



**Implementación de un sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga**

Oña Herrera, Henry Danilo y Espinoza Ponce, Daniela Fernanda

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en

Automatización e Instrumentación

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

24 de agosto del 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenidos



Tesis\_Final\_EspinozaDaniela\_OñaHen...

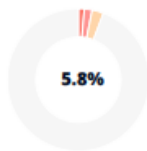
## Scan details

Scan time:  
August 24th, 2023 at 13:24 UTC

Total Pages:  
29

Total Words:  
7024

## Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	1.4%	95
● Minor Changes	1.8%	125
● Paraphrased	2.6%	185
● Omitted Words	0%	0

## AI Content Detection



Text coverage  
● AI text  
● Human text

Firma:

Ing Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

C.C: 0501878649



**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**

**Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga” – Sede Latacunga**” fue realizado por los señores **Oña Herrera, Henry Danilo y Espinoza Ponce, Daniela Fernanda**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de agosto 2023

Firma:

**Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana**

C.C: 0501878649



**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**

**Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Oña Herrera, Henry Danilo**, con cédula de ciudadanía **N°1752406353** y **Espinoza Ponce, Daniela Fernanda**, con cédula de ciudadanía **N°1756317457**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Implementación de un sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de agosto 2023

**Espinoza Ponce, Daniela Fernanda**

C.C.:1756317457

**Oña Herrera, Henry Danilo**

C.C.: 1752406353



**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación**

**Autorización de Publicación**

Nosotros **Oña Herrera, Henry Danilo**, con cédula de ciudadanía **N°1752406353** y **Espinoza Ponce, Daniela Fernanda**, con cédula de ciudadanía **N°1756317457**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 24 de agosto 2023

**Espinoza Ponce, Daniela Fernanda**

C.C.:1756317457

**Oña Herrera, Henry Danilo**

C.C.: 1752406353

## **Dedicatoria**

Estudiante Oña Herrera Henry Danilo

Este presente trabajo curricular lo dedico a todas las personas que han sido parte esencial de mi camino hacia el conocimiento y el crecimiento. Desde mi madre, quien han sido mi mayor inspiración, hermanos, los cuales siempre me han apoyado, cada uno de ellos ha dejado una huella imborrable en mi vida y ha contribuido a mi desarrollo personal y académico. A mis amigos, profesores y mentores, les agradezco su amistad, paciencia y generosidad al compartir su sabiduría. Cada página de este trabajo lleva impresa la gratitud y el cariño que siento por todas estas personas que han hecho posible este logro.

## **Dedicatoria**

Estudiante Espinoza Ponce Daniela Fernanda

El presente trabajo curricular lo dedico a mis padres quienes, con su apoyo absoluto, guía y ánimos impulsaron la culminación del mismo, a mi sobrina fuente de inspiración que leerá esto algún día, a mi pareja quien impulsó lo mejor de mí cuando los límites y el miedo me lo impedían y a todas aquellas personas quienes fueron parte de este proceso académico ayudándome a crecer en el ámbito educativo y personal, este trabajo está dirigido a todos Uds. con todo el amor.

## **Agradecimiento**

Estudiante Oña Herrera Henry Danilo

Este proyecto de titulación se lo dedico a todas aquellas personas que han sido mi fuente de inspiración, apoyo y motivación. A mi madre, amigos y amigas que siempre creyeron en mí y me acompañaron en cada paso del camino. En especial, a ZAMBRANO HERRERA ELENA GABRIELA, HERRERA MORENO OMAR PAUL, por su apoyo incondicional siempre que lo haya necesitado.

Cada uno de ustedes han sido un pilar fundamental en mi vida y en este proyecto. Su amor, aliento y amistad han sido mi motivación para seguir adelante. A todos, mi profundo agradecimiento.

Este logro es testimonio del poder del trabajo en equipo y del amor que he recibido. Con fe en mi persona y el apoyo de quienes me rodean, he perseverado. Gracias a cada uno por ser parte de mi vida y por hacer posible este logro.



## **Agradecimiento**

Estudiante Espinoza Ponce Daniela Fernanda

Agradezco el presente trabajo curricular a mis docentes quienes han impartido todo su conocimiento para dejar una huella entre nosotros, quienes desde el amor por la carrera nos han inspirado a ser mejores, de la misma manera agradezco a Yadira Ponce y Enrique Espinoza que desde el cariño y la paciencia me han enseñado a no rendirme nunca, a mis amigos y compañeros que durante este proceso académico han sido pilar fundamental en el avance del proyecto, puesto que, su calidez y confianza me han inspirado mucho.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>13</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo I:Marco referencial .....</b>	<b>17</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>17</b>
<b>Planteamiento del Problema.....</b>	<b>17</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b><i>Objetivo General</i>.....</b>	<b>19</b>
<b><i>Objetivos Específicos</i>.....</b>	<b>19</b>

Alcance .....	19
Capítulo II: Marco Teórico .....	20
Introducción a los Movimientos Sísmicos.....	20
Generación de un Terremoto.....	20
Alerta Temprana y Sistemas de Detección.....	22
Sistema de Alerta y Detección Sísmica .....	23
Tecnologías y Métodos de Detección Sísmica Avanzada .....	23
Integración de los Sistemas de Alerta en la Sociedad y las Infraestructuras.....	24
Capítulo III: Desarrollo del Proyecto.....	25
Materiales y Elementos .....	25
<i>Software Utilizado</i> .....	25
<i>Hardware Utilizado</i> .....	25
Módulo ESP-32 .....	26
Módulo Detector de Vibraciones.....	26
Módulo Elevador de Voltajes.....	27
Baterías LiPo. ....	28
Módulo de Carga 4056.....	28
Buzzer. ....	29
Análisis Comparativo de Aplicaciones Web y Selección Justificada.....	29
<i>Plataforma y Protocolo</i> .....	30
<i>Velocidad y Sincronización</i> .....	30

