede a ejecutar el código de Arduino para que los microcontroladores puedan realizar su función programada. De esta manera se comprueba la correcta conectividad de los equipos electrónicos con el software.



Fig 31. Conectividad de los controladores

3. **Probar la comunicación de forma bidireccional** Para la comunicación bidireccional se debe verificar la correcta comunicación de los controladores que se encuentran en un tablero de control hasta la aplicación móvil.



Fig 32. Tablero de control con los controladores

Después de verificar la comunicación de los controladores, se procede a revisar el código de ARDUINO para la obtención de los datos de los sensores.

```

Riolalche2 Arduino 1.8.19
Archivo Editor Programa Herramientas Ayuda

Riolalche2
Riolalche2.ino // se realiza el llamado de los datos de fecha y hora

char datestring[20];
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
// Lee la señal del sensor
int echoPin = D0;
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Convierte el tiempo en distancia
cm = (duration/2) / 29.1; // Divide entre 29.1 o multiplica por 0.0343
Serial.println(datestring);
Serial.println(" ");
Serial.println();
Serial.println("Humedad: ");

```

Fig 33. Verificación de código ARDUINO

Posterior a ello, se verifica que los datos se encuentren almacenando en Firebase Realtime Database.

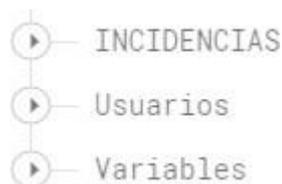


Fig 34. Verificación de almacenamiento en la Base de Datos

Por último, se verifica que los datos captados por los sensores y otros componentes electrónicos sean mostrados correctamente en la aplicación móvil.

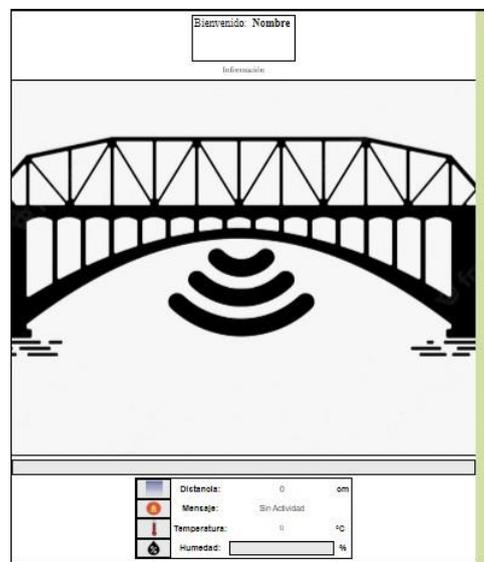


Fig 35. Verificación de obtención de datos en la aplicación móvil

4. Realizar pruebas generales de la funcionalidad del sistema con la maquinaria

Para las pruebas generales de la funcionalidad ha sido necesario la instalación de los componentes electrónicos y que estos se encuentren en un tablero de control.

