Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Tecnología de la Información y Comunicación

Diseño de un sistema de alarma sísmica auditiva para el Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez Managua, 2026.

Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Electrónico

Elaborado por:

Br. Kathia Isabel Segovia Jerez
Carnet: 2014-1258U

Br. Kener Horacio García López
Carnet: 2014-1153U

Br. Douglas Javier Lara Bustamante
Carnet: 2015-0831U

Tutor:

Ing. Jorge Joel Mora Jara

04 de mayo de 2026
Managua, Nicaragua

Índice del Contenido

1. Introducción 1
2. Objetivos 4
Objetivo General 4
Objetivos Específicos 4
3. Justificación 5
4. Marco Teórico 8
4.1 Tipología del proyecto 8
4.2 Localización geográfica y contexto socioeconómico 9
4.3 Usuarios, alcances y limitaciones 12
5. Diseño Metodológico 15
5.1. Sostenibilidad 15
5.2 Funcionalidad 15
5.3. Habitabilidad 16
5.4. Eficiencia 16
5.5 Innovación Tecnológica 16
5.6 Diagrama de bloques del sistema de alarma sísmica auditiva 17
6. Metodología para el desarrollo del diseño 27
6.1 Análisis de las condiciones técnicas y estructurales del instituto. 27
6.1.1 Levantamiento de la información: 27
6.2 Diseño del sistema de alarma sísmica auditiva. 32
6.2.1. Requisitos técnicos (Infraestructura y Hardware) 32
6.2.2 Requisitos funcionales (Operatividad y Usuario) 32
6.2.3. Parámetros base para el diseño 33
6.2.4 Selección de materiales y componentes del sistema. 33
6.2.5 Componentes de instalación y respaldo 34
6.2.6 Diseño de sistema de alarma sísmica auditiva 35
6.2.7 Configuración del sistema y conectividad 41
6.3 Resultados 45
7. Conclusiones 50
8. Recomendaciones 51

9. Bibliografia 53
10. Anexos 55

Índice de figuras

Figura 1. Vista panorámica del instituto. 11
Figura 2. Vista superior del instituto. 11
Figura 3. Diagrama de bloques del sistema 17
Figura 4. Red eléctrica comercial 18
Figura 5. Fuente de alimentación DC 18
Figura 6. Módulo controlador de carga DC parte frontal 19
Figura 7. Módulo controlador de carga DC parte trasera 19
Figura 8. Convertidor Reductor DC 20
Figura 9. Módulo de Conmutación automático, vista superior 21
Figura 10. Módulo de conmutación automática, vista inferior 21
Figura 11. Batería acido-plomo recargable 22
Figura 12. Módulo de desconexión de bajo voltaje 22
Figura 13. Convertidor reductor DC 23
Figura 14. Microcontrolador 24
Figura 15. Modulo Rele, vista superior 25
Figura 16. Modulo Rele, vista inferior 25
Figura 17. Sirena electrónica 26
Figura 18. Tablero de distribución 28
Figura 19. Diagrama de ubicación del sistema y propagación acústica .. 29
Figura 20. Diseño de sistema de alarma sísmica auditiva 35
Figura 21. Diagrama de flujo del sistema 37
Figura 22. Simulación de evento sísmico 43

Índice de Tablas

Tabla 1 Detalle de Conexión por aula 27
Tabla 2 Parametros base para el diseño.....33
Tabla 3. Resultados de la encuesta al personal Docentes del Sistema de Alarma Sísmica Auditiva.....46
Tabla 4. Resultados de la identificación del sonido de la alarma 47
Tabla 5. Gráfico de barras: importancia en el plan de emergencias.....48

1. Introducción

Nicaragua, por su ubicación geográfica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, es una nación altamente vulnerable a fenómenos sísmicos, el alto nivel de amenaza sísmica marcado en la historia por eventos devastadores como el terremoto de 1931 y 1972, mantienen al país en permanente vigilancia sísmica. El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) ha fortalecido a las instituciones de gobierno que forman parte del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), que están destinadas a proteger la vida, los bienes y el entorno de la población nicaragüense mediante la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación ante situaciones de desastres.

El Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, se encuentra ubicado en la ciudad de Managua, se plantea el diseño de un sistema de alarma sísmica auditiva como una solución tecnológica orientada a fortalecer las medidas de prevención y respuesta ante eventos sísmicos. El diseño de este sistema busca proporcionar una alerta sonora que advierta a estudiantes, docentes y personal administrativo, facilitando la evacuación ordenada y reduciendo riesgos ante emergencias. El proyecto integra conocimientos de electrónica analógica y digital, microcontroladores, sistemas embebidos, procesamiento de señales y sistemas de alimentación eléctrica, adaptados a las condiciones de infraestructura del centro educativo.

La relevancia profesional de este proyecto en el campo de la Ingeniería Electrónica radica en la aplicación práctica de competencias técnicas para resolver una problemática real del entorno. A nivel local y nacional, la recurrencia de sismos en Nicaragua demanda soluciones accesibles y adaptables a instituciones públicas como centros escolares. El diseño de una alarma sísmica auditiva no solo contribuye a la cultura de prevención

y gestión del riesgo en la comunidad educativa, sino que también demuestra la capacidad del Ingeniero Electrónico para desarrollar sistemas tecnológicos pertinentes, de bajo costo y alto impacto social, alineados con las necesidades regionales en materia de seguridad y protección civil.

Desde el punto de vista técnico, este diseño se fundamenta en la necesidad de contar con un mecanismo confiable, autónomo y de respuesta inmediata ante eventos sísmicos. La propuesta prioriza criterios de sensibilidad, selectividad, bajo consumo energético y respaldo de alimentación, garantizando operatividad continua incluso ante fallas del suministro eléctrico. Asimismo, se busca una solución de bajo costo, escalable y adaptable a la infraestructura existente, optimizando recursos y asegurando viabilidad técnica en el entorno escolar.

El proyecto fortalece competencias en análisis y diseño de soluciones reales, vinculando la teoría con una problemática concreta del entorno. Asimismo, fomenta la investigación aplicada y la innovación tecnológica con impacto social, contribuyendo a la formación de profesionales comprometidos con el desarrollo local y capaces de responder a las necesidades técnicas y sociales de su comunidad.

Desde el punto de vista social, en un contexto como el de Managua, caracterizado por alta actividad sísmica, el diseño de una alarma sísmica auditiva responde a la necesidad de fortalecer la seguridad colectiva dentro de la comunidad educativa. Socialmente, el proyecto promueve la cultura de prevención y la preparación ante desastres naturales, generando mayor conciencia en estudiantes y docentes sobre la importancia de actuar con rapidez y orden. De esta manera, la iniciativa trasciende el ámbito tecnológico y se convierte en un aporte directo al bienestar y protección de la población escolar.

“La Universidad Nacional de Ingeniería” (UNI, s. f.) destaca en su portal web que, en relación con las líneas de investigación institucionales, innovación y extensión de la Universidad, este proyecto se integra a las funciones misionales de la UNI, que incluyen la generación de conocimiento científico y su aplicación en el desarrollo tecnológico para beneficio de la sociedad, así como la extensión de servicios y soluciones que respondan a problemáticas reales del entorno. La iniciativa de diseñar una alarma sísmica auditiva promueve la investigación aplicada en áreas como sistemas electrónicos, instrumentación y sistemas embebidos, alineándose con las líneas de investigación y desarrollo tecnológico de la Universidad. Asimismo, fomenta la innovación y el uso de tecnologías adaptadas a la realidad nacional, y puede ser replicada en actividades de vinculación y extensión para fortalecer la gestión del riesgo en comunidades educativas y otros sectores sociales.

Esta iniciativa se alinea con los esfuerzos del GRUN para fomentar la cultura de prevención y protección de la vida ante amenazas naturales. De este modo se busca que este dispositivo tecnológico, aporte al desarrollo de estrategias replicables en otros centros educativos del país, en correspondencia con la Estrategia Nacional de Educación 2024-2026, eje 11: Investigación e Innovación, la investigación promueve la aplicación de conocimientos, habilidades, métodos y medios para la generación de nuevos conocimientos y resultados en los ámbitos: educativo, económico y socio productivo del país (Comisión Nacional de Educación, 2024).

2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de alarma sísmica auditiva que emita advertencias sonoras, basándose en tecnologías emergentes para fortalecer la capacidad de respuesta ante sismos del Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez.

Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones técnicas y estructurales del Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez para determinar la viabilidad del sistema de alarma sísmica auditiva.

- Diseñar un sistema de alarma sísmica auditiva en el Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez de la ciudad de Managua para la alerta oportuna durante sismos.

- Evaluar el diseño mediante simulaciones de alertas sísmicas, para documentar, verificar su funcionamiento y contribución a la preparación de los usuarios ante sismos.

3. Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de desarrollar una propuesta tecnológica orientada a fortalecer la seguridad y la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos en el Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, ubicado en la ciudad de Managua. Nicaragua, debido a su ubicación geográfica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, se encuentra constantemente expuesta a movimientos telúricos que representan un riesgo para la población y especialmente para instituciones educativas con alta concentración de estudiantes y personal docente. En este contexto, se considera importante diseñar un sistema de alarma sísmica auditiva que contribuya a mejorar los mecanismos de prevención y evacuación dentro del entorno escolar.

La elaboración de este proyecto permite aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica en Ingeniería Electrónica, integrando áreas como electrónica analógica y digital, microcontroladores, sistemas embebidos, procesamiento de señales, automatización y sistemas de alimentación eléctrica. A través del diseño del sistema de alarma sísmica auditiva, se busca demostrar cómo la Ingeniería Electrónica puede aportar soluciones tecnológicas funcionales y adaptadas a las necesidades reales de la sociedad, especialmente en temas relacionados con la gestión del riesgo y la protección de la vida humana.

Desde el punto de vista académico, este proyecto fortalece las competencias investigativas y técnicas necesarias para el desarrollo profesional, ya que involucra procesos de análisis, diseño, simulación y validación de sistemas electrónicos aplicados a una problemática real. Asimismo, el desarrollo del sistema requiere la integración de metodologías de investigación, análisis estructural básico, evaluación de requerimientos

técnicos y simulaciones computacionales mediante herramientas como Matlab y microcontroladores ESP32, permitiendo relacionar la teoría con aplicaciones prácticas dentro del campo de la Ingeniería Electrónica.

La importancia de este proyecto también radica en su impacto social, debido a que busca promover una cultura de prevención y preparación ante desastres naturales dentro de la comunidad educativa. La implementación de una alarma sísmica auditiva permitiría alertar de forma inmediata a estudiantes, docentes y trabajadores administrativos ante la ocurrencia de un evento sísmico, facilitando procesos de evacuación ordenada y reduciendo riesgos asociados al pánico o desorganización durante una emergencia. Además, al tratarse de un diseño basado en componentes de bajo costo y disponibles en el mercado nacional, la propuesta podría ser replicada en otros centros educativos públicos del país.

