

## **Dispositivo Sensor de Sismos para el Hogar DSSH**

Daniel David Cano Enciso

Asesor

Jairo Luis Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2025

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Dios, quien permite que las cosas sucedan en su tiempo justo, o no sucedan.

A mi familia, agradezco de manera especial a Braidis y a mi Madre, por su amor y comprensión y su estilo de vida tapada de cartones. Su apoyo constante ha sido un pilar fundamental en mi vida, especialmente en los momentos en que no pude darles el tiempo que quisiera.

Dedico este trabajo a mis queridos hijos, Manuel y Mily quienes han sido la fuente inspiradora y motor de mi vida. Recuerden siempre que el estudio es el camino al éxito. Espero les inspire a perseguir sus sueños con determinación y pasión.

A mis maestros de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, gracias por su dedicación y compromiso. Su enseñanza y guía han sido esenciales en mi formación y desarrollo académico.

A todos los que han estado a mi lado en este viaje, su apoyo ha sido invaluable. ¡Gracias!

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un dispositivo electrónico de alerta temprana capaz de detectar movimientos telúricos y generar alertas visuales y sonoras en tiempo real además de llevar a la nube la información para alertas remotas y poder llevar históricos de los eventos ocurridos.

Este dispositivo, diseñado para ser económico y de fácil instalación en cualquier hogar, utiliza tecnologías de radiofrecuencia para activar o desactivar de forma remota un relé, lo que permite el control automático de dispositivos eléctricos controlados por él, durante un sismo.

La implementación del dispositivo incluye el diseño de un circuito micro-controlado, el desarrollo de una interfaz amigable con el usuario vía internet, la gestión de registros almacenados en una base de datos, pruebas de calibración para asegurar su precisión y fiabilidad, aplicación de la física para analizar los datos obtenidos y la elaboración de un manual de usuario que fomente la educación sobre la respuesta adecuada ante eventos sísmicos en el hogar.

El desarrollo del prototipo se completó exitosamente, demostrando su capacidad para detectar sismos y emitir alertas confiables siendo así un dispositivo capaz de salvar vidas, preservar el patrimonio y registrar los eventos en un servidor remoto.

El impacto potencial de este proyecto en la sociedad es significativo, ya que un sistema de alerta temprana en los hogares puede salvar vidas al proporcionar tiempo crucial para tomar medidas de seguridad. Además, el dispositivo contribuye a la concienciación sobre la importancia de la preparación ante desastres naturales, especialmente en regiones sísmicamente activas. La accesibilidad y bajo costo del dispositivo lo hacen una solución viable para una amplia adopción, promoviendo una cultura de prevención y respuesta ante emergencias en la comunidad.

## Abstract

The objective of this project is to develop an electronic early warning device capable of detecting earthquake movements and generating visual and sound alerts in real time, in addition to taking the information to the cloud for remote alerts and being able to keep records of the events that have occurred.

This device, designed to be economical and easy to install in any home, uses radio frequency technologies to remotely activate or deactivate a relay, allowing automatic control of electrical devices controlled by it, during an earthquake.

The implementation of the device includes the design of a micro-controlled circuit, the development of a user-friendly interface via the Internet, the management of records stored in a database, calibration tests to ensure its accuracy and reliability, application of the physics to analyze the data obtained and the development of a user manual that promotes education on the appropriate response to seismic events in the home.

The development of the prototype was completed successfully, demonstrating its ability to detect earthquakes and issue reliable alerts, thus being a device capable of saving lives, preserving heritage and recording events on a remote server.

The potential societal impact of this project is significant, as a home-based early warning system can save lives by providing crucial time to take safety measures. Additionally, the device raises awareness about the importance of disaster preparedness, especially in seismically active regions. The accessibility and low cost of the device make it a viable solution for widespread adoption, promoting a culture of prevention and emergency response within the community.

## Tabla de Contenidos

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Introducción .....	10
Planteamiento del problema.....	11
Justificación .....	12
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco conceptual y teórico.....	17
Metodología .....	19
Fase I Preliminares .....	20
Análisis estadístico: Descripción de la población – Encuestas.....	20
Encuesta .....	21
Análisis estadístico.....	22
Análisis de Factibilidad.....	24
Publicaciones de otros autores respecto al tema .....	26
Cronograma de actividades.....	28
Análisis de costos y presupuestos .....	30
Fase II Desarrollo de prototipo electrónico .....	32
Especificaciones Técnicas .....	32
Diseño del circuito electrónico .....	34

Diseño del circuito comunicación RF.....	37
Diseño PCB.....	38
Desarrollo del péndulo sensor de oscilaciones sísmicas.....	41
Proceso de realización PCB .....	46
Fase III Programación:.....	49
Programación microcontrolador .....	49
Explicación detallada .....	50
Diagrama de flujo programa principal.....	53
Desarrollo de control de la comunicación WiFi y manejo de datos .....	54
Desarrollo de la base de datos y la interfaz Web (IOT).....	58
Fase IV Pruebas: .....	66
Calibración del dispositivo .....	66
Realización de pruebas finales.....	73
Desarrollo de un manual de uso del dispositivo .....	76
Desarrollo de un manual de cómo hacer un plan de emergencias para el hogar .....	79
Plan de Mantenimiento .....	80
Plan de mejoras .....	81
Análisis FODA.....	82
Conclusiones.....	83
Bibliografía .....	85

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Metodología</i> .....	<b>19</b>
<b>Figura 2</b> <i>Gráfico Estadístico Nivel de Prevención y Uso de Elementos Electrónicos Respecto al Riesgo de Sismo</i> .....	<b>22</b>
<b>Figura 3</b> <i>Protocolo ASK</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 4</b> <i>Bosquejo general Simulación</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 5</b> <i>Circuito General</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 6</b> <i>Montaje Completo Simulación</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 7</b> <i>Diseño Final del Circuito</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 8</b> <i>Diseño de PCB</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 9</b> <i>Simulación 3D Circuito Superior</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 10</b> <i>Simulación 3D Circuito Inferior</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 11</b> <i>Montaje Completo Protoboard</i> .....	<b>41</b>
<b>Figura 12</b> <i>Péndulo Transductor</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 13</b> <i>Proceso de Realización PCB Mediante Cloruro Férrico</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 14</b> <i>Soldadura y Montaje de Elementos</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 15</b> <i>Código de Adquisición de Datos V1.0 (lenguaje C++ Arduino)</i> .....	<b>52</b>
<b>Figura 16</b> <i>Código de Adquisición de Datos V2.0 (Lenguaje C++ Arduino)</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 17</b> <i>Diagrama de Flujo DSSH</i> .....	<b>54</b>
<b>Figura 18</b> <i>Función Connectwifi</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 19</b> <i>Función Enviar Datos</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 20</b> <i>Creación BD SQL</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 21</b> <i>Estructura BD SQL</i> .....	<b>61</b>

<b>Figura 22</b> <i>Registros de Sismos Almacenados</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 23</b> <i>Inyección de Datos PHP</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 24</b> <i>Aplicación Web V 1.0</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 25</b> <i>Mensajes Seguimiento LCD</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 26</b> <i>Base de datos - phpMyAdmin</i> .....	<b>75</b>
<b>Figura 27</b> <i>Aplicativo WEB <a href="http://www.sismoguard.com">www.sismoguard.com</a></i> .....	<b>76</b>
<b>Figura 28</b> <i>Manual de Uso pg1</i> .....	<b>77</b>
<b>Figura 29</b> <i>Manual de Uso pg2</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 30</b> <i>Manual de Preparación para Emergencias por Riesgo de Sismo en el Hogar</i> .....	<b>79</b>
<b>Figura 31</b> <i>Análisis DOFA</i> .....	<b>82</b>

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Términos Utilizados</i> .....	<b>18</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Encuesta para conocer la penetración de la electrónica en la prevención y factores aledaños</i> .....	<b>21</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Cronograma de Actividades</i> .....	<b>28</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Análisis de Costos Prototipo</i> .....	<b>30</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Análisis de Costos Herramientas</i> .....	<b>31</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis de Costos Recurso Humano</i> .....	<b>32</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Comportamiento de la Duración y Oscilaciones en Diferentes Magnitudes Richter....</i>	<b>42</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Sismos en Colombia y sus Magnitudes</i> .....	<b>44</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Plan de Mantenimiento</i> .....	<b>80</b>

## Introducción

En el desarrollo del siguiente proyecto, planteo en este documento una solución a un problema real que vivimos a diario en nuestra vida, que nos puede acarrear situaciones de emergencia y que, aunque la electrónica para su desarrollo puede ser simple, la función que desempeña puede ser la diferencia entre la vida y la muerte.

Se trata pues de un dispositivo capaz de detectar un movimiento telúrico y avisar a las personas mediante una alarma sonora y visual que se está presentando dicho temblor, esto porque muchas personas no se percatan de que esta temblando en dado momento y no ponen sus vidas en resguardo a tiempo, será un instrumento clave en lugares donde convivan personas con habilidades disminuidas como personas de tercera edad o personas con limitaciones

Adicional a ello, sería el dispositivo capaz de encender o apagar de un dispositivo de manera remota, utilizando para ello un relé controlado por radiofrecuencia, y registrar en tiempo real el evento en una base de datos remota, la cual se alimentará con registros reales obtenidos a través del dispositivo, haciendo uso de las tecnologías la información, principalmente el Internet de las cosas (IOT)

Este es, un dispositivo sencillo que se instalará en cualquier pared del hogar, económico y fácil de usar. Será aquel elemento que nos indicará el momento justo para ponernos a salvo, así cuando este temblando todos podremos actuar a tiempo y de esta forma evitar una catástrofe mayor al no haberse percatado del movimiento telúrico, apagando o prendiendo dispositivos remotos y almacenando los datos en un servidor remoto para su análisis posterior.

## **Planteamiento del problema**

La falta de una alerta temprana en la detección de sismos en los hogares colombianos puede degenerar en situaciones donde la vida y la muerte se juegan en cuestión de segundos y las acciones que suceden dentro de los mismos son claves. Es por eso que se hace necesario desarrollar un dispositivo económico y sencillo que se pueda instalar en cualquier hogar colombiano, que nos permita en forma audible y visual darnos cuenta de la presencia de un movimiento telúrico, con el fin de poder ponernos a salvo ya sea buscando un refugio, encontrando un triángulo de la vida o talvez obedecer a un esquema ya desarrollado en las familias de cómo se actuaría en caso de sismo en cada uno de los hogares, siendo esta la función del manual que se presenta con el dispositivo, esto en tiempo real actuando en el “durante” y no otros sistemas que nos dan información en el “después”.

La mayoría de hogares Colombianos, se encuentran ubicados en regiones propensas a terremotos, en una gran mayoría, no existe un sistema de detección temprana que pueda identificar los movimientos sísmicos, esto significa que las personas no reciben advertencias adecuadas y oportunas sobre la inminencia de un terremoto y normalmente lo que sucede en su duración es entrar en pánico, confusión y no actuar de forma correcta, aumentando significativamente el riesgo de lesiones y muertes durante los sismos; Las personas pueden estar desprevenidas y no tener tiempo suficiente para tomar medidas de seguridad u ocuparse de apagar o encender equipos y/o alarmas comunitarias lo cual sería posible a través de este dispositivo en forma automática.

## **Justificación**

La razón de realizar este proyecto es desarrollar un dispositivo de alerta temprana asequible y confiable para detectar terremotos y emitir alertas en tiempo real dentro de un recinto establecido, se enfocará en la detección precisa de movimientos sísmicos y en la emisión de alertas audibles y luminosas, así como la documentación de estas en una base de datos remota adoptando de tal manera las tecnologías de la información, más precisamente El Internet de las Cosas (IOT).

El mismo se encuentra fundamentado en el uso de tecnologías actuales de comunicación como el WiFi, y el radiocontrol, haciendo uso de un circuito micro controlado encargado de recibir el cambio físico del medio y transformarlo en señales, analizarlas y en caso de ser requerido, generar las señales de alarma, control y documentación del evento.

Se buscará que el dispositivo sea lo más económico posible para garantizar su accesibilidad en la mayoría de la población, y con él vendrá un manual de instrucciones de funcionamiento y un manual de normas básicas para actuar en familia ante dichos fenómenos naturales.

La pertinencia de un dispositivo de alerta temprana para terremotos depende en gran medida del contexto y las necesidades de la región o comunidad en la que se implemente, encontramos que por la ubicación geográfica Colombiana, tenemos bastantes áreas propensas a terremotos o movimientos sísmicos frecuentes como lo podemos observar en Mesa de los Santos, donde se presentan con bastante frecuencia, zona de llanos orientales y recientemente en zonas centrales del país, donde se ubican grandes masas de habitantes y en muchos casos población vulnerable, hospitales y escuelas que podrían beneficiarse altamente con el uso de este dispositivo.

La principal relevancia de un dispositivo de alerta temprana es la capacidad de salvar vidas. Proporcionar a las personas un tiempo precioso para tomar medidas de seguridad, como refugiarse bajo una mesa o evacuar un edificio, evitando que pase desapercibido y no haya tiempo para tomar una acción pronta al respecto, lo que reduce el riesgo de lesiones y muertes.

También mediante este dispositivo se puede reducir la afectación al patrimonio, mediante la conexión o desconexión eléctrica de un dispositivo a distancia vía radio, como podría ser por ejemplo el apagado de un motor o el encendido de una sirena comunal.

Este dispositivo podría ser visto como una inversión beneficiosa a largo plazo dado el beneficio de la reducción de costos asociados con daños materiales y pérdidas humanas en eventos sísmicos.

Podemos justificar la necesidad de desarrollar e instaurar este dispositivo en cada uno de los hogares colombianos dentro de los siguientes planteamientos:

**Necesidad de alertas tempranas:** Terremotos y movimientos telúricos son fenómenos naturales impredecibles que pueden tener consecuencias devastadoras. Por lo tanto, contar con algún sistema de alerta temprana y control automático puede ser fundamental para salvar vidas y minimizar daños.

**Limitaciones y ausencias de las alertas actuales:** Las alertas tradicionales, como las emitidas por el servicio meteorológico a través de dispositivos celulares, a menudo llegan después del evento, lo que limita su utilidad en situaciones de emergencia inminente, esto cuando se tienen activas y se dispone de un dispositivo celular.

**Características del dispositivo propuesto:** El dispositivo es capaz de emitir alertas en tiempo real, utilizando sirenas o luces conectadas a su dispositivo remoto. Debe ser económico y autónomo en su funcionamiento, la desactivación de el mismo debe requerir acción humana con

el fin de que siga advirtiendo y generando señales sobre la posible presencia de víctimas o personas atrapadas.

**Calibración y pruebas:** Se requiere para la implantación en los hogares realizar pruebas exhaustivas para garantizar que el dispositivo funcione de manera confiable y pueda ser implementado de manera efectiva, esto también para hacer la calibración de este y que no ocurran falsas alarmas por movimientos diferentes a los de un temblor real.

**Viabilidad:** Se trata de un dispositivo de bajo costo en desarrollo y producción, con el fin de poder llegar a cualquier hogar colombiano, donde por medio de una herramienta estadística observamos la falta de un dispositivo de este tipo y conocimiento acerca de los procedimientos a tomar en casos de sismo dentro del hogar.

**Acotación:** Dentro de los límites del proyecto tenemos que el dispositivo podrá detectar el sismo, sonara la alarma y activara el relé de conexión / desconexión mientras ocurre el mismo, así como de documentar en forma remota los eventos mediante el uso de una red wifi, no siendo un elemento predictivo ni un sensor de ondas beta las cuales son producidas por la tierra al reacomodarse, tampoco tendrá conexión con sensores a distancia ni con ninguna central receptora de señales sismológicas aparte de su propia aplicación web donde se podrá consultar la actividad sísmica registrada.

**Pertinencia:** La importancia de salvaguardar nuestras vidas poniéndonos a resguardo en el momento justo, y eventualmente controlar de forma automática algún elemento eléctrico en un evento de movimiento telúrico y la datación en servidores remotos del evento para futuras referencias dá la razón de él porque es requerido el desarrollo de este dispositivo, siendo también correspondiente con la carrera en estudio ya que involucra el diseño y desarrollo de un sistema electrónico que contiene elementos de software y hardware, el uso de tecnologías CAD, la

implementación de un sistema de comunicación por Radiofrecuencia y control automático sobre un elemento eléctrico aplicando principios de electrónica de potencia , el diseño y fabricación de un PCB, el uso de herramientas IOT y manejo de bases de datos y desarrollo web además de la aplicación de herramientas estadísticas en su calibración y el diseño de un manual de emergencias en el hogar como elemento de aporte social mediante la difusión de medidas preventivas.

## Objetivos

### Objetivo General

Prototipar un dispositivo electrónico que, mediante tecnologías de radiocontrol y la aplicación de principios y componentes electrónicos, tenga la capacidad de detectar movimientos telúricos y, en respuesta, generar alertas visuales y sonoras, así como controlar un contacto electrónico a distancia y realizar la toma de información que será alojada en una base de datos la cual podrá ser consultada a través de una interfaz web propia.

### Objetivos Específicos

Desarrollar el circuito adecuado para la solución requerida aplicando para ello conocimientos en software y hardware.

Implementar tecnologías de comunicación por radiofrecuencia haciendo uso del protocolo requerido, para hacer posible la comunicación del dispositivo principal con el dispositivo remoto

Desarrollar una base de datos y una interfaz que muestren al usuario la información del evento ocurrido.

Calibrar mediante la realización de pruebas pertinentes el dispositivo con el fin de poder establecer con precisión la materialización de un evento de sismo y generar señales confiables evitando las posibles falsas alarmas

## Marco conceptual y teórico

Colombia, ubicada geográficamente en la convergencia de dos placas tectónicas, la placa de Nazca y la placa suramericana, la hace propensa a experimentar sismos todos los días, la mayoría pasan desapercibidos, pero otros a lo largo de la historia han causado terribles pérdidas humanas y materiales con valores hasta de 6 grados en la escala Richter. (Wikipedia, 2023)

La región Andina con ciudades como Bogotá, Cali, Medellín y Manizales se encuentran en un área sísmicamente activa conocida como el “Anillo de Fuego del Pacífico” (Semana, 2023), es por ello por lo que se encuentra la necesidad de desarrollar sistemas electrónicos de alerta temprana y automatización para mitigar los posibles daños o pérdidas humanas al materializarse la amenaza.