<i>Interfaz y Experiencia de Usuario:</i> .....	30
<b>Procedimiento</b> .....	31
<b>Funcionamiento</b> .....	38
<b>Elaboración de la Placa PCB</b> .....	39
<i>Detección de Vibraciones</i> .....	40
<i>Transmisión de Señal al ESP32</i> .....	41
<i>Integración con Telegram</i> .....	41
<i>Activación y Desactivación de la Alarma</i> .....	41
<i>Fiabilidad y Estabilidad del Sistema</i> .....	41
<i>Eficiencia Energética</i> .....	41
<b>Análisis Económico</b> .....	42
<b>Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	44
<b>Conclusiones</b> .....	44
<b>Recomendaciones</b> .....	45
<b>Bibliografía</b> .....	46
<b>Anexos</b> .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Módulo ESP-32</i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Módulo detector de vibraciones</i> .....	27
<b>Figura 3</b> <i>Módulo elevador de voltaje</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Batería de Lipo 3.3V</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Módulo de carga 4056</i> .....	28
<b>Figura 6</b> <i>Buzzer</i> .....	29
<b>Figura 7</b> <i>Interfaz de la mensajería</i> .....	32
<b>Figura 8</b> <i>Definición de una plantilla de función</i> .....	33
<b>Figura 9</b> <i>Inclusión de bibliotecas</i> .....	34
<b>Figura 10</b> <i>Definición de nombre de red y contraseña de la red</i> .....	34
<b>Figura 11</b> <i>Configuración del bot de Telegram y conexión WiFi</i> .....	35
<b>Figura 12</b> <i>Token único del grupo</i> .....	35
<b>Figura 13</b> <i>Creación del Temporizador</i> .....	35
<b>Figura 14</b> <i>Comunicación con el puerto serie</i> .....	36
<b>Figura 15</b> <i>Bucle principal del programa</i> .....	37
<b>Figura 16</b> <i>Funciones alerta() y apagar()</i> .....	38
<b>Figura 17</b> <i>Diseño del sistema de alerta</i> .....	39
<b>Figura 18</b> <i>Diseño de circuito impreso</i> .....	40
<b>Figura 19</b> <i>Placa baquelita implementado</i> .....	40

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Evaluación Financiera con smartphone</i> .....	42
<b>Tabla 2</b> <i>Evaluación Financiera sin smartphone</i> .....	43

## Resumen

El sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga, es un módulo innovador, diseñado para detectar movimientos sísmicos y emitir alertas a través de la plataforma de mensajería Telegram. Este sistema utiliza un detector de vibraciones, para captar las oscilaciones causadas por los terremotos, que se comunica con el módulo ESP-32, una placa de desarrollo de bajo consumo, que actúa como el cerebro del sistema, procesando las señales del detector de vibraciones y coordinando las acciones necesarias. Cuando se detecta una vibración que podría indicar un sismo, el ESP-32 activa un protocolo de alerta que, utilizando la conexión a Internet, envía un mensaje a través de la API de Telegram a un grupo o usuario predefinido. Esta notificación rápida y efectiva permite a las personas tomar medidas preventivas y ponerse a salvo en caso de un evento sísmico. La combinación de la tecnología de detección de vibraciones, el módulo ESP-32 y la mensajería en línea garantiza una respuesta oportuna ante los desastres naturales. Este detector de sismos no solo proporciona una mayor conciencia de los eventos sísmicos, sino que también ofrece la posibilidad de mejorar la preparación y la seguridad de las comunidades vulnerables a los terremotos.

*Palabras clave:* Detector de sismos, sistema de alerta, ESP-32, sensor de vibraciones, Telegram

## Abstract

The intelligent system for earthquake detection and alert to security personnel of the University of the Armed Forces "ESPE" Latacunga Headquarters, is an innovative module designed to detect seismic movements and issue alerts through the messaging platform Telegram. This system uses a vibration detector to capture the oscillations caused by earthquakes, which communicates with the ESP-32 module, a low-power development board, which acts as the brain of the system, processing the signals from the vibration detector and coordinating the necessary actions. When a vibration is detected that could indicate an earthquake, the ESP-32 activates an alert protocol that, using the Internet connection, sends a message via the Telegram API to a predefined group or user. This fast and effective notification allows people to take preventive measures and get to safety in case of a seismic event. The combination of vibration detection technology, ESP-32 module and online messaging ensures timely response to natural disasters. This earthquake detector not only provides increased awareness of seismic events, but also offers the potential to improve the preparedness and safety of earthquake-vulnerable communities.

*Key words:* Earthquake Detector, warning system, ESP-32, vibration sensor, Telegram



## Capítulo I

### Marco referencial

#### Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto se realizó una investigación bibliográfica de temas relacionados con la implementación de un sistema de alerta contra sismos, basado en este enfoque investigativo, se abordaron secciones que ayuden a favorecer el desarrollo del proyecto de investigación.

En el diseño y desarrollo de una red de sensores inalámbricos para el estudio de la inestabilidad térmica de la superficie terrestre como probable precursor de terremoto, demuestra un sistema de comunicación a cualquier parte del mundo siempre y cuando se disponga de una red de datos que utiliza teléfonos móviles con Android y un centro de fusión en la nube que permite a los participantes crear "terremotos simulados". Al detectar un evento de este tipo, el centro de fusión de nubes emite alertas en tiempo real a los teléfonos, proyectando una interfaz basada en mapas para el centro de fusión, que muestra la información reportada por los teléfonos.

Conforme la investigación bibliográfica y de campo realizada, fue factible desarrollar un sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga.

#### Planteamiento del Problema

Los terremotos son eventos naturales impredecibles que pueden causar graves daños a las personas y las estructuras en su trayectoria. En una universidad, la seguridad de los estudiantes, el personal y las instalaciones es de vital importancia, especialmente en áreas propensas a la actividad sísmica. Se debe tener en cuenta que aún hay desafíos en la detección temprana y la alerta oportuna del personal de seguridad en caso de sismo.

El objetivo del presente proyecto es diseñar y evaluar un sistema de detección sísmica y alerta temprana para mejorar la seguridad de la comunidad universitaria, por lo tanto, se investigó y desarrolló un sistema eficiente, preciso y confiable de detección sísmica capaz de proporcionar una alerta al personal de seguridad para que puedan tomar las medidas preventivas necesarias.