Desde el enfoque tecnológico, el proyecto busca desarrollar un sistema funcional, eficiente y confiable, incorporando mecanismos de respaldo energético mediante baterías, módulos de conmutación automática y sistemas de control que garanticen operatividad continua incluso ante fallas en el suministro eléctrico. Asimismo, la utilización de simulaciones sísmicas permite validar el comportamiento del sistema y verificar su capacidad de respuesta antes de una implementación física definitiva, contribuyendo a garantizar la viabilidad técnica del diseño propuesto.

De igual manera, esta investigación se encuentra vinculada con las líneas de investigación, innovación y extensión promovidas por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), debido a que fomenta el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas a resolver problemáticas reales del entorno nacional. El proyecto también se relaciona con los esfuerzos institucionales y gubernamentales dirigidos a fortalecer la prevención y mitigación de riesgos ante fenómenos naturales, contribuyendo al

desarrollo de estrategias de seguridad aplicables en instituciones educativas y espacios de concentración poblacional.

Finalmente, la elaboración de este sistema de alarma sísmica auditiva representa una oportunidad para aplicar la Ingeniería Electrónica como herramienta de innovación y servicio social, desarrollando una propuesta tecnológica orientada a proteger la vida humana y fortalecer la resiliencia de la comunidad educativa ante amenazas sísmicas. A través de este proyecto se busca no solo cumplir con un requisito académico de graduación, sino también aportar una solución técnica viable que pueda contribuir al bienestar y seguridad de la población estudiantil en Nicaragua.

4. Marco Teórico

El Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez se encuentra ubicado en el centro de Managua, cercano a la falla sísmica de Tiscapa, una de las cuatro fallas sísmicas que rompió el terremoto de 1972 (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, s/f-b). La infraestructura principal cuenta en su primera planta con 20 secciones, segunda planta 10 secciones y 3 pabellones laterales que suman 22 secciones.

4.1 Tipología del proyecto

4.1.1 Estructura del Sistema Electrónico

El proyecto se define como un sistema porque presenta una arquitectura funcional donde cada etapa depende de la anterior:

Subsistema de Adquisición (Entrada): Compuesto por sensores que convierten una magnitud física (aceleración/vibración) en una señal eléctrica analógica o digital.

Subsistema de Procesamiento (Control): Centrado en un microcontrolador. Aquí se ejecutan algoritmos para filtrar el ruido, comparar la señal con umbrales preestablecidos y tomar decisiones lógicas en tiempo real.

Subsistema de Actuación (Salida): Interfaces de potencia que activan dispositivos acústicos (sirenas) para comunicar el estado de alerta.

1. **Argumentación Técnica**

A. **Interdependencia de Componentes:** Un sistema no es una suma de partes aisladas. Si el sensor detecta una vibración, pero el microcontrolador no está programado para interpretarla, o si la alarma no tiene energía, el objetivo (la alerta) no se cumple. Existe

una sinergia donde el funcionamiento del todo es superior a la suma de sus componentes.

B. **Procesamiento y Transformación de Señales: Se** considera sistema electrónico porque realiza una transformación de señales. La señal de entrada (mecánica) es procesada mediante acondicionamiento electrónico (amplificación o filtrado) y convertida en una respuesta binaria (activación/desactivación de la alarma).

C. **Retroalimentación y Control (Feedback):** El sistema opera bajo una lógica de control. El microcontrolador monitorea constantemente el estado de los sensores. Si el nivel de vibración es mayor al umbral de seguridad, el sistema cambia de estado (de "Reposo" a "Alerta"), demostrando una capacidad de respuesta inteligente ante estímulos externos.

D. **Flujo de Energía e Información:** Como todo sistema de ingeniería, existe un flujo constante:

   Información: Datos del movimiento del suelo.

   Energía: Alimentación eléctrica que permite que los semiconductores operen y que la alarma sonora genere presión acústica.

4.2 Localización geográfica y contexto socioeconómico

El Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez es uno de los centros de estudios públicos más emblemáticos de Managua. Su ubicación no es solo una dirección, sino un punto estratégico que conecta la vieja Managua con la zona de mayor crecimiento comercial actual.

Ubicación:

El instituto se encuentra en una zona de altísima actividad académica.

- **Impacto:** Esta cercanía crea un "distrito educativo" donde el flujo de estudiantes, transporte escolar y comercio relacionado (librerías) es constante.
- **Conectividad y Acceso:** Se sitúa sobre la Pista de la Solidaridad, una de las arterias viales más importantes de la capital.
- **Rutas de acceso:** Al estar cerca de la Rotonda Universitaria, el acceso mediante transporte público es excepcional. Casi cualquier ruta que atraviese el sector de Enel Central o la zona sur de la ciudad facilita la llegada al centro.
- **Comercio y Servicios:** Rodeado de gasolineras, plazas comerciales y centros de salud.
- **Seguridad y Tráfico:** Al ser una zona de alto tráfico vehicular, la entrada y salida de estudiantes suele requerir regulación vial por parte de la Policía Nacional para garantizar la seguridad

Sus coordenadas geográficas aproximadas son:

- **Latitud:** 12.1181° N
- **Longitud:** 86.2755° O
- **Punto de Intersección Estratégico:** Estas coordenadas sitúan al instituto en la 2ª Avenida Suroeste, justo en el corazón del distrito educativo y administrativo de la capital. Se encuentra a pocos metros de la intersección conocida como Enel Central, lo que lo conecta directamente con la Pista de la Solidaridad y la Carretera a Masaya.

- **Elevación y Terreno:** Se encuentra en una zona de topografía relativamente plana dentro de la meseta de Managua, lo que facilita el acceso peatonal y vehicular, aunque es una de las áreas con mayor densidad de tráfico durante las horas pico debido a su importancia vial.



FIGURA 1, VISTA PANORÁMICA DEL INSTITUTO / ELABORACION PROPIA.



FIGURA 2, VISTA SUPERIOR DEL INSTITUTO/ ELABORACION PROPIA.

Este centro de estudios recibe aproximadamente a 2000 estudiantes con niveles de educación entre preescolar, primaria y secundaria, en turnos matutino, vespertino y sabatino, también recibe a 88 trabajadores y más de

100 visitantes, los cuales están propensos a eventos sísmicos durante su estadía.

Para el diseño de un sistema de alarma sísmica auditiva en el Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, es importante definir claramente sus alcances y limitantes para garantizar viabilidad técnica y operativa.

Contexto socioeconómico del proyecto:

El impacto socioeconómico de este proyecto reside en la democratización del acceso a tecnologías de seguridad preventiva. Al emplear una arquitectura de bajo costo basada en componentes electrónicos de libre distribución y sensores de alta eficiencia, el sistema se posiciona como una alternativa viable para sectores vulnerables o instituciones educativas que carecen del presupuesto para adquirir equipos industriales costosos.

Desde la perspectiva social, el proyecto fortalece la resiliencia comunitaria estudiantil, ya que la alerta temprana reduce directamente la probabilidad de fatalidades y lesiones, lo cual se traduce en una disminución de la carga económica para los sistemas de salud pública y la preservación de la integridad productiva de la población.

En última instancia, la implementación de este sistema representa una inversión mínima frente al elevado costo humano y material que supone un evento sísmico sin preparación previa.

4.3 Usuarios, alcances y limitaciones

Usuarios y alcances:

El proyecto puede abarcar el análisis estructural básico del instituto para determinar puntos estratégicos de instalación, el diseño del sistema electrónico (microcontrolador, sirenas y respaldo energético), y la

distribución acústica para asegurar cobertura total en aulas, pasillos y áreas comunes.

También puede incluir la integración con protocolos de evacuación escolar, señalización, capacitación a estudiantes y docentes, y la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo.

Asimismo, podría contemplar la incorporación de una batería de respaldo para garantizar funcionamiento ante fallas eléctricas y la adecuación del sistema a lineamientos nacionales de gestión de riesgo.

Este proyecto tiene como finalidad ayudar a los estudiantes, docentes y trabajadores del Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, proponiendo el diseño de un dispositivo de alerta auditiva contra sismos, mediante el conocimiento de los dispositivos que lo compondrán (Hardware y Software).

Con este diseño se busca establecer de manera clara una rápida respuesta ante estos eventos imprevistos para minimizar los tiempos de respuestas de las personas en el Instituto con el fin de reducir riesgos y garantizar la seguridad.
Se realizará la correcta identificación de los fundamentos técnicos, funcionales y normas que se aplican para una alarma contra sismos, además de los elementos que compondrán el equipo a diseñar. Una vez recopilada la información se utilizará un software de simulación para poner en práctica el diseño.

Limitaciones:
Entre las principales limitantes se encuentran las restricciones presupuestarias, que pueden afectar la calidad o cantidad de equipos a instalar.

Las condiciones estructurales existentes del edificio, que podrían dificultar el cableado o la fijación de dispositivos; y la disponibilidad de tecnología especializada en el mercado nacional.

Finalmente, factores como la capacitación insuficiente, el mantenimiento inadecuado o la falta de cultura de prevención pueden reducir la efectividad del sistema si no se abordan dentro del proyecto.

5. Diseño Metodológico

Para el diseño del sistema de alarma sísmica auditiva en el Instituto Nacional Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, la integración de los componentes mostrados en el diagrama técnico permite alcanzar estándares elevados en cinco pilares fundamentales.

Análisis técnico de cada uno:

5.1. Sostenibilidad

La sostenibilidad del sistema se basa en su durabilidad y bajo impacto de mantenimiento en el tiempo.

Eficiencia Energética: El uso de módulos como el LM2596 y fuentes AC/DC de alta eficiencia reduce el desperdicio de energía por calor.

Ciclo de Vida Extendido: La implementación del Módulo XY-L10A protege la vida útil de la batería de plomo-ácido al evitar sobrecargas, reduciendo la generación de residuos tecnológicos.

Escalabilidad: Al estar basado en un ESP32 el sistema puede actualizarse mediante software sin necesidad de reemplazar el hardware físico por varios años.

5.2 Funcionalidad

Este pilar define la capacidad del sistema para cumplir su objetivo primario: la advertencia temprana ante ocurrencia de eventos sísmicos.

Autonomía Crítica: Gracias a la batería de 12V - 7Ah, el sistema garantiza funcionalidad total incluso durante los cortes de energía que suelen preceder o acompañar a un sismo fuerte.

Notificación: El uso de un módulo relé de 2 canales permite activar simultáneamente dos sirenas de 120 dB, asegurando que la alerta cubra áreas extensas del instituto.

5.3. Habitabilidad

La habitabilidad se refiere a cómo el sistema mejora la seguridad y el confort psicológico dentro del entorno escolar.