La detección temprana de un sismo requiere de sistemas complejos y de sensores ubicados en lugares estratégicos donde se pueden originar las fallas o movimientos de las placas tectónicas pero el dispositivo en mención no llegara tan lejos, ya que solo debe alertar a las personas de que está ocurriendo un sismo dado que en muchas ocasiones las personas no se dan cuenta sino hasta que ya es muy tarde para tomar una acción que podría haberle salvado la vida a él o a las personas que de él dependa.

La mayoría de los hogares colombianos adolecen de un plan de emergencia en sus hogares, no se establecen puntos de encuentro con las familias y ni se piensa que hay una posibilidad de quedar incomunicados por un desastre natural de gran magnitud, mucho menos la necesidad de adoptar medidas como un dispositivo de alerta temprana en su hogar, por lo que mediante la generación de conciencia de estas necesidades podremos posiblemente salvar vidas ante una catástrofe mayor.

Cuando se presentan este tipo de novedades las personas sin preparación corren, se desesperan y olvidan lo que estaban haciendo, dejando encendidas maquinas, motores, calderas, estufas y demás que podrían aumentar traer más riesgos al que se presentó con el sismo, es por ello la necesidad de realizar un control automático mediante un dispositivo electrónico que detecte este tipo de eventos.

### ***Tabla 1***

#### *Términos Utilizados*

Término	Significado
Alerta temprana	Un dispositivo de alerta temprana es un sistema diseñado para detectar y notificar eventos o situaciones peligrosas durante el evento o con la mayor antelación posible
Control automático	Rama de la ingeniería y la automatización que se basa en el diseño e implementación de sistemas capaces de operar y regular procesos de forma autónoma.
Radio Frecuencia (RF)	Señal eléctrica u onda electromagnética que se propaga en el espacio, con la cual es posible transmitir información de un punto a otro
Relé	Dispositivo electromecánico utilizado para controlar un circuito eléctrico mediante la excitación de una bobina que a su vez genera la apertura o cierre de un interruptor eléctrico
Sismo	Fenómeno natural caracterizado por el movimiento de la superficie terrestre debido a la liberación repentina de energía en la corteza.

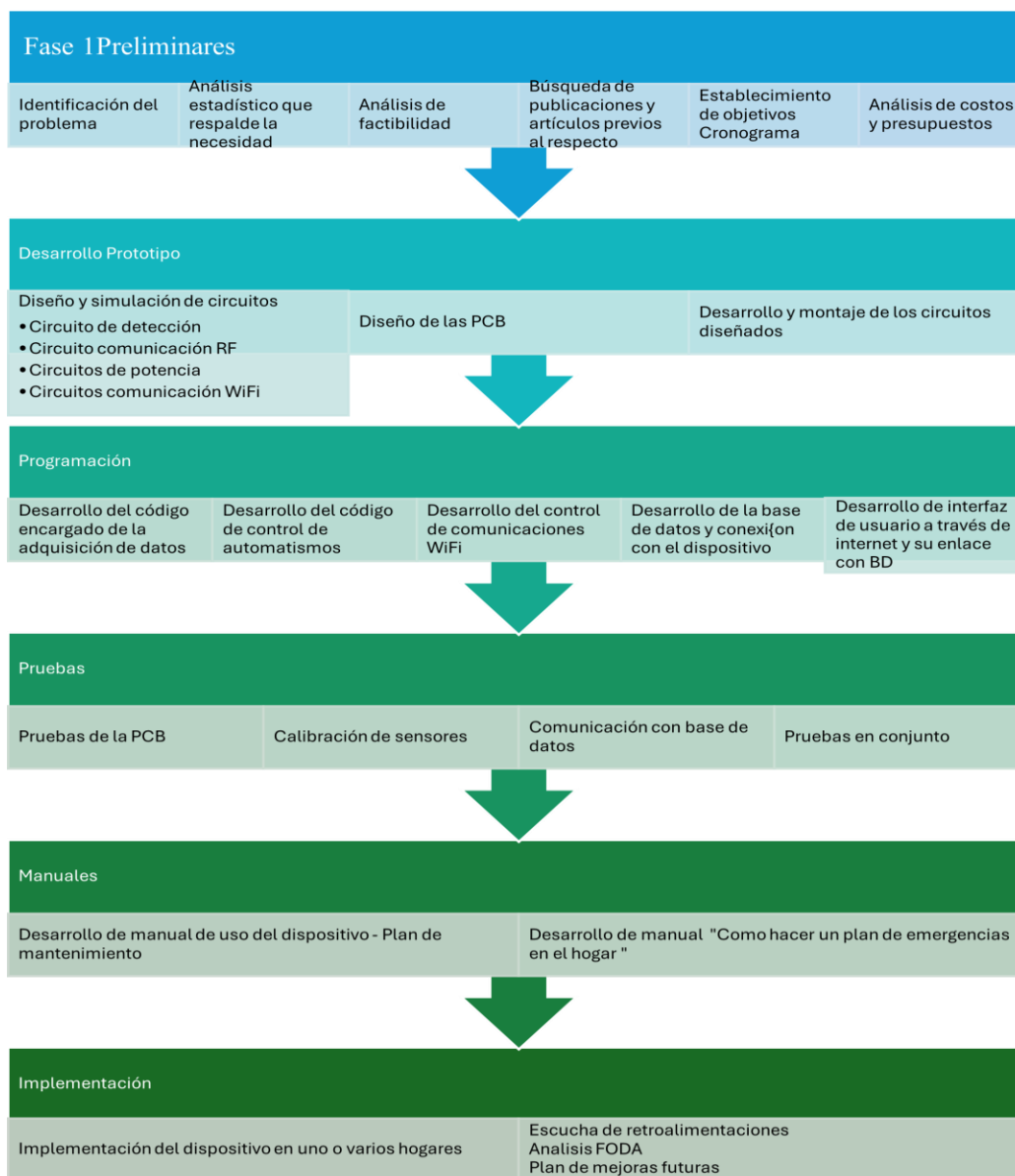
*Nota.* Autoría Propia

## Metodología

El desarrollo de este proyecto está sujeto a seis fases que a su vez se desglosan en varios temas los cuales relataré a continuación:

### Figura 1

#### Metodología



Fuente. Elaboración Propia

## **Fase 1 Preliminares**

### *Análisis estadístico: Descripción de la población – Encuestas*

La comunidad seleccionada para este estudio se compone de habitantes de la ciudad de Bogotá D.C., con edades promedio comprendidas entre 30 y 50 años; la muestra consiste en 50 individuos que son trabajadores de la misma empresa y comparten condiciones socioeconómicas similares. Dentro de ella, se identifican 5 individuos con roles de jefe o líder. El interés común de esta comunidad es abordar la necesidad de establecer protocolos de emergencia en sus hogares, y después de la actividad, se comprometen a desarrollar en comunidad e implementar en sus hogares el resultado de un mapa de sueños.

En términos de características demográficas, el estrato social es 3, el nivel de educación promedio es universitario, el estado de salud promedio es bueno y los hogares cuentan con servicios de energía, agua, gas natural e internet. Además, el nivel de elementos domésticos es medio, y todos los miembros del hogar poseen un dispositivo de comunicación celular.

Los resultados de la encuesta muestran una falta de preparación en la mayoría de los encuestados en cuanto a la mitigación de impactos de emergencias, como sismos y eventos de fuego en sus hogares. La mayoría carece de planes establecidos y elementos de alerta temprana. Sin embargo, existe una mayor conciencia sobre la importancia de tener un botiquín y documentos importantes organizados en caso de emergencia. Además, se destaca la necesidad de planes para mascotas y la importancia de conocer a los vecinos y tener contactos de emergencia.

*Encuesta*

La encuesta fue realizada con las siguientes preguntas y nos arroja la siguiente tabulación y análisis de este:

**Tabla 2**

*Encuesta para conocer la penetración de la electrónica en la prevención y factores aledaños*

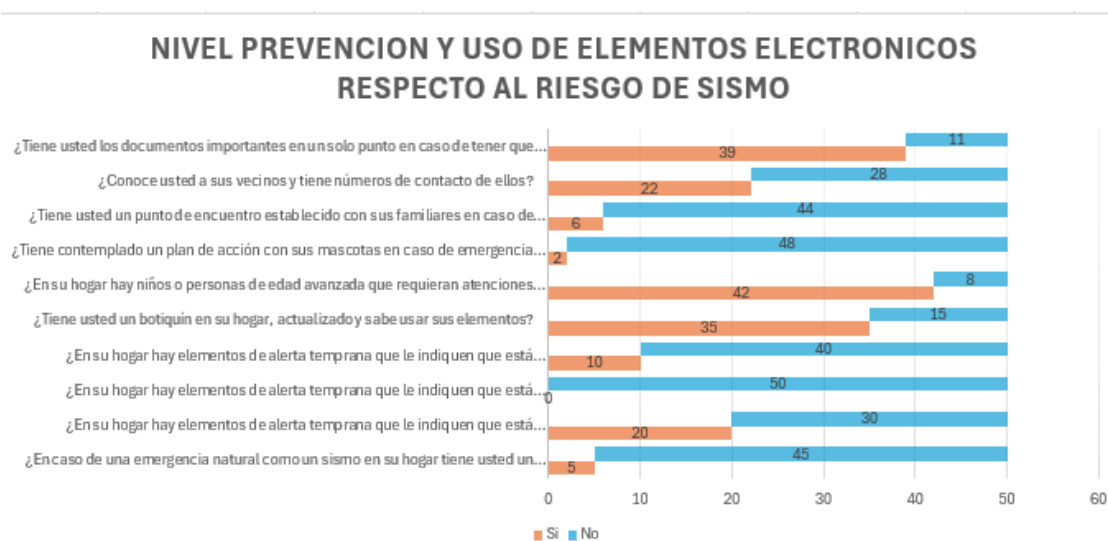
<b>Pregunta</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
¿En caso de una emergencia natural como un sismo en su hogar tiene usted un plan establecido para mitigar el impacto del mismo?	5	45
¿En su hogar hay elementos de alerta temprana que le indiquen que está sucediendo un evento de fuego que pone en riesgo la integridad de su familia, tal como sensores de humo?	20	30
¿En su hogar hay elementos de alerta temprana que le indiquen que está sucediendo un evento de sismo que pone en riesgo la integridad de su familia, tal como sensores de movimiento telúrico?	0	50
¿En su hogar hay elementos de alerta temprana que le indiquen que está sucediendo un evento de intrusión al predio que pone en riesgo la integridad de su familia, tal como alarma antirrobo?	10	40
¿Tiene usted un botiquín en su hogar, actualizado y sabe usar sus elementos?	35	15
¿En su hogar hay niños o personas de edad avanzada que requieran atenciones especiales?	42	8

¿Tiene contemplado un plan de acción con sus mascotas en caso de emergencia por evento natural?	2	48
¿Tiene usted un punto de encuentro establecido con sus familiares en caso de que no haya comunicaciones en caso de una emergencia?	6	44
¿Conoce usted a sus vecinos y tiene números de contacto de ellos?	22	28
¿Tiene usted los documentos importantes en un solo punto en caso de tener que tomarlos rápidamente en caso de emergencia?	39	11

*Nota. Autoría Propia*

### **Figura 2**

*Gráfico Estadístico Nivel de Prevención y Uso de Elementos Electrónicos Respecto al Riesgo de Sismo*



*Fuente. Elaboración Propia*

### *Análisis estadístico*

La encuesta muestra las respuestas a varias preguntas relacionadas con la preparación y la capacidad de respuesta de las personas en caso de emergencias. En cuanto a la pregunta sobre la

existencia de un plan para mitigar el impacto de un sismo en el hogar, el 90% de los encuestados no tiene un plan establecido, mientras que el 10% sí lo tiene. Respecto a la presencia de elementos de alerta temprana para eventos de fuego, el 40% de los encuestados tiene sensores de humo, mientras que el 60% no los tiene. Para la detección de eventos de sismo, el 100% de los encuestados no dispone de sensores de movimiento telúrico. En cuanto a elementos de alerta para intrusión en el predio, el 20% tiene alarmas antirrobo, mientras que el 80% no las tiene.

En relación con la disponibilidad de un botiquín y su conocimiento de su uso, el 70% de los encuestados afirma tener un botiquín y saber cómo usarlo, mientras que el 30% no tiene un botiquín o no sabe cómo usarlo. Respecto a la presencia de niños o personas de edad avanzada en el hogar que requieran atención especial en caso de emergencia, el 84% de los encuestados respondió afirmativamente, mientras que el 16% no tiene tales personas en su hogar.

En cuanto a la planificación de acciones con mascotas en caso de una emergencia por evento natural, el 4% de los encuestados tiene un plan, mientras que el 96% no lo tiene. En relación con la existencia de un punto de encuentro establecido con familiares en caso de falta de comunicaciones en una emergencia, el 12% lo tiene, y el 88% no lo tiene. En lo que respecta a conocer a los vecinos y tener números de contacto de ellos, el 44% de los encuestados afirma conocer a sus vecinos y tener sus números de contacto, mientras que el 56% no los conoce o no tiene sus números.

Por último, en cuanto a la organización de documentos importantes en un solo punto para su acceso rápido en caso de una emergencia, el 78% de los encuestados lo hace, mientras que el 22% no lo hace. Estos resultados reflejan la diversidad en la preparación y conciencia de las personas sobre la importancia de estar listos para hacer frente a situaciones de emergencia en sus hogares.

## Análisis de Factibilidad

### Factibilidad Técnica

**Disponibilidad de tecnología:** La tecnología necesaria para desarrollar el dispositivo (microcontroladores, sensores, módulos de radiofrecuencia, y componentes electrónicos) está ampliamente disponible en el mercado. Además, existen numerosas plataformas y recursos de desarrollo que facilitan la programación y prototipado de sistemas embebidos.

**Conocimiento técnico:** El diseño y desarrollo del dispositivo requiere conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica, tales como programación de microcontroladores, y comunicaciones inalámbricas, desarrollo de prototipos, etc. La disponibilidad de estos conocimientos es esencial para la implementación exitosa del proyecto.

**Pruebas y calibración:** La fiabilidad del dispositivo debe ser verificada mediante pruebas y calibraciones extensivas. Es factible llevar a cabo estas pruebas utilizando equipos estándar de laboratorio y simulaciones de eventos sísmicos simples.

### Factibilidad Económica

**Costo de componentes:** Los componentes electrónicos necesarios para el dispositivo son relativamente económicos. Se estima que el costo de producción por unidad puede mantenerse bajo, lo que permite la viabilidad comercial del producto con los recursos propios.

**Financiamiento y presupuesto:** La inversión inicial necesaria para el desarrollo del prototipo y la producción en pequeña escala es manejable. Es posible buscar financiamiento adicional a través de acuerdos mercantiles con inversores privados, o préstamos bancarios, en caso de expandir la producción.

Análisis de costos vs beneficios: La relación costo-beneficio es favorable, dado el impacto potencial del dispositivo en la prevención de daños y la salvaguardia de vidas humanas. La inversión en este dispositivo se justifica por el valor significativo que aporta a la seguridad y preparación ante desastres naturales, así como la datación de eventos sísmicos para análisis posteriores.

#### Factibilidad Operativa

Facilidad de uso: El dispositivo está diseñado para ser fácil de instalar y usar por los consumidores, lo cual es un factor importante para su adopción masiva. Un manual de usuario donde se especifiquen las acciones a tomar en el hogar en caso de sismo y un canal de soporte técnico a través de la página web facilitarán la operación e implantación del dispositivo en los hogares colombianos.

Producción y distribución: La fabricación del dispositivo puede ser gestionada mediante la subcontratación a fabricantes de componentes electrónicos, lo que permite escalabilidad en la producción, aunque a pequeña escala es factible realizarlo en un local pequeño sin mayores requerimientos. La distribución puede realizarse a través de canales en línea y puntos de venta especializados.

Mantenimiento y Soporte: Se deben establecer procedimientos de mantenimiento y soporte técnico para asegurar la durabilidad y funcionalidad del dispositivo. La implementación de actualizaciones de firmware y asistencia técnica a través de la página web contribuirán a mantener la satisfacción del cliente y los dispositivos actualizados

#### Factibilidad Legal y Normativa

Regulaciones y normativas: El dispositivo cumple con las normativas locales e internacionales relacionadas con dispositivos electrónicos y sistemas de alerta temprana. Esto

se asegura al utilizar en su fabricación elementos que cumplen con dichas normas de seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética, y otras regulaciones.

Protección de la propiedad intelectual: Se realizará posteriormente el registro de patentes y marcas asociadas al dispositivo, protegiendo así, la propiedad intelectual del proyecto y asegurando la exclusividad en el mercado.

### Impacto Social

Beneficio Comunitario: La implementación del dispositivo en hogares tiene un impacto positivo significativo, al mejorar la capacidad de respuesta ante sismos y contribuir a la seguridad de las comunidades.

Concienciación y educación: El dispositivo no solo proporciona alertas tempranas, sino que también fomenta una cultura de preparación y educación sobre riesgos y desastres naturales, promoviendo prácticas seguras en la comunidad, mediante el manual de uso y acciones en caso de un sismo en el hogar y el poder evidenciar los sismos que no se detectaron través del aplicativo web

### **Publicaciones de otros autores respecto al tema**

Encontramos un sinnúmero de autores que nos hablan al respecto o han realizado trabajos similares, como vemos en el artículo publicado en la "Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres" (Vélez Correa, 2023), Correa, Hurtado y Castaño se enfocaron en evaluar la progresión de la vulnerabilidad ante terremotos en la zona urbana de Santiago de Cali, Colombia. Emplearon una metodología que les permitió calcular índices de vulnerabilidad basados en factores biopsicosociales, y factores de presión e impacto del fenómeno sísmico. Los resultados arrojaron valores de vulnerabilidad con respecto a los sismos en la ciudad; o en el trabajo de Mariño Valcárcel y Silva Fajardo, realizado en 2019 en la

Universidad de Santo Tomás de Aquino (Mariño Valcarcel, 2019) el cual se centra en sistemas de alerta temprana para sismos.

Los autores destacan la importancia de estas herramientas para advertir a las comunidades sobre posibles eventos naturales, permitiéndoles tomar decisiones adecuadas y proteger vidas, en la "Guía para Elaboración de Plan de Emergencias Familiar". (Libertadores, 2021) ofrece una orientación práctica para crear un plan de acción ante situaciones de emergencia a nivel doméstico.

