



Sistema de alerta temprana para la reducción de riesgos de incendios en viviendas

Early warning system for the reduction of fire risks in homes

San Ying Chow Díaz ¹, Aurel Antoñio Cuthbert Moreno ¹⁻², Dexon-Mckensy Sambola ¹⁻², Juan Asdrúbal Flores-Pacheco ^{*3}

¹ Escuela de Informática. Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). Bluefields, Nicaragua.

sangyingch@gmail.com / ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0945-1575>

² Grupo de investigación de Inteligencia Artificial & Aplicaciones Médicas (GI2AAM), Escuela de Informática. Bluefields Indian & Caribbean University. Bluefields, Nicaragua.

aurel.cuthbert@bicu.edu.ni / ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9469-1911>

dexon.sambola@bicu.edu.ni - desambola@outlook.com / ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3121-0831>

^{*3} Dirección de Investigación y Postgrado (DIP). Bluefields Indian & Caribbean University- BICU. Bluefields, Nicaragua.

asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni / ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6553-7202>

(*recibido/received: 07-febrero-2023; aceptado/accepted: 05-mayo-2023*)

RESUMEN

El programa Sistema de monitoreo de alerta temprana para la reducción de riesgos de incendios en viviendas familiares, consiste en desarrollar un sistema capaz de monitorear y alertar sobre la presencia de estos siniestros. El proyecto fue diseñado con el propósito de reducir las posibilidades de incendios dentro de la vivienda. En consecuencia, impactaría directamente en la protección de la infraestructura y componentes internos del hogar, sin obviar lo más importante, la vida humana de los residentes. Durante el desarrollo, se utilizó la metodología XP o eXtreme Programming, priorizando los requerimientos de desarrollo tales como: monitoreo sobre amenazas de incendio, contar con un sistema de alarma y una aplicación móvil de recibimiento de notificaciones a través de su celular conectado a internet. Dando como resultado un sistema que consta de un panel principal con tecnologías de hardware y software libre compuestos por sensores detectores de humo, fuego y temperatura, encargados del monitoreo de estas variables. En caso de encontrar alguna perturbación, el sistema activa la alarma sonora para alertar a los habitantes de la vivienda sobre el peligro y advertencia al teléfono móvil del usuario. En definitiva, con la implementación del sistema, se podrá detectar a tiempo un conato de incendio dentro del hogar, con el fin de evitar pérdida de vidas y el impacto económico y material que esto conlleva.

Palabras claves: Microcontrolador, sensor, alarma, fuego, humo, temperatura.

ABSTRACT

The program of Early Warning Monitoring System for Fire Risk Reduction in family houses, consists of developing a system capable of monitoring and alerting on the presence of these casualties. The project was designed with the purpose of reducing the possibilities of fires inside the house. Consequently, it

would directly impact the protection of the infrastructure and internal components of the home, without forgetting the most important thing, human lives. During development, the XP or eXtreme Programming methodology was used, prioritizing development requirements such as: fire threat monitoring, have an alarm system and a mobile application to receive notifications through your cell phone connected to the internet. Resulting in a system consisting of a main panel with hardware and free software technologies composed of smoke detectors sensors, fire and temperature, responsible for monitoring these variables. In case of any disturbance, the system activates the audible alarm to alert the inhabitants of the house about the danger and warning to the user's mobile phone. Definitely, with the implementation of the system, it will be possible to detect an outbreak of fire in the home in time, in order to avoid loss of life and the economic and material impact that this entails.