Para lograr este objetivo, se abordó las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo se puede diseñar un sistema de detección sísmica eficiente, preciso y confiable para una universidad?
- ¿Cuál es la mejor forma de alertar al personal de seguridad de una universidad en caso de sismo y cómo se puede garantizar una respuesta rápida y efectiva?

Para contestar a estas interrogantes el proyecto, proporcionará una alerta ante la detección de un sismo, para que el personal de la universidad active las alarmas y mejore su capacidad de actuación y respuesta ante este tipo de acontecimientos, con el fin de proteger y salvaguardar la seguridad de su comunidad.

### **Justificación**

El presente proyecto es de relevancia, ya que servirá como una medida de autoprotección para prevenir posibles daños por actividades sísmicas terrestres. De acuerdo a (IGEPN, 2022)

“Anualmente se cobran muchas vidas y produce millones de dólares en pérdidas de bienes materiales, por lo tanto, el desarrollo de un sistema de detección y alerta sísmico eficaz y confiable puede ser de gran utilidad para mitigar los efectos adversos de los terremotos”

De la misma manera se presenta el proyecto como una alternativa de ayuda a la comunidad universitaria ante futuros movimientos sísmicos, así el personal de seguridad

mantiene un plan de alerta temprana que favorezca a la mitigación de daños y protección de la vida de los estudiantes, docentes y servidores públicos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Implementar un sistema inteligente de detección de sismos y alerta al personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga.

### ***Objetivos Específicos***

- Investigar cómo se producen y se alertan los movimientos sísmicos.
- Desarrollar un sistema de detección de sismos que alerte al personal de seguridad de la universidad mediante un proceso de mensajería automatizado.
- Simular un movimiento sísmico para comprobar la funcionalidad del Proyecto.

## **Alcance**

- Este sistema permitirá ejecutar simulacros con el personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" SEDE LATACUNGA en coordinación con los entes respectivos.
- La información para la verificación del funcionamiento del sistema, inicia desde la simulación de un sismo que fue de utilidad para comprobar los datos requeridos y realizar las correcciones necesarias.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Introducción a los Movimientos Sísmicos

Los movimientos sísmicos, también conocidos como terremotos, se producen por la liberación de energía acumulada en la corteza terrestre. La capa superficial de la tierra está formada por placas tectónicas que se mueven continuamente como resultado de la actividad geológica de la Tierra. Cuando dos placas tectónicas se mueven una hacia la otra, pueden chocarse debido a la fricción entre ellas. A medida que las placas continúan moviéndose, se acumula tensión en la zona de contacto, que luego se libera en forma de ondas sísmicas.

Por lo tanto, analizando el párrafo anterior, (Portillo, s. f.) menciona lo siguiente “Las ondas P son aquellas que se definen como ondas que se producen en suelos muy comprimidos y son ondas dilatadas en la dirección de la propagación”

Cabe destacar que los movimientos sísmicos pueden tener diferentes magnitudes, que se miden utilizando escalas como la escala de magnitud de momento ( $M_w$ ) o la escala de magnitud de Richter. Estas escalas cuantifican la energía liberada durante un terremoto y su impacto en la superficie terrestre.

#### Generación de un Terremoto

La actividad sísmica se distribuye de forma desigual por todo el mundo. Por ejemplo, las zonas donde las placas tectónicas se encuentran y se cruzan con más frecuencia en los límites de las placas convergentes, divergentes y transformantes son las más propensas a los terremotos.

Además de los movimientos sísmicos causados por la interacción de las placas tectónicas, también existen otros tipos de terremotos menos comunes.

De acuerdo a (Editorial Etecé, 2021), estos incluyen:

1. Terremotos volcánicos: Ocurren cerca de volcanes activos y son el resultado de la actividad magmática bajo la superficie. A medida que el magma asciende hacia la superficie, puede generar movimientos sísmicos.
2. Terremotos inducidos por el hombre: Algunas actividades humanas, como la extracción de petróleo y gas, la minería subterránea o la construcción de presas, pueden desencadenar movimientos sísmicos. Estos terremotos se producen debido a la alteración de las condiciones de estrés en el subsuelo.
3. Terremotos intraplaca: Aunque la mayoría de los terremotos ocurren en los límites de las placas tectónicas, también pueden ocurrir dentro de las placas. Estos terremotos intraplaca suelen ser menos frecuentes, pero pueden ser igualmente destructivos. Las causas exactas de estos terremotos no están completamente comprendidas, pero pueden estar relacionadas con fallas ocultas o cambios en el estado de estrés dentro de la placa.

Hay que recordar que los movimientos sísmicos no pueden predecirse con certeza. Aunque se han desarrollado sistemas de vigilancia y alerta temprana para detectar terremotos segundos o minutos antes de que lleguen las ondas sísmicas, sigue siendo imposible predecir con exactitud cuándo se producirá un terremoto en un lugar determinado.

Comprender cómo se producen los movimientos sísmicos y vigilar continuamente la actividad sísmica es esencial para mejorar la preparación y la respuesta ante los terremotos, así como para desarrollar edificios más seguros en zonas vulnerables a la actividad sísmica.

## **Alerta Temprana y Sistemas de Detección**

La alerta temprana “Hace referencia a todos aquellos procesos relacionados con la identificación y evaluación de amenazas y riesgos presentes en el medio ambiente, así como a la comunicación e intercambio oportuno de información al momento de materializarse uno de esos riesgos” Zambrano et al., (s. f.)

Los sistemas de detección y alerta temprana de terremotos suelen incluir una red de estaciones sísmicas estratégicamente situadas que registran continuamente las señales sísmicas. Estas estaciones utilizan sismómetros y otros equipos para detectar y medir las vibraciones del suelo, lo que convierte a la vigilancia y la alerta temprana de terremotos en una parte importante de la gestión de catástrofes y la reducción de riesgos. Aunque estos sistemas están diseñados para emitir alertas, no pueden predecir con exactitud los terremotos.

Rivadeneira et al., (2007) afirmó lo siguiente: “Existen tres principales objetivos para los cuales se implementan redes sísmicas: para emitir avisos, establecer las características de la sismicidad de una región e investigar el interior de la tierra”

Cuando se registra un evento sísmico, los datos se transmiten en tiempo real a centros de procesamiento y análisis sísmico. Allí, los algoritmos y modelos avanzados se utilizan para determinar la ubicación del terremoto, su magnitud y la estimación de la intensidad esperada en áreas cercanas al epicentro.