Vemos en la conferencia "4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering" de 2020, Suherman, Fahmi, Herry, y Al-Akaidi, (S Suherman, 2024) que ellos examinaron las ventajas y desventajas de sensores de imagen inalámbricos en comparación con los basados en servidor para la detección de humanos o animales. Se centraron en la transmisión de datos mediante el enlace de radio de 433 MHz, el cual es el estándar de comunicaciones que utilizaremos en nuestro proyecto, también encontramos que Oña Herrera y Espinoza Ponce, en su trabajo realizado en 2023 en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, describen un módulo diseñado para detectar movimientos sísmicos y enviar alertas a través de la plataforma de mensajería Telegram, utilizando un detector de vibraciones para captar oscilaciones causadas por terremotos y coordinar acciones preventivas, de esta forma vemos como a través del tiempo muchas personas han investigado acerca de este tema de alerta temprana durante un evento de sismo, aunque no ha sido implementado un dispositivo de control autónomo que involucre tecnologías IOT y que tenga un componente educativo asociado.

## Cronograma de actividades

**Tabla 3**

*Cronograma de Actividades*

TAREA	INICIO	FIN
<b>FASE 1 Preliminares</b>		
Envío y aceptación del proyecto de grado a los diferentes estamentos de la universidad con el fin de iniciar el proyecto aprobado	17-8-23	27-4-24
Identificación del problema real y encapsulamiento de las necesidades a cubrir mediante el uso del producto final	27-4-24	28-4-24
Análisis estadístico de la necesidad de encontrar solución a este problema	27-4-24	30-4-24
Búsqueda de artículos y proyectos previos donde ya se hayan tocado temas parecidos	27-4-24	29-4-24
Establecer objetivos medibles y alcance de la solución respecto al problema general	27-4-24	30-4-24
Análisis de costos y presupuestos	27-4-24	30-4-24
<b>FASE 2 Desarrollo de prototipo electrónico</b>		
Diseño del circuito de detección de sismo	1-5-24	15-5-24
Diseño del circuito comunicación RF	1-5-24	15-5-24
Diseño del circuito encargado de potencia	1-5-24	15-5-24
Diseño PCB (Tarjeta Principal)	1-6-24	15-6-24

---

Diseño del circuito WIFI	1-6-24	15-6-24
Diseño de la página y base de datos encargados de guardar los datos	1-7-24	10-7-24
Simulación de los circuitos mediante un software especializado	1-5-24	1-7-24
Desarrollo del circuito de detección de sismo	15-5-24	15-6-24
Desarrollo del circuito comunicación RF	1-5-24	15-5-24
Desarrollo del circuito encargado de potencia	1-5-24	15-5-24
Desarrollo PCB (Tarjeta Remota)	1-7-24	5-7-24
Diseño del contenedor o búsqueda de uno comercial	1-5-24	15-7-24
Búsqueda de materiales	1-5-24	15-7-24
Montaje de elementos	10-7-24	20-7-24

### **FASE 3 Pruebas**

---

Realización de pruebas con la PCB ensamblada	15-7-24	30-7-24
Calibración de sensibilidad	15-7-24	30-7-24
Pruebas de conexión WIFI y transmisión de datos a la nube	15-7-24	30-7-24
Calibración y pruebas de RF	15-7-24	30-7-24
Calibración y pruebas de sensor de sismo	25-7-24	30-7-24

### **FASE 4 Manuales de uso**

---

Desarrollo de un manual de uso del dispositivo	1-8-24	5-8-24
--	--------	--------

---

Desarrollo de un manual de cómo hacer un plan de emergencias para el hogar	1-8-24	5-8-24
<b>FASE 5 Implementación</b>		
Implementación del proyecto en un hogar	1-8-24	5-8-24

*Nota.* Autoría Propia

### Análisis de costos y presupuestos

Para el desarrollo del Dispositivo Sensor de Sismos para el Hogar, se requieren elementos electrónicos básicos y algunos de complejidad media, en este apartado veremos las cantidades y costos al momento de ensamblar el dispositivo.

**Tabla 4**

*Análisis de Costos Prototipo*

Ítem	Especificaciones	Cant.	Valor unidad	Valor total
Resistencias	Varios valores	5	\$ 10	\$ 50
Condensadores	Varios valores	3	\$ 600	\$ 1.800
Microcontrolador	Arduino uno	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Transistores	Varios valores	4	\$ 1.100	\$ 4.400
Baquela	Cobre- fibra de vidrio una cara	2	\$ 2.000	\$ 4.000
Convertor estados de voltaje		1	\$ 20.000	\$ 20.000
Módulo rf transmisor y receptor rf	433 mhz	2	\$ 7.300	\$ 14.600

Codificadores		2	\$	5.000	\$	10.000
Modulo Wifi		1	\$	30.000	\$	30.000
Reles	5vdc - 250vac / 30vdc - 10a	2	\$	3.900	\$	7.800
Fuente o batería	9v	2	\$	4.800	\$	9.600
Baterías	9v	2	\$	4.000	\$	8.000
Caja de proyecto		1	\$	10.000	\$	10.000
Led		4	\$	50	\$	200
Broca		5	\$	1.000	\$	5.000
Cloruro férrico		3	\$	2.000	\$	6.000
Zumbador		1	\$	1.500	\$	1.500
<b>Total</b>					<b>\$</b>	<b>212.950</b>

*Nota.* Autoría Propia

Dentro de los elementos utilizados para el desarrollo del proyecto tenemos también:

**Tabla 5**

*Análisis de Costos Herramientas*

ITEM	ESPECIFICACIONES	CANTI DAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
Computador	Core i7 8MB RAM SHD 500GB	1	2500000	2500000
Conectividad	Internet de 300Mbps	2	80000	160000
Herramienta de mano	Cautín, taladro, mototool, cepillos, lijas, destornilladores	1	400000	400000

---

TOTAL	3060000
-------	---------

---

*Nota. Autoría Propia*

Y como recursos humanos suponiendo un salario mensual de \$2'000.000 y una sola persona realizándolo, tenemos:

**Tabla 6**

*Análisis de Costos Recurso Humano*

	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD	VALOR	VALOR
ITEM		(Días)	UNIDAD \$	TOTAL \$
Horas planeación	Ago. 17 oct 11	56	66.000	3'696.000
Horas diseño	Sep. 21 nov 11	51	66.000	3'366.000
Horas de montaje y calibración	Nov 1 Nov 15	15	66.000	990.000
<b>TOTAL</b>				<b>8'052.000</b>

---

*Nota. Autoría Propia*

**Fase II Desarrollo de prototipo electrónico**

Especificaciones Técnicas

Alimentación

El sistema tendrá su alimentación por medio de una pila alcalina de 9 voltios en el sistema principal y otra en el sistema remoto, así como posibilidad de implementar una fuente fija sencilla

## Visualización

Se realizará la visualización del estado del dispositivo mediante una pantalla de lcd de 2x16 allí mediante mensajes alusivos a el estado del dispositivo podremos saber que se encuentra sucediendo al momento.

A su vez se realizará la visualización en tiempo real de los datos obtenidos a través de una interfaz en línea, aprovechando las ventajas de la computación IOT que nos ofrece la tecnología al momento

## Control

El dispositivo se controla automáticamente, únicamente tiene un botón de reset para apagar la alarma y un botón de encendido que permite el paso de el voltaje al dispositivo.

## Instrumentación

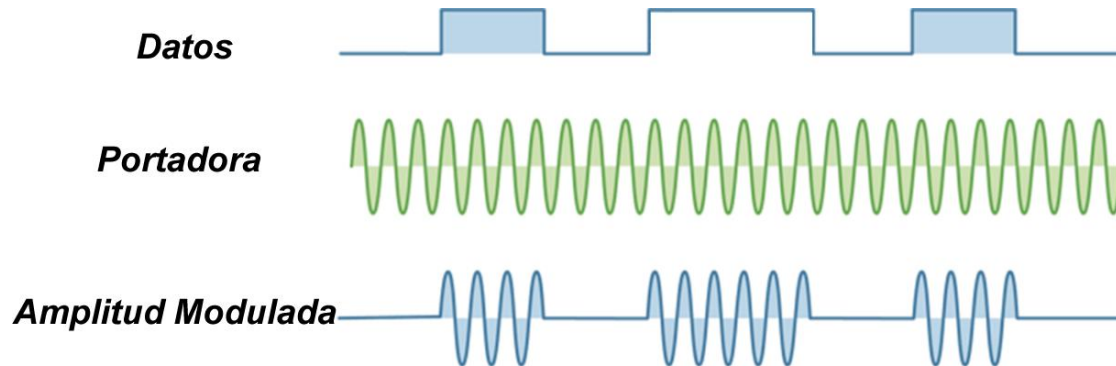
El procesamiento de señales y control interno del dispositivo se hará mediante un sistema Arduino Uno. El tipo de transmisión desde la tarjeta principal a la tarjeta de relé se hará mediante módulos de comunicación RF utilizando el protocolo de comunicación ASK y la conexión con la base de datos estará a cargo de una placa ESP8266 la cual controlará la transmisión de datos por WiFi. La base de datos estará desarrollada en lenguaje MySQL y estará controlada por comandos HTML y PHP. La aplicación web estará desarrollada en lenguaje HTML y la gráfica de comparación de valores estará desarrollada en lenguaje JavaScript biblioteca Chart.js

### *Protocolo de comunicación ASK*

El protocolo utilizado en la comunicación desde el módulo principal al módulo remoto será ASK (Amplitude shift keying), modulación por desplazamiento de amplitud, con el cual es posible transmitir datos digitales por ondas de radio en este caso utilizando una señal portadora de 433MHz

**Figura 3**

Protocolo ASK



*Fuente.* Elaboración Propia

Diseño del circuito electrónico

*Planos del circuito electrónico y estructural de la solución*

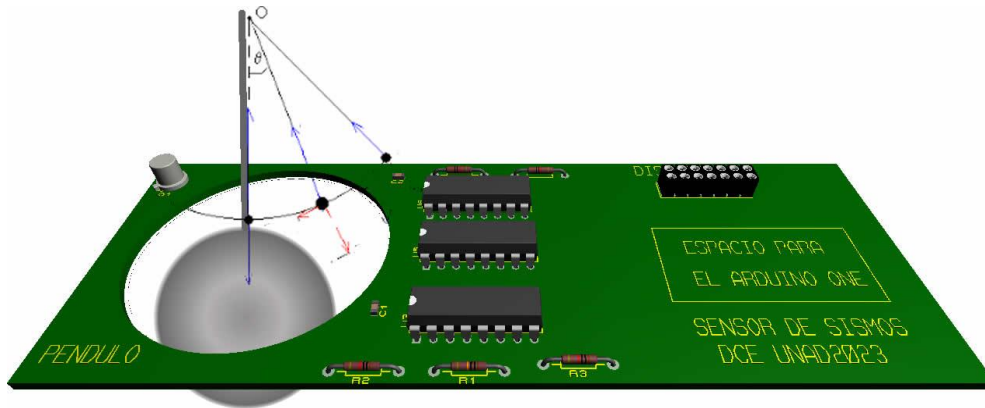
Dentro del diseño del circuito del Dispositivo Detector de Sismos para el Hogar se pasó por varias versiones las cuales pongo en su conocimiento dado que fueron base del proyecto final

Diseño 1.0

Se realiza el primer bosquejo del diseño del circuito del dispositivo y su placa de circuito impreso para entender el funcionamiento del dispositivo mediante el software CAD para electrónica Proteus de Labcenter Electronics V8.13 SP0

### Figura 4

#### Bosquejo general Simulación

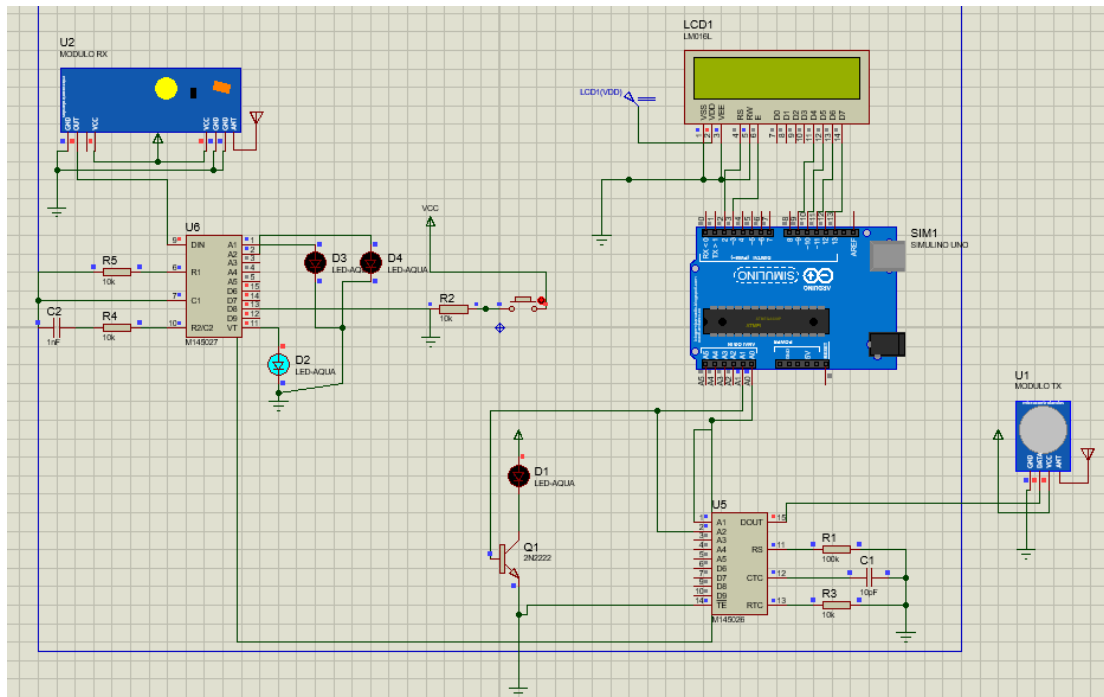


Fuente. Elaboración Propia

Se realiza, a través del software de simulación un circuito compuesto por un elemento de control, un elemento de visualización de información, un péndulo que hace la función de sensor y un circuito de comunicación RF, los cuales posibilitan la detección de sismos y una automatización de la acción de control sobre un elemento remoto a través de comunicación RF. En esta versión vemos el uso de comparadores de voltaje y circuitos de amplificación de señales los cuales desaparecerán más adelante así como se incluirán otros componentes, aun en esta versión no se incluía el componente de conexión wifi que marcara la diferencia convirtiendo el dispositivo en un elemento IOT

**Figura 5**

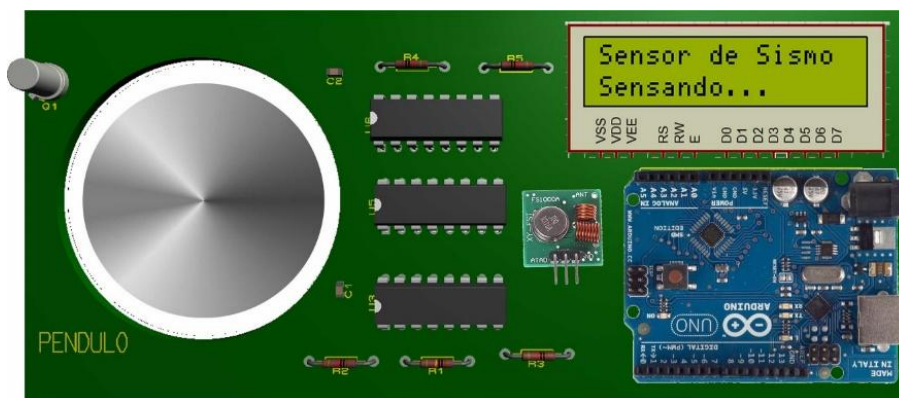
*Circuito General*



*Fuente. Elaboración Propia*

**Figura 6**

*Montaje Completo Simulación*



*Fuente. Elaboración Propia*

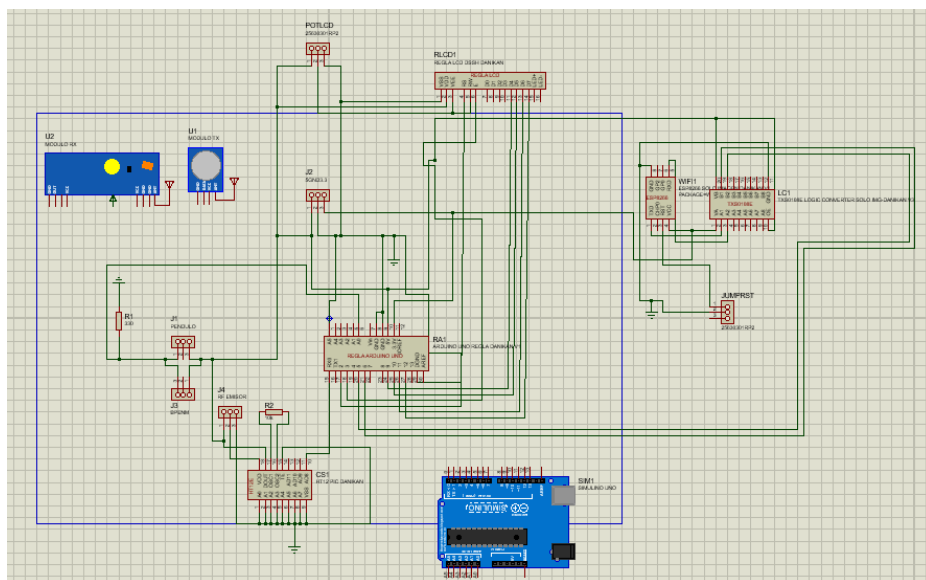
## Diseño Final.

Se realiza el diseño de la placa principal del circuito de tal forma que la misma se pueda acoplar con la plataforma de desarrollo Arduino Uno usando para ello la conexión a través de sus propios conectores dando como resultado un dispositivo embebido con la placa.

En el software de diseño electrónico Proteus 8.13 se genera el circuito final y se desarrollan los componentes especiales y sus huellas de circuito, tales como la huella de la placa Arduino, los elementos de comunicación rf y wifi, el display y otros elementos requeridos para su funcionamiento.