Keywords: Microcontroller, sensor, alarm, fire, smoke, temperature.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen diversos tipos de sistemas dirigidos a la seguridad de los hogares para la prevención de incendios, sin embargo, en la ciudad de Bluefields no han sido adoptados por parte de la población debido a los bajos ingresos económicos de las familias costeñas, en términos generales no les permite sufragar los costos de adquisición e instalación de un sistema con esta naturaleza. En la ciudad citada actualmente la cantidad de habitantes asciende a 50,909 distribuidos en 15,986 viviendas aproximadamente (MINSA, 2019). Sin embargo, mediante entrevista aplicada al director de la estación de bomberos Bluefields, se identificó que ninguna de estas viviendas consta de un sistema para detección de incendios, esto a pesar que existe una frecuencia de ocurrencia de 16 incendios por año con un promedio de 1.93 incendios confirmados cada dos meses dentro de viviendas de acuerdo a las cifras oficiales de la estación de bombero (Bluefields, 2020); siendo esta una cifra preocupante teniendo en cuenta los daños materiales que se traducen en cuantiosas pérdidas de dinero e incluso vidas.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, un gran porcentaje de estas casas son factibles a escenarios de siniestros, provocados por diversas causas, donde sobresalen, la inatención en el sistema eléctrico y electrodomésticos en mal estado, descuido en el uso de cocinas de gas y carbón; finalmente las incidencias de las irresponsabilidades humanas; generando cuantiosas pérdidas económica y en el peor de los casos, vidas humanas (Pabloe, 2010). La finalidad del proyecto se generó a partir de esa necesidad de brindarle a la sociedad de Bluefields un sistema que les funcione de herramienta para reducir las probabilidades de un posible incendio con el objetivo de salvar los bienes materiales y humanos.

A causa de la problemática este trabajo propone un sistema que debe ser capaz, mediante el uso de tecnologías especializadas para el monitoreo de los niveles de humo en PPM (Part Per Million), temperatura en grados Celsius y presencia de fuego en forma digital, con la obtención de estos valores en tiempo real, permite determinar el riesgo de incendio dentro de la infraestructura de la vivienda, alertando al afectado ante tal incidente, y garantice la disminución en el tiempo de respuesta en el actuar del, o de los usuarios. Este proyecto planteó una opción a los problemas existentes en los equipos industriales, así como son los altos costos de adquisición, mediante la creación de un sistema de menor costo en relación a los equipos convencionales.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se centró en la metodología XP o eXtreme Programming, esta permite un desarrollo constante, ordenado y adecuado (Kelly Kandler et al., 2022). Se desarrolló en el campus central de la Bluefields Indian & Caribbean University, en la ciudad de Bluefields con población de 62,213 habitantes, cabecera regional, al suroeste del país, con un clima tropical húmedo. El campus universitario posee una extensión de unos 19,593.64 m², cuenta con tres módulos principales donde se imparten clases

y se encuentran las diversas oficinas de las decanaturas y rectoría; cuenta con una biblioteca y auditorio principal. Su población total es de 200 personas contratadas en las categorías laborales de personal administrativo, docentes tiempo medio y completo y persona de servicio general sirviendo a una población estudiantil de más de 6,000 estudiantes de educación terciaria (Plazaola-Morice et l., 2022).

Determinar requerimientos

Se determinaron los requisitos del sistema utilizando encuestas con el objetivo de seleccionar al usuario conveniente. En selección de la persona fue utilizado el método por conveniencia, considerando los siguientes factores:

- Necesidad por la adquisición de un sistema de detección de incendios.
- Determinar el tamaño de la vivienda que sus dimensiones no excedan a los 10 metros cuadrados.
- Solo se contará con casas de una sola planta porque el sistema fue diseñado para cubrir un área de 10 metros cuadrados para su funcionamiento óptimo.
- Contar con la instalación y funcionalidad del sistema eléctrico.

Criterios de exclusión

- Casas de una sola planta, en el caso de viviendas con una infraestructura de dos o más plantas, habría que aumentar la cantidad de sensores para cubrir el área requerida, variables que son directamente proporcionales.
- Se excluyeron los materiales alrededor de las casas, porque, como tal, el sistema fue diseñado para identificar cambios bruscos de temperatura, saturaciones humo y presencia de fuego en ambiente habitacional.

Análisis de requerimientos

Mediante los datos obtenidos de las encuestas se determinaron los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto:

- El sistema debe ser capaz de diagnosticar el riesgo de incendio dentro de la vivienda mediante los factores de fuego, humo y temperatura.
- Advertir a los habitantes lo antes posible ante amenazas de incendios por medio de una alarma sonora.
- Monitorear por medio de internet y su aplicación móvil para dispositivos con sistema operativo Android, los niveles de humo, temperatura y fuego en el ambiente interno de la vivienda.
- A través de la aplicación móvil, permitir el envío de notificaciones para prever al usuario, amenazas encontradas en los niveles de fuego, temperatura y humo.