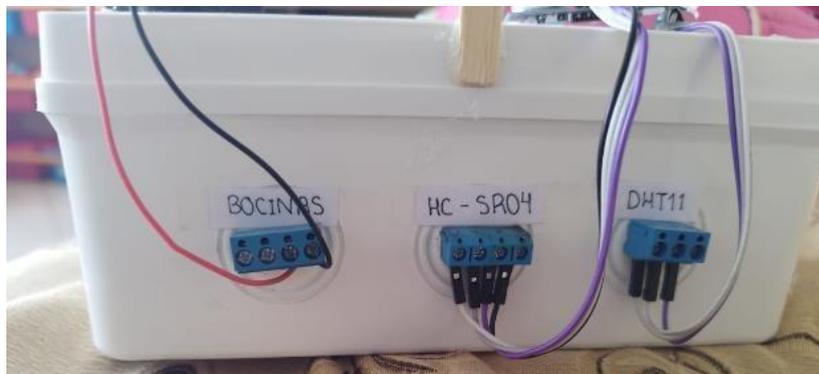


Fig 36. Instalación de componentes electrónicos

Después de ello se procedió a ejecutar el código en ARDUINO para verificar si los controladores están realizando su función correctamente

```

RiotLaLeche2
RtcDateTime dt = rtcObject.GetDateTime(); // se realiza el llamado de los datos de fecha y hora

char datestring[20];
sprintf_P(datestring, // almacena la cadena especificada
          countof(datestring),
          PSTR("%02u/%02u/%04u %02u:%02u:%02u"), //SE CONFIGURA FORMATO DE FECHA Y HORA
          dt.Month(),
          dt.Day(),
          dt.Year(),
          dt.Hour(),
          dt.Minute(),
          dt.Second());

// Emite un breve pulso BAJO antes para asegurar un pulso ALTO limpio:
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
// Lee la señal del sensor
pinMode(echoPin, INPUT);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Convierte el tiempo en distancia
cm = (duration/2) / 29.1; // Divide entre 29.1 o multiplica por 0.0343
Serial.print(datestring);
Serial.print(" ");
Serial.println();

Serial.print(F("Humedad: "));

```

Fig 37. Codificación en ARDUINO de los controladores para el funcionamiento del software

Finalmente, se revisó en la Base de Datos para verificar si la información recolectada por los sensores y controladores es almacenada en FirebaseRealtime Database.

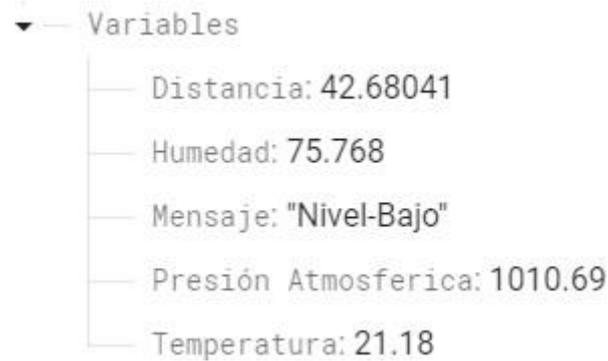


Fig 38. Datos en Firebase Realtime Database

5. Realizar prueba de los paros y los diversos tipos de fallas

Como primera prueba se realizó una revisión de las librerías a través del código del ARDUINO con la finalidad de asegurar un adecuado funcionamiento.

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
RioLaLeche2
#include <Wire.h> // incluye libreria para interfaz I2C
//SE AGREGA LIBRERIAS PARA RTC
#include <ThreeWire.h> //
#include <RtcDS1302.h>

#include "DHT.h"
#include <WiFi.h>
#include "FirebaseESP32.h" // Libreria para conexion Firebase

#include "FS.h"
#include "SD.h"
#include <SPI.h>
#define SD_CS 5
  
```

Fig 39. Librerías a través del código

Después de haber verificado las librerías a través del código, se realizó la verificación mediante la compilación del código con la finalidad de descartar errores o fallos; sin embargo, se obtuvo “librería inválida”