### **Figura 7**

#### *Diseño Final del Circuito*



*Fuente. Elaboración Propia*

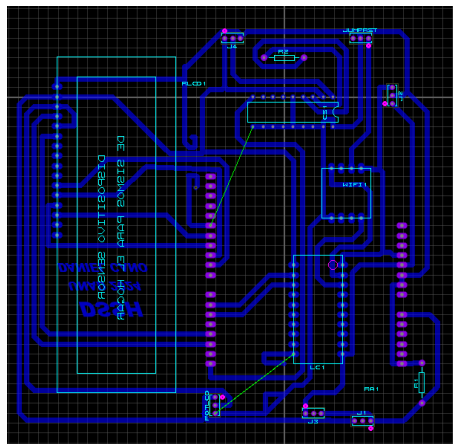
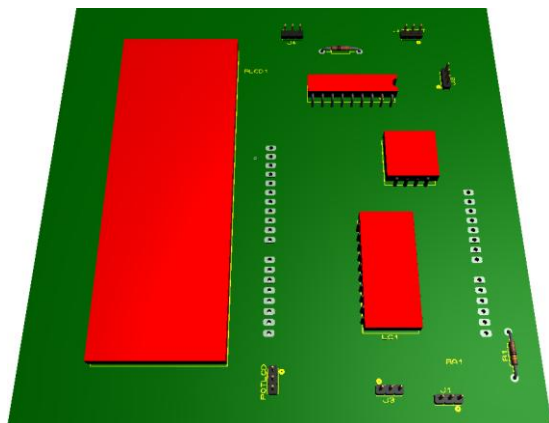
#### *Diseño del circuito comunicación RF*

Para la comunicación entre la placa principal y el módulo de control remoto donde se encuentra el relé, se utilizaron módulos de comunicación RF los cuales en nuestro caso oscilando

a 433 MHz, con ellos para la codificación y decodificación de los datos a transmitir se usaron los circuitos integrados HT12E y HT12D los cuales son un par de circuitos integrados usados para comunicación remota en sistemas RF o IR, donde el HT12E (encoder) convierte datos digitales paralelos (4 bits) en una señal serial codificada que se transmite a través de módulos RF, mientras que el HT12D (decoder) recibe esta señal, verifica la dirección configurada usando 8 pines de dirección en ambos y recupera los datos originales en formato paralelo.

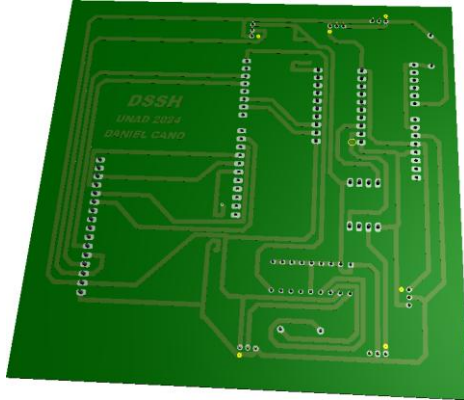
### *Diseño PCB*

El diseño y desarrollo de la placa PCB para el DSSH (Dispositivo Sensor de Sismos para el Hogar) se enfoca en crear un sistema embebido, compatible con una placa de desarrollo Arduino Uno. La PCB incluye un diseño que integra puertos para el péndulo sensor de oscilaciones sísmicas, módulos de comunicación WiFi y RF para transmisión de datos, y una pantalla LCD para visualizar información en tiempo real. Además, incorpora los componentes necesarios para regulación de voltajes, la gestión de señales y la conectividad con el microcontrolador.

**Figura 8***Diseño de PCB**Fuente. Elaboración Propia***Figura 9***Simulación 3D Circuito Superior**Fuente. Elaboración Propia*

**Figura 10**

*Simulación 3D Circuito Inferior*



*Fuente. Elaboración Propia*

Para garantizar el correcto funcionamiento del circuito electrónico, se realizaron simulaciones iniciales en el software especializado CAD Proteus, permitiendo verificar el diseño teórico, el flujo de señales y la interacción entre los componentes. Tras validar los resultados en el entorno virtual, se procedió a montar el circuito en una protoboard, lo que facilitó la realización de pruebas físicas y ajustes en tiempo real, también permitió identificar errores y mejoras antes de la fabricación de la PCB definitiva.

## *Figura 11*

### *Montaje Completo Protoboard*



*Fuente.* Elaboración Propia

### Desarrollo del péndulo sensor de oscilaciones sísmicas

Para el desarrollo del péndulo y entender su funcionamiento fue necesario investigar a fondo acerca de cómo se comportan los sismos y como esto puede ser traducido a señales eléctricas para su medición a través del dispositivo y posteriormente poder asociarlo a una escala internacional como la escala de medición para la energía liberada durante un sismo conocida como la escala Richter

Cuando la tierra se mueve hacia un lado durante un sismo, este movimiento se llama desplazamiento sísmico o movimiento del suelo. Este desplazamiento puede ocurrir en diferentes direcciones, lateral o verticalmente, y se clasifica generalmente en tres tipos principales de ondas:

Ondas P (primarias o longitudinales): Estas son ondas que comprimen y expanden el suelo en la dirección de propagación, moviéndose hacia adelante y atrás, similar a un resorte.

Ondas S (secundarias o transversales): Estas ondas hacen que el suelo se mueva perpendicularmente a la dirección de propagación, creando un movimiento hacia los lados o arriba y abajo.

Ondas superficiales (ondas Love y Rayleigh): Estas son ondas que se mueven a lo largo de la superficie de la tierra. Las ondas Love mueven el suelo de un lado a otro en sentido horizontal, mientras que las ondas Rayleigh generan un movimiento elíptico, similar al de las olas en el agua.

Cada uno de estos movimientos contribuye a lo que se percibe durante un terremoto, siendo los desplazamientos laterales (especialmente las ondas superficiales) los más destructivos.

El número de ondulaciones o ciclos de movimiento lateral (hacia un lado y otro) y la duración de un sismo dependen de varios factores, como la profundidad del epicentro, la naturaleza del suelo y la magnitud en la escala de Richter. Aunque los registros históricos no siempre detallan con precisión el número exacto de ondulaciones, sí existen datos aproximados de la duración y características de sismos conocidos

**Tabla 7**

*Comportamiento de la Duración y Oscilaciones en Diferentes Magnitudes Richter*

Magnitud (Richter)	Duración promedio del sismo (segundos)	Número de oscilaciones laterales	Duración de cada ondulación (segundos)
2	Menos de 10 segundos	2-3 ondulaciones	0.5-1 segundo
3	10-15 segundos	3-5 ondulaciones	1-1.5 segundos

Magnitud (Richter)	Duración promedio del sismo (segundos)	Número de oscilaciones laterales	Duración de cada ondulación (segundos)
4	10-20 segundos	4-6 ondulaciones	1.5-2 segundos
5	15-25 segundos	6-8 ondulaciones	1.5-2 segundos
6	20-30 segundos	8-10 ondulaciones	2-3 segundos
7	30-40 segundos o más	10-15 ondulaciones	2.5-3 segundos

*Nota. Autoría Propia*

### *Oscilaciones de los Sismos*

Los sismos varían en su intensidad y efectos según su magnitud en la escala de Richter, este parámetro mide la cantidad de energía liberada durante un movimiento, lo que se traduce en la duración del evento y la cantidad de oscilaciones o movimientos del suelo de un lado hacia otro (conocidas como ondulaciones).

A continuación, analizamos cómo se comporta la duración y la cantidad de ondulaciones laterales de un sismo a diferentes magnitudes, tomando ejemplos de ocurridos en Colombia, un país con alta actividad sísmica.

### *Duración y Ondulaciones a Diferentes Magnitudes*

Sismos de magnitud baja (2-4 en la escala de Richter): En este rango de magnitud, los sismos suelen ser de corta duración, generalmente menores a 20 segundos. La cantidad de ondulaciones laterales (es decir, el movimiento de ida y vuelta del suelo) es baja, con entre 2 y 6 oscilaciones perceptibles.

Por ejemplo, un sismo de magnitud 2 puede durar apenas 5 a 10 segundos, con una ondulación rápida de 0.5 a 1 segundo por ciclo. A medida que la magnitud se acerca a 4, la

duración puede aumentar a unos 15-20 segundos, con ondulaciones más pronunciadas, de 1.5 a 2 segundos por ciclo.

Sismos de magnitud moderada (5-6 en la escala de Richter): Los sismos de esta categoría tienden a causar sacudidas más notables y peligrosas. Un ejemplo es el terremoto de Popayán de 1983 (magnitud 5.5), que duró entre 15 y 18 segundos y presentó entre 7 y 9 oscilaciones laterales de aproximadamente 1.5 a 2 segundos por ciclo.

En magnitudes cercanas a 6, como el sismo de Armenia de 1999 (magnitud 6.2), la duración puede extenderse a unos 15-20 segundos, con alrededor de 8 a 10 oscilaciones, donde cada ciclo de movimiento de un lado a otro dura entre 2 y 2.5 segundos.

Sismos de magnitud alta (7 o más en la escala de Richter): Cuando la magnitud de un sismo alcanza o supera los 7 grados en la escala de Richter, la duración del evento y el número de ondulaciones se incrementan considerablemente. El terremoto de Tumaco de 1979 es un ejemplo destacado, con una magnitud de 7.9. Este evento duró entre 30 y 40 segundos y presentó alrededor de 12 a 15 oscilaciones laterales, cada una con una duración de 3 a 4 segundos.

### **Tabla 8**

#### *Sismos en Colombia y sus Magnitudes*

<b>Sismo</b>	<b>Magnitud (Richter)</b>	<b>Duración Total (segundos)</b>	<b>Número de Ondulaciones</b>	<b>Duración de cada ondulación (segundos)</b>
Terremoto de Armenia (1999)	6.2	15-20	8-10	2-2.5

<b>Sismo</b>	<b>Magnitud (Richter)</b>	<b>Duración Total (segundos)</b>	<b>Número de Ondulaciones</b>	<b>Duración de cada ondulación (segundos)</b>
Terremoto de Popayán (1983)	5.5	15-18	7-9	1.5-2
Terremoto de Tumaco (1979)	7.9	30-40	12-15	3-4
Terremoto de Santander (2015)	6.6	20-25	10	2-3
Terremoto del Eje Cafetero (2022)	5.9	20	8-10	2-2.5

*Nota.* Autoría Propia

A mayor magnitud, las oscilaciones no solo se vuelven más lentas y potentes, sino que también pueden ser más destructivas, ya que el suelo tarda más tiempo en regresar a su posición original entre cada ciclo.

Después de entender el comportamiento y naturaleza de los sismos y su representación en una escala se desarrolló un péndulo que pudiera percibir el movimiento de las ondas sin importar su dirección y las convirtiera en señales eléctricas aptas para ser procesadas por nuestro microcontrolador haciendo la función de transductor entre energía cinética y energía eléctrica.

## **Figura 12**

### *Péndulo Transductor*



*Fuente.* Elaboración Propia

### Proceso de realización PCB

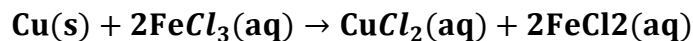
La fabricación de un circuito impreso (PCB) mediante el uso de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) involucra varios pasos que aseguran la creación de trazados de cobre necesarios para la funcionalidad del circuito.

Inicialmente, se diseña el patrón del circuito utilizando un software de diseño electrónico. Este diseño se imprime en una hoja de transferencia utilizando una impresora láser. El tóner de la impresora, compuesto de partículas de plástico, se adhiere al papel y se utiliza posteriormente para transferir el diseño a la placa de cobre.

La transferencia del diseño se realiza colocando la hoja impresa sobre la superficie de una placa de cobre revestida de fibra de vidrio y aplicando calor y presión con una plancha convencional, la temperatura para este proceso suele estar entre  $150^\circ\text{C}$  y  $200^\circ\text{C}$ , bajo estas condiciones, el tóner se derrite y se adhiere al cobre, protegiendo las áreas que formarán las pistas del circuito.

Con el diseño del circuito adherido a la placa de cobre, el siguiente paso es el grabado. La placa se sumerge en una solución de cloruro férrico. El cloruro férrico es un agente grabador que reacciona con el cobre expuesto. Los iones férricos ( $\text{Fe}^{3+}$ ) del cloruro férrico reaccionan con el cobre metálico (Cu) en un proceso de oxidación-reducción.

Esta reacción puede representarse químicamente como:

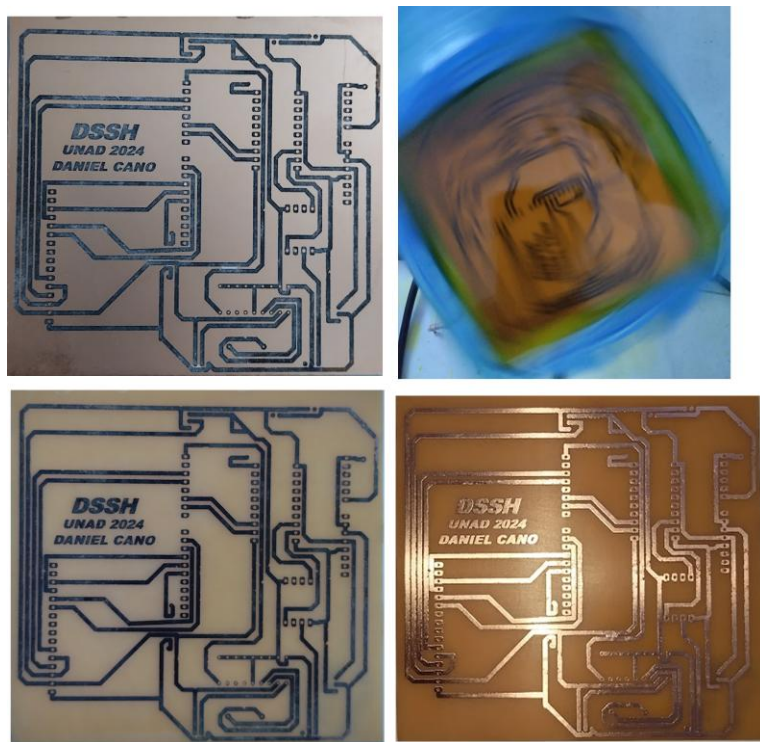


Durante esta reacción, el cobre se oxida a iones cúpricos ( $\text{Cu}^{2+}$ ), que se disuelven en la solución, mientras que los iones férricos se reducen a iones ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Este proceso continúa hasta que todo el cobre no protegido por el tóner se ha disuelto, dejando únicamente el diseño del circuito impreso.

El tiempo de exposición al cloruro férrico debe ser monitoreado hasta asegurar que se elimine todo el cobre no deseado sin sobrepasar las áreas protegidas. Tras la grabación, la placa se enjuaga con agua para detener la reacción química y eliminar cualquier residuo de cloruro férrico.

Finalmente, el tóner protector se retira usando un solvente adecuado, como acetona, revelando las pistas de cobre que forman el circuito impreso final.

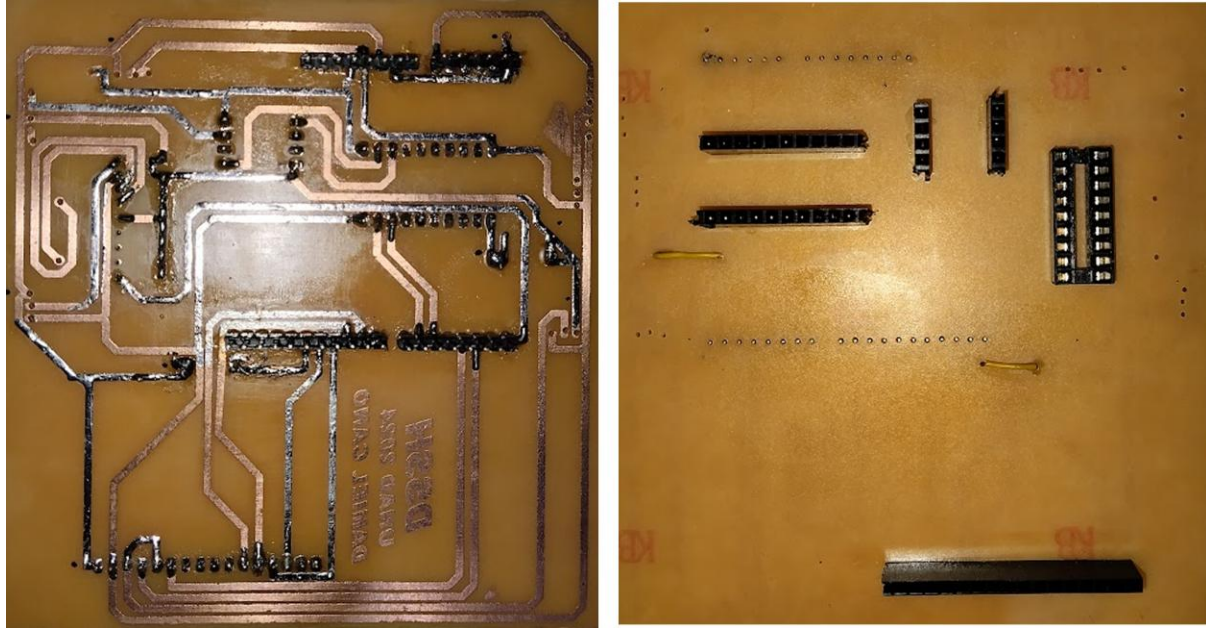
En el proceso de reacción se sugiere mover el cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) sobre la superficie por lo que se ha implementado en esta oportunidad un motor eléctrico que hace girar el plato donde yace la placa de circuito, generando un flujo contante de el mismo sobre la placa

**Figura 13***Proceso de Realización PCB Mediante Cloruro Férrico*

*Fuente.* Elaboración Propia

*Montaje de elementos*

Una vez que el grabado del circuito ha finalizado, se procede a realizar los agujeros en la placa, alineándolos cuidadosamente con las huellas o footprints del diseño. Estos agujeros permiten la inserción de componentes a través de la placa. Finalmente, se ensamblan los componentes en la PCB, asegurándolos con soldadura en las conexiones correspondientes para completar el circuito

**Figura 14***Soldadura y Montaje de Elementos**Fuente. Elaboración Propia***Fase III Programación:****Programación microcontrolador**

La programación del DSSH, debe obedecer a la siguiente lógica: al energizar el circuito este debe iniciar la carga del microcontrolador quién a su vez debe cargar las librerías y variables requeridas para su funcionamiento realizar la conexión con la red WiFi y llegar a una zona de espera de la señal.

Al moverse el péndulo a causa de las oscilaciones de un sismo y hacer que éste haga contacto con el yugo que lo rodea, se genera una señal que llamaremos “señal de onda” la cual es requerida para que el programa inicie su ciclo.