Ficha técnica de la vivienda

La casa modelo cuenta con una sola planta con dimensiones de 20 metros cuadrados y 3.5 metros de altura, subdividida en cuatro ambientes principales; Consta de una sala, dos cuartos y una sección para la cocina que utiliza gas. Además, posee el sistema eléctrico funcional y la instalación del servicio de internet residencial.

Para cumplir con los requerimientos se necesitaba una combinación de tecnologías de hardware y software que permita obtener los factores de riesgos de incendios antes establecidos, por lo tanto, se creó un panel principal que contenga los diferentes componentes electrónicos del sistema. Este panel su función es procesar la información obtenida mediante sensores capaces de monitorear los valores de humo, fuego y temperatura dentro de la vivienda, por consiguiente, realiza una comparación de la información y determinar si hay algún riesgo de incendio dentro del hogar, por lo tanto, este evento se encarga de activar la alarma auditiva para prever a los diferentes usuarios. Además, se solicitó administrar desde el móvil el estado del panel principal, para satisfacer esta demanda la aplicación móvil se conectaba directamente a la base del proyecto, obtiene la información registrada por el panel principal y utiliza la misma lógica de comparación de los datos para la activación de las notificaciones.

Análisis de herramientas

Una vez establecidos los requerimientos del sistema, se aplicó un análisis con el objetivo de determinar las herramientas apropiadas que satisficieran los requisitos solicitados para el desarrollo del proyecto.

Análisis del microcontrolador

El microcontrolador seleccionado fue un módulo ESP-32 para conectar los diversos componentes eléctricos, tiene una mayor capacidad de procesamiento en relación a las placas de Arduino, resaltando una de sus principales características, siendo la integración de una interfaz para la conexión vía wifi por lo cual no se necesitó la compra de otro elemento externo para realizar dicha tarea. Adicionalmente, se tomó en consideración el tamaño y el número de pines requeridos, resaltando que el sistema necesitaba un mínimo de 15 pines digitales, por lo tanto, este microcontrolador suple con creces estas especificaciones al contar con 32 pines digitales. También se consideró el factor económico, a nivel de precios, en comparación con otros microcontroladores como los productos de Arduino o Raspberry Pi es considerablemente más rentable, de manera de reducir costos y creando una solución lo más económica posible sin obviar el correcto funcionamiento del proyecto.

Análisis de los sensores

El sistema debía ser capaz de detectar las emisiones de humo dentro de la vivienda, en el mercado existen muchos tipos de sensores, destacando entre ellos la familia MQ, cuenta con diversos modelos que son utilizados para medir diferentes gases, sin embargo, el que cumple con los requisitos del sistema es el sensor MQ-2, porque este modelo se especializa en detectar los niveles de humo.

Sensor de fuego

El fuego es uno de los principales factores que nos permite determinar los riesgos de incendios dentro de la vivienda. Es indispensable implementar un sensor de flama, en consecuencia, se implementó un módulo KY-026, este sensor trabaja con un nivel de consumo de voltaje reducido lo que permite reducir el consumo eléctrico del panel, es uno de los más utilizados en proyectos de detección de incendios.

Sensor de temperatura

Se examinaron los sensores compatibles con el módulo ESP32 para medir la temperatura, entre los cuales destaca el sensor DTH11 capaz de medir temperaturas hasta 80° Celsius, suficientes para determinar riesgo de incendios, este sensor también se destaca por tener ciclos rápidos de lectura y cuenta con un bajo precio económico.

Alarma

Cuando el sistema determina que hay un riesgo de incendio, debía alertar al o los usuarios de la residencia mediante una alarma auditiva, el componente encargado de realizar esta función es un buzzer electrónico, capaz de emitir un sonido agudo alto, programado solamente cuando se encuentre ese posible escenario.