Ambiente Seguro: La presencia visible y audible del sistema reduce la ansiedad en la comunidad educativa, fomentando una cultura de prevención ordenada.

Claridad Auditiva: Las sirenas electrónicas de dos tonos están diseñadas para ser distinguibles de cualquier otro ruido cotidiano del instituto (timbres de clase o sonidos del tráfico vehicular), evitando confusiones durante un sismo.

5.4. Eficiencia

Se optimizan los recursos técnicos para obtener el máximo rendimiento con el menor consumo. Consumo Inteligente: El sistema opera en un estado de bajo consumo mientras monitorea la red, activando la etapa de alta potencia (Sirenas de 1.2A) solo cuando la lógica de control lo demanda.

Regulación de Voltaje: El transformador LM2596 garantiza que el microprocesador reciba exactamente 3.3V - 1.5A, evitando errores de ejecución o reinicios que comprometan la eficiencia del monitoreo.

5.5 Innovación Tecnológica

El proyecto posiciona al instituto a la vanguardia tecnológica en gestión de riesgos.

Aislamiento Galvánico: La inclusión de un módulo relé optoacoplador representa una innovación en seguridad electrónica, ya que protege el microcontrolador contra picos de voltaje inducidos por el sistema.

Esta configuración técnica no solo cumple con la normativa de seguridad escolar, sino que ofrece una solución resiliente y moderna adaptada a la sismicidad de Managua.

5.6 Diagrama de bloques del sistema de alarma sísmica auditiva

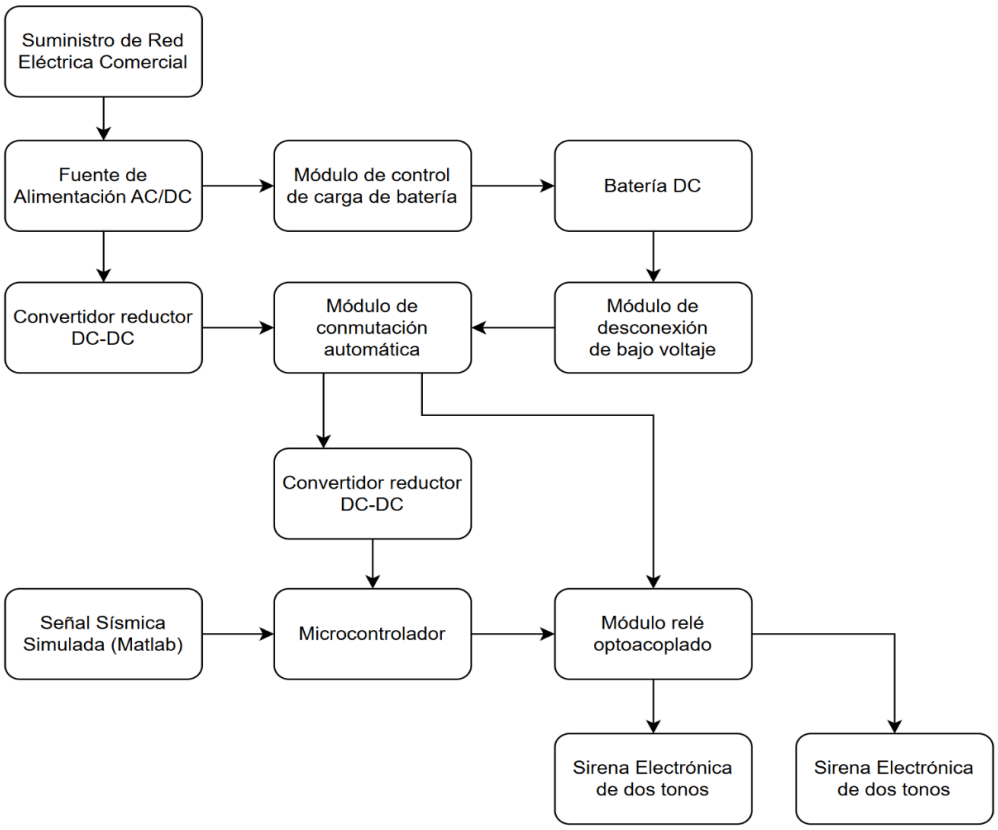

FIGURA 3, DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA / ELABORACION PROPIA.

Suministro de red eléctrica comercial (AC):

Es la energía eléctrica que proviene directamente desde la red pública de distribución de energía a cargo de DISNORTE-DISSUR.

Especificaciones técnicas:

• Voltaje Nominal: 120 V AC

• Tolerancia: ±10%

• Rango: 108 V – 132 V AC

• Frecuencia: 60 Hz

• Forma de onda: Senoidal

• Fase: Monofásica



FIGURA 4, RED ELÉCTRICA COMERCIAL/ ELABORACION PROPIA.

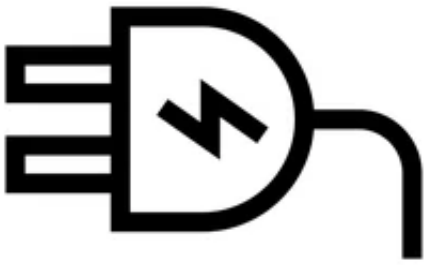

FIGURA 5, FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC / ELABORACION PROPIA.

Fuente de alimentación (AC/DC):

Es un adaptador de corriente que convierte la energía eléctrica de la red pública (AC) en una salida de corriente continua (DC) que necesitan los equipos electrónicos para funcionar.

Especificaciones técnicas:

• Rango de Voltaje de entrada: 100 V – 240 V AC

• Frecuencia: 50/60 Hz

• Voltaje de Salida: 19.5 V DC

• Corriente de Salida: 4.62 A

• Potencia Nominal: 90 W

Módulo controlador de carga (DC):

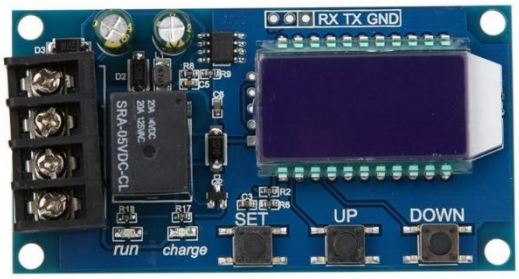

FIGURA 6, MÓDULO CONTROLADOR DE CARGA DC PARTE FRONTAL / ELABORACION ***PROPIA.***



FIGURA 7, MÓDULO CONTROLADOR DE CARGA DC PARTE TRASERA / ELABORACION PROPIA.

Este módulo programable es perfecto para mantener completamente cargadas las baterías DC de 6 V a 60 V. La protección automática de la batería contra sobrecarga, los ajustes de carga y la pantalla LCD simplifican

la monitorización del voltaje, porcentaje y tiempo de carga. Es ideal para proyectos electrónicos alimentados por batería.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: XY-L10A

• Rango de voltaje de carga: 6 V a 60 V CC

• Corriente máxima de carga: ≤10 A

• Precisión de carga: 0,1 V

• Compatibilidad con baterías: Litio / Paquetes multicelda (2S a 14S) / Plomo-ácido

• Botones integrados: SET | UP | DOWN

• Indicadores integrados (led): charge | run

• Pantalla integrada: LCD blanco sobre azul

Convertidor reductor (DC-DC):



FIGURA 8, CONVERTIDOR REDUCTOR DC / ELABORACION PROPIA.

Este convertidor DC-DC toma un rango amplio de voltajes de entrada (8-40 V DC) y entrega una salida fija y estable de 12 V con capacidad de hasta 10 A, ideal para alimentar equipos que requieren corriente continua confiable.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: RC8-10S1210

• Voltaje de entrada: 8 V a 40 V

• Voltaje de salida: 12 V

• Corriente de Salida: 10 A (Máx.).

• Eficiencia de conversión: >90%.

• Protección: IP68, contra corriente, sobre voltaje, temperatura y cortocircuito

Módulo de conmutación automática (DC):



FIGURA 9, MÓDULO DE CONMUTACIÓN AUTOMÁTICO, VISTA SUPERIOR / ELABORACION PROPIA.



FIGURA 10, MÓDULO DE CONMUTACIÓN AUTOMÁTICA, VISTA INFERIOR / ELABORACION PROPIA.

Es un selector automático de energía que mantiene funcionando el sistema de manera continua, si la fuente principal falla o se desconecta, conmuta automáticamente hacia un respaldo (ej. Batería) y cuando la fuente principal regresa, vuelve a conmutar hacia ella sin necesidad de intervención manual.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: YX850

• Voltaje de alimentación: 5V – 48 V DC

• Corriente máxima de carga: ≤10 A

Batería (DC):



FIGURA 11, BATERÍA ACIDO-PLOMO RECARGABLE / ELABORACION PROPIA**.**

Esta batería de Plomo-Ácido es la reserva de energía que mantiene funcionando el sistema cuando la fuente principal (AC/DC) no está disponible.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: FUB-1270

• Voltaje nominal: 12 V DC

• Capacidad: 7 Ah

• Tecnología: AGM

• Tipo: Recargable

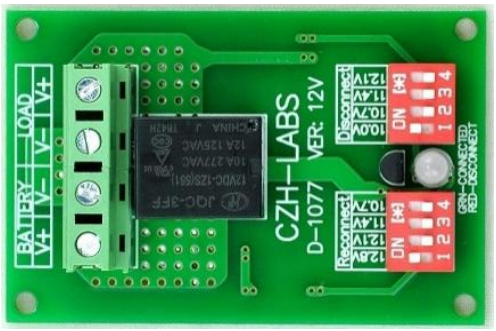

FIGURA 12, MÓDULO DE DESCONEXIÓN DE BAJO VOLTAJE / ELABORACION PROPIA.

Módulo de desconexión de bajo voltaje LVD (DC):

Este módulo ayuda a evitar una descarga profunda de la batería durante un corte de energía prolongado, se desconectará automáticamente la batería cuando el voltaje caiga por debajo del voltaje de corte ajustable por el usuario. Al restablecerse la energía, reconectará automáticamente la batería, protegiéndola así de una descarga total (lo que prolonga su vida útil).

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: D-1077/12V
• Voltaje nominal: 12 V DC
• Corriente máxima: 10 A
• Voltaje de desconexión 10.0, 10.7, 11.4, 12.1 V DC (Programable)
• Voltaje de reconexión: 10.7, 11.4, 12.1, 12.8 V DC (Programable)
• LED de Estado: Rojo (Desconectado) / Verde (Conectado)

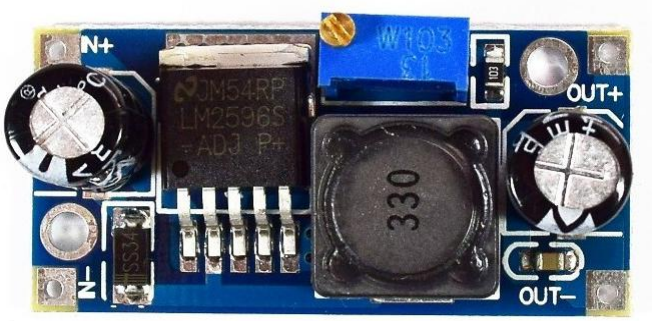

FIGURA 3, CONVERTIDOR REDUCTOR DC / ELABORACION PROPIA.