Esta señal se confirma como un sismo real mediante la detección de tres oscilaciones y el primer tiempo se almacenará en memoria como el tiempo entre eventos de sismo detectados.

Tras confirmar que se trata de un evento de sismo real, se activa una alerta audible y visible.

Simultáneamente, se envía una señal por radiofrecuencia a un receptor que, mediante un relé, controla la activación o desactivación de un dispositivo conectado.

Además, el dispositivo transmite los datos de la señal sísmica detectada a través de Wi-Fi a una base de datos, permitiendo la visualización y registro del historial de sismos en una ubicación específica. De esta manera, se aprovecha la tecnología IoT actual para mejorar el monitoreo y control de eventos sísmicos.

#### Explicación detallada

El proceso comienza cuando se energiza el sistema sensor de sismo, el microcontrolador del Arduino realiza la validación del software que se ha grabado en su memoria y empieza a reproducirlo así:

1. Carga de Librerías
2. Configuración de pines
3. Inicialización de sus variables
4. Inicialización de la pantalla LCD
5. Carga del programa principal encargado e la toma de decisiones respecto a la información obtenida así:
6. Muestra mensaje de bienvenida y la animación “(((SENSANDO)))”
7. Verifica si hay señal del péndulo, si no la hay regresa a la pantalla de bienvenida
8. En caso de recibir señal, este, espera un tiempo establecido y vuelve a sensar la señal de péndulo

9. En caso de que no haya señal se entiende que fue una falsa alarma y regresa a la pantalla de bienvenida
10. En caso de recibir una segunda señal, este, espera un tiempo establecido y vuelve a sensar la señal de péndulo
11. En caso de que no haya señal se entiende que fue una falsa alarma y regresa a la pantalla de bienvenida
12. En caso de recibir señal, se genera un mensaje en la pantalla LCD, indicando la manifestación de evento telúrico “SISMO EN CURSO”
13. A continuación, se genera un mensaje en la pantalla LCD, indicando la activación del relevo controlado por radiofrecuencia “A L E R T A! ACTIVANDO RELE RF”
14. El programa toma los datos almacenados en las variables de los tiempos entre señales y establece una conexión WiFi preestablecida para después proceder a enviarlas a la base de datos SQL mediante comandos HTML y PHP, la cual a su vez puede ser consultada por la interfaz web de usuario
15. El microcontrolador activa el pin RF en estado alto para enviar la señal al codificador, el cual encripta la señal y la procesa para poder ser enviada bajo el protocolo Simplex ASK a través del módulo TX RF
16. El módulo RX RF recibe la señal a distancia y procede a demodular la señal, obteniendo un nivel alto en el pin 1 de señal, el cual a su vez activa un transistor 2n4007 que permite la activación del relevo 5V 24A que energiza o desenergiza el elemento conectado según haya sido configurado, ya sea una sirena, un motor, una luminaria, etc.

17. Después de ello se da un tiempo prudencial o mediante el botón de detención de parada, se esperara para que el sistema deje de generar la señal de sismo tras lo cual se mostrara un mensaje en la pantalla LCD “DESACTIVANDO RELE RF” y se procederá en poner el pin RF en bajo lo que transmitirá por la señal de radiofrecuencia un cero al pin uno de señales, y ello desenergizará la bobina del relé, volviendo a restaurar el sistema y regresando a la pantalla de bienvenida donde también se desactiva la conexión wifi.

**Figura 15**

*Código de Adquisición de Datos V1.0 (lenguaje C++ Arduino)*

```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2
3
4  LiquidCrystal lcd(2,3,9,10,11,12);
5  int sismo;
6  int onda;
7  float veces;
8
9
10 void setup(){
11   lcd.begin(16,2);
12 }
13 void loop(){
14   digitalWrite(A1, LOW);
15   lcd.setCursor(0, 0);
16   lcd.print("Sensor de Sismo");
17   sismo=analogRead(A0);
18   delay(200);
19
20   if (sismo > 1000) {
21     lcd.clear();
22     lcd.print("Primer Onda");
23
24     if (sismo > 1000) {
25       lcd.clear();
26       lcd.print("Primer Onda");
27       onda++;
28       delay(400);
29       sismo = analogRead(A0);
30       if (sismo > 1000) {
31         lcd.clear();
32         lcd.print("Segunda onda");
33         onda++;
34         delay(400);
35         sismo = analogRead(A0);
36         if (sismo > 1000) {
37           lcd.clear();
38           lcd.print("Tercera Onda");
39           lcd.setCursor(0, 1);
40           delay(100);
41           lcd.print("Sismo en curso");
42           delay(300);
43           digitalWrite(A1, HIGH);
44           lcd.setCursor(0, 0);
45
46           lcd.setCursor(0, 0);
47           lcd.print("A L E R T A ! ! !");
48           lcd.setCursor(0, 1);
49           lcd.print("APAGANDO DISP. ");
50           delay(5000);
51           lcd.clear();
52           onda++;
53           delay(250);
54         }
55       } else {
56         onda = 0;
57       }
58     } if (onda == 0) {
59       lcd.setCursor(0, 1);
60       lcd.print("Sensando...");
61       delay(250);
62     }
63   }
64 }

```

*Fuente. Elaboración Propia*

Figura 16

## Código de Adquisición de Datos V2.0 (Lenguaje C++ Arduino)

```

1 #include <WireCrystal.h>
2 #include <SoftwareSerial.h>
3
4 // Pines y credenciales WiFi
5 #define ADD_RX_ESP_TX 8 // RX del Arduino conectado a TX del ESP8266
6 #define ADD_TX_ESP_RX 5 // TX del Arduino conectado a RX del ESP8266
7 #define ESP_RX 4
8 #define LED_PIN 13
9 #define ESP_HOST "claro_bssoc" // nombre de red
10 #define esp_pass "STR880V978" // contraseña de red
11 #define HOST "facilabwv.com.co" // nombre de servidor
12 #define PAGE "/AF.php" // script php
13 #define PORT 80
14
15 // Configuración de la pantalla LCD
16 LiquidCrystal lcd(2, 3, 9, 10, 11, 12);
17 SoftwareSerial espSerial(ADD_RX_ESP_TX, ADD_TX_ESP_RX);
18
19 // Variables de toma de datos
20 const int N = 4;
21 unsigned long tiempo_antes = 0;
22 int onda = 0;
23 unsigned long tiempo_inicial;
24 unsigned long t1 = 0, t2 = 0, t3 = 0, t4 = 0; // Variables para almacenar los tiempos
25
26 void setup() {
27   pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
28   espSerial.begin(9600); // Comunicación con el ESP8266
29   Serial.begin(9600); // Monitor serial
30   lcd.begin(16, 2); // Inicializar LCD
31   lcd.print("Iniciando...");
32
33   // Configurar el ESP8266
34   resetESP8266();
35   connectWiFi();
36
37   pinMode(RF, OUTPUT); // Configurar el pin de sensor
38 }
39
40 void loop() {
41   // Proceso de muestreo
42   if (onda == 0) {
43     lcd.clear();
44     lcd.setCursor(0, 0);
45     lcd.print("Sensor de Sismo");
46
47     lcd.setCursor(0, 1);
48     lcd.print(" Senando ");
49     delay(750); // Espira animada
50     tiempo_inicial = millis();
51
52     while (millis() - tiempo_inicial < 10000) {
53       int x1 = analogRead(A0);
54       if (x1 > 1000) { // Detectar evento sísmico
55         onda++;
56       }
57     }
58
59     // Captura de las ondas
60     if (onda > 0 && onda <= 4) {
61       unsigned long tiempo_actual = millis();
62       unsigned long tiempo_transcurrido = tiempo_actual - tiempo_antes;
63
64       // Guardar los tiempos en las variables correspondientes
65       if (onda == 1) {
66         t1 = tiempo_transcurrido;
67       } else if (onda == 2) {
68         t2 = tiempo_transcurrido;
69       } else if (onda == 3) {
70         t3 = tiempo_transcurrido;
71       } else if (onda == 4) {
72         t4 = tiempo_transcurrido;
73       }
74
75       // Mostrar el tiempo capturado en la LCD
76       lcd.clear();
77       lcd.print("Onda ");
78       lcd.print(onda);
79       lcd.setCursor(0, 1);
80       lcd.setCursor(0, 1);
81       lcd.print("Tiempo: ");
82       lcd.print(tiempo_transcurrido);
83       lcd.print(" ms");
84       delay(1000);
85       tiempo_antes = tiempo_actual;
86
87       if (onda == 4) {
88         // Una vez capturadas las 4 ondas, enviar datos a la base de datos
89         enviarDatos(t1, t2, t3, t4);
90         onda = 0; // Reiniciar para la próxima toma
91       } else {
92         tiempo_inicial = millis();
93         while (millis() - tiempo_inicial < 10000) {
94           int x1 = analogRead(A0);
95           if (x1 > 1000) { // Detectar nueva onda
96             onda++;
97             break;
98           }
99         }
100       }
101     }
102   }
103 }
104 }

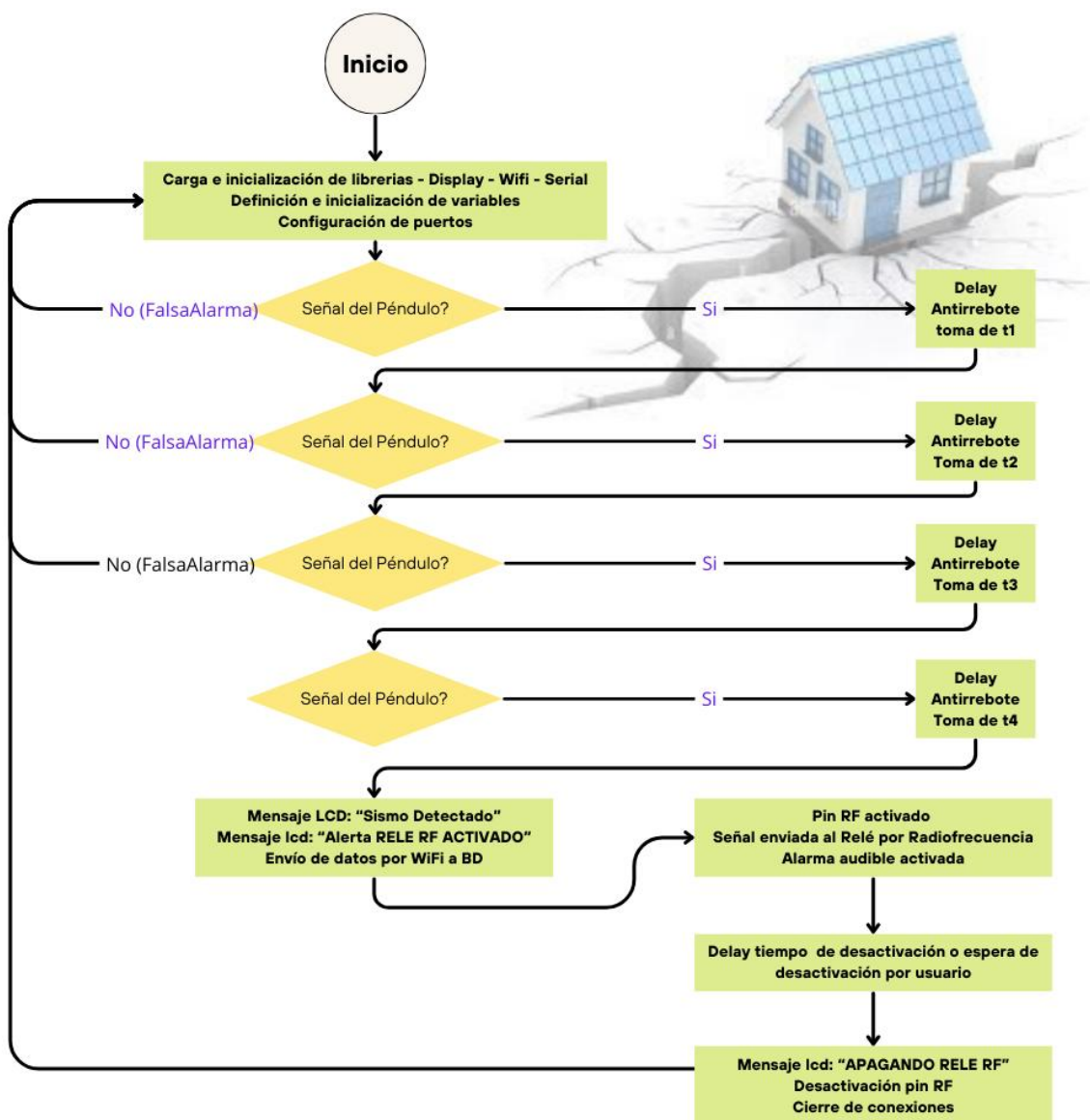
```

Fuente. Elaboración Propia

Diagrama de flujo programa principal

Figura 17

Diagrama de Flujo DSSH



Fuente. Elaboración Propia

Desarrollo de control de la comunicación WiFi y manejo de datos

La función que realiza la conexión WiFi y el envío de datos en el código es una combinación de las funciones `connectWiFi` y `enviarDatos`. La primera se encarga de establecer la conexión con la red WiFi utilizando el módulo ESP8266, enviando el comando AT correspondiente (`AT+CWJAP`) con las credenciales de red, y verificando si la conexión fue exitosa a través de la respuesta "WIFI GOT IP". Si no logra conectarse, intenta hasta cinco veces antes de reportar un error.

Figura 18

## Función Connectwifi

```

// Conectar a WiFi
void connectWiFi() {
    for (int attempt = 0; attempt < 5; attempt++) {
        Serial.println("Conectando a la red WiFi...");
        lcd.clear();
        lcd.print("Conectando WiFi...");

        String cmd = "AT+CWJAP=\"" + String(ESP_SSID) + "\",\"" + String(ESP_PASS) + "\"";
        esp8266.println(cmd);
        Serial.println("Enviando comando: " + cmd);

        String response = readESPResponse(15000); // Aumentar tiempo de espera si es necesario
        Serial.println("Respuesta del ESP8266: " + response);

        if (response.indexOf("WIFI GOT IP") != -1) {
            lcd.clear();
            lcd.print("WiFi conectado");
            getIPAddress(); // Obtener y mostrar la dirección IP
            return; // Conexión exitosa
        } else {
            lcd.clear();
            lcd.print("Error WiFi");
            Serial.println("Error al conectar a la red WiFi. Intento " + String(attempt + 1) + " de 5");
            delay(5000); // Esperar antes de intentar nuevamente
        }
    }
}

// Leer respuesta del ESP8266
String readESPResponse(unsigned long timeout) {
    String response = "";
    unsigned long start = millis();

    while (millis() - start < timeout) {
        while (esp8266.available()) {
            char c = esp8266.read();
            response += c;
            start = millis(); // Reiniciar el tiempo si estamos recibiendo datos
        }
    }

    return response;
}

// Obtener la IP del ESP8266
void getIPAddress() {
    esp8266.println("AT+CIFSR");
    delay(2000);
    String response = readESPResponse(2000);
    Serial.println("Respuesta CIFSR: " + response);

    int ipIndex = response.indexOf("STAIP,");
    if (ipIndex != -1) {
        String ip = response.substring(ipIndex + 7, response.indexOf("\"", ipIndex + 7));
        lcd.clear();
        lcd.print("IP: ");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(ip);
    }
}

```

Fuente. Elaboración Propia

La segunda función, `enviarDatos`, establece una conexión TCP con el servidor especificado mediante el comando `AT+CIPSTART`, construye y envía una solicitud HTTP POST con los datos recopilados del sensor (`t1`, `t2`, `t3`, `t4`) al script PHP indicado. Además, ambas funciones monitorean las respuestas del ESP8266 y utilizan la pantalla LCD para informar al usuario sobre el estado de la conexión o el envío de datos.

## Figura 19

### Función *Enviar Datos*

```

106 // Función para enviar datos a la base de datos
107 void enviarDatos(unsigned long t1, unsigned long t2, unsigned long t3, unsigned long t4) {
108     lcd.clear();
109     lcd.print("Enviando datos...");
110
111     // Establecer conexión con el host
112     String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\", \" + String(HOST) + "\", \" + String(PORT);
113     esp8266.println(cmd);
114     delay(5000);
115
116     String response = readESPResponse(10000);
117     Serial.println("Respuesta del ESP8266: " + response);
118     scrollText(response, 0, 300); // Mostrar en la LCD
119
120     if (response.indexOf("OK") != -1) {
121         // Datos a enviar
122         String postData = "NOMBRE=DSSH&CODIGO=0001&t1=" + String(t1) + "&t2=" + String(t2) + "&t3=" + String(t3) + "&t4=" + String(t4);
123
124         cmd = "POST " + String(PAGE) + " HTTP/1.1\r\n";
125         cmd += "Host: " + String(HOST) + "\r\n";
126         cmd += "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n";
127         cmd += "Content-Length: " + String(postData.length()) + "\r\n";
128         cmd += "Connection: close\r\n\r\n";
129         cmd += postData;
130
131         // Enviar datos
132         esp8266.print("AT+CIPSEND=");
133         esp8266.println(cmd.length());
134         Serial.println("Enviando comando: AT+CIPSEND=" + String(cmd.length()));
135
136         response = readESPResponse(5000);
137         Serial.println("Respuesta del ESP8266: " + response);
138         scrollText(response, 0, 300); // Mostrar en la LCD
139
140         if (response.indexOf(">") != -1) {
141             esp8266.print(cmd);
142             Serial.println("Enviando solicitud HTTP...");
143             lcd.clear();
144             lcd.print("Enviando HTTP...");
145             delay(10000);
146
147             response = readESPResponse(10000);
148             Serial.println("Respuesta del ESP8266: " + response);
149             scrollText(response, 0, 300); // Mostrar en la LCD
150
151             if (response.indexOf("SEND OK") != -1) {
152                 lcd.clear();
153                 lcd.print("Datos enviados");
154                 Serial.println("Solicitud HTTP enviada");
155             } else {
156                 lcd.clear();
157                 lcd.print("Error envío");
158                 Serial.println("Error en el envío HTTP");
159             }
160         }
161     } else {
162         lcd.clear();
163         lcd.print("Error al host");
164         Serial.println("Error al conectar al host");

```

Fuente. Elaboración Propia

## Desarrollo de la base de datos y la interfaz Web (IOT)

### Registro de Lecturas Sísmicas con phpMyAdmin y SQL

Mediante el uso de phpMyAdmin, una interfaz gráfica para la gestión de bases de datos MySQL, se crea una base de datos destinada a almacenar las lecturas enviadas por el dispositivo diseñado para detectar movimientos telúricos las cuales se registrarán automáticamente en una tabla.