Una vez que se obtiene esta información, se envía una alerta temprana a través de diversos canales de comunicación, como sistemas de sirenas, mensajes de texto, aplicaciones móviles o alertas en la radio y televisión. La rapidez en la transmisión de la alerta es crucial, ya que las ondas sísmicas viajan a diferentes velocidades y el tiempo de aviso puede variar según la distancia al epicentro.

De acuerdo a IGPN (2022) “Países como Japón, México y algunos estados de Estados Unidos (como California) cuentan con sistemas de alerta temprana para terremotos que han demostrado ser efectivos en la mitigación de daños y la protección de vidas” por lo tanto, estos sistemas se han utilizado para activar protocolos de respuesta, así como para alertar a la población en general.

Es importante destacar que el tiempo de anticipación puede ser muy variable, desde unos pocos segundos hasta varios minutos, dependiendo de la ubicación de las estaciones de monitoreo, la distancia al epicentro y la capacidad de procesamiento de los datos.

### **Sistema de Alerta y Detección Sísmica**

El conocimiento que el personal de seguridad adquiera acerca de la predicción de sismos y sus restricciones resulta de vital importancia para disminuir el riesgo en la comunidad. Con esta información, se podrán tomar decisiones que influirán directamente en sus vidas, su seguridad y la de los demás, lo que constituye un factor fundamental en la protección y bienestar de todos.

Por lo tanto, es importante indicar que el sistema de alerta y detección sísmica es una herramienta crucial para prevenir y mitigar los efectos devastadores de los terremotos, sin embargo, es importante conocer que la alerta sísmica es un sistema diseñado para proporcionar a las personas una advertencia anticipada sobre un terremoto inminente y la detección sísmica implica la identificación y registro de las ondas sísmicas generadas por un terremoto.

### **Tecnologías y Métodos de Detección Sísmica Avanzada**

Las tecnologías y métodos de detección sísmica avanzada han evolucionado significativamente en las últimas décadas, permitiendo una mejor comprensión de los terremotos y una respuesta más rápida y precisa ante ellos.

Por lo tanto, el sistema de alerta temprana a utilizar en el presente proyecto se basa en utilizar datos de sismómetros y redes sísmicas para proporcionar advertencias anticipadas antes de que lleguen las ondas sísmicas destructivas. Estas alertas pueden transmitirse a través de medios como aplicaciones móviles, mensajes de texto o sistemas de megafonía.

### **Integración de los Sistemas de Alerta en la Sociedad y las Infraestructuras**

Para comunicar y difundir la alerta de un terremoto en una comunidad universitaria de manera efectiva, se considera seguir los siguientes pasos:

- Implementar un Sistema de Alerta Temprana en la universidad, el cual tiene la capacidad de detectar sismos y enviar notificaciones rápidas a través de diversos medios de comunicación.
- Desarrollar o utilizar aplicaciones móviles que permiten enviar alertas sísmicas a estudiantes, profesores y personal de la universidad. Estas aplicaciones pueden ser específicas para la universidad o integrarse a sistemas de alerta ya existentes.
- Emplear mensajes de texto (SMS) para enviar alertas sísmicas a los miembros de la comunidad universitaria que han optado por recibir notificaciones de emergencia en sus teléfonos móviles.
- Instalar sistemas de altavoces o megafonía en áreas comunes y edificios de la universidad, a fin de emitir alertas sonoras en caso de un terremoto.



## Capítulo III

### Desarrollo del Proyecto

En el presente capítulo se presenta el proceso de implementación del proyecto de detección de sismos y alerta temprana para el personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” sede Latacunga extensión Belisario Quevedo. En caso de un sismo el personal, será notificado mediante mensaje vía Wifi utilizando la aplicación de mensajería Telegram y a través de un pequeño zumbador se dará aviso sonoro al personal que se encuentre a una distancia apreciable.

#### **Materiales y Elementos**

Para la creación del proyecto, se necesitaron de varios componentes en el proceso de desarrollo del software y del hardware que son de fácil adquisición y a precios asequibles para el uso doméstico, además cuenta con un sistema de alimentación externa el cual hace que no sea dependiente de la alimentación eléctrica en caso de fallas energéticas.

#### **Software Utilizado**

- Arduino IDE 2.1.1
- Telegram

#### **Hardware Utilizado**

Los elementos correspondientes al hardware utilizado en el desarrollo del proyecto son:

- Módulo ESP-32
- Router Inalámbrico
- Detector de vibraciones
- Zumbador
- Smartphone compatible con la última versión de Telegram
- Batería tipo LIPO
- Módulo de carga

- Módulo elevador de voltaje

### **Módulo ESP-32**

El módulo ESP-32, es un microcontrolador que incluye un receptor Wifi integrado, además, cuenta con Bluetooth V4.2, también está equipado con una ranura para insertar una tarjeta micro SD, lo que permite utilizar almacenamiento externo portátil. En la figura 1 se muestra el módulo ESP-32.

### **Figura 1**

*Módulo ESP-32*



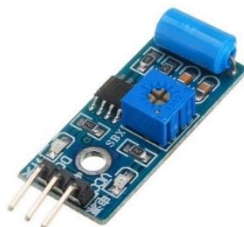
*Nota.* La figura representa el módulo ESP-32. Tomado de (*Mgsystem Módulo ESP32 Wifi Bluetooth Arduino Raspberry Avr - U\$S 8,73, s. f.*)

### **Módulo Detector de Vibraciones.**

El módulo se emplea como un interruptor activado por golpes o movimientos intensos. Este módulo envía un valor lógico "1" cuando detecta una vibración y permanecerá en "0" lógico cuando no detecte ninguna actividad. En la figura 2, se indica el módulo detector de vibraciones.

**Figura 2**

*Módulo detector de vibraciones*



*Nota.* La figura representa el módulo detector SW-420 de vibraciones. Tomado de (*MÓDULO SENSOR DE VIBRACIÓN NC SW-420 – Grupo Electrostore, s. f.*)

**Módulo Elevador de Voltajes.**

Este módulo tendrá la función de aumentar el voltaje de entrada para el módulo ESP-32, el cual requiere una entrada de 5V. En la figura 3, se indica el módulo elevador de voltaje.