Tabla 1. Tabla comparativa de sensores de gas

Comparaciones entre sensores MQ-X	
Modelo	Gases que detectan
MQ-2	Metano, butano, GLP y humo
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)

Tabla 2. Principales dispositivos electrónicos utilizados en el proyecto

Nombre del dispositivo	Modelo	Voltaje de operatividad	Imagen
Microcontrolador	ESP-32	5 voltios	
Sensor de humo y gas	MQ-2	5 voltios	
Sensor de fuego	KY-026	3.3 – 5 voltios	
Sensor de temperatura	DTH11	3.3 – 5 voltios	
Buzzer	Buzzer module	3.3 – 5 voltios	
Leds	5 milímetros	3.3 – 5 voltios	

Tecnologías para el desarrollo del software

Para el desarrollo del módulo principal utilizamos del IDE de Arduino versión 1.8, este es el más utilizado por la comunidad de diseñadores de sistemas que utilizan hardware libre, a diferencia de otros IDE, es compatible con la tarjeta ESP-32 y brinda un sin número de herramientas para facilitar el trabajo de desarrollo. En cuanto al lenguaje de programación seleccionados C++ con ayuda de la librería Wiring para

codificar el microcontrolador ESP-32 y los diversos componentes eléctricos implementados en el sistema. El Firebase fue elegido como el servicio para la base de datos (BDS), en comparación con los gestores de MySQL y SQL, es su fácil integración con aplicaciones creadas en Android con java, que brinda la base arquitectónica para mejorar la concurrencia, la seguridad de los datos, asimismo permite alojar los datos en línea teniendo en cuenta las características del microcontrolador y su reducida memoria de almacenamiento, destacando que los recursos utilizados en este proyecto son totalmente gratuitos en esta plataforma. En la aplicación móvil utilizamos el IDE Android Studio versión 4.1.1, la cual es el entorno oficial en el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo de Android, este cuenta con un sin número de herramientas; mientras el lenguaje implementado para la programación fue Java. La interfaz gráfica del usuario se diseñó con el meta lenguaje XML, integrado en el mismo IDE mencionado, con el objetivo de brindarle a la aplicación un entorno intuitivo y fácil de usar para los usuarios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia, se diseñaron con la herramienta Fritzing en su versión 9.1 las conexiones de los componentes electrónicos del panel principal identificando sus configuraciones individuales, guiándonos por la especificación de los fabricantes. En la siguiente imagen (Figura 1) podemos visualizar el prototipo electro-físico del sistema, donde los cables rojos representan la corriente positiva (+), los cables negros tierra (cero voltajes) y los cables azules se establecieron como la salida o entrada de datos dependiendo del dispositivo configurado.

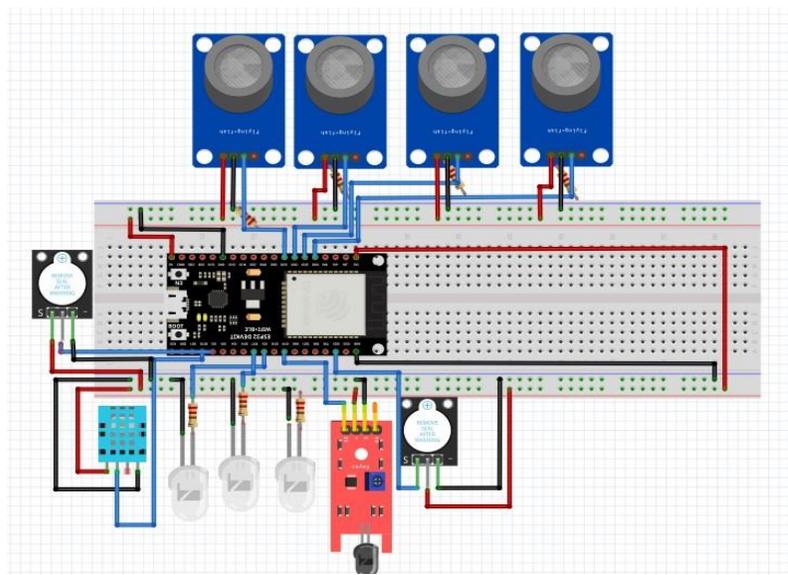


Figura 1. Diseño electro – físico

El módulo ESP-32 cuenta con 32 pines de entrada o salida de datos, por lo tanto, utilizamos un pin por cada nodo, teniendo en cuenta las especificaciones del microcontrolador, establecimos los pines utilizados por los dispositivos electrónicos (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla de pines