```

float cm;
Libreria inválida encontrada en C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\control_entradas: No encontrado archivos de encabezado (.h) en C:\Program
Libreria inválida encontrada en C:\Users\ACER - ASPIRE3\Documents\Arduino\libraries\Servo: No encontrado archivos de encabezado (.h) en C:\Users\ACER
  
```

Fig 40. Librería inválida

6. Documentación reportando todas las pruebas que fueron realizadas

○ Pruebas de instalación en otros dispositivos

Se realizó la respectiva instalación de la aplicación móvil a utilizar. Para ello se instaló aquel software que permite mostrar lo

que los componentes electrónicos han captado en su ejecución. Primero se descargó el .apk hacia el teléfono móvil, se desempaquetó y se procedió a INSTALAR la aplicación.

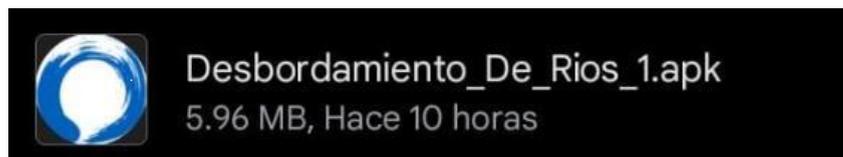
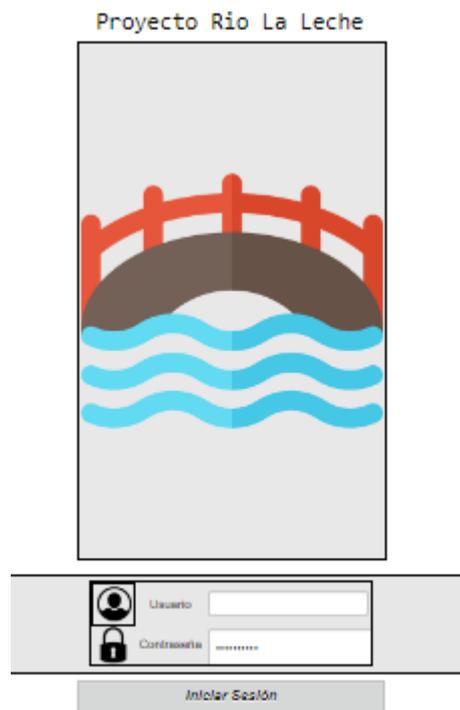


Fig 41. Aplicación móvil

○ **Pruebas de ejecución del Software** Después que se realizó la instalación de la aplicación “Desbordamiento de Ríos” en nuestros dispositivos, se procedió a ejecutar la aplicación con el fin de verificar si funciona de manera correcta.

Fig 42. Inicio de Sesión en nuevo dispositivo

Después de haber colocado el usuario y contraseña, se ingresó al menú principal para verificar



la no existencia de errores en la aplicación móvil llegando a constatar que funciona con normalidad. De esta manera, se llega a corroborar el correcto funcionamiento de la aplicación móvil.



Fig 43. Menú principal de la aplicación

○ **Pruebas de revisión en la Base de Datos**

Para verificar el correcto almacenamiento en la Base de Datos, se insertaron datos de prueba en la aplicación los cuales constan de un posible desborde y de una situación en estado normal.

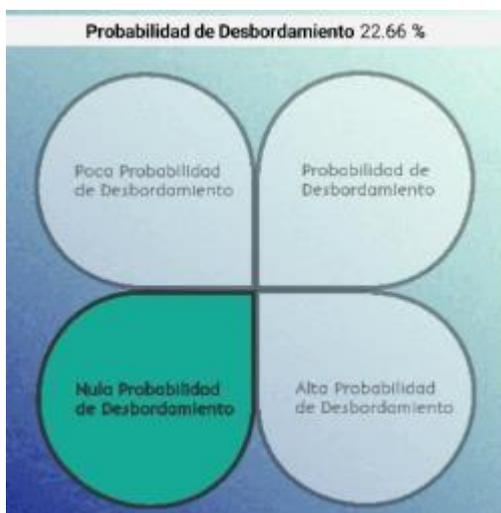


Fig 44. Caso ante una situación normal



Fig 45. Condición de aviso



Fig 46. Condición crítica

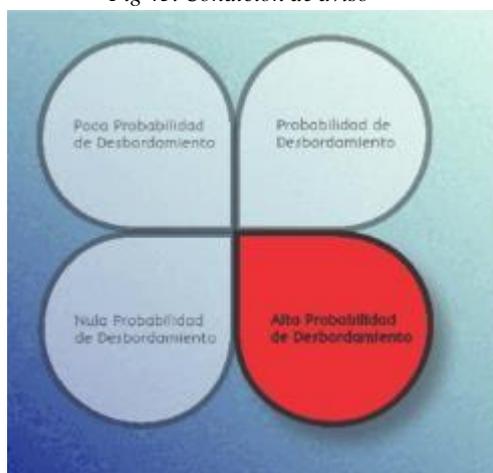


Fig 47. Condición de impacto

Finalmente se procede a corroborar en Firebase Realtime Database constatando el registro correcto de las variables de la aplicación móvil

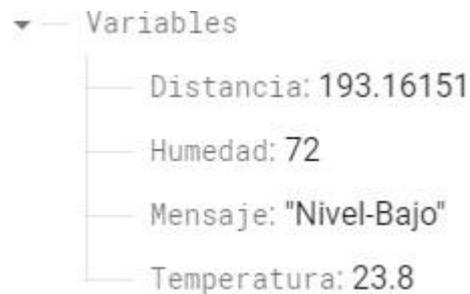


Fig 48. Variables registradas en la Base de Datos

7. Documentación de todos los fallos o errores, en el software que fueron detectados

Al realizar el proceso de descarga de la aplicación y de su instalación, se obtuvo como fallo la instalación dado que el dispositivo móvil que se estaba haciendo de uso, no permitía la instalación de otros archivos.

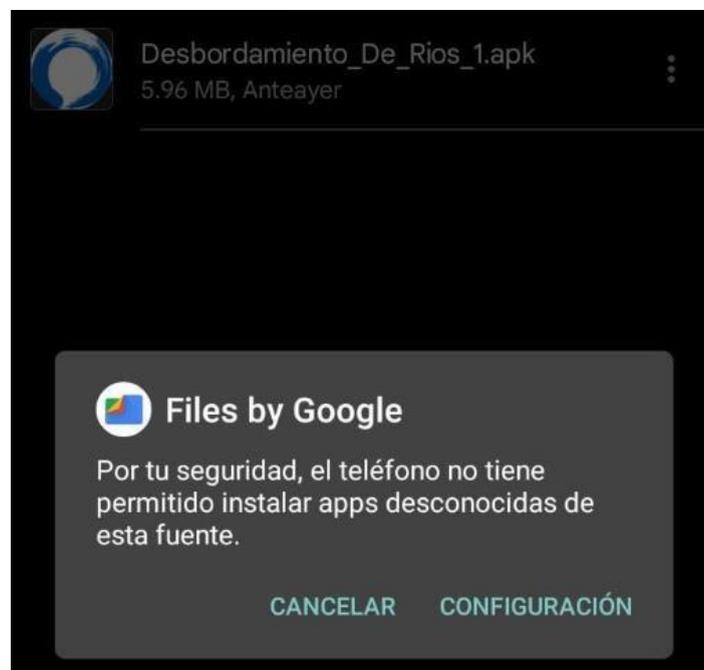


Fig 49. Fallo en la instalación de la aplicación móvil

8. Documentación de los correctivos realizados

Ante los fallos presentados tanto en el Software Arduino como en la instalación de la aplicación, se procedió a realizar los siguientes correctivos:

○ **Correctivo realizado 1**