**Figura 3**

*Módulo elevador de voltaje*



*Nota.* La figura representa el módulo elevador de voltaje. Tomado de (*Módulo regulador y elevador de Voltaje DSN6000AUD - 4A - Guatemala, s. f.*)

## Baterías LiPo.

Son una variedad de baterías recargables ampliamente empleadas en dispositivos electrónicos como teléfonos móviles. En la figura 4, se indica las baterías de LiPo (Litio-Polímero).

### Figura 4

*Batería de Lipo 3.3V*



*Nota.* La figura representa una batería de Lipo de 3.3 V. Tomado de (*Todo lo que debes saber sobre las Baterías de Litio (LiPo) | Introducción | BricoGeek Lab, s. f.*)

## Módulo de Carga 4056.

Es un chip integrado que se utiliza para cargar baterías de litio, como las baterías de iones de litio (Li-Ion) y las baterías de polímero de litio (LiPo). La figura 5, muestra el módulo de carga 4056.

### Figura 5

*Módulo de carga 4056*



*Nota.* La figura representa el módulo de carga 4056. Tomado de (*TP4056 Tipo C Módulo de carga para batería Lipo 1A – Novatronic, s. f.*)

**Buzzer.**

Es un componente electromecánico que se utiliza para generar sonidos audibles de manera sencilla. Su diseño es compacto y se compone de un elemento piezoeléctrico alojado en un pequeño envase, generalmente de plástico. La figura 6, muestra un buzzer.

**Figura 6***Buzzer*

*Nota.* La figura representa un buzzer el cuál actuará como la alarma del sistema. Tomado de (Buzzer Activo - 5V, 12x9.5mm, s. f.)

**Análisis Comparativo de Aplicaciones Web y Selección Justificada**

Para la interacción de la señal analógica con el servidor se utilizó como medio de comunicación la aplicación Telegram, la misma que compite contra otras aplicaciones para mensajería instantánea, por lo tanto, en el siguiente análisis, se detalla la distinción entre Telegram y el uso de otras aplicaciones de mensajería. Se examinan las disparidades y particularidades que hacen que Telegram se diferencie de manera significativa respecto a otras opciones en el ámbito de la mensajería.

Aquí hay una explicación detallada de los puntos clave que se consideraron para la selección de esta aplicación:

### ***Plataforma y Protocolo***

Telegram: Esta es una aplicación de mensajería instantánea basada en un servidor centralizado, lo que significa que todos los datos pasan por sus servidores.

Correo electrónico: utiliza SMTP (Protocolo simple de transferencia de correo) para enviar y recibir mensajes a través de servidores de correo electrónico.

### ***Velocidad y Sincronización***

Telegram: proporciona mensajería rápida en tiempo real y una experiencia de chat en vivo para conversaciones instantáneas.

Correo electrónico: la velocidad de envío puede variar según los servidores involucrados y la carga de la red. No ofrece sincronización en tiempo real como Telegram.

### ***Interfaz y Experiencia de Usuario:***

Telegram: Ofrece una interfaz intuitiva y fácil de usar con funciones adicionales como canales, grupos y bots.

Correo electrónico: La interfaz de usuario puede variar según el proveedor de correo electrónico, pero generalmente ofrece una experiencia estándar de buzón de correo de entrada.

Con respecto a cuál es la mejor opción como mensajería instantánea, la elección dependerá de las necesidades específicas del usuario y de los requisitos de seguridad que se busquen. Telegram es conocido por su enfoque en la seguridad y rapidez en la entrega de mensajes, mientras que el correo electrónico es una herramienta más amplia y versátil para la comunicación, especialmente en contextos profesionales.

Por lo tanto, para el presente proyecto es necesario una respuesta rápida del valor analógico y la interfaz digital por lo que el usuario necesita activar y desactivar la alarma que emita el buzzer cuando detecte un movimiento sísmico, de la misma manera es necesario que la sincronización del Telegram sea en tiempo real, aspecto que no cubre la plataforma de correo electrónico.

Por las características indicadas Telegram, se usó en el desarrollo del presente proyecto como servidor para el monitoreo de señales sísmicas.

### **Procedimiento**

Para la implementación del proyecto, se usó como sitio de pruebas el laboratorio de Circuitos Eléctricos de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" sede Latacunga extensión Belisario Quevedo. Desde esta instancia, se alertará al personal de seguridad de la universidad la presencia de un sismo, la misma, que permitirá la activación de los planes de atención frente a riesgos y evacuación del personal docente, administrativo y estudiantes de la universidad.

En base a los estudios realizados se escogió como método de mensajería la aplicación Telegram debido a que el módulo ESP-32 ya cuenta con un chip receptor de Wi-Fi, el cual a través de la programación realizada se conecta de manera efectiva y rápida a la red de preferencia.

Telegram se especializa al momento de la creación de los bots tanto receptores como emisores de mensajes, dando una mayor fiabilidad al momento de realizar la comunicación con los usuarios.

En la figura 7, se muestra la interfaz de mensajería Telegram, en el cual se indica el método de recepción de mensajes tanto desde el punto de vista del emisor y del receptor, también es posible visualizar los comandos que se utilizan para el control del sistema autónomo via Wi-Fi.

### Figura 7

*Interfaz de la mensajería*



*Nota.* La figura representa la interfaz que interactúa el usuario con el Bot de Telegram para el control del sistema.

Para el envío de mensajes mediante la plataforma Telegram, se desarrolló un software que ejecuta la detección del sismo y activa cada una de las alertas, que se emitirán al momento de detectar un movimiento telúrico.



El código es un programa en lenguaje Arduino que utiliza la biblioteca "CTBot" para conectar un bot de Telegram a un dispositivo Arduino. El bot de Telegram, está configurado para recibir comandos y enviar mensajes a un grupo específico en la plataforma. A continuación, se indican las secciones de la programación, acompañada de una breve descripción para una mayor comprensión.