En phpMyAdmin, la base de datos se crea definiendo primero los parámetros generales, como el nombre y el conjunto de caracteres que usará (por ejemplo, utf8\_general\_ci para asegurar la compatibilidad de los datos). A continuación, se define una tabla que contendrá los campos necesarios para almacenar la información relevante sobre cada evento sísmico. Estos campos son definidos usando SQL (Structured Query Language), un lenguaje utilizado para interactuar con bases de datos relacionales.

A continuación, se detallan los campos principales de la tabla:

**ID:** Es un campo de tipo entero que se configura como AUTO\_INCREMENT, lo que significa que su valor aumenta automáticamente con cada nueva inserción. Este campo sirve como identificador único para cada registro y actúa como la clave primaria (PRIMARY KEY) de la tabla, asegurando que no haya duplicados.

**NOMBRE:** Este campo almacena el nombre del dispositivo que envía las lecturas. Es útil cuando se tienen varios dispositivos de diferentes tipos. En este caso, el dispositivo bajo prueba se denomina "DSSH", pero este campo puede ajustarse según sea necesario para otros dispositivos.

**CÓDIGO:** Cada dispositivo debe tener un código único que permita su identificación precisa.

Para este ejemplo, el dispositivo de pruebas tiene asignado el código "0001". Este campo facilita la diferenciación entre varios dispositivos en un entorno con múltiples sensores.

**FECHA:** Un campo de tipo DATETIME que registra la fecha y la hora en que se tomó la lectura. Este dato es crucial para llevar un seguimiento cronológico de los eventos sísmicos detectados y poder analizar la secuencia de lecturas a lo largo del tiempo.

**Dato1:** Aquí se almacena la lectura inicial del sensor para el evento detectado. Este campo puede ser numérico o de otro tipo, dependiendo de la naturaleza del dato que el sensor está registrando (por ejemplo, la magnitud del movimiento o la intensidad) (pensado en futuras implementaciones).

**T1:** Representa el tiempo transcurrido desde la última lectura registrada, permitiendo calcular la duración entre eventos consecutivos.

**T2:** Marca el tiempo transcurrido desde el final de T1 hasta el siguiente evento registrado, lo que permite analizar cómo evoluciona el evento sísmico.

**T3 y T4:** Funcionan de manera similar a T2, midiendo los intervalos sucesivos para ofrecer un análisis detallado de las oscilaciones del péndulo o del movimiento detectado.

Para la creación de la tabla podemos utilizar un código SQL sencillo como podría ser:

```
CREATE TABLE `sismogua_dssh`.`datosdssh` (
  `id` INT(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,      -- Identificador único para cada registro
  `NOMBRE` VARCHAR(11) NOT NULL,           -- Nombre del evento o descriptor
  `CODIGO` VARCHAR(11) NOT NULL,          -- Código único asociado al evento
  `FECHA` TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP, -- Fecha y hora
  del registro
```

```

`dato1` VARCHAR(60) NOT NULL DEFAULT 'Sin', -- Valor descriptivo del evento, con un
valor predeterminado

`t1` VARCHAR(10) NULL DEFAULT NULL,      -- Tiempo T1, en milisegundos,
`t2` VARCHAR(10) NULL DEFAULT NULL,      -- Tiempo T2, en milisegundos,
`t3` VARCHAR(10) NULL DEFAULT NULL,      -- Tiempo T3, en milisegundos,
`t4` VARCHAR(10) NULL DEFAULT NULL,      -- Tiempo T4, en milisegundos,
PRIMARY KEY (`id`)                       -- Clave primaria para identificar cada registro
)

```

Cada vez que el dispositivo envía una nueva lectura, se inserta un nuevo registro en la base de datos usando una consulta SQL de INSERT INTO, como la siguiente:

```

INSERT INTO datosdssh (NOMBRE, CODIGO, FECHA, Dato1, T1, T2, T3, T4)
VALUES ('DSSH', '0001', NOW(), 12.5, 100, 150, 200, 250);

```

En este ejemplo, el nombre del dispositivo es "DSSH", el código es "0001", y las lecturas temporales son 100 ms, 150 ms, 200 ms, y 250 ms para los campos T1, T2, T3, y T4 respectivamente. La función NOW() inserta automáticamente la fecha y hora actual.

Figura 20

## Creación BD SQL

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra	Acción
<input type="checkbox"/>	1 id	int(11)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT	Más
<input type="checkbox"/>	2 NOMBRE	varchar(11)	latin1_swedish_ci		No	Ninguna			Más
<input type="checkbox"/>	3 CODIGO	varchar(11)	latin1_swedish_ci		No	Ninguna			Más
<input type="checkbox"/>	4 FECHA	timestamp			No	CURRENT_TIMESTAMP			Más
<input type="checkbox"/>	5 dato1	varchar(60)	latin1_swedish_ci		No	sin			Más
<input type="checkbox"/>	6 t1	varchar(10)	latin1_swedish_ci		Sí	NULL			Más
<input type="checkbox"/>	7 t2	varchar(10)	latin1_swedish_ci		Sí	NULL			Más
<input type="checkbox"/>	8 t3	varchar(10)	latin1_swedish_ci		Sí	NULL			Más
<input type="checkbox"/>	9 t4	varchar(10)	latin1_swedish_ci		Sí	NULL			Más

Fuente. Elaboración Propia

Figura 21

## Estructura BD SQL

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a table named 'datosdssh'. The table structure is displayed with the following columns and their properties:

Nombre	Tipo	Longitud/Valores	Predeterminado	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Índice	A_I	Con
id	INT	11	Ninguno			<input type="checkbox"/>	PRIMARY	<input checked="" type="checkbox"/>	
NOMBRE	VARCHAR	11	Ninguno			<input type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
CODIGO	VARCHAR	11	Ninguno			<input type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
FECHA	TIMESTAMP		CURRENT_TIME			<input type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
dato1	VARCHAR	60	Personalizado: Sin			<input type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
t1	VARCHAR	10	NULL			<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
t2	VARCHAR	10	NULL			<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
t3	VARCHAR	10	NULL			<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	
t4	VARCHAR	10	NULL			<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input type="checkbox"/>	

Fuente. Elaboración Propia

**Figura 22***Registros de Sismos Almacenados*

Examinar		Estructura		SQL		Buscar		Insertar		Exportar		Importar		Operaciones	
← T →		id	NOMBRE	CODIGO	FECHA	dato1	t1	t2	t3	t4					
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	21	DSSH	0001	2024-09-22 13:45:52	sin	2077794	1611	2568	2775			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	22	DSSH	0001	2024-09-22 13:50:10	sin	255146	624	1014	772			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	30	DSSH	0001	2024-09-22 16:01:47	sin	341955	1370	510	1134			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	29	DSSH	0001	2024-09-22 15:56:02	sin	10509	541	698	516			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	23	DSSH	0001	2024-09-22 13:55:27	sin	310554	1747	2139	2312			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	26	DSSH	0001	2024-09-22 14:33:44	sin	721157	510	2248	2066			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	25	DSSH	0001	2024-09-22 14:21:36	sin	598037	509	509	620			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	24	DSSH	0001	2024-09-22 14:11:36	sin	962247	1795	1810	1588			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	20	DSSH	0001	2024-09-22 13:11:04	sin	114024	2065	2453	2600			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	31	DSSH	0001	2024-09-22 16:39:52	sin	2279549	510	509	509			
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	32	DSSH	0001	2024-09-22 17:39:19	sin	3235313	681	10509	9551			

*Fuente.* Elaboración Propia

También para el correcto funcionamiento del dispositivo se desarrolló el código PHP encargado de recibir los datos del sensor de sismos y almacenarlos en una base de datos SQL por MySQL, funcionando así:

**Figura 23***Inyección de Datos PHP*

```

<?php
header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');

$NOMBRE = $_POST['NOMBRE'];
$CODIGO = $_POST['CODIGO'];
$t1 = $_POST['t1'];
$t2 = $_POST['t2'];
$t3 = $_POST['t3'];
$t4 = $_POST['t4'];

function Conectarse()
{
    $link = mysqli_connect("sismoguard.com", "sismogua_dl", "sensorpassword", "sismogua_dssh");

    if (!$link) {
        die("Error conectando a la base de datos: " . mysqli_connect_error());
    }

    return $link;
}

$link = Conectarse();

// Preparar la consulta para prevenir inyecciones SQL
$sql = "INSERT INTO datosdssh (NOMBRE, CODIGO, t1, t2, t3, t4) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?)";
$stmt = mysqli_prepare($link, $sql);

if ($stmt) {
    mysqli_stmt_bind_param($stmt, "ssssss", $NOMBRE, $CODIGO, $t1, $t2, $t3, $t4);
    if (mysqli_stmt_execute($stmt)) {
        echo "Éxito: Datos insertados correctamente";
    } else {
        echo "Error: No se pudieron insertar los datos. " . mysqli_stmt_error($stmt);
    }
    mysqli_stmt_close($stmt);
} else {
    echo "Error en la consulta: " . mysqli_error($link);
}

mysqli_close($link);
?>

```

*Fuente.* Elaboración Propia

Inicialmente usaremos `header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');`: Esta línea asegura que el contenido enviado al navegador se codifique correctamente en UTF-8, garantizando que caracteres especiales se muestren adecuadamente en la página.

Después se reciben los datos enviados desde el DSSH a través de una solicitud HTTP POST. El dispositivo envía los siguientes datos:

NOMBRE: Nombre del dispositivo (e.g., "DSSH").

CODIGO: Código único que identifica el dispositivo (e.g., "0001").

t1, t2, t3, t4: Tiempos medidos en milisegundos durante el evento sísmico.

El dispositivo enviará estos datos a la dirección del servidor donde está alojado este script PHP, lo que se puede hacer con una solicitud HTTP mediante su conexión a internet utilizando el módulo ESP8266.

Luego en la conexión con la base de datos la función Conectarse() establece una conexión con la base de datos MySQL alojada en un servidor remoto, en este caso, el dominio facialbeauty.com.co. Para conectarse, se proporcionan las credenciales:

Host: (servidor donde está la base de datos).

Usuario: (nombre de usuario de MySQL).

Contraseña: (contraseña del usuario de MySQL).

Base de datos: (nombre de la base de datos).

Si no se puede establecer la conexión, se muestra un mensaje de error con la función die() y se detiene la ejecución del script.

A continuación, se define una consulta SQL para insertar los datos en la tabla de la base de datos. Se utiliza una consulta preparada para prevenir inyecciones SQL, lo que es una buena práctica de seguridad.

- `?`: Los signos de interrogación son marcadores de posición que se rellenarán con los valores de las variables (`$NOMBRE`, `$CODIGO`, `$t1`, `$t2`, `$t3`, `$t4`).

Ahora utilizamos `mysqli_stmt_bind_param()` para vincular los valores de las variables PHP a los marcadores de posición en la consulta SQL.

El segundo argumento "sssss" indica que todos los valores son cadenas (s se refiere a string en PHP).

Los valores de `$NOMBRE`, `$CODIGO`, `$t1`, `$t2`, `$t3`, y `$t4` son reemplazados en las posiciones correspondientes de la consulta preparada.

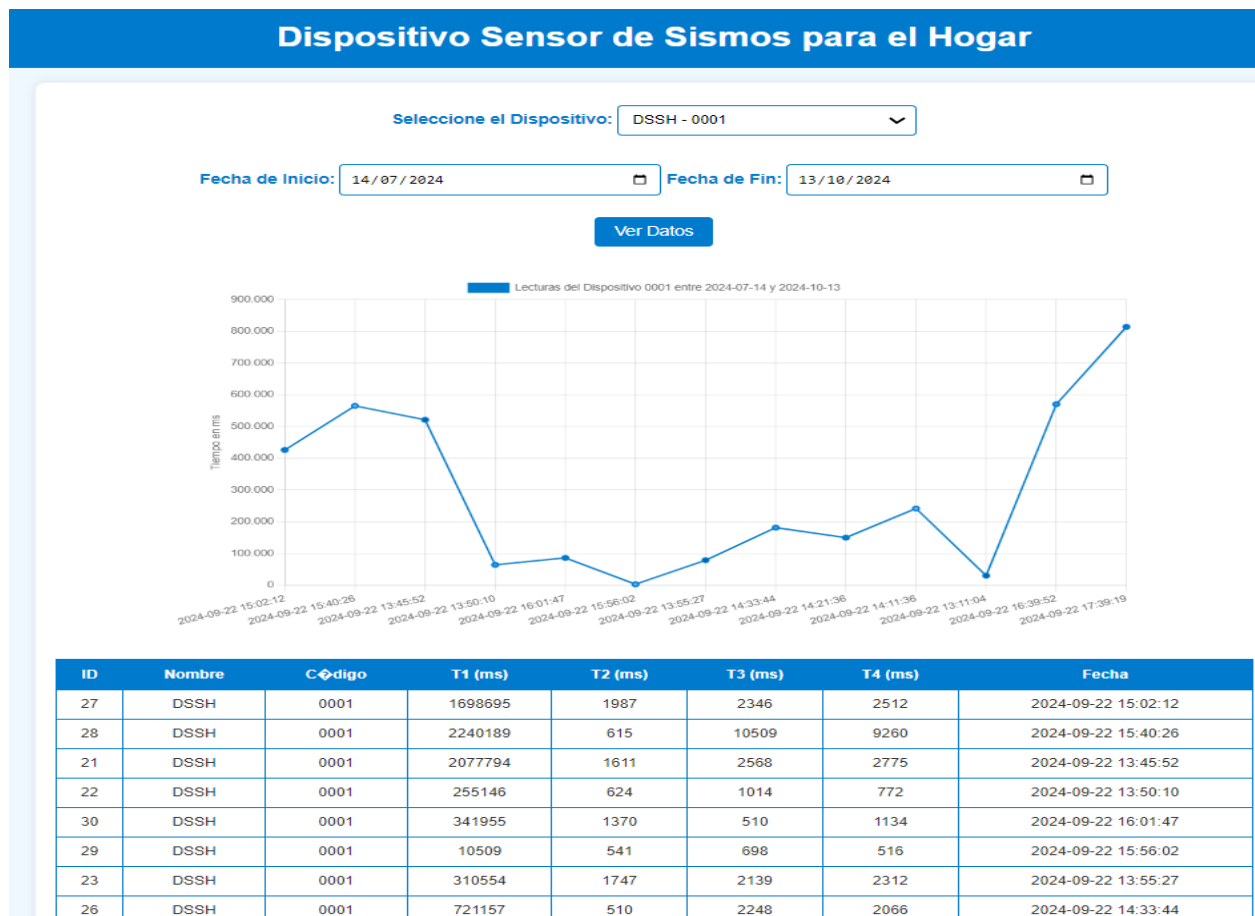
Para finalizar se realiza la validación de si la consulta preparada se ejecuta correctamente (`mysqli_stmt_execute()`), se imprime un mensaje de éxito ("Datos insertados correctamente"), si por el contrario ocurre un error, se muestra un mensaje indicando que los datos no pudieron ser insertados, junto con el error específico que ocurrió.

Después de ejecutar la consulta, se cierra la declaración con `mysqli_stmt_close()`.y finalmente, se cierra la conexión a la base de datos con `mysqli_close($link)`, liberando los recursos asociados a la conexión.

Para facilitar la interacción con el usuario final, se ha desarrollado una interfaz grafica simple, donde el usuario solo necesita seleccionar el dispositivo correspondiente o aquel que desea analizar, así como el rango de fechas en el que desea visualizar las mediciones de los eventos registrados y se ofrece la opción de generar una gráfica que muestra un el evento detectado dentro del intervalo seleccionado.

Figura 24

Aplicación Web V 1.0



Fuente. Elaboración Propia

**Fase IV Pruebas:**

Calibración del dispositivo

*Modelo del Péndulo:*

Para poder generar una calibración del péndulo y relacionarlo con la escala Richter debemos hacer uso de principios físicos y generar una fórmula que pueda ser utilizada en el análisis de las señales recibidas teniendo en cuenta el tiempo entre señales.

De esta forma, se desarrolla un modelo que a continuación explico:

El período  $T$  de un péndulo simple se puede calcular con la fórmula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

donde:

$T$  es el período (el tiempo que tarda en realizar un ciclo completo),

$L$  es la longitud del péndulo (en este caso, 7 mm o 0.007 m),

$g$  es la aceleración debida a la gravedad (aproximadamente 9.81m/s)

*Cálculo del Período:*

Calculamos el período del péndulo con los valores obteniendo un tiempo de oscilación inicial.

*Medición del Tiempo entre Contactos:*

Cuando el péndulo oscila, el tiempo entre contactos puede ser un múltiplo del período teniendo en cuenta que los contactos son consistentes, entonces podríamos relacionar el tiempo entre contactos  $\Delta t$  con el período  $T$ .

*Correlación con la Escala de Richter:*

Los datos que tenemos son:

El péndulo oscila en un plano.

La cuerda mide 4 cm.

El péndulo está rodeado por un conductor de 1 cm.

La escala de Richter está basada en la amplitud del movimiento y la energía del sismo.

Los puntos a tener en cuenta para el análisis son:

La relación entre el tiempo de oscilación ( $t$ ) y la magnitud Richter ( $M$ ) debe reflejar que un mayor sismo produce menores tiempos entre oscilaciones ( $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ).

La relación entre magnitud y energía de un sismo está dada por

$$E = 10^{1.5M+4.8}$$

y sabemos que la energía afecta la amplitud y la frecuencia del péndulo.

Con ayuda de el lenguaje de programación Python simplificamos el cálculo de la formula deseada expresando los términos en una relación directa simple.