Nombre del componente	Número del pin en el ESP-32	Pin digital	Pin positivo	Pin Negativo
Sensor Mq-2 (humo)	32, 33, 34, 35	Entrada	5 voltios	GND
Sensor de fuego 1	26	Entrada	3.3 voltios	GND
Sensor de temperatura	14	Entrada	3.3 voltios	GND
Buzzer 1	22	Salida	3.3 voltios	GND
Buzzer 2	15	Salida	3.3 voltios	GND
Led azul con resistencia de 220 ohm	19	Salida	3.3 voltios	GND

Led verde con resistencia de 220 ohm	18	Salida	3.3 voltios	GND
Led rojo con resistencia de 220 ohm	5	Salida	3.3 voltios	GND

Diseño del prototipo físico del panel

La protección del sistema electrónico es de suma importancia para un funcionamiento óptimo, por lo tanto, se resguarda en una caja de vidrio plástico transparente con dimensiones mínimas de 12 centímetros de largo, 10 centímetros de ancho y 5 centímetros de alto, creando orificios para las salidas de los cables hacia los sensores, la entrada del cable de alimentación y la colocación de los leds indicadores, la alarma y el sensor de temperatura (Figura 2).

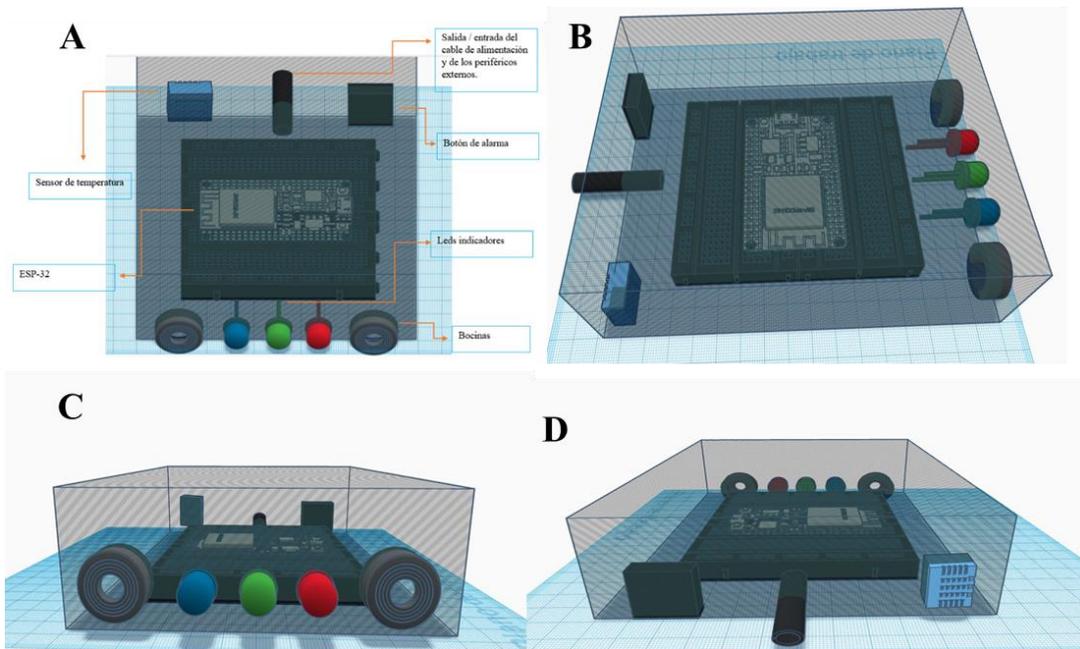


Figura 2. Diseño electro – físico

A. Prototipo físico del panel

C. Prototipo panel principal vista frontal

B. Prototipo panel principal vista superior

D. Prototipo panel principal vista trasera

Fase de codificación

Codificación del panel principal

Una de las principales características del panel principal, es que este funciona independientemente a la conexión a internet, creando dos modos funcionales, un modo online y un modo offline. El modo offline no necesitará una conexión de internet, sin embargo, tiene las principales características para constatar si existe un evento que pueda repercutir en un incendio y alertar a los usuarios mediante una alarma auditiva ante tal suceso. A diferencia, el modo online permite ampliar las utilidades del sistema, destacando la necesidad de la conexión a internet para conectarse a la BDs y el uso de la aplicación móvil.

Es importante mencionar que el sistema es capaz de cambiar entre ambos modos de funcionamiento sin detener el tiempo de ejecución. A continuación, mostraremos el procedimiento de cómo se codificó el sistema. Primeramente, cada componente eléctrico fue configurado a nivel de hardware guiándose de los diagramas electrónicos antes presentados en la fase de diseños, de manera que la configuración fuese la

correcta, por ende, se evitara el efecto Joule (corto circuito) y causar daños irreversibles al módulo y a los elementos eléctricos internos y externos.