La figura 8, muestra una definición de plantilla de función que le permite imprimir cualquier tipo de datos utilizando un objeto Imprimir (por ejemplo, Serial). Esta sobrecarga facilita la salida de varios tipos de datos al puerto serie.

### Figura 8

*Definición de una plantilla de función*

```
template<class T> inline Print &operator <<(Print &obj, T arg) {  
    obj.print(arg);  
    return obj;  
}
```

Las bibliotecas son utilizadas para agregar conjuntos predefinidos de código y funciones, en la figura 9, se muestran las bibliotecas necesarias para el funcionamiento del programa.

"CTBot.h": contiene las funcionalidades para poder realizar la comunicación con el bot de Telegram,

"Utilities.h": es una biblioteca personalizada con algunas funciones auxiliares

"EasyBuzzer.h": es una biblioteca para controlar un buzzer de manera sencilla, desde el volumen hasta los puertos en los que se realiza la conexión.

**Figura 9**

*Inclusión de bibliotecas*

```
#include "CTBot.h"  
#include "Utilities.h"  
#include <EasyBuzzer.h>
```

Las constantes tipo char, son utilizadas para representar caracteres individuales como letras o valores que no cambian durante la ejecución del programa, en la figura 10, se muestra las constantes especificadas como "ssid" y "password" que representan el nombre de la red a la cual se desea conectar y la contraseña de la misma. Se debe asegurar que estén correctamente escritas ya que, en caso de haber algún tipo de carácter erróneo, no se realizará la conexión correcta, las líneas que están marcadas como comentario, es para que en caso de que no detecte la primera red, instantáneamente se escaneará en busca de la segunda hasta realizar la conexión.

**Figura 10**

*Definición de nombre de red y contraseña de la red*

```
const char* ssid = "Infinix NOTE 12";  
const char* password = "henry0852";  
  
// const char* ssid = "Jhon";  
// const char* password = "12345678";
```

El token, es una cadena de caracteres únicos y secretos que es utilizado para autorizar la interacción con el Bot de Telegram, en la figura 11, se muestra el token único del Bot el mismo, que se puede obtener mediante el @Bot\_Father.

**Figura 11***Configuración del bot de Telegram y conexión WiFi*

```
const String token = "6340995686:AAGA9My4o-5U7Fr0ZJ4edvzKUJrtQax517I";
```

Al crear un nuevo grupo dentro de la aplicación de Telegram, se generará un nuevo token único, el cual permitirá realizar la comunicación con todos los usuarios dentro del mismo. En la figura 12, se muestra el token único del grupo de mensajería, este se puede obtener al ingresar a telegramWeb, y dentro del link de acceso se observa el token, al cual se agregarán los usuarios que puedan controlar al bot y observar los mensajes de alerta.

**Figura 12***Token único del grupo*

```
int64_t grupoId = -992064400;
```

Para la creación del temporizador, se usó la integración de una variable tipo entero, donde se definirá el tiempo para que la alarma detenga su funcionamiento de acuerdo al tiempo declarado en la variable. En la figura 13, se muestra el temporizador, el cual está declarado en segundos, no es necesario que se realice la conversión a milisegundos, haciendo que sea más fácil la programación.

**Figura 93***Creación del Temporizador*

```
int64_t _time = 0;
int t = 10;           //TIEMPO EN SEGUNDOS PARA PARAR ALARMA
```

La función setup(), inicia la comunicación con el puerto serie para la comunicación. En la figura 14, se configuran los pines y las interrupciones para el manejo del botón y el sensor de

vibración. Finalmente, se prueba la conexión y se configura el pin del LED como salida, inicializándolo en estado alto (encendido).

## Figura 174

*Comunicación con el puerto serie*

```
void setup() {
  // Inicialización del puerto serie para imprimir mensajes de depuración
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Iniciando Bot de Telegram");

  // Configuración de pines y manejo de interrupciones
  pinMode(vibra, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(vibra, alerta, RISING);

  pinMode(btn, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(btn, apagar, RISING);

  // Configuración del buzzer
  // EasyBuzzer.setPin(5);

  // Conexión WiFi y configuración del token del bot
  miBot.wifiConnect(ssid, password);
  miBot.setTelegramToken(token);

  // Prueba de conexión con Telegram
  if (miBot.testConnection()) {
    Serial.println("\n Conectado");
  }
  else {
    Serial.println("\n No Conectado");
  }
}

// Configuración del LED como salida
pinMode(Led, OUTPUT);
digitalWrite(Led, HIGH);
}
```

Con la función `loop()`, se indica el bucle principal a ejecutar de forma indefinida, a su vez, en la figura 15, se observa cómo el programa revisa si hay nuevos mensajes del bot de Telegram utilizando la función `miBot.getNewMessage(msg)`. Si se recibe un mensaje de texto, el programa puede procesar el contenido del mensaje y enviar una respuesta adecuada al grupo. Además, si la variable `alarma` está activada, enviará un mensaje de "ALERTA SISMO" al grupo especificad. También, si la variable `detener`, está activada, enviará un mensaje de "ALARMA DESACTIVADA" al mismo grupo.

Figura 255

*Bucle principal del programa*

```
void loop() {
  TBMessage msg;

  // Verificar si hay nuevos mensajes del bot de Telegram
  if (miBot.getNewMessage(msg)) {
    if (msg.messageType == CTBotMessageText) {
      // Procesar el mensaje de texto recibido
      // ...

      // Enviar respuesta al grupo (si el mensaje proviene de un grupo)
      // ...
    }
  }

  // Enviar alerta de sismo si se activa la alarma
  if (alarma) {
    // ...
  }

  // Detener la alarma si se pulsa el botón para apagarla
  if (detener) {
    // ...
  }

  // Pequeño retardo para evitar un procesamiento excesivo
  delay(500);
}
```

Para indicar el funcionamiento de la alarma, se procedió con la creación de las funciones alerta() y apagar(), como se observa en la figura 16, estas funciones son llamadas cuando se producen las interrupciones configuradas en los pines del sensor de vibración (vibra) y el botón (btn). En la función alerta(), se activa la variable alarma, lo que hará que en el siguiente ciclo del bucle principal, se envíe un mensaje de alerta de sismo al grupo. En la

función `apagar()`, se activa la variable `detener`, que generará el envío de un mensaje de "ALARMA DESACTIVADA" al grupo en el siguiente ciclo del bucle principal.