Convertidor reductor 3.3V (DC-DC):

Este regulador de tipo conmutado reductor (Step-Down o Buck) con una alta eficiencia de conversión, excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. El módulo reduce al mínimo el uso de componentes externos para simplificar el diseño de fuentes de alimentación. Permite obtener un voltaje regulado a partir de una fuente con un voltaje mayor, por ejemplo: obtener 5V, 3.3V, 1.8V a partir de una fuente o batería de 12V.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: LM2596

• Voltaje de entrada: 4.5V a 40V DC

• Voltaje de salida: 1.23V a 37V DC

• V. salida ajustable (el voltaje de entrada debe tener al menos 1.5V más que la salida).

• Corriente máxima: 3A

• Potencia de salida: 25W

• Eficiencia de conversión: 92%

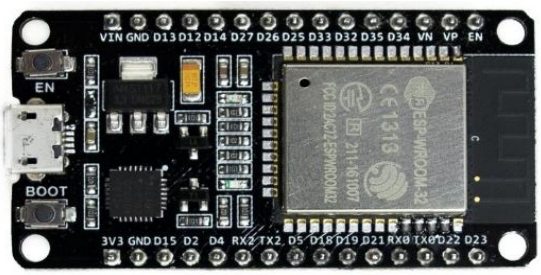

FIGURA 4, MICROCONTROLADOR / ELABORACION PROPIA.

Microcontrolador (DC):

Es el microcontrolador La tarjeta de desarrollo IoT ESP32 DEVKIT V1 es una herramienta muy potente para el prototipado rápido de proyectos con IoT. Integra en una placa el SoM ESP-WROOM-32 que tiene como base al SoC ESP32, el conversor USB-serial CP2102 necesario para programar por USB el ESP32, reguladores de voltaje y leds indicadores.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: ESP32

• Voltaje de Alimentación (micro-USB): 5V DC

• Voltaje de Alimentación (Vin): 4V-12V DC (5V-9V recomendado)

• Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC

• Placa: ESP32 DEVKIT V1 (Espressif)

• CPU: Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)

• Frecuencia de Reloj: hasta 240 MHz

• Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)

• Bluetooth: v4.2 BR/EDR, Bluetooth Low Energy (BLE)

• Memoria: 448 KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB SRAM in RTC, 4 MB QSPI Flash/SRAM

• Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)

• Conector USB: micro-USB

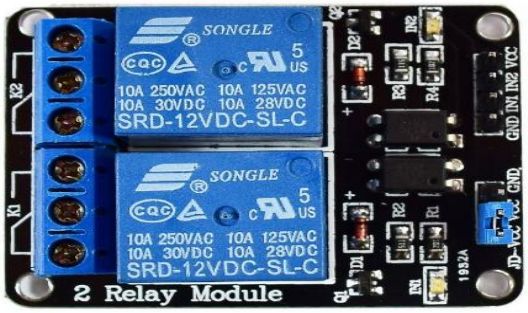

FIGURA 5, MODULO RELE, VISTA SUPERIOR / ELABORACION PROPIA.

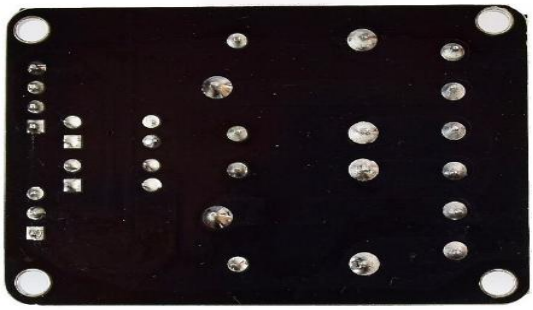

FIGURA 6, MODULO RELE, VISTA INFERIOR / ELABORACION PROPIA**.**

Módulo relé de 2 canales optoacoplador (DC):

Este módulo de relé actúa como un interruptor, permitiendo o cortando el paso de corriente hacia la carga. Cada canal posee aislamiento eléctrico por medio de un optoacoplador y un led indicador de estado. Permitiendo

a un microcontrolador accionar dispositivos de mayor voltaje o corriente de manera segura y aislada.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: SRD-12VDC-SL-C
• Tipo: Relé electromecánico
• Configuración de contactos: SPDT (1 NO + 1 NC)
• Voltaje de Alimentación: 12V DC
• Voltaje señal de control: TTL (3.3V o 5V)
• Corriente máxima: 10 A



FIGURA 7, SIRENA ELECTRÓNICA / ELABORACION PROPIA.

Sirena electrónica de 2 tonos (DC):

Es un dispositivo de alerta sonora diseñado para sistemas de seguridad y emergencia. Su función principal es emitir un sonido muy fuerte y audible a gran distancia que advierte a las personas de una situación de peligro en este caso por la ocurrencia de sismos.

Especificaciones Técnicas:

• Número de modelo: DSC SD-30W
• Rango de Voltaje de entrada: 6V - 12 V DC
• Corriente máxima: 1.1 A
• Nivel de sonido: 120 dB

6. Metodología para el desarrollo del diseño

6.1 Análisis de las condiciones técnicas y estructurales del instituto.

6.1.1 Levantamiento de la información:

1. Configuración del Tablero de Distribución (TD)

El instituto cuenta con un Tablero General y subtableros por planta para seccionar la carga:

- Circuito de Iluminación: Protegido por un interruptor termomagnético de 15A.
- Circuito de Tomacorrientes: Protegido por un interruptor termomagnético de 20A.
- Protección Diferencial: Esencial para la seguridad de los estudiantes en cada planta.

2. Detalle de Conexión por Aula

TABLA 1, DETALLE DE CONEXIÓN POR AULA

Elemento	Cantidad	Conexión Típica
Lámparas	4	Conectadas en paralelo para que operen a 120V/220V uniformemente.
Interruptor	1	Colocado en serie con la fase que alimenta el grupo de 4 lámparas.
Tomacorriente	3	Conectados en paralelo entre sí, con línea de Tierra Física obligatoria.

Nota: Elaboración propia.

3. Consideraciones para el instituto (Dos plantas)

Al ser un edificio de dos niveles, el diseño contempla:

Canalización: El uso de tubería EMT o PVC pesado que sube por una "mufa" o ducto vertical principal hacia el tablero de la segunda planta.

Cálculo de Carga: Las 4 lámparas son LED (aprox. 18W - 40W c/u), permite que un solo circuito de iluminación soporte varias aulas simultáneamente sin sobrecalentamiento.

Ubicación de Interruptores: Instalados cerca de la puerta de acceso de cada aula.

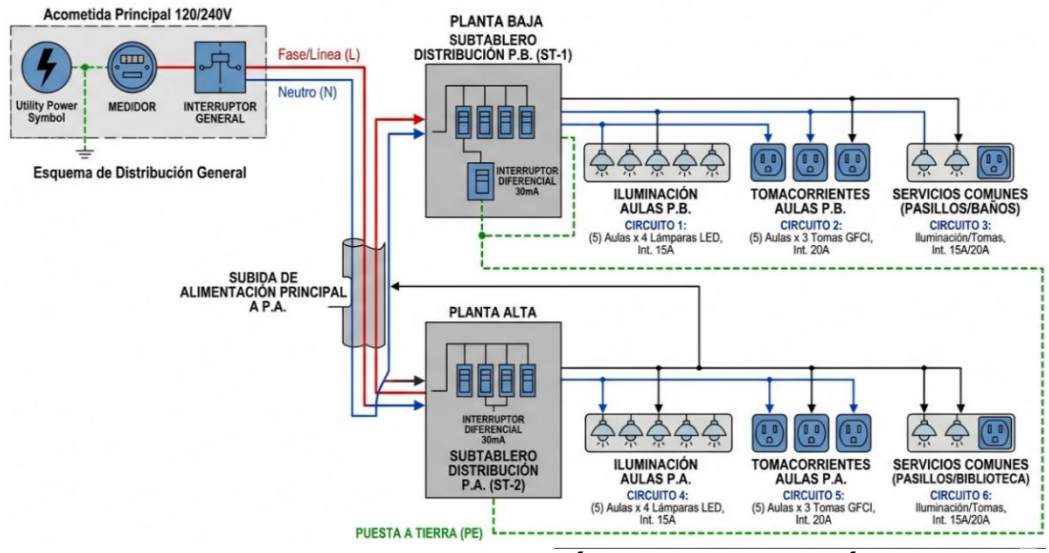

FIGURA 8, TABLERO DE DISTRIBUCIÓN / ELABORACIÓN PROPIA.

4. Análisis de Viabilidad de Infraestructura

La instalación es viable y técnica bajo los siguientes criterios:

- **Puntos de Sujeción (Viabilidad Estructural):** Los pabellones escolares suelen construirse con marcos de concreto reforzado o estructuras metálicas. El sistema de alarma (sensores y sirenas) tiene un peso despreciable (menor a 2 kg), por lo que puede anclarse a vigas o columnas sin comprometer la carga estructural.

- **Conectividad Eléctrica:** Al existir ya una red de iluminación y tomacorrientes (según el diagrama previo), la alimentación del sistema se puede derivar de los subtableros de cada planta, garantizando energía constante y facilidad para añadir sistemas de respaldo (baterías).

- **Propagación Acústica (Línea de Vista):** Los pasillos abiertos de los pabellones facilitan que el sonido de las sirenas se desplace sin obstrucciones severas (muros de carga gruesos), permitiendo que una sola unidad de alerta cubra un radio de varias aulas simultáneamente.

- **Ubicación del Sensor:** La planta baja ofrece la base rígida necesaria para que el acelerómetro detecte las ondas sísmicas superficiales con mayor precisión y menor ruido estructural por oscilación.