El sistema del panel principal trabaja de manera que pueda obtener los datos de los sensores y compararlos con parámetros de configuración establecidos, cuando la información obtenida es superior a los parámetros definidos tales como presencia de fuego, saturación de humo y altas temperaturas, activa una funcionalidad denominada “*riesgo de incendio*”, esta acción se encarga de activar la alarma auditiva que permite prever al usuario ante el riesgo de incendio. La conexión del sistema al internet se hace mediante el uso de una librería llamada “ESPWiFi” la cual solo necesita dos parámetros para conectarse a la red wifi, ingresando el SSID y la contraseña de la red manualmente desde el código.

Una vez comprobado el estatus del wifi y la conexión a internet, se creó una función que conecta el sistema a la BDS creando los campos necesarios y definiendo tanto el ID como la contraseña del dispositivo para crear la credencial de acceso al panel principal, para ello fue necesario descargar desde la página oficial de Firebase, donde está alojada nuestra BDS, descargar un archivo en formato JSON que contiene la URL para facilitar la conexión. Firebase contiene librerías para la mayoría de lenguajes de programación, en nuestro caso utilizamos una librería llamada FirebaseArduino compatible con el lenguaje C++, que se pudo descargar desde el IDE de Arduino, lo que facilita el envío de la información obtenida por cada sensor en tiempo real a los campos de la BDS. Finalmente, el sistema antes mencionado se encapsuló en una función principal que se ejecuta en un ciclo periódicamente de dos segundos, de manera que se mantenga una constante revisión de los datos y activar el estado de comprobación de existencia de riesgo de incendio.

Codificación de la aplicación móvil

La conexión a la BDS, el Android Studio nos brinda un asistente que nos permitió realizar este proceso de una manera sencilla, solamente iniciando sesión con nuestra cuenta de correo utilizada en el proyecto creado en Firebase. Para conectarse a la tabla de la BDS que contiene específicamente la información del módulo ESP-32 en uso, necesitábamos crear un login, para ello se le dispone al usuario una actividad con dos cajas de texto destinados para que ingrese el ID y la contraseña respectivamente, este proceso tendrá la tarea de validar los datos ingresados sean iguales al ID y contraseña antes definidos en el sistema de detección de incendio (panel principal), si el resultado es positivo, las credenciales se guardarán en un fichero interno del celular y se pasará a la fase de autenticación.

La fase de autenticación valida el ingreso del usuario, para realizar esa acción, shay una función “FaseAutenticacion” que, mediante el uso de la clase FirebaseAuth, propia de Firebase, proporciona a los usuarios dos métodos de inicio de sesión, el usuario puede utilizar tanto su cuenta de Facebook o de Gmail y Firebase se encarga de verificar si la instancia es correcta creando una nueva sesión, en caso contrario, se le denegará el acceso a la aplicación si se encuentran errores en la documentación de la cuenta.