Para ello tenemos los siguientes factores:

- Asumir que  $t$  es inversamente proporcional a  $M$  de forma logarítmica
- Relación simplificada:  $t = c / \log(M + d)$ , donde  $c$  y  $d$  son constantes empíricas
- Derivamos la fórmula inversa para expresar  $M$  en función de  $t$

Código Python:

Definir  $c$  y  $d$  como constantes empíricas

$$c, d = \text{sp.symbols('c d')}$$

Relación simplificada:  $t = c / \text{sp.log}(M + d)$

$$t\_eq\_simple = c / \text{sp.log}(M + d)$$

Resolver para  $M$  en términos de  $t$

$$m\_eq\_simple = \text{sp.solve}(t\_eq\_simple - t, M)[0]$$

Simplificar la ecuación resultante

`m_eq_simple.simplify()`

Resultado

$$-d + \exp(c/t)$$

Con ello establecemos el siguiente modelo:

La fórmula simplificada que relaciona el tiempo entre oscilaciones del péndulo ( $t$ ) y la magnitud en la escala de Richter ( $M$ ) es:

$$M = -d + e^{\frac{c}{t}}$$

De acuerdo a este modelo tenemos que:

t: Tiempo promedio entre oscilaciones del péndulo (en segundos).

$$t = \frac{T2 + T3 + T4}{3}$$

teniendo en cuenta que estos son los tiempos a analizar ya que T1 corresponde al tiempo entre eventos de registro. Este tiempo se relaciona inversamente con la magnitud del sismo: a medida que  $t$  disminuye, la magnitud  $M$  aumenta.

c: Es una constante empírica que controla la sensibilidad del tiempo  $t$  respecto a la magnitud  $M$ . Esta constante se ajusta experimentalmente con base en las características del péndulo y las condiciones locales.

- d: Es otra constante empírica que sirve como un ajuste lineal para desplazar la escala de Richter a valores más realistas. Sin este ajuste, el modelo podría sobrestimar los valores de magnitud para tiempos  $t$  muy largos.
- e: Es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2.718), utilizada para modelar el crecimiento exponencial.
- M: Representa la magnitud aproximada en la escala de Richter

Esta fórmula indica que la magnitud Richter aumenta exponencialmente a medida que disminuye el tiempo entre oscilaciones ( $t$ ), los valores  $c$  y  $d$  son valores que deben ajustarse de acuerdo pruebas pero dado el caso y la poca probabilidad de que ocurran sismos durante el desarrollo del proyecto que sirvan para el análisis utilizaremos las herramientas estadísticas en sismos de la historia Colombiana y los datos del péndulo para la generación de valores iniciales desde donde empezar a ajustar y afinar el instrumento, siendo esta solo una aproximación y sin olvidar que la función del mismo es alertar y salvar vidas y no entregar datos exactos de el evento ocurrido pero si una aproximación a la escala internacional

Dado que el comportamiento de los sismos es exponencial, cualquier fórmula que intente modelar una relación entre oscilaciones y magnitud debería capturar esta naturaleza.

Teniendo en cuenta la anterior aclaración podemos decir que:

Datos del péndulo:

Longitud (L):  $4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$ .

Aceleración gravitacional (g):  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

Fórmula del periodo (T):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0.04}{9.8}} \approx 0.4 \text{ segundos}$$

El péndulo tiene un periodo base de 0.4 segundos, que es útil para detectar oscilaciones rápidas generadas por sismos fuertes.

De acuerdo con las estadísticas encontradas en la literatura, observamos que los eventos sísmicos más débiles ( $M \approx 3$ ) generan oscilaciones perceptibles de corta duración ( $t \approx 1.5$  segundos) mientras que los eventos sísmicos más fuertes ( $M \approx 8$ ) pueden generar oscilaciones rápidas ( $t \approx 0.5$  segundos). tenemos también que tener en cuenta que la energía sísmica, y por ende la rapidez de las oscilaciones, crece exponencialmente con la magnitud en la escala Richter.

Con base en estos valores máximos y mínimos estableceremos la escala y la relación que llamaremos “DSSH – Richter”

Tomaremos inicialmente  $d=1$  como desplazamiento, ya que esto ajusta los valores de Richter para que comiencen cerca de los valores esperados.

Para  $M \approx 3$ ,  $t \approx 1.5$  segundos:

$$e^{\left(\frac{c}{1.5}\right)} - d \approx 3$$

Reorganizamos en función de  $c$

$$e^{\left(\frac{c}{1.5}\right)} \approx 4$$

Resolvemos logarítmicamente

$$\left(\frac{c}{1.5}\right) \approx \ln 4$$

Despejando

$$c = 1.5 * \ln 4 \approx 2.08$$

Para  $M \approx 8$ ,  $t \approx 0.5$  segundos

$$e^{\left(\frac{c}{0.5}\right)} - d \approx 8$$

Reorganizamos en función de c

$$e^{\left(\frac{c}{0.5}\right)} \approx 9$$

Resolvemos logarítmicamente

$$\left(\frac{c}{0.5}\right) \approx \ln 9$$

Despejando

$$c \approx 0.5 * \ln 9 \approx 2.08$$

Por tanto, tenemos que  $c \approx 2.08$  y tenemos una formula final

$$\boxed{M = e^{\frac{2.08}{t}} - 1}$$

La cual será implementada en la aplicación web donde se podrá realizar el análisis de los casos registrados a través del tiempo. Sin embargo el relacionar la duración de los movimientos con la escala Richter no es posible ya que existen otros factores que influyen en esta medición como lo serian la longitud de la falla que afectaría su duración o la calidad del suelo, por lo que solo podemos hablar de una formula aproximada además de que es requerido realizar pruebas y ajustes con el tiempo los cuales serían modificados en la aplicación web a modo e actualizaciones.

## Realización de pruebas finales

Se procede pues a realizar el ensamblaje de todas las piezas tanto de software como de hardware que han venido desarrollándose durante el tiempo, aun al haber sido simuladas las partes en diferentes CAD se encuentran pequeños detalles a mejorar, se realizan los ajustes y tenemos un resultado final que cumple con todos los objetivos, un dispositivo IOT capaz de detectar movimientos telúricos, registrar dichos eventos en una base de datos, y alertar a los presentes del hogar de que se está produciendo un sismo.

Se dejan activos todos los mensajes internos del dispositivo para poder conocer el funcionamiento del software inserto desde que se enciende el dispositivo hasta que envía el dato y vuelve a su estado de escucha.

Se verifica la recepción de los datos a través de wifi por comandos POST PHP y la inyección de estos en la base de datos SQL para su posterior visualización en la interfaz web (<https://sismoguard.com>) con su correspondiente cálculo aproximado del valor en la escala Richter de cada caso de la siguiente manera:

Figura 25

## Mensajes Seguimiento LCD

Iniciando... Reiniciando ESP.	Reinicio de Modulos
Conectando WiFi.	Conexion con WiFi
WiFi conectado	Validacion de la conexión
IP: 192.168.2.6	Verificacion de la IP tomada
Sensor de Sismo Sensando	Modo Escucha
Onda 1 Tiempo: 40289 ms	Detección primera onda y toma de tiempos entre eventos
Onda 2 Tiempo: 1812 ms	Detección segunda onda y toma de tiempos entre T1 y T2
Onda 3 Tiempo: 1650 ms	Detección tercera onda y toma de tiempos entre T2 y T3
Onda 4 Tiempo: 1975 ms	Detección Cuarta onda y toma de tiempos entre T2 y T3
Enviando datos..	Preparación de los datos y generacion del script a enviar
+CIPSTART="TCP"	Conexión con el host
:"sismo9uard.com	Conexión con el host
:80CONNECT	Respuesta de confirmacion de conexion establecida con el host
Enviando HTTP...	Envio del script POST PHP
AT+CIPSEND=194	Envio del script POST PHP
Recv: 194 bytes	Respuesta de confirmacion recepción de script
SEND OK	Respuesta de confirmacion recepción de script
IFD,207:HTTP/1.	Respuesta de PHP datos entregados a SQL
Sensor de Sismo Sensando	Modo Escucha

Fuente. Elaboración Propia

Figura 26

Base de datos - phpMyAdmin

Mostrando filas 0 - 14 (total de 15, La consulta tardó 0.0001 segundos.)

```
SELECT * FROM `datosdssh`
```

Perfilando [ [Editar en línea](#) ] [ [Editar](#) ] [ [Explicar SQL](#) ] [ [Crear código PHP](#) ] [ [Actualizar](#) ]

Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas:  | Ordenar según la clave: Ninguna

Opciones extra

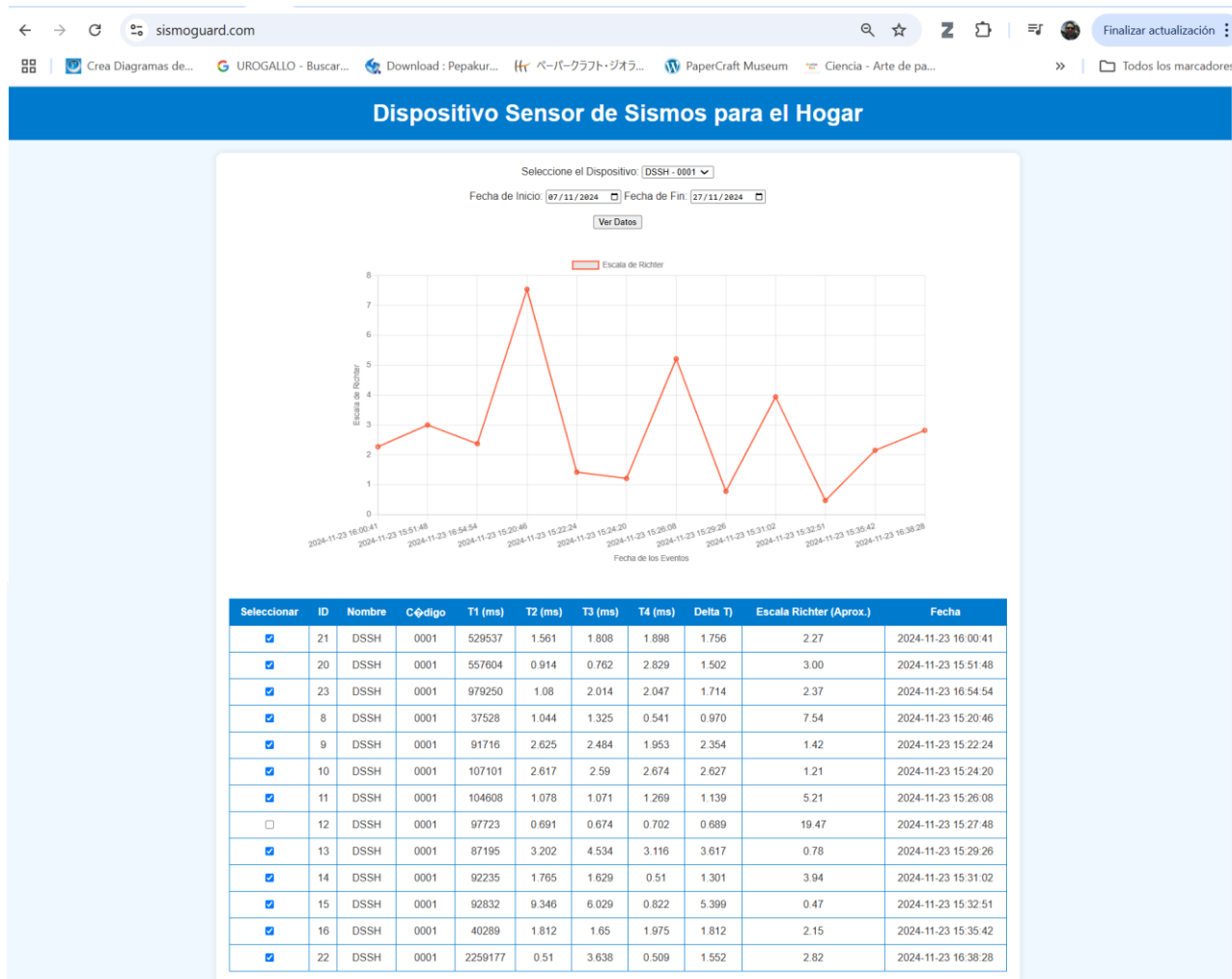
	id	NOMBRE	CODIGO	FECHA	dato1	t1	t2	t3	t4
<input type="checkbox"/>	21	DSSH	0001	2024-11-23 16:00:41	Sin	529537	1561	1808	1898
<input type="checkbox"/>	20	DSSH	0001	2024-11-23 15:51:48	Sin	557604	914	762	2829
<input type="checkbox"/>	18	Terremoto de Armenia (1999)	0002	2024-11-23 15:46:44	Sin	1200	2000	2200	2600
<input type="checkbox"/>	19	Terremoto de Armenia (1999)	0002	2024-11-23 15:47:44	Sin	1200	2000	2200	2000
<input type="checkbox"/>	23	DSSH	0001	2024-11-23 16:54:54	Sin	979250	1080	2014	2047
<input type="checkbox"/>	8	DSSH	0001	2024-11-23 15:20:46	Sin	37528	1044	1325	541
<input type="checkbox"/>	9	DSSH	0001	2024-11-23 15:22:24	Sin	91716	2625	2484	1953
<input type="checkbox"/>	10	DSSH	0001	2024-11-23 15:24:20	Sin	107101	2617	2590	2674
<input type="checkbox"/>	11	DSSH	0001	2024-11-23 15:26:08	Sin	104608	1078	1071	1269
<input type="checkbox"/>	12	DSSH	0001	2024-11-23 15:27:48	Sin	97723	691	674	702
<input type="checkbox"/>	13	DSSH	0001	2024-11-23 15:29:26	Sin	87195	3202	4534	3116
<input type="checkbox"/>	14	DSSH	0001	2024-11-23 15:31:02	Sin	92235	1765	1629	510
<input type="checkbox"/>	15	DSSH	0001	2024-11-23 15:32:51	Sin	92832	9346	6029	822
<input type="checkbox"/>	16	DSSH	0001	2024-11-23 15:35:42	Sin	40289	1812	1650	1975
<input type="checkbox"/>	22	DSSH	0001	2024-11-23 16:38:28	Sin	2259177	510	3638	509

Seleccionar todo | Para los elementos que están marcados: [Editar](#) [Copiar](#) [Borrar](#) [Exportar](#)

Fuente. Elaboración Propia

Figura 27

Aplicativo WEB [www.sismoguard.com](http://www.sismoguard.com)



Fuente. Elaboración Propia

### Fase V Manuales de uso

Desarrollo de un manual de uso del dispositivo

Figura 28

Manual de Uso pg1

# Dispositivo Sensor de Sismos para el Hogar

## Manual de usuario

**15 Minutos**

### INTRODUCCIÓN

Este manual tiene como objetivo guiarte en la instalación, configuración y uso de tu dispositivo sensor de sismos. Este dispositivo está diseñado para detectar movimientos telúricos y generar alertas tempranas, contribuyendo así a la seguridad de tu hogar o negocio.

Contenido del Paquete

- Dispositivo sensor de sismos
- Fuente de alimentación
- Tomacorriente inteligente con relé integrado
- Antena
- Manual de usuario
- Guía de instalación rápida
- Manual de elaboración de plan de emergencias en el hogar

### INSTALACIÓN

- Ubicación: Selecciona un lugar seguro y estable para instalar el dispositivo, lejos de fuentes de vibración y humedad.
- Conexión eléctrica:
  - Conecta la fuente de alimentación al dispositivo.
  - Conecta el tomacorriente inteligente a la línea eléctrica principal, siguiendo las normas de seguridad eléctrica locales.
  - Conecta el dispositivo al tomacorriente inteligente.
- Conexión Wi-Fi:
  - Utiliza la aplicación móvil o la interfaz web del dispositivo para conectarlo a tu red Wi-Fi. Asegúrate de que la red esté protegida con una contraseña robusta.
- Registro en [se quitó una URL no válida]:
  - Visita <https://sismoguard.com> y crea una cuenta.
  - Registra tu dispositivo utilizando el código de serie que encontrarás en la etiqueta del producto.

### CONFIGURACIÓN Y MANTENIMIENTO

**Aplicación móvil:** Descarga la aplicación móvil desde la tienda de aplicaciones de tu dispositivo móvil y sigue las instrucciones en pantalla para configurar el dispositivo.

**Interfaz web:** Accede a <https://sismoguard.com> y configura las opciones de notificación, sensibilidad del sensor y otras preferencias.

**Mantenimiento**

**Batería:** Reemplaza la batería según las indicaciones del fabricante.

**Conexión Wi-Fi:** Verifica periódicamente la conexión a tu red Wi-Fi.

**Limpieza:** Limpia el dispositivo con un paño seco para evitar la acumulación de polvo.

**Actualizaciones:** Mantén el firmware del dispositivo actualizado a través de la plataforma [www.sismoguard.com](http://www.sismoguard.com)

### FUNCIONAMIENTO

**Detección de sismos:** El péndulo sensor sísmico monitorea constantemente los posibles movimientos telúricos que puedan presentarse.

**Generación de alerta:** Al detectar un sismo, el dispositivo envía una señal a la plataforma [www.sismoguard.com](http://www.sismoguard.com) y activa el relé del tomacorriente inteligente.

**Activación del relé:** El relé desconecta automáticamente la toma "Normalmente Activa" del tomacorriente, interrumpiendo la alimentación de los dispositivos conectados.

**Notificaciones:** Recibirás una notificación en tu dispositivo móvil o por correo electrónico informándote sobre el evento sísmico.

Fuente. Elaboración Propia

## Figura 29

Manual de Uso pg2

SOLUCION DE PROBLEMAS

El relé no funciona:  
 Verificar conexiones: Asegúrate de que el relé esté correctamente conectado al tomacorriente inteligente y que las conexiones estén firmes.  
 Alcance RF: Verifica que el dispositivo se encuentre a una distancia máxima de 10 metros del tomacorriente inteligente y que no existan obstáculos entre ambos que puedan interferir con la señal.  
 Estado del relé: Inspecciona visualmente el relé para asegurarte de que no haya ningún daño físico.  
 No llegan los datos a la plataforma web:  
 Conexión Wi-Fi: Verifica que el dispositivo esté conectado a la red Wi-Fi y que la señal sea estable.  
 Credenciales de red: Asegúrate de que las credenciales de tu red Wi-Fi (nombre de red y contraseña) sean correctas y no hayan cambiado.  
 El péndulo no detecta movimientos:  
 Obstrucciones: Limpia el péndulo para eliminar cualquier partícula de polvo o insectos que puedan interferir con su funcionamiento.  
 Sensibilidad: Verifica que la sensibilidad del sensor esté configurada correctamente en la aplicación o plataforma web.  
 Otras novedades:  
 Actualizaciones de firmware: Visita regularmente la plataforma [se quitó una URL no válida] para descargar e instalar las últimas actualizaciones de firmware.  
 Foro de usuarios: Únete a nuestra comunidad en línea para compartir experiencias, hacer preguntas y encontrar soluciones a problemas comunes.  
 Soporte Técnico  
 Si después de seguir estos pasos el problema persiste, por favor contacta con nuestro servicio de atención al cliente a través de soporte@sismoguard.com Nuestro equipo de soporte técnico estará encantado de ayudarte.