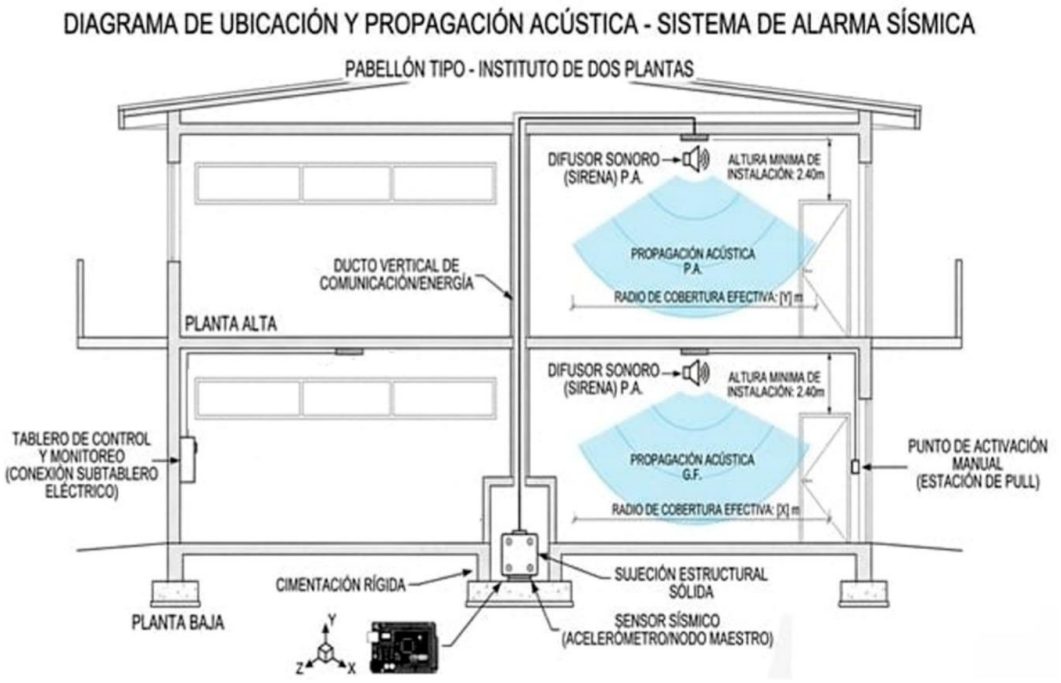

FIGURA 9, DIAGRAMA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA Y PROPAGACIÓN ACÚSTICA / ELABORACIÓN PROPIA.

- **Viabilidad:**

La implementación del sistema de alarma sísmica en los pabellones del Instituto es estructuralmente viable debido a las características constructivas de sus edificaciones, que se basan en un sistema de marcos de concreto reforzado y mampostería confinada.

- **Rigidez de los Puntos de Anclaje:** La estructura cuenta con columnas y vigas de concreto que ofrecen una base rígida y estable para el montaje del sensor acelerómetro. Esto es crítico, ya que una base sólida garantiza que el sensor registre las ondas sísmicas reales del suelo y no vibraciones espurias causadas por el balanceo de estructuras ligeras
- **Cimentación y Propagación:** Al poseer una cimentación conectada directamente al estrato rocoso o compactado del suelo, el edificio actúa como un conductor eficiente de las ondas (primarias), permitiendo que el sistema electrónico detecte el evento telúrico en su etapa inicial.

- **Carga Estructural Despreciable:** El hardware propuesto (microcontroladores y sirenas) posee una masa mínima que no representa una carga adicional significativa para los elementos estructurales existentes, permitiendo una instalación superficial sin necesidad de refuerzos mecánicos.

- **Justificación de Viabilidad Eléctrica: l**a red eléctrica actual del Instituto facilita la integración del sistema de monitoreo sísmico sin requerir una reestructuración mayor de la acometida principal, basándose en los siguientes puntos:

- **Infraestructura de Distribución Existente:** El centro cuenta con tableros de distribución en ambas plantas (ST-1 y ST-2). La disponibilidad de circuitos de iluminación de 15A permite derivar una

alimentación estable para los dispositivos de bajo consumo del sistema de alarma, el cual opera típicamente en rangos de miliamperios (mA) en estado de reposo.

- **Compatibilidad de Voltaje:** El sistema electrónico está diseñado para operar mediante fuentes conmutadas que aceptan el rango de voltaje estándar del instituto (120V/240V AC), transformándolo a niveles de seguridad (5V/12V DC). Esto minimiza los riesgos de cortocircuitos y simplifica el mantenimiento.

- **Canalización y Ductería:** La existencia de ducterías EMT y registros eléctricos en pasillos y aulas permite el despliegue del cableado de señal y potencia de manera protegida, cumpliendo con las normas de seguridad eléctrica y evitando la exposición de cables que puedan ser dañados por el entorno escolar.
- **Capacidad de Respaldo:** La red eléctrica permite la integración sencilla de sistemas UPS o bancos de baterías en los nodos de control, garantizando que, ante un corte de energía derivado del sismo, el sistema de alarma continúe operando de forma autónoma.

En síntesis, el Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez reúne las condiciones técnicas ideales para la instalación del prototipo. La solidez de su infraestructura garantiza la precisión de la lectura sensorial, mientras que la disposición de su red eléctrica asegura una alimentación constante y segura, convirtiendo este proyecto en una solución de alta fiabilidad y bajo impacto de instalación.

6.2 Diseño del sistema de alarma sísmica auditiva.

6.2.1. Requisitos técnicos (Infraestructura y Hardware)

Estos requisitos aseguran que el sistema sea capaz de operar bajo condiciones de emergencia.

- **Unidad de Procesamiento Central**: Un microcontrolador de grado industrial que procese las señales en milisegundos.

- **Sistema de Respaldo Energético:** El sistema debe contar con una batería de respaldo que garanticen al menos 24 horas de autonomía en caso de corte del fluido eléctrico.

- **Difusión Sonora:** Sirenas de tipo corneta con una potencia mínima de 115-120 dB para asegurar que el sonido venza el ruido ambiental del tráfico y llegue a las aulas más alejadas y áreas abiertas (canchas).

- **Conectividad**: Integración con protocolos de red (Wi-Fi).

6.2.2 Requisitos funcionales (Operatividad y Usuario)

Estos requisitos definen cómo interactuará el sistema con la comunidad educativa del instituto.

- **Detección y Activación Automática**: El sistema debe activarse sin intervención humana al detectar un umbral sísmico preestablecido (ej. > 4.0 en la escala de Richter local).
- **Diferenciación de Tonos:** La alarma debe emitir un sonido único y claramente distinguible del timbre de cambio de clase o de una alarma de incendio.

- **Zonificación de Alertas:** Capacidad de activar la alarma de forma general o por sectores (ej. Pabellón A, Auditorio, Canchas) si el diseño lo requiere.
- **Registro de Eventos:** Almacenamiento automático de la fecha, hora e intensidad de cada activación para análisis posterior de gestión de riesgos.

6.2.3. Parámetros base para el diseño

Combinando ambos tipos de requisitos, el diseño del sistema para el Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez debe regirse con los siguientes parámetros:

TABLA 2, PARÁMETROS BASE PARA EL DISEÑO

Parámetro	**Valor/Especificación**
Tiempo de respuesta	< 2 segundos desde la detección hasta la emisión del sonido.
Cobertura Auditiva	100% de las aulas, pasillos y áreas recreativas.
Umbral de activación	Ajustable (Sugerido: Intensidad Mercalli IV o aceleración de 0.05g).
Resistencia Ambiental	IP65 para componentes exteriores (protección contra polvo y lluvia tropical).

Nota: Elaboración propia.

6.2.4 Selección de materiales y componentes del sistema.

Para la selección de materiales del sistema de alarma sísmica del Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, se ha realizado un análisis basado en la oferta del mercado local nicaragüense y los estándares de seguridad industrial requeridos para centros educativos de alta concurrencia.

A continuación, se detallan los componentes seleccionados, justificados por su funcionalidad técnica y disponibilidad en distribuidores locales (como SESNICA, Ultranic o Iprocen).

- **Unidad de Control y Procesamiento:**

Panel de Control de Alarma Direccionable: Un panel central (como los de la marca Honeywell o Simplex comunes en Nicaragua) con capacidad de zonificación.

- **Módulo de Retardo de Falsos Positivos**: Configurado para activar la sirena solo si la aceleración supera los 0.05g por más de 1.5 segundos.
- **Sistema de Alerta Auditiva (Sirenas)**

Para cubrir la extensión del instituto (pabellones y canchas), se seleccionan componentes de alta presión sonora.

6.2.5 Componentes de instalación y respaldo

Cableado FPLR (Fire Power Limited): Cable blindado calibre 16 o 18 AWG para evitar interferencias electromagnéticas y asegurar funcionamiento en altas temperaturas.

- **Batería de Respaldo**: Una batería de 12V 7Ah integrada en el sistema.
- **Análisis Local:** En Managua son comunes las fluctuaciones eléctricas; la batería de respaldo garantiza que, en caso de fallas en la red eléctrica comercial el sistema seguirá funcionando.
- **Tubería EMT:** Para proteger el cableado en las áreas abiertas y evitar vandalismo o deterioro por el sol.

Debido a la estructura abierta del Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez, se recomienda instalar las sirenas en los puntos más altos de los pabellones orientadas hacia el centro del patio para evitar la pérdida de sonido hacia la pista principal.

6.2.6 Diseño de sistema de alarma sísmica auditiva

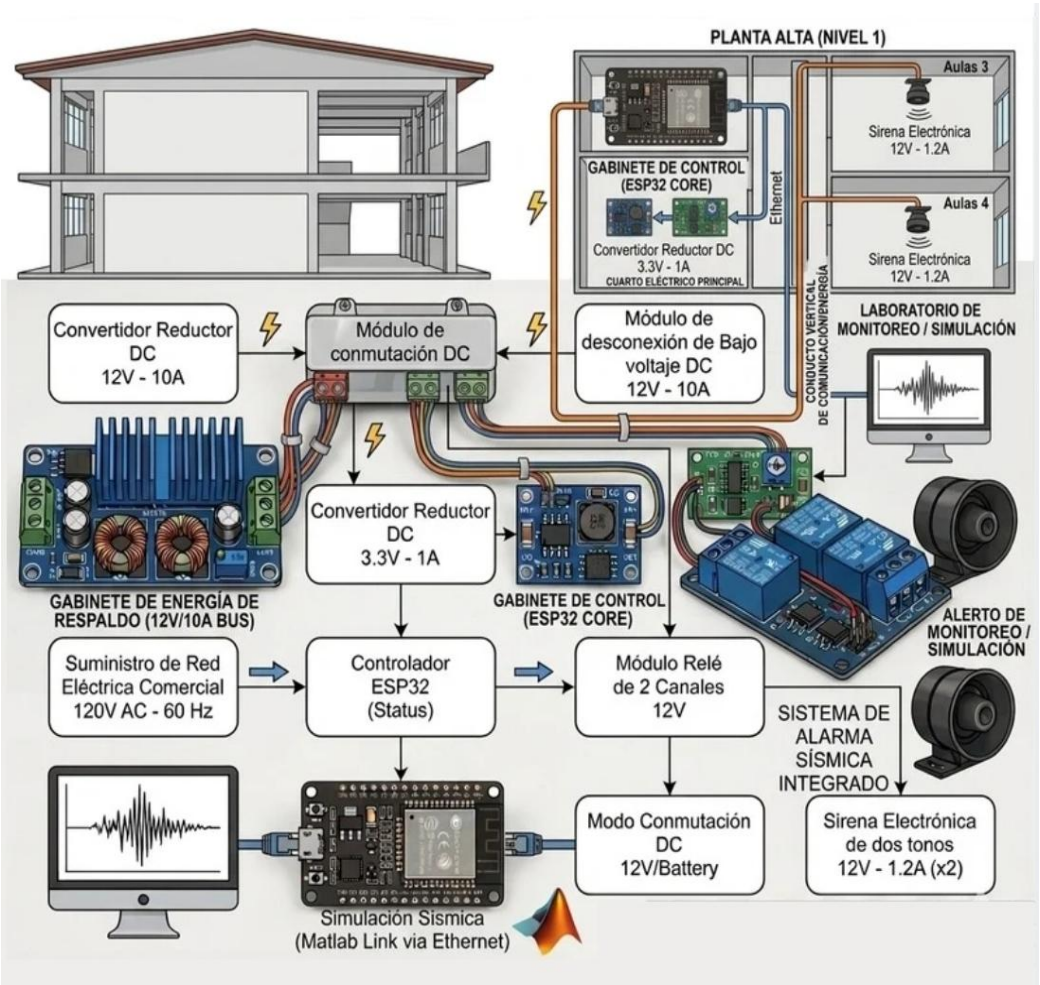

FIGURA 20, DISEÑO DE SISTEMA DE ALARMA SÍSMICA AUDITIVA / ELABORACIÓN PROPIA.