### Figura 336

*Funciones `alerta()` y `apagar()`*

```
void alerta() {
    // Activar el buzzer y el LED para la alarma
    // ...
    alarma = true;
}

void apagar() {
    // Detener el buzzer y apagar el LED para detener la alarma
    // ...
    detener = true;
}
```

En resumen, el programa utiliza un ESP-32, conectado a Internet para detectar sismos a través de un sensor de vibración. Cuando se detecta una vibración, el programa envía una alerta de sismo al grupo de Telegram configurado, permitiendo una alerta temprana a los usuarios para que puedan tomar las medidas necesarias. Además, el Bot de Telegram, también permite a los usuarios activar o desactivar manualmente la alarma según sea necesario, funciona de esa manera porque el bucle principal continúa repitiéndose para seguir monitoreando mensajes y vibraciones y se incluye un pequeño retardo de 500 milisegundos para evitar un procesamiento excesivo y permitir que el programa realice otras tareas.

### Funcionamiento

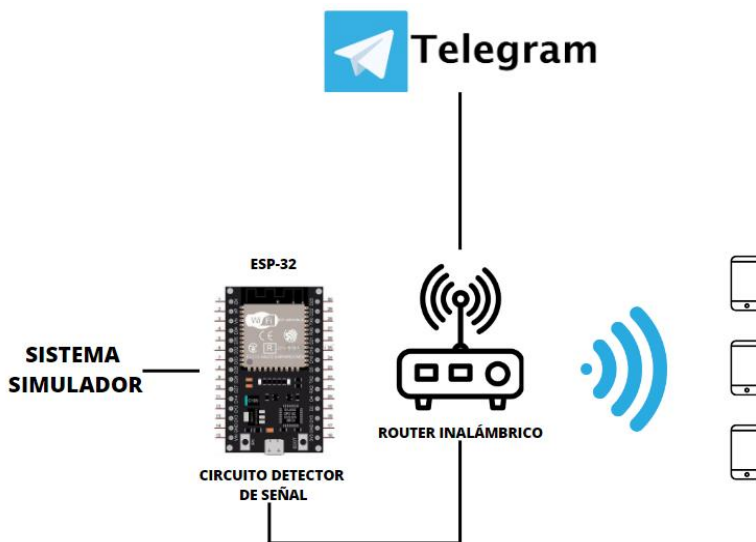
El sistema funciona de la siguiente manera: El módulo detector de vibraciones detecta el sismo generado y envía una señal de voltaje al módulo ESP-32, el mismo que previamente estará conectado a la red WiFi de la institución, una vez recibida la señal, enviará un aviso al bot de Telegram, el cual enviará un mensaje de "Alerta Sismo", y encenderá la bocina

conectada al módulo; los usuarios dentro del grupo podrán controlar el apagado de la sirena e incluso pasado un cierto tiempo se apagará automáticamente.

El diseño del sistema de alerta, se basa en la comunicación eficiente a través del módulo ESP-32 y el detector de vibraciones SW-420, la comunicación se realiza por medio de un Bot inteligente programado para recibir señales y enviar alertas por medio del grupo en Telegram, cuando el sensor de vibraciones recibe una señal el Bot la detecta y envía un mensaje de “Alerta Sismo” y el usuario puede interactuar con el Bot para que el mismo desactive la alarma digitando “Desactivar”.

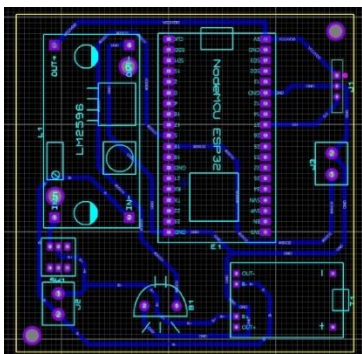
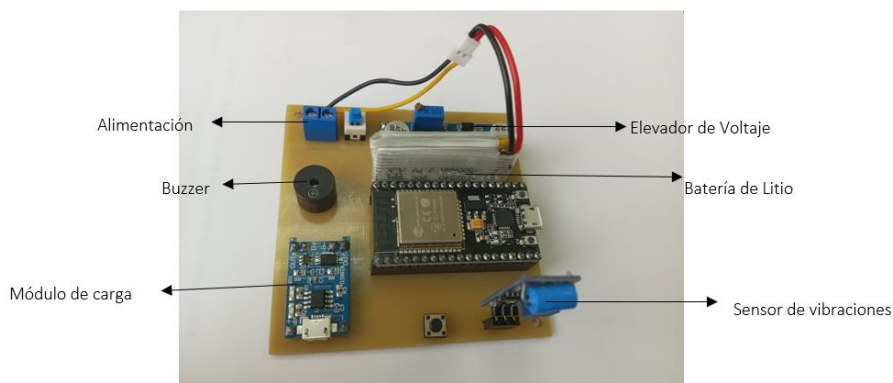
### Figura 410

*Diseño del sistema de alerta*



### Elaboración de la Placa PCB

En el presente apartado, se evidencia el circuito madre implementado, donde se visualiza los componentes descritos anteriormente. En la figura 16, se expone el diseño PCB o placa de circuito impreso.

**Figura 497***Diseño de circuito impreso***Figura 461***Placa baquelita implementado*

Una vez elaborada la placa de circuito impreso se realizaron pruebas sobre la funcionalidad del circuito:

### ***Detección de Vibraciones***

Se ha comprobado que el sensor utilizado en el circuito es capaz de detectar vibraciones con precisión y rapidez, de la misma manera, el circuito es sensible a diferentes niveles de vibración por lo que responde adecuadamente ante eventos de impacto o movimiento.



### ***Transmisión de Señal al ESP32***

Se ha verificado que la señal generada por el sensor de vibraciones es correctamente captada y procesada por el microcontrolador ESP32 haciendo que la comunicación entre el sensor y el microcontrolador se establezca de manera efectiva y sin problemas de interferencias.

### ***Integración con Telegram***

Se ha implementado y comprobado que el microcontrolador ESP32 se conecta exitosamente con el bot de Telegram. La señal digital que indica la detección de vibración se envía de manera fiable al bot, lo que permite una notificación instantánea al usuario.