Ante el primer fallo presentado en el Software Arduino, se procedió a instalar las librerías necesarias para el adecuado funcionamiento tanto de los componentes electrónicos recopilando datos como el software.

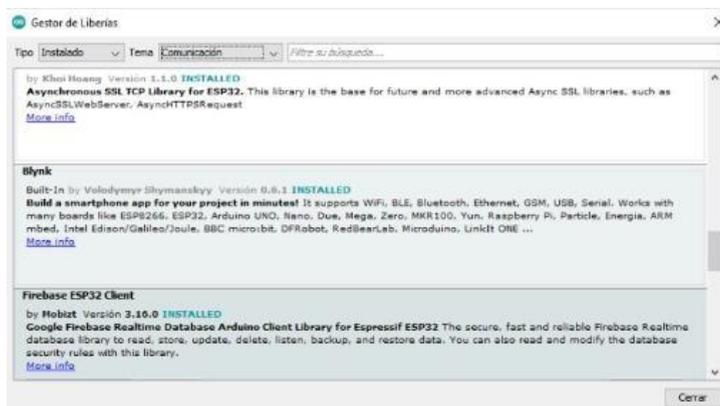


Fig 50. Librerías instaladas

○ **Correctivo realizado 2**

Para el segundo inconveniente se realizó como correctivo la autorización al equipo móvil de instalar archivos de fuentes externas con la finalidad de instalar la aplicación móvil realizada. Para ello se habilita la opción de “Confiar en esta fuente”.



Fig 51. Opción habilitada

Conclusiones

1. Uno de los aportes de este trabajo es el análisis preliminar de todos los valores que existen alrededor del río La Leche, el mismo que se necesita para el sistema de alerta y la predicción de desbordamiento, esto aporta y beneficia a la población y autoridades en lo referente a la atención de incidencias, al sistema de alerta temprana, a la predicción de desbordamiento y a un mejor monitoreo para ayudar a la población a estar siempre alertas ante un fenómeno de esa magnitud.
2. Implementación de un sistema de alerta temprana para apoyar la ejecución de los planes de prevención, respuesta a incidentes y respuesta a inundaciones en la provincia de Lambayeque, a través del cual el sistema SCADA proporciona los resultados esperados mostrando los valores necesarios para controlar estas variables, nivel de agua, nivel de temperatura, nivel de humedad, dando así una predicción exacta de desbordamiento.
3. La aplicación que se desarrolló en el presente trabajo ha sido validada a través de un prototipo en el cual se instalaron sensores y componentes para la validación del sistema de alerta temprana, este prototipo logró ayudar a la población a estar alerta y prevenidos ante un desborde del río La Leche.
4. Para establecer el algoritmo ideal para nuestro prototipo de hardware se tuvo que conocer las rutas de evacuación y zona segura gracias a la autoridad de defensa civil de esa zona, a los pobladores se tuvo que conocerlos para saber sus dificultades y este aplicativo cumple con las funciones necesarias para enviar mensajes de alerta a los que viven aledaño al río La Leche.
5. El algoritmo inteligente de aprendizaje toma como datos los niveles de agua, temperatura y humedad, y para el pronóstico utiliza una fórmula de tendencia lineal con esos datos obtenidos y se van guardando en nuestra data, luego de ello nuestro sistema de predicción sabrá cuando hay un posible desborde o cuando no lo hay.

6. La aplicación desarrollada en este trabajo ha sido probada con un prototipo en el que se instaló la aplicación correspondiente a nuestro sistema operativo y también se probó la aplicación según la ley de Sinagerd, para comprobarlo, todo se logra utilizando estos principios. Cuando se completó la implementación del sistema de alarma en el prototipo, se demostró su funcionamiento al jefe de la estación de defensa civil y al jefe de la aldea para su adecuada inspección y aprobación de acuerdo con las instrucciones de los documentos pertinentes. (*Anexo N°01*)