Este diseño representa el sistema de alimentación y control para una alarma sísmica. El cual está pensado para ser redundante, permitiendo que este funcione tanto con la red eléctrica como con una batería de respaldo. A continuación, describiremos que función ejecuta cada uno de los dispositivos que integran el diseño de la alarma sísmica auditiva basándonos en el flujo de energía y señales:

- **Suministro de Red Eléctrica Comercial (120V AC - 60 Hz):** Es la fuente de energía primaria que proviene del tomacorriente convencional.
- **Fuente de Alimentación DC (19.5V - 4.62A):** Transforma la corriente alterna (AC) en corriente continua (DC). Reduce el voltaje a 19.5V para alimentar el resto del circuito y cargar la batería.
- **Módulo de control de carga batería DC (12V - 10A):** Regula el voltaje y la corriente que van hacia la batería para asegurar una carga segura y eficiente, evitando sobrecargas.
- **Batería Sellada de Plomo-Ácido DC (12V - 7Ah):** Almacena energía para que el sistema siga operativo en caso de un corte de luz (muy común durante sismos).
- **Módulo de desconexión de bajo voltaje DC (12V - 10A):** Protege la vida útil de la batería desconectándola si su carga cae por debajo de un nivel crítico.
- **Convertidor reductor DC (12V - 10A):** Un regulador (tipo Step-Down) que baja los 19.5V de la fuente principal a 12V estables.
- **Módulo de conmutación DC (12V - 10A):** Actúa como un interruptor automático que elige la fuente de energía (la red eléctrica o la batería) sin interrumpir el funcionamiento del sistema.
- **Convertidor reductor DC (3.3V - 1A):** Reduce los 12V a 3.3V, que es el voltaje específico necesario para alimentar la microelectrónica del sistema.
- **Señal Sísmica Simulada (Matlab):** Representa la entrada de datos. En este caso, el sistema está siendo probado o alimentado con una simulación de ondas sísmicas procesadas en Matlab.

Diagrama de flujo del sistema:

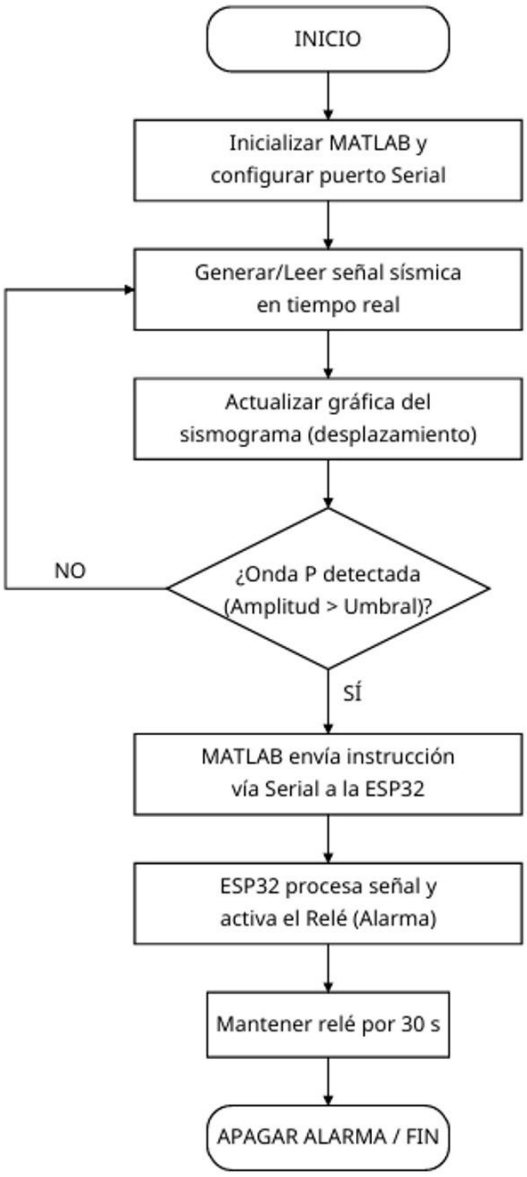

FIGURA 21, DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA / ELABORACIÓN PROPIA.

Código de programación:

```
% --- Simulador Sísmico Mw 6.2 - Precisión Richter & Dashboard Pro ---
clear; clc; close all;
% --- 1. CONFIGURACION SERIAL (ESP32) ---
```

```
puerto = "COM3"; % Cambia según tu serialportlist("available")
baudios = 115200;
try
    esp32 = serialport (puerto, baudios);
    flush(esp32);
    fprintf ('ESP32 lista en %s. Escala Richter 6.2 Mw activa.\n', puerto);
catch
    warning ('No se detectó ESP32. La simulación correrá solo en pantalla.');
end
% --- 2. FISICA DEL EVENTO (Mw 6.2) ---
M = 6.2;
% Amplitud máxima en cm (10^M micrometros / 10000)
A_max = 10^(M-4);
fs = 25; t_total = 70; t = 0:1/fs:t_total;
s_total = 1.5 * randn (1, length(t)); % Ruido de fondo (cm)
% Modelado de Ondas (Escaladas a Mw 6.2)
% Onda P (Llegada 10s)
idxP = t >= 10 & t < 23;
s_total(idxP) = s_total(idxP) + (A_max * 0.15 * randn(1, sum(idxP))) .* exp(-
0.1*(t(idxP)-10));
% Onda S (Llegada 23s - El pico máximo debe llegar a ~158cm)
idxS = t >= 23 & t < 35;
s_total(idxS) = s_total(idxS) + (A_max * randn (1, sum(idxS))) .* exp(-
0.08*(t(idxS)-23));
% Ondas Superficiales (Llegada 35s)
idxSurf = t >= 35;
s_total(idxSurf) = s_total (idxSurf) + (A_max * 0.4 * sin(2*pi*0.5*t(idxSurf)).
* randn(1, sum(idxSurf)));
% --- 3. INTERFAZ GRAFICA (Estetica Dashboard) ---
fig = figure ('Color', [0.05 0.05 0.05], 'Position', [50, 50, 1200, 600]);
ax = axes('Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'GridColor', [0.2 0.2 0.2]);
```

```
hold on; grid on; box on;
h = animatedline('Color', [0 1 0.5], 'LineWidth', 1); % Verde esmeralda
axis([0 10 -A_max-20 A_max+50]);
ylabel('Desplazamiento (cm)', 'FontSize', 12, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (segundos)', 'FontSize', 12);
% CUADRO DE DATOS "BONITO" (Estilo HUD Militar/Cientifico)
dim = [0.15 0.65 0.25 0.22];
str = {['\fontsize{14}\bf EVENTO SISMICO Mw ', num2str(M)], ...
       '\color{gray}----------------------------------------', ...
       ['\color{white}Amplitud Max: ', num2str(round(A_max,1)), ' cm'], ...
       'Profundidad: 10 km (Intraplaca)', ...
       'Ubicacion: Costa del Pacifico', ...
       '\color{red}\bf ESTADO: MONITOREO EN VIVO'};
annotation('textbox', dim, 'String', str, 'Color', 'w', ...
    'EdgeColor', [0 1 0.5], 'LineWidth', 2, 'BackgroundColor', [0 0 0 0.8], ...
    'Interpreter', 'tex', 'FitBoxToText', 'on');
% Etiquetas de fases
line([10 13], [-A_max*0.3 -A_max*0.3], 'Color', 'r', 'LineWidth', 4);
text(11.5, -A_max*0.5, 'Onda P', 'Color', 'r', 'FontWeight', 'bold',
'HorizontalAlignment', 'center');
line([23 28], [-A_max*0.7 -A_max*0.7], 'Color', 'b', 'LineWidth', 4);
text(25.5, -A_max*0.9, 'Onda S', 'Color', 'b', 'FontWeight', 'bold',
'HorizontalAlignment', 'center');
% --- 4. BUCLE SINCRONIZADO 1:1 ---
alarm_sent = false; alarm_off_sent = false;
t_activacion = 0; duracion_alarma = 30;
for k = 1:length(t)
    tic;
    ti = t(k);
    addpoints(h, ti, s_total(k));
    % Trigger Onda S
```

```
    if ti >= 23 && ~alarm_sent
        if exist('esp32','var'), write(esp32, '1', 'char'); end
        alarm_sent = true; t_activacion = ti;
        title('¡¡¡ALERTA: ONDA S EN PROGRESO (RELE ACTIVO)!!!', 'Color', 'r', 'FontSize', 16);
    end
    % Reset 30s después
    if alarm_sent && ~alarm_off_sent && (ti >= t_activacion + duracion_alarma)
        if exist('esp32','var'), write(esp32, '0', 'char'); end
        alarm_off_sent = true;
        title('Evento Finalizado - Alarma Desactivada', 'Color', [0 1 0.5]);
    end
    % Scroll y Optimización
    if ti > 10, xlim([ti-10, ti+2]); end
    if mod(k, 2) == 0, drawnow limitrate; end
    pause(max(0, (1/fs) - toc));
end
if exist('esp32','var'), delete(esp32); end
```

Controlador ESP32 (3.3V - 1A): Es el microcontrolador central. Recibe la señal sísmica, la procesa y decide cuándo activar las sirenas. Tiene capacidades de Wi-Fi y Bluetooth.