### ***Activación y Desactivación de la Alarma***

Los resultados muestran que el bot en Telegram, es capaz de recibir la señal enviada desde el microcontrolador ESP32 y procesarla adecuadamente, así el usuario puede enviar comandos al bot para activar o desactivar la alarma para que el sistema responda de forma oportuna y segura.

### ***Fiabilidad y Estabilidad del Sistema***

Se han realizado pruebas exhaustivas para garantizar la estabilidad del sistema en diferentes situaciones y condiciones, así mismo, el circuito demuestra un rendimiento consistente y confiable durante la detección de vibraciones y la comunicación con Telegram.

### ***Eficiencia Energética***

Se ha evaluado el consumo de energía del circuito y se han implementado medidas para optimizar la eficiencia energética, lo que permite una duración prolongada de la batería o el uso de fuentes de energía más sostenibles.

En resumen, los resultados indican que el circuito es efectivo en la detección de vibraciones y en el envío de señales a través del microcontrolador ESP32 al bot en Telegram para activar y desactivar la alarma. El sistema muestra un funcionamiento confiable, proporcionando una solución práctica y segura para la detección y notificación de eventos de vibración.

### **Análisis Económico**

Para el cálculo del presupuesto del proyecto se analizaron varias opciones a tener en cuenta, desde varios tipos de módulos, hasta la inclusión de un servidor externo para el envío de mensajes automático, sin embargo, tras varios análisis se llegó a la conclusión del uso de los siguientes componentes.

**Tabla 1**

*Evaluación Financiera con smartphone*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
1	Módulo ESP-32	\$15
1	Router Inalámbrico TP-Link	\$20
1	Piezoeléctrico	\$1.60
1	Batería de Litio	\$8
1	Módulo de Carga	\$1
1	Smartphone	\$200
1	Zumbador	\$2.40
1	Otros	\$20
<b>Total del Presupuesto</b>		<b>\$268</b>

En el caso de que el usuario ya cuente con un Smartphone el presupuesto se reduce a lo siguiente.

**Tabla 2**

*Evaluación Financiera sin smartphone*

Cantidad	Descripción	Total
1	Modulo ESP-32	\$15
1	Router Inalámbrico TP-Link	\$20
1	Piezoeléctrico	\$1.60
1	Batería de Litio	\$8
1	Módulo de Carga	\$10
1	Zumbador	\$2.40
1	Otros	\$20
Total del Presupuesto		\$68

## Capítulo IV

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se ha implementado un sistema inteligente de detección de sismos y alerta para el personal de seguridad de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Sede Latacunga.
- Se ha investigado cómo se producen y se alertan los movimientos sísmicos con la finalidad de conocer los métodos que existen para prevenir desastres de un futuro sismo a la comunidad universitaria.
- Se ha desarrollado un sistema de detección de sismos que alerte al personal de seguridad de la universidad mediante un proceso de mensajería automatizado (telegram).
- Se ha simulado un movimiento sísmico para comprobar la funcionalidad del proyecto, obteniendo buenos resultados.
- La investigación y desarrollo de este sistema aportan al campo de la sismología y la tecnología aplicada, proporcionando una solución innovadora y asequible para la detección temprana de sismos en áreas propensas a sufrir este fenómeno.

## Recomendaciones

- Revisar que el módulo ESP-32, tenga un rango admisible de conexión a la red, en caso de no contarlo verificar las redes cercanas y agregarlas a la programación.
- Comprobar que el módulo detector de vibraciones esté ajustado correctamente para la detección más próxima de los sismos, caso contrario no detectará ningún tipo de vibraciones.
- El proyecto de integración curricular ha puesto de manifiesto el potencial de este sistema de detección de sismos para ser ampliado y mejorado en futuras investigaciones. Se pueden explorar integraciones con otros sensores y tecnologías para aumentar la precisión y la cobertura del sistema.

## Bibliografía

- Buzzer activo—5V, 12x9.5mm.* (s. f.). Sumador. Recuperado 18 de julio de 2023, de <https://sumador.com/products/buzzer-activo-5v-12x9-5mm>
- IGPN. (s. f.). *Sistemas de alerta temprana sísmica, una nueva propuesta en tu teléfono inteligente—Instituto Geofísico—EPN.* Recuperado 24 de julio de 2023, de <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1998-sistemas-de-alerta-temprana-sismica-una-nueva-propuesta-en-tu-telefono-inteligente>
- Mgssystem Modulo Esp32 Wifi Bluetooth Arduino Raspberry Avr—U\$S 8,73.* (s. f.). Recuperado 18 de julio de 2023, de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517660639-mgssystem-modulo-esp32-wifi-bluetooth-arduino-raspberry-avr-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517660639-mgssystem-modulo-esp32-wifi-bluetooth-arduino-raspberry-avr-_JM)
- Módulo regulador y elevador de Voltaje DSN6000AUD - 4A - Guatemala.* (s. f.). Recuperado 18 de julio de 2023, de <https://laelectronica.com.gt/modulo-regulador-y-elevador-de-voltaje-dsn6000aud---4a>
- MÓDULO SENSOR DE VIBRACIÓN NC SW-420 – Grupo Electrostore.* (s. f.). Recuperado 18 de julio de 2023, de <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/vibracion/modulo-sensor-de-vibracion-nc-sw-420/>
- Portillo, G. (s. f.). *Ondas Sísmicas.* MetereologíaenRed. <https://www.meteorologiaenred.com/ondas-sismicas.html>
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en Ecuador.* Corporación Editora Nacional.
- Todo lo que debes saber sobre las Baterías de Litio (LiPo) | Introducción | BricoGeek Lab.* (s. f.). *TP4056 Tipo C Módulo de carga para batería Lipo 1A – Novatronic.* (s. f.). Recuperado 18 de julio de 2023, de <https://novatronicec.com/index.php/product/tp4056-tipo-c-modulo-de-carga-para-bateria-lipo-1a/>

Zambrano, O. M., Esteve, M., & Palau, C. (s. f.). *SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA TERREMOTOS: Una propuesta innovadora y económica basada en Smartphones.*

## Anexos