Cuando la fase de autenticación es realizada correctamente, envía al usuario al menú principal y su información se guardan automáticamente en la BDS. En el menú principal el usuario puede visualizar la información del estado del sistema de detección de incendio, la aplicación haciendo uso de los eventos que posee el lenguaje Java en su capa de Android, por lo tanto, cada campo presente en la BDS crea un evento, estos se encargan de leer y mostrar en los TextView la información de manera simultánea, con los datos obtenidos realizamos una comparativa con los mismos parámetros previamente establecidos en el sistema desarrollado para el panel principal, ejecutando el evento “riesgo de incendio” que activa una notificación de alerta para el usuario.

Para que el proceso de notificaciones funcione aun cuando la aplicación no esté en ejecución o en primer plano, será necesario crear un servicio que contenga el mismo evento “peligro de incendio”, esto con el

objetivo de mantener siempre informado al usuario si la aplicación se encuentra en ese estado. En la misma actividad principal, contiene dos botones, con la función de solo de cerrar la sesión o cerrar la sesión y desconectarse del dispositivo (panel principal).

Finalmente, se creó una actividad “Configuraciones” destinada a una lista de configuraciones que le permite al usuario gestionar las opciones de la aplicación, donde se puede encontrar las siguientes opciones:

1. El usuario tiene la elección de cambiar la unidad de medida de la temperatura, tanto en grados Celsius o Fahrenheit
2. Uno de los cambios más importantes que tiene el usuario es la opción de cambiar el número de emergencias, en caso de recibir una notificación de alerta encontrada por parte del sistema en la vivienda, puede llamar desde la misma aplicación al número designado.
3. Finalmente, el usuario tiene la elección de salir o cerrar la sesión en la aplicación de manera definitiva, una vez realizado este proceso, está sujeto a que todas las funcionalidades del sistema estén inaccesibles y el recibimiento de notificaciones este bloqueado.

Fase de pruebas

Pruebas de funcionalidad

Cada sensor del sistema de monitoreo fue sometido a pruebas individualmente, de manera que demostrarán su funcionalidad en la medición de los niveles de temperatura, humo y en la determinación de la presencia de fuego dentro de la vivienda, en el caso de que se genere uno de estos eventos, y validar la correcta activación de la alarma sonora. El fin del test era conocer el comportamiento del sistema en diversas situaciones para establecer los parámetros máximos y mínimos en los cuales puede trabajar sin que reciba perturbaciones indeseadas y funcionamiento incorrecto.

Prueba de fuego y prueba de temperatura

Se causó mediante la quema de materiales de combustión rápida, tales como páginas, trozos de madera y plástico, utilizamos el sensor de fuego y de temperatura que ubicados en diferentes distancias de la flama que se genere, de modo que se pudo establecer la distancia de operabilidad, tiempo de respuesta y comprobación de sus funcionalidades.

Prueba de humo

Para dicha prueba el sensor fue expuesto a una saturación de humo con la quema de elementos artificiales, este procedimiento se basó en cambios periódicos de la concentración de humo presente en el aire y verificando el comportamiento en el sensor ante tales eventos.

Pruebas de conectividad

El panel principal fue puesto a prueba sin conexión a internet, validando su correcto funcionamiento independientemente de ese factor. Una vez que resultó positivo ese test, encendimos el wifi para que el sistema tuviese acceso a internet, esto nos permitió verificar la correcta conexión a la BDs y medir la velocidad en el envío de la información, resultando ambos eventos exitosos.

Aplicación móvil

Pruebas de funcionalidad y de interactividad

La aplicación móvil fue sometida a un testeó utilizando cada una de las funciones con las que cuenta el usuario, se interactuó con cada componente de la interfaz garantizando al usuario una experiencia intuitiva, de modo que se pueda validar que cada elemento interactivo realice la tarea que tiene

determinada, cada error de ejecución o procesamiento encontrado fue listado, de modo que fuese corregida en la fase de codificación y brindarles una solución.