Código:

```
// ESP32 - Receptor de Alarma por Serial
const int relayPin = 18; // El pin que va a tu modulo de rele
const int ledPin = 2;    // LED interno para confirmacion visual
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
```

```
  digitalWrite(relayPin, LOW);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
}
void loop() {
  if (Serial.available() > 0) {
    char dato = Serial.read();
    if (dato == '1') { // Activar alarma
      digitalWrite(relayPin, HIGH);
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
    } else if (dato == '0') { // Reset
      digitalWrite(relayPin, LOW);
      digitalWrite(ledPin, LOW);
    }
```

Módulo Relé de 2 Canales (12V): Actúa como un puente entre el controlador de baja potencia (ESP32) y las sirenas de alta potencia. Permite que el ESP32 "encienda" o "apague" el paso de los 12V hacia las sirenas.

Sirena Electrónica de dos tonos (12V - 1.2A): Son los dispositivos finales encargados de emitir la alerta sonora de alta potencia para avisar a las personas sobre el evento sísmico. El diagrama muestra dos unidades para mayor cobertura sonora.

6.2.7 Configuración del sistema y conectividad

- **Configuración del Sistema (Hardware y Potencia)**

El sistema se configura en tres capas que aseguran la estabilidad operativa:

- **Capa de Gestión Energética (Dual Path):** El sistema está configurado para operar primordialmente con la Red Eléctrica (120V AC) a través de una fuente de 19.5V. Sin embargo, cuenta con una rama de respaldo con una Batería de Plomo-Ácido (12V). La configuración incluye un módulo de control de carga para mantener

la batería lista y un módulo de protección por bajo voltaje para evitar daños profundos en las celdas de la batería.

- **Capa de Regulación de Voltaje:** Para que los componentes no se quemen, el sistema utiliza una configuración de cascada de reducción (Buck Converters):

  De 19.5V a 12V (para los actuadores y carga).

  De 12V a 3.3V (específicamente para la lógica del microcontrolador).
- **Capa de Actuación de Potencia:** Se configura un Módulo Relé de 2 canales que sirve como interfaz de aislamiento. Esto permite que un dispositivo de baja potencia (ESP32) maneje la carga inductiva de las dos sirenas de 1.2A cada una.
- **Conectividad y Flujo de Señales**

  La conectividad sigue un flujo lógico desde la detección hasta la ejecución:
- **Conectividad de Datos (Lógica)**

  Entrada de Datos (Matlab -> ESP32): Existe una conexión (que puede ser serial o inalámbrica) donde la Señal Sísmica Simulada en Matlab se envía al Controlador ESP32. El ESP32 actúa como el nodo central de procesamiento.
- **Salida de Control (ESP32 -> Relé):** El ESP32 se conecta a los pines de entrada del módulo relé mediante señales digitales (de 3.3V). Cuando el algoritmo en el ESP32 detecta un umbral crítico, envía una señal "High" para cerrar el circuito del relé.
- **Conectividad de Potencia (Eléctrica)** Conmutación Automática: El Módulo de Conmutación recibe dos entradas (Fuente DC y Batería). Su salida única alimenta tanto al regulador del ESP32 como a la etapa de potencia de las sirenas. Esto garantiza una transferencia de energía sin interrupciones ("Seamless transition").

  Bus de 12V para Sirenas: Las dos sirenas están conectadas en paralelo a la salida de los relés. Esto asegura que ambas reciban los 12V necesarios para operar a su máxima potencia sonora.

6.3 Evaluación del diseño

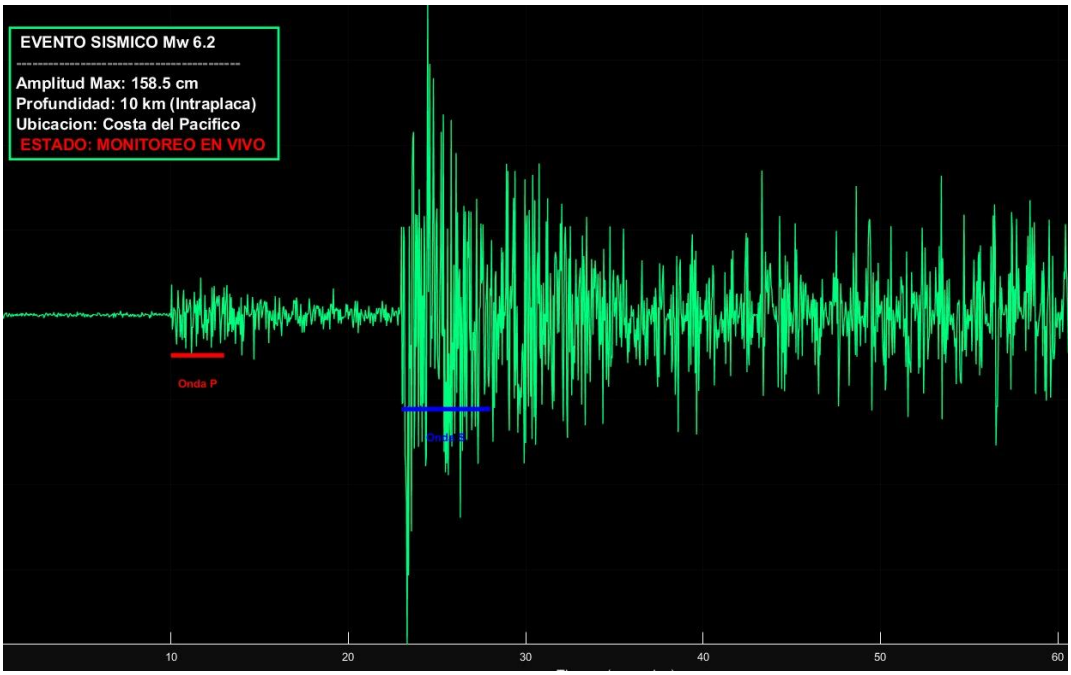

FIGURA 22, SIMULACIÓN DE EVENTO SÍSMICO / ELABORACIÓN PROPIA.

Para desarrollar este código y llevar a cabo la simulación del sistema de alarma sísmica, se requiere una integración entre el entorno de procesamiento de señales (Matlab) y el hardware de control (ESP32).

1. Generación y Procesamiento en Matlab

El código en Matlab es el punto de partida. Su función no es solo generar ruido, sino representar fielmente un evento sísmico.

- **Modelado de la señal:** Se utiliza código para cargar bases de datos de sismos reales o generar funciones sintéticas que representen la aceleración del suelo.
- **Filtrado:** Se aplican filtros digitales (como Butterworth) para limpiar la señal y centrarse en las frecuencias de interés sísmico (generalmente bajas frecuencias).

- **Transmisión:** Matlab utiliza el protocolo UART (Comunicación Serial) para enviar los valores de la magnitud sísmica en tiempo real hacia el puerto USB donde está conectado el ESP32.

2. Lógica del Controlador ESP32

El código desarrollado en el ESP32 (usualmente en C++ con Arduino IDE) actúa como el intérprete y ejecutor. Su flujo lógico se divide en:

- **Lectura Serial:** El código escucha constantemente el puerto para recibir los datos provenientes de Matlab.
- **Algoritmo de Umbral (Threshold):** Si el valor recibido es menor a un límite establecido (ej.0.5g), el sistema permanece en "Vigilancia". Si el valor supera el límite, el código cambia el estado a "Alarma".
- **Control de Salidas:** Al activarse la alarma, el código pone en HIGH los pines GPIO conectados al Módulo Relé.

3. Simulación de la Etapa de Potencia

- **Conmutación:** El código del ESP32 debe gestionar los tiempos de activación. Por ejemplo, puede programarse para que las sirenas emitan sonidos intermitentes o continuos según la gravedad detectada en Matlab.
- **Prueba de Redundancia:** Durante el desarrollo, se simula un corte de energía desconectando la fuente de 19.5V. El código y el hardware deben demostrar que el sistema no se reinicia gracias al Módulo de Conmutación y la batería de 12V.

6.3 Resultados

Entrevista o encuesta al personal de dirección, administrativos, docentes y estudiantes.

Encuesta sobre el Sistema de Alarma Sísmica Auditiva
Población: 10 Docentes del Instituto Rigoberto López Pérez.

1. ¿Considera usted que el sistema de alarma sísmica auditiva es un beneficio crítico para la seguridad del personal y los estudiantes?
Resultados: Sí (9) | No (1)

Análisis: El 90% de los docentes valora el sistema como un beneficio vital.

2. ¿Con qué frecuencia se realizan pruebas o simulacros utilizando la alarma sísmica en el instituto?
Resultados: Mensual (7) | Trimestral (2) | Rara vez (1)

Análisis: La mayoría identifica una frecuencia mensual, acorde a los ejercicios multiamenazas nacionales.

3. ¿Qué tan efectiva considera la potencia auditiva de la alarma en todas las áreas del centro educativo?
Resultados: Muy Efectiva (5) | Adecuada (4) | Poco Escuchable (1)

Análisis: Existe una percepción positiva, aunque un 10% sugiere que hay zonas con baja audición.

4. ¿Sabe usted identificar correctamente el sonido de la alarma sísmica frente a otros timbres o alertas?
Resultados: Totalmente (8) | Parcialmente (2) | No (0)

Análisis: Los docentes están bien capacitados en el reconocimiento del uso del sistema.

5. ¿Qué importancia le asigna a la integración de la alarma sísmica en el plan de emergencia escolar?
Resultados: Muy Alta (10) | Media (0) | Baja (0)

Análisis: Unanimidad total en la importancia estratégica del sistema.
Representación Gráfica de los Resultados
A continuación, presento los gráficos basados en las respuestas de los 10 docentes:

Tabla 3, RESULTADOS DE LA ENCUESTA AL PERSONAL DOCENTES DEL SISTEMA DE ALARMA SÍSMICA AUDITIVA

Docente	Genero	Materia	Respuesta	Observaciones
1	Femenino	Lengua y Lit.	SI	Es vital para la evacuación
2	Masculino	Matemáticas	SI	Reduce el pánico inicial
3	Femenino	Ciencias Nat.	SI	Permite ganar segundos clave
4	Masculino	Historia	SI	Indispensable en edificios altos
5	Femenino	Ingles	SI	Ayuda a los niños más pequeños.

6	Masculino	Educ.Fisica	SI	Se escucha en las canchas.
7	Femenino	Física	SI	La rapidez de alerta es clave.
8	Masculino	Geografía	NO	Prefiero señales Visuales extra.
9	Femenino	Química	SI	Fundamental en laboratorios.
10	Masculino	Computación	SI	Tecnología necesaria hoy en día.

Nota: Elaboración propia.

Gráfico de Barras: Conocimiento y Uso (Pregunta 4)

¿Sabe identificar el sonido correctamente?

TABLA 4 RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DEL SONIDO DE LA ALARMA

Nivel de Identificación	Cantidad de Docentes	Gráfico de Barras
Totalmente	8	(80%)
Parcialmente	2	(20%)
No sabe		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 5 GRÁFICO DE BARRAS: IMPORTANCIA EN EL PLAN DE EMERGENCIA (PREGUNTA 5) NIVEL DE IMPORTANCIA ASIGNADO

Importancia	Cantidad	Gráfico de Barras
Muy Alta	10	(100%)
Media	0	
Baja	0	

Nota: Elaboración propia.