Recomendaciones

1. Se recomienda a las autoridades de dicha población que esta propuesta desarrollada en este proyecto no solo quede en prototipo sino sea llevado a un diseño de desarrollo industrial real ya que ayudará a mucha gente a estar preparada y alertada ante un suceso como lo es un desbordamiento de río.
2. Se recomienda a la persona del área de control y monitoreo que se haga simulacros una vez anual conjuntamente con el área de defensa civil para que la población tenga mayores conocimientos de sus áreas de evacuación y ejecución de planes de contingencia.
3. Se recomienda que Defensa Civil tenga el registro actualizado de cada persona que viva aledaño al río la Leche para que les pueda llegar los mensajes de alerta.
4. Cuando llueve o cuando hay crecida de río en la sierra de Lambayeque, el río la Leche tiene un cruce con el río Motupe haciendo que este río crezca mucho más rápido y el caudal haga que el desborde sea mucho más rápido, se recomienda a las autoridades hacer bloques de piedra para que el agua del río no rebalse de manera rápida para que los tiempos de respuesta de los pobladores sea más eficiente.

Referencias

- [1] *Sistemas de alerta temprana (SAT), valiosa herramienta para prevenir riesgos / Universidad de Lima.* (s.f.). Inicio | Universidad de Lima. <https://www.ulima.edu.pe/instituto-de-investigacion-cientifica/blogs/sistemas-de-alerta-temprana-sat>.
- [2] I.Inundaciones, «infoinundaciones.com,» 31 Enero 2019. [En línea]. <https://infoinundaciones.com/noticias/la-gestion-de-inundaciones-en-el-peru/#:~:text=La%20vertiente%20del%20Titicaca%2C%20por,de%20una%20u%20otra%20forma>.
- [3] I. Inundaciones, «infoinundaciones.com,» 05 Febrero 2017. [En línea]. : <https://infoinundaciones.com/noticias/desborde-del-rio-la-leche-causo-mayores-danos-en-lambayeque/>.
- [4] A. Andina, «<https://andina.pe/>,» andina, 26 Febrero 2019. [En línea]. : <https://reliefweb.int/report/peru/r-o-la-leche-se-desborda-e-incomunica-centros-poblados-de-m-rrope>.
- [5] RPP, «Desborde del río La Leche afectó a guardaparques en Pomac,» *RPP*, p. 2, 17 Marzo 2017.
- [6] P. Gomez, «Retos y aprendizajes para el manejo de eventos extremos por cambio climático. Caso de estudio: el sistema de alerta temprana comunitaria en la cuenca del río Bogotá,» *Espacios*, n° 6, p. 15, 2021.
- [7] L. F. Noguera Lomas, *Sistema de alerta temprana de inundaciones mediante una red de sensores inalámbricos LPWAN dirigido a la parroquia de Andrade Marín perteneciente al cantón Antonio Ante*, Antonio Ante Ecuador : Ingeniera , 2020.
- [8] S. C. José, «Propuesta de sistema de alerta temprana por radio frecuencia de onda corta para prevenir riesgos en desastres naturales en el Caserío San Miguel de Yuscay – Las Lomas,» *Cesar Vallejo*, n° 16, p. 57, 2020.