CONSEJOS DE SEGURIDAD

- Emergencias: Ten a mano un botiquín de primeros auxilios bien equipado, un extintor y un plan de evacuación familiar.
- Electricidad: Evita sobrecargar los enchufes, no manipules cables eléctricos con las manos mojadas y desconecta los aparatos electrónicos durante tormentas eléctricas.
- Seguridad infantil: Utiliza protectores para enchufes, coloca barreras en escaleras y guarda productos químicos fuera del alcance de los niños.
- Seguridad contra incendios: Instala detectores de humo y realiza simulacros de evacuación regularmente.

GARANTIA

Este dispositivo cuenta con una garantía limitada de 2 años a partir de la fecha de compra. La garantía cubre defectos de fabricación. Quedan excluidos de la garantía los daños causados por mal uso, accidentes o modificaciones no autorizadas.

**"Un sismo no avisa, pero DSSH sí. Protege lo más importante: tu familia."**

**"Los segundos cuentan en un sismo. DSSH te da tiempo para reaccionar y proteger a tu familia."**

- Normas de radiofrecuencia: Este dispositivo cumple con las normas de radiofrecuencia establecidas en tu región. Evita interferencias con otros dispositivos inalámbricos.
- Normas de seguridad eléctrica: Sigue las normas de seguridad eléctrica locales durante la instalación y el uso del dispositivo.
- Descargo de responsabilidad: El fabricante no se hace responsable por cualquier daño o pérdida causada por el mal funcionamiento del dispositivo, fallas en la red eléctrica o eventos naturales. Este dispositivo está diseñado para proporcionar una alerta temprana en caso de sismo, pero no garantiza una protección completa contra todos los riesgos asociados con los terremotos.

Fuente. Elaboración Propia

Desarrollo de un manual de cómo hacer un plan de emergencias para el hogar

Figura 30

Manual de Preparación para Emergencias por Riesgo de Sismo en el Hogar

### MANUAL DE PREPARACION FAMILIAR ANTE UN SISMO EN EL HOGAR

DISPOSITIVO SENSOR DE SISMO PARA EL HOGAR DSSH

### COLOMBIA, UN PAÍS SÍSMICO:

Nuestra nación, ubicada en el Cinturón de Fuego del Pacífico, ha sido testigo de numerosos eventos sísmicos a lo largo de su historia. Estos eventos han dejado una huella imborrable en nuestro territorio, moldeando el paisaje y, en ocasiones, causando pérdidas humanas y materiales significativas.

La región del Pacífico es la más activa sísmicamente, seguida de los Andes. Sin embargo, cualquier región del país puede experimentar sismos. Es fundamental estar preparados y contar con herramientas como el dispositivo DSSH para reducir el riesgo y proteger nuestras vidas y bienes.

Región	Magnitud (Máx)	Profundidad (máx)	Número de víctimas	Número de heridos
Región del Pacífico (1970)	4.2	10-20	0-10	2-10
Región del Pacífico (1975)	5.5	10-15	10	10-20
Región del Pacífico (1980)	5.2	10-15	10-20	10-20
Región del Pacífico (1985)	5.4	10-15	10	10-20
Región del Pacífico (1990)	5.4	10-15	10	10-20
Región del Pacífico (1995)	5.4	10-15	10	10-20

### POR QUÉ ES CRUCIAL ESTAR PREPARADO PARA UN SISMO?

Los sismos son eventos naturales impredecibles que pueden ocurrir en cualquier momento y lugar. A pesar de que no podemos controlarlos, sí podemos tomar medidas para mitigar sus efectos y protegernos a nosotros mismos y a nuestras familias. Estar preparados nos permite:

- Salvar vidas: Al conocer qué hacer antes, durante y después de un sismo, podemos tomar decisiones rápidas y efectivas que pueden marcar la diferencia entre la vida y la muerte.
- Minimizar daños: Un plan de emergencia bien elaborado puede reducir significativamente los daños materiales en nuestro hogar y en la comunidad.
- Recuperarnos más rápido: Estar preparados nos ayuda a enfrentar la situación con mayor calma y a tomar las medidas necesarias para recuperarnos más rápidamente de los efectos del sismo.

### IOT AL RESCATE!!

El Internet de las Cosas (IoT), por sus siglas en inglés) es una red de dispositivos físicos, como sensores, actuadores y otros elementos, que están conectados a internet y pueden comunicarse entre sí. En el caso de los sismos, los dispositivos IoT, como el DSSH, utilizan sensores sísmicos para detectar las vibraciones del suelo y enviar alertas en tiempo real.

El Dispositivo Sensor de Sismo en el Hogar DSSH es un dispositivo IoT diseñado específicamente para la detección temprana de sismos. Sus principales funciones son:

- Detección temprana: Gracias a sus sensores sísmicos altamente sensibles, el DSSH puede detectar las primeras ondas de un sismo, milisegundos antes de que sean perceptibles por los humanos.
- Activación de alarmas: Al detectar un sismo, el dispositivo emite una alarma sonora y visual, alertando a los habitantes de la vivienda sobre el peligro inminente.
- Almacenamiento de datos: DSSH guarda los datos del caso en una memoria interna para futuras referencias.
- Corte de suministros: Algunos modelos de DSSH pueden estar equipados con la función de cortar automáticamente el suministro de gas, agua o electricidad, lo que ayuda a prevenir incendios y otros peligros.
- Integración con otros sistemas: El DSSH puede integrarse con otros sistemas inteligentes del hogar, como cámaras de seguridad o sistemas de fumigación, para activar protocolos de seguridad adicionales.

### ANTES DEL SISMO

Elabora un plan familiar de emergencia: Define puntos de encuentro seguros dentro y fuera del hogar, asigna responsabilidades a cada miembro de la familia y establece rutas de evacuación.

Identifica los riesgos en tu hogar: Revisa tu casa para identificar objetos que puedan caerse durante un sismo (libros, cuadros, lámparas, etc.) y asegúralos.

Arma un kit de emergencia: Incluye agua, alimentos no perecederos, botiquín de primeros auxilios, linterna, radio o pila, documentos importantes y un cambio de ropa.

Asegura muebles pesados: Utiliza soportes o fijadores para asegurar muebles como librerías o armarios a la pared.

Revisa las instalaciones de gas, agua y electricidad: Asegúrate de que estén en buen estado y conoce cómo cerrar las llaves de paso en caso de emergencia.

Enséñale a tu familia qué hacer: Realiza simulacros de sismo con regularidad para que todos sepan cómo actuar en caso de emergencia.

Mantente informado: Suscríbete a alertas de sismo y conoce los lugares seguros de tu comunidad.

### ESTÁ TEMBLANDO!!! Y AHORA QUÉ HAGO?

- Conserva la calma: El pánico puede dificultar la toma de decisiones.
- Protégete: Agáchate, cúbrete la cabeza y el cuello con los brazos y busca refugio debajo de una mesa o escritorio resistente.
- Alejate de ventanas, espejos y objetos que puedan caer.
- No uses el ascensor.
- Si estás en la calle, alejate de edificios, postes y cables eléctricos.

### DESPUES DEL SISMO

- Evalúa los daños: Revisa si hay heridos y llama a los servicios de emergencia si es necesario.
- Evita encender fósforos o velas: Podría haber fugas de gas.
- Utiliza el teléfono solo para emergencias: Evita saturar las líneas.
- Sigue las instrucciones de las autoridades.
- Mantente informado a través de fuentes oficiales.

Recuerda: La preparación es la clave para enfrentar un sismo de manera segura. Al seguir estos consejos, puedes aumentar tus posibilidades de salir ileso y ayudar a tus seres queridos.

### CREA TU PLAN DE EMERGENCIAS FAMILIAR

- Identificación de Riesgos en el hogar: Lista de verificación de posibles riesgos: objetos pesados, conexiones eléctricas defectuosas, grietas en las paredes, etc.
- Ejemplo: "Asegúrate de que los muebles altos estén bien sujetos a la pared y de que no haya objetos colgantes que puedan caerse durante un sismo."

• Completa el siguiente check list para tu plan de emergencias:

### CREA TU PLAN DE EMERGENCIAS FAMILIAR

1. Definición de Contexto: Revisa la ubicación, estructura, estado, materiales, tipo de construcción, etc. Considera también a grupos vulnerables, personas con discapacidad o adultos mayores.
2. Rutas de Evacuación: Lugar seguro e inmediato. Fuera del hogar, en caso de emergencia. Plan de escape alternativo en caso de que el punto principal no sea seguro.
3. Rutas de Evacuación: Mapa o dibujo del hogar, señalando las rutas más seguras para salir. Señala de emergencia. Identificar todos los posibles salidas de cada habitación.
4. Plan de Comunicación: Cómo comunicarse en caso de emergencia. Establecer un punto de encuentro. Fuera del hogar o un familiar que sea otro contacto conocido (de un vecino, amigo, familiar, etc.).
5. Mantenimiento: Revisar el estado de los dispositivos de alerta temprana de sismo, verificar sus baterías y hacer pruebas simulacros constantes.

Mantén tus dispositivos de alerta temprana funcionales, verifica sus baterías y haz pruebas simulacros constantes. Pueden salvarte la vida!

“Un sismo no avisa, pero DSSH sí. Protege lo más importante: tu familia”

### NO OLVIDAR...

Mantén tus dispositivos de alerta temprana funcionales, verifica sus baterías y haz pruebas simulacros constantes. Pueden salvarte la vida!

Fuente. Elaboración Propia

## Plan de Mantenimiento

El mantenimiento preventivo del dispositivo puede hacerse en dos oportunidades anuales, en los cuales se realizara la validación de voltaje de las baterías, se realizaran pruebas de simulación de sismo y se establecerá que el péndulo oscile libremente dentro del yugo que lo rodea, retirando cualquier insecto o mugre que pueda obstruir su movimiento, también se hará limpieza del yugo para evitar falsos contactos al contacto del péndulo y su conductor por suciedad o corrosión del mismo, también se realizara limpieza electrónica a los componentes electrónicos utilizando limpiador electrónico en spray.

El dispositivo por estar calibrado con precisión no debe ser manipulado o adulterado en el tamaño de la bola del péndulo o cambios en el firmware de este, por lo que el mantenimiento correctivo se basa únicamente en el recambio de los elementos en forma completa pudiéndose así cambiar el módulo del péndulo, el módulo central o el módulo remoto.

**Tabla 9**  
*Plan de Mantenimiento*

Tipo de Mantenimiento	Actividad	Frecuencia
Preventivo	Validación de voltaje de las baterías	2 veces al año
Preventivo	Pruebas de simulación de sismo	2 veces al año
Preventivo	Verificación y limpieza del péndulo y el yugo	2 veces al año
Correctivo	Limpieza electrónica de los componentes	Según necesidad

Correctivo	Cambio del módulo del péndulo	Según necesidad
Correctivo	Cambio del módulo central	Según necesidad
Correctivo	Cambio del módulo remoto	Según necesidad

*Nota.* Autoría Propia

### **Fase VI Implementación**

- Implantación del dispositivo en un hogar
- Escucha de retroalimentaciones

#### *Plan de mejoras*

Dentro de las posibilidades de ampliar el sistema a otras posibilidades podría ser, incluir otros sensores que permitan la detección de otras amenazas naturales tales como monitorear la altura de caudal de un río para prevenir a las personas ante inundaciones, deslizamientos de tierra, incendios forestales y otras amenazas naturales.

También está dentro de las posibilidades futuras la configuración remota del dispositivo para establecimiento por internet de claves de wifi y otras configuraciones y actualizaciones.

Se contempla el incluir un botón desde la interfaz web que controle la señal del rele y con ello incluir principios de domótica al dispositivo ya pudiendo controlar varios dispositivos a través de su comunicación RF.

Cabe anotar que este relevo bien podría ser usado conectándolo a una alarma de robo monitoreada que estuviese instalada en el hogar, con el fin de que, en caso de producirse el evento, la central pudiera atender esta señal y seguir los protocolos establecidos para sismo, dando un mayor alcance a nuestro sistema de detección de amenazas sísmicas.

En fin, son infinitas las posibilidades de mejora de este dispositivo teniendo en cuenta el crecimiento de sistemas de la información que pueden ser adosados ya teniendo una comunicación bidireccional con el dispositivo aprovechando todas las ventajas que un dispositivo IOT nos puede traer.

### Análisis FODA

Se realiza el análisis FODA para el proyecto identificando así donde se debe hacer hincapié en el desarrollo con el fin de que sea válido a través del tiempo y sus mejoras contribuyan con la sociedad haciendo de los hogares colombianos cada día más seguros

**Figura 31**

#### Análisis DOFA



Fuente. Elaboración Propia

## Conclusiones

Se presenta una solución innovadora para satisfacer la necesidad de un sistema de alerta temprana de sismos en los hogares colombianos, integrando tecnologías IoT que permiten, no solo la detección oportuna de movimientos sísmicos, sino también el análisis y visualización de eventos en un aplicativo web. Este enfoque combina hardware y software para ofrecer a los usuarios acceso remoto y en tiempo real a la información, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante emergencias.

El dispositivo, diseñado como una herramienta de Internet de las Cosas (IoT), responde a las demandas tecnológicas actuales, donde la conectividad y la accesibilidad a la información en tiempo real son esenciales. Este sistema permite a las familias monitorear eventos sísmicos desde cualquier lugar, accediendo a un análisis de los datos registrados. Además, su capacidad de conexión o desconexión remota de dispositivos esenciales en el hogar refuerza su rol preventivo, ayudando a mitigar daños materiales y a proteger vidas humanas incluso en situaciones donde los movimientos sísmicos pueden pasar desapercibidos.

La implementación de este dispositivo no solo aborda un problema crítico en regiones vulnerables a sismos, como Colombia, sino que también fomenta una cultura de prevención y preparación. Mediante el manual de uso y los consejos de actuación ante eventos sísmicos, se busca concientizar a los usuarios sobre la importancia de estar preparados y de actuar de manera oportuna frente a estos fenómenos naturales.

En un contexto tecnológico global en constante evolución, esta solución combina innovación técnica, conectividad IoT y educación preventiva, posicionándose como una herramienta clave para la seguridad y tranquilidad de los hogares colombianos. Al integrar tecnología de vanguardia con un enfoque educativo y práctico, se ofrece una respuesta integral a

la amenaza de los sismos, destacando la importancia de la preparación, la conectividad y la acción temprana en la protección de vidas y bienes.

## Bibliografía

Enlace del video actividad de la materia proyecto de grado "Esboza la Solución": YouTube.

(n.d.). *Esboza la solución*. Recuperado de <https://youtu.be/d0g6-pzWKQo>

Enlace del video actividad de la materia proyecto de grado "Implementa el Proyecto": YouTube.

(n.d.). *Implementa el proyecto*. Recuperado de <https://youtu.be/jpOpf9DixU8>

Enlace del video actividad de la materia proyecto de grado "Sustentación": YouTube.

(n.d.). *Sustentación*. Recuperado de <https://youtu.be/PuvdDhvPZ4w>

Google. (s.f.). Respuesta a emergencias: Alertas tempranas de terremoto Android. Recuperado de *Crisis Response Google*.

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos. (2023). *Simulacro Distrital de Evacuación Bogotá D.C.*

Isea GT. (2014, febrero 20). *¿Cómo realizar un diagnóstico de mi comunidad?*. Recuperado de YouTube.

Libertadores, F. U. (15 de agosto de 2021). *www.ulibertadores.edu.co*. Obtenido de <https://www.ulibertadores.edu.co/wp-content/uploads/Guia-Sura-Oct-05d.pdf>

Londoño, J., & Romero, J. (2017). Local magnitude scale for Valle Medio del Magdalena region, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 80, 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.09.033>

Londoño, J., Quintero, S., Vallejo, K., Muñoz, F., & Romero, J. (2016). Seismicity of Valle Medio del Magdalena basin, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 565–585. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.04.003>

Mariño Valcarcel, G. A. (26 de junio de 2019). <https://repository.usta.edu.co/>. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/20092>

- Muñoz López, C., Velasquez, L., & Dionicio, V. (2020). Calibration of Local Magnitude Scale for Colombia. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 110(4), 1971–1981. <https://doi.org/10.1785/0120190226>
- Ochoa, S. (s.f.). *Sistema de alerta sísmica temprana “ALERTES”*. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de UCM.
- Paguayo. (2023, marzo). *Cómo funcionan los módulos RF TX RX de 422MHz*. Recuperado de MCI Capacitación.
- Portal Servicio Geológico Colombiano. (s.f.). *Evaluación y monitoreo de actividad sísmica*. Recuperado de *Servicio Geológico Colombiano*.
- S Suherman, F. F.-A.-K. (26 de septiembre de 2024). <https://www.proceedings.com>. Obtenido de <https://www.proceedings.com/content/056/056447webtoc.pdf>
- Semana, R. (23 de 07 de 2023). Temblor en Colombia este domingo 8 de octubre; hora, epicentro y magnitud del último sismo registrado. *Revista Semana*, pág. 6.
- Vélez Correa, S. H. (16 de Julio de 2023). *Progresión de la vulnerabilidad frente a sismos en la zona urbana del Distrito de Santiago de Cali, Colombia*. Obtenido de <https://www.revistareder.com/>: <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.135>
- Wikipedia. (15 de 03 de 2023). *Wikipedia.org*. Obtenido de *Wikipedia.org*: [https://es.wikipedia.org/wiki/Terremotos\\_de\\_Colombia\\_central\\_de\\_2023](https://es.wikipedia.org/wiki/Terremotos_de_Colombia_central_de_2023).

### **Instituciones relevantes**

- US Geological Survey (USGS). (n.d.). *Eventos en los EE.UU. y globales*.
- Centro Sismológico Nacional (Chile). (n.d.). *Sismología en Chile*.
- International Seismological Centre (ISC). (n.d.). *Seismic data analysis*.

## **Informes históricos**

Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (1999). Informe del terremoto de Armenia, enero 25, 1999.

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (1983). *Terremoto de Popayán: impacto y análisis sísmico.*

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (1979). *Reporte sobre el terremoto de Tumaco, 1979.*

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). *Terremoto de Santander: características y efectos.*

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2022). *Informe preliminar del terremoto del Eje Cafetero.*