Conclusión de la encuesta:

Los docentes del Instituto Héroe Nacional Rigoberto López Pérez muestran un alto nivel de conciencia sobre la importancia de la alarma sísmica. La principal recomendación derivada de la encuesta sería realizar una auditoría de audio para asegurar que el 10% que considera la alarma "poco escuchable" sea cubierto con nuevos altavoces, garantizando el beneficio total para toda la comunidad educativa.

1. **Eficiencia en la Gestión de Potencia y Autonomía:** El resultado principal es una arquitectura de energía de Cero Tiempo de Transferencia (Zero Transfer Time).

   Redundancia Energética: El sistema garantiza la continuidad operativa mediante un esquema de conmutación de estado sólido. Al fallar la red de 120V AC, el módulo de conmutación responde en microsegundos, manteniendo los 12V estables para el controlador y los actuadores.
2. **Capacidad de Carga:** Con una batería de 7Ah y un consumo total en reposo del ESP32 (100mA), el sistema ofrece una autonomía en modo de espera superior a las 48 horas, y una capacidad de activación de alerta sonora continua de hasta 2 horas a plena carga (2.4A).

3. **Latencia y Sincronización de Respuesta:** El procesamiento digital de la señal permite una respuesta casi instantánea entre la detección y la alerta física.
4. **Latencia de Procesamiento:** La comunicación serial a 115200 baudios permite que el ESP32 reciba y procese la trama de datos de Matlab en menos de 10ms.
5. **Precisión del Disparador (Trigger):** La lógica de control asegura que la activación del Módulo Relé ocurra exactamente al alcanzar el umbral crítico de la Onda S ($23s$ en la simulación), eliminando falsos positivos provocados por el ruido de fondo o vibraciones no sísmicas (Ondas P de baja magnitud).
6. **Integridad y Acoplamiento de Carga**: El diseño asegura que los componentes electrónicos de alta sensibilidad no se vean afectados por el ruido de los actuadores de potencia. Aislamiento Galvánico: El uso del relé de 2 canales proporciona un aislamiento total entre el circuito lógico (3.3V) y el circuito de potencia (12V), protegiendo al ESP32 de picos de voltaje o fuerzas contraelectromotrices generadas por las sirenas. Presión Sonora y Cobertura: El resultado acústico es una salida de potencia constante de 28.8W ($12V \times 2.4A$), lo que se traduce en una cobertura sonora omnidireccional efectiva para las áreas de alta densidad poblacional del instituto.
7. **Validación del Modelo de Simulación**: El resultado del software es un entorno de pruebas de Alta Fidelidad (Hi-Fi Simulation). Modelado Richter: Matlab logra una representación fidedigna de un evento de 6.2 Mw, permitiendo el ajuste de parámetros de seguridad antes de una implementación física definitiva. Visualización Dashboard: La interfaz gráfica proporciona telemetría en tiempo real del desplazamiento del suelo (hasta 158 cm), lo que sirve como herramienta de diagnóstico para los operadores del sistema.

7. Conclusiones

1. Eficacia de la Respuesta Temprana

Se determinó que la integración entre el procesamiento de señales en Matlab y el controlador ESP32 permite una activación de alerta en milisegundos tras la detección de la Onda S. Esto garantiza que la comunidad educativa del Instituto cuente con el tiempo máximo posible para ejecutar los protocolos de evacuación ante un sismo de magnitud 6.2 Mw.

2. Robustez y Autonomía Energética

El diseño de alimentación redundante, que incorpora una batería de plomo-ácido de 12V/7Ah y un módulo de conmutación automática, asegura que el sistema sea invulnerable a los cortes de energía eléctrica. La capacidad de mantener la operatividad total sin suministro externo valida la fiabilidad del sistema como un dispositivo de seguridad crítica.

3. Escalabilidad y Versatilidad Tecnológica

El uso del microcontrolador ESP32 dota al proyecto de una alta capacidad de expansión. La arquitectura actual no solo cumple con la activación de sirenas de alta potencia (2.4A totales), sino que deja abierta la posibilidad de integrar notificaciones remotas vía Wi-Fi o sensores acelerómetros físicos en una etapa futura, aumentando la resiliencia tecnológica de la institución.

4. Validación mediante Simulación de Alta Fidelidad

Los resultados obtenidos en la simulación demostraron una correspondencia precisa entre el modelo matemático del sismo y la respuesta física de los actuadores (relés y sirenas). El sistema de aislamiento galvánico mediante relés de 2 canales probó ser efectivo para proteger la electrónica de control de las cargas inductivas de las sirenas, asegurando una larga vida útil de los componentes.

8. Recomendaciones

1. Mantenimiento del Sistema de Energía

Ciclos de Batería: Se recomienda realizar una prueba de descarga controlada cada 3 meses. Desconecte la fuente de 19.5V y permita que el sistema opere únicamente con la batería de 12V durante 15 minutos para asegurar que las celdas de plomo-ácido mantengan su capacidad de carga.
Inspección de Bornes: Debido a la ubicación del instituto, la humedad puede sulfatar los contactos. Limpie y asegure las conexiones de la batería y el módulo de conmutación para evitar caídas de voltaje.

2. Optimización del Hardware y Control

Aislamiento Acústico del Relé: Aunque el "click" del relé es un indicador de funcionamiento, asegúrese de que el Módulo Relé de 2 canales esté montado sobre soportes antivibratorios. Las vibraciones extremas de un sismo real podrían, en teoría, afectar mecánicamente los contactos si no están bien fijados.
Actualización del Firmware: Se sugiere programar en el ESP32 una rutina de "autodiagnóstico" que encienda el LED interno cada 24 horas para confirmar que el procesador no se ha bloqueado por ruido electromagnético.

3. Protocolo de Simulación y Pruebas

Uso de Matlab: Utilice el script de simulación para realizar simulacros programados. Se recomienda variar la Magnitud (Mw) en el código de Matlab para que el personal del Instituto aprenda a distinguir entre una vibración leve y un evento mayor a 6.0 Mw.
Calibración de Tiempos: Ajuste la variable t_total y los retardos de las ondas P y S según la distancia promedio de las fallas locales (como la falla de Tiscapa), para que el tiempo de pre-aviso sea lo más realista posible para Managua.

4. Instalación Física de las Sirenas

Ubicación Estratégica: Las dos sirenas de 1.2A deben instalarse en puntos altos y opuestos del instituto para evitar zonas de sombra acústica.

Protección de Cableado: Utilice tubería Conduit para el cableado que va del relé a las sirenas. Un sismo puede provocar caída de escombros; un cable expuesto cortaría la señal de alerta en el momento más crítico.

9. Bibliografia

Chen, D. Y., Lin, T. L., Hsu, H. C., Hsu, Y. C., & Hsiao, N. C. (2019). An approach to improve the performance of the earthquake early warning system for the 2018 Hualien earthquake in Taiwan. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 30(3), 423–433. https://doi.org/10.3319/TAO.2018.12.23.02

Comisión Nacional de Educación. (2024). Estrategia nacional de educación en todas sus modalidades “Bendiciones y Victorias” 2024–2026.

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2012). Modern control systems (14.ª ed.). Pearson.

Harris, P. H. (2010). Principles of fire alarm systems (2.ª ed.). McGraw-Hill.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2017). Alerta temprana de terremotos en Nicaragua [Ficha de proyecto]. SDC Shareweb. https://www.shareweb.ch/site/DRR/Documents/Projects/7F-09489.01/FS_Nicargua_Alerta_Temprana_Terremotos_7F-09489.01_2016-2017_INETER.pdf

Joyanes Aguilar, L. (2008). Fundamentos de programación: Algoritmos, estructura de datos y objetos (4.ª ed.). McGraw-Hill.

Kuyuk, H. S., Allen, R. M., Brown, H., Hellweg, M., Henson, I., & Neuhauser, D. (2012). Designing a network-based earthquake early warning system for California: ElarmS-2. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1210.6154

Lanser, J. (2024, 25 de septiembre). Google has turned 2 billion smartphones into a global earthquake warning system. Live Science. https://www.livescience.com/technology/google-has-turned-2-billion-smartphones-into-a-global-earthquake-warning-system

Münchmeyer, J., Woollam, J., Rietbrock, A., Tilmann, F., Lange, D., Bornstein, T., Diehl, T., Giunchi, C., Haslinger, F., Jansen, D., Saul, J., Usandivaras, G., Vivillos, A., & Wéber, Z. (2021). Which

earthquake early warning information is provided by 10 seconds of data? arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.02869

Pérez V., C. (s. f.). Sonido y audición.

Real Academia Española. (s. f.-a). Sismo. Recuperado el 2 de enero de 2025, de https://dle.rae.es/sismo?m=form

Sagripanti, G., Bettiol, A., & Seitz, C. (2007). Terremotos.

Sistema de Alerta Sísmica Mexicano. (s. f.). SASMEX. Recuperado el 28 de abril de 2024, de http://www.cires.org.mx/sasmex_n.php

10. Anexos

11.1 Anexo A: Guía de Mantenimiento Preventivo del Sistema

1. Sistema de Energía (Batería y Carga)

La batería de plomo-ácido de 12V - 7Ah es el componente con mayor desgaste químico.

Prueba de Voltaje: Trimestralmente, desconectar el suministro de 120V AC y verificar que el sistema siga encendido únicamente con la batería por al menos 30 minutos.

Inspección del Módulo XY-L30A: Revisar que los bornes no tengan sulfatación y que el módulo esté cortando la carga al llegar al nivel óptimo.

Reemplazo sugerido: Cambiar la batería cada 18 a 24 meses.

2. Unidad de Control (ESP32)

Es el "cerebro" y debe estar protegido de la humedad y el calor excesivo.

Limpieza de Polvo: Usar aire comprimido en el gabinete del controlador para evitar sobrecalentamiento en el procesador.

Verificación de Conectividad: Comprobar mensualmente que la Señal de INETER esté llegando correctamente (revisar conexión de red/internet).

Revisión del Módulo LM2596: Medir con un multímetro que la salida hacia la Raspberry siga siendo de 5V exactos; variaciones de voltaje pueden congelar el sistema.

3. Etapa de Potencia y Sonido (Relés y Sirenas)

Prueba de Tono: Realizar un simulacro sonoro breve (3 segundos) una vez al mes para confirmar que el Módulo Relé no se haya quedado "pegado" y que ambas Sirenas de 1.2A emitan el sonido con la potencia adecuada.

Integridad Física: Verificar que las cornetas de las sirenas no tengan nidos de insectos o suciedad que obstruya la salida del audio.