Pruebas de compatibilidad

La aplicación fue instalada en distintos dispositivos móviles que contaban con diferentes versiones del sistema operativo Android, de manera virtual (emulación del dispositivo) o física, procediendo a comprobar el funcionamiento en diversos celulares y evitar problemas de compatibilidad, los resultados fueron satisfactorios validando que la aplicación móvil funciona correctamente en dispositivos Android desde la versión seis hasta la diez.

En este proyecto se pudo obtener un dispositivo electrónico confiable y robusto, integrando su propia aplicación móvil de fácil uso, con una simple visualización de datos para poder observar el estado del sistema de monitoreo de incendios a través de internet.

En el mercado local se desconocen distribuidores de herramientas tecnológicas para la detección de incendios, esto hace que la población tenga que importar desde el mercado extranjero implicando altos costos por la adquisición de estos productos haciéndolos inasequible. Dicho lo anterior, esto hizo viable el desarrollo del proyecto, creando un sistema con un precio considerablemente más bajo a los presentes en los mercados, sin mencionar que no cuentan con todas las características que brinda este aparato electrónico. Respecto a los inconvenientes presentes durante el desarrollo del proyecto, fue muy difícil encontrar la materia prima de los materiales necesarios para el sistema, debido a la falta de vendedores nacionales de sensores de fuego, humo y temperatura, más aún, los microcontroladores y dispositivos eléctricos para la construcción del circuito.

Comparando este estudio en relación a otros sistemas, encontramos que todos se caracterizaban por detectar incendios utilizando un solo factor, ya sea por la presencia de fuego, los altos de temperatura o la saturación de humo encontrados dentro de las viviendas. Por ende, este sistema en cuestión destaca por abarcar todos estos factores, diferenciándose a esos productos similares, sin obviar, al aumentar el monitoreo de factores de incendio, se reducen las posibilidades de estos desastres. Sin embargo, durante la revisión bibliográfica, se encontró un estudio que implica un sistema de detección de incendios a partir de las fugas de gases butanos utilizados en las cocinas de uso domésticos, es importante destacar esta información por lo que este sistema no abarca dicha característica, siendo una singularidad a agregar a futuro teniendo en cuenta que las fugas de gases son la tercera causa de incendio en esta ciudad.

4. CONCLUSIONES

1. Se encontró que las principales causas que originan incendios en las viviendas de la ciudad de Bluefields, son los cortos circuitos, negligencias humanas y fugas de gas.
2. Se identificaron los componentes necesarios para desarrollar el sistema de monitoreo de los principales factores desencadenantes de los incendios antes mencionado, siendo configurados a nivel de hardware y software durante toda la metodología.
3. Se obtuvo un sistema electrónico para la prevención de incendios en Bluefields
4. El sistema fue sometido a diferentes pruebas, simulando conatos de incendios a partir de cambios en diferentes niveles de temperatura y saturaciones de humo comprobando así su correcto funcionamiento.

REFERENCIAS

Bluefields (10 de abril de 2020). Causas principales de los incendios en la ciudad de Bluefields. (S. Y. Díaz, Entrevistador)

- Electronics, C. (2020). CalcuttaElectronics.com. Obtenido de <https://calcuttaelectronics.com/product/esp32-development-board-38-pin/>
- García Monje, D. (2014). Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz en android. Madrid, España.
- Kelly Kandler, K. K., Reyes Reyes, O. D., Ordoñez Cuthbert, D. K., & Sambola, D.-M. (2022). Aplicación médica para la predicción clínica del índice de mortalidad en pacientes con trauma craneoencefálico. *Wani*, 77, 4-17. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14659>
- Ministerio de Salud (MINSa) de Nicaragua. (2019). Censo de viviendas de la ciudad de Bluefields 2018 - 2019. Bluefields.
- Pablo Leiva, A. (2010). Estudio Técnico de instalaciones de protección contra incendios en un edificio de oficinas. Leganés, España.
- Plazaola-Morice, J., Quesada Berra, I., Ruíz Flores, C. E., Allen Chávez, A. D. & Oporta Medrano, R. N. (2022). Evaluaciones electrocardiográficas del personal de la Bluefields Indian & Caribbean University. *Wani*, 38(77), 63–74. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14986>