- [9] Onu, «un.org,» Accion por el clima, 16 Abril 2017. [En línea]. : <https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems>.
- [10] M. MAnuel, «Definicion de plan de contingencial, que es, significado y concepto,» p. 13, 2019.
- [11] IFRC, «ifrc.org,» 11 Marzo 2022. [En línea].: <https://www.ifrc.org/es/planificacioncontingencias>.
- [12] Y. Fernandez, «xataka.com,» 23 Septiembre 2022. [En línea]. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>.

- [13] Firebase, «[firebase.google.com,](https://firebase.google.com/)» google, Octubre 2021. [En línea]: <https://firebase.google.com/products/realtime-database>.
- [14] A. N. Gonzales, «[xatakandroid.com,](http://xatakandroid.com/)» 8 Febrero 2011. [En línea]: <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/que-es-android>.
- [15] M. Guanipa, «[https://innotica.net/,](https://innotica.net/)» Innotica, 21 Octubre 2020. [En línea]: <https://innotica.net/blog/articulo/metodologias-para-el-desarrollo-de-sistemas-scada>.
- [16] M. Guanipa, «[https://innotica.net/,](https://innotica.net/)» Innotica, 21 Octubre 2020. [En línea]: <https://innotica.net/blog/articulo/metodologias-para-el-desarrollo-de-sistemas-scada>.
- [17] A. 21, «[cursoaula21.com,](http://cursoaula21.com/)» 2022. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>.
- [18] A. 21, «[cursoaula21.com,](http://cursoaula21.com/)» 2022. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>.
- [19] P. d. C. d. Ministros, «LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y EL PLAN NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES - PLANAGERD 2014-2021,» Lima, 2021.

Anexos

ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE
DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS

 **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA**

CERTIFICADO

El área de Defensa Civil de la municipalidad del distrito de Pacora, misma que está a cargo del sr. Félix Gómez Relaiza. Certifica al Sr.: **YOVERA PUICAN JESUS HUMBERTO**, identificado con N° DNI: **72277006**. Alumno de la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación de la universidad Santo Toribio de Mogrovejo.

Que ha concluido satisfactoriamente el proyecto de investigación que lleva por título "**Implementación de un sistema de alerta temprana, como soporte a la prevención, atención de incidentes y ejecución de planes de contingencia frente a desbordes en el departamento de Lambayeque, caso Río La Leche**", dando así resultados positivos, mismos que aportaran para futuros posibles desastres.

Se expide la presente constancia del interesado para los fines que estime conveniente.

Pacora, 23 de noviembre del 2022


Félix Gómez Relaiza
Jefe de Defensa Civil de la municipalidad de Pacora





Calle 28 de Julio N°106 - Pacora