



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Implementación de medidas de seguridad estructural en un galpón para prácticas de electromecánica.

Autores:

Pablo Joel Cevallos Rivas
José Pablo Basurto Cedeño

Tutor(a)

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudio.

Carrera:

Electromecánica.

Tosagua, agosto del 2025

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor(a).

CERTIFICO:

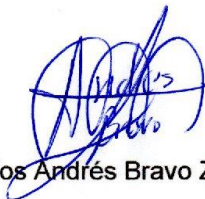
Que el presente proyecto integrador con el título: Implementación de medidas de seguridad estructural en un galpón para prácticas de electromecánica, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de sus autores:

Pablo Joel Cevallos Rivas, José Pablo Basurto Cedeño

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Tosagua, agosto del 2025.



Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quienes suscriben la presente:

Pablo Joel Cevallos Rivas, José Pablo Basurto Cedeño

Estudiantes de la Carrera de **Electromecánica**, declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: Implementación de medidas de seguridad estructural en un galpón para prácticas de electromecánica, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Tosagua, agosto del 2025



Pablo Joel Cevallos Rivas

José Pablo Basurto Cedeño



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: Implementación de medidas de seguridad estructural en un galpón para prácticas de electromecánica” de sus autores: Pablo Joel Cevallos Rivas, José Pablo Basurto Cedeño de la Carrera “**Electromecánica**”, y como Tutor del Trabajo el Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Ing. Andrés Andrade García, Mg.

DIRECTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

TUTOR

Ing. Jimmy Zambrano Llor, Mg.

PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes

SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga Santana, Mg.

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por habernos dado la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa tan importante. A nuestros padres, por su amor incondicional, esfuerzo y apoyo constante durante todo este camino; este logro también es de ustedes.

Gracias a nuestras familias por ser nuestra motivación diaria, por creer en nosotros incluso en los momentos más difíciles, y por estar presentes en cada paso que hemos dado. A nuestros docentes y tutores, especialmente al Ing. Carlos Bravo, por compartir su conocimiento, por su guía académica y por inspirarnos a crecer como profesionales.

También agradecemos a nuestros compañeros de carrera, quienes se convirtieron en amigos y aliados en este recorrido universitario. Cada experiencia vivida en esta universidad ha sido parte fundamental de nuestra formación no solo académica, sino también humana.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por abrirnos las puertas y brindarnos la oportunidad de formarnos como tecnólogos en Electromecánica. Hoy cerramos un ciclo con orgullo y gratitud, listos para afrontar nuevos desafíos.

Pablo Joel Cevallos Rivas

José Pablo Basurto Cedeño

DEDICATORIA

Dedicamos este logro, con todo nuestro corazón, a nuestros padres, por ser los pilares fundamentales en nuestras vidas, por sus esfuerzos incansables, sus consejos y su amor incondicional. A ustedes les debemos todo lo que somos y todo lo que hemos alcanzado.

Dedicamos también este triunfo a nosotros mismos, por no rendirnos ante las dificultades, por levantarnos cada vez que caímos y por creer en nuestros sueños. Este título representa años de sacrificio, compromiso y crecimiento.

Y a todos aquellos que, de una u otra forma, nos acompañaron en este proceso: gracias. Este logro es también suyo.

Pablo Joel Cevallos Rivas

José Pablo Basurto Cedeño

RESUMEN

El galpón destinado a las prácticas de la carrera de Electromecánica en la Unitev-Campus Tosagua presenta deficiencias en su seguridad estructural, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a riesgos como deformaciones, corrosión en los elementos metálicos y posibles fallas ante cargas dinámicas o eventos sísmicos. Esta situación compromete la seguridad de los estudiantes y la continuidad de las actividades académicas.

El objetivo general de esta investigación fue diseñar medidas de seguridad estructural para el galpón, con el fin de asegurar un entorno académico seguro y funcional. Se plantearon tres objetivos específicos: evaluar el estado actual de los elementos estructurales, identificar riesgos presentes y proponer intervenciones correctivas y preventivas.

La metodología utilizada correspondió a un estudio descriptivo con enfoque técnico. Incluyó recorridos de inspección, registro fotográfico, análisis de planos estructurales y aplicación de criterios normativos. Los hallazgos fueron contrastados con estándares de seguridad y guías de ingeniería estructural aplicables a edificaciones educativas.

Los resultados mostraron deterioro en uniones soldadas, corrosión en columnas y vigas metálicas, e insuficiencia en los elementos de rigidización, además de riesgos por sobrecarga en la cubierta y falta de mantenimiento.

Se concluye con un plan integral que contempla reforzamiento de uniones, aplicación de recubrimientos anticorrosivos, incorporación de rigidizadores y un programa sistemático de mantenimiento, medidas que garantizan seguridad y sostenibilidad de la infraestructura académica.

PALABRAS CLAVE

Seguridad estructural, Galpón electromecánico, Mantenimiento preventivo

ABSTRACT

The workshop building used for Electromechanics training at Unitev-Campus Tosagua presents deficiencies in its structural safety, which increases vulnerability to risks such as deformations, corrosion of metal elements, and potential failures under dynamic loads or seismic events. This problem compromises both student safety and the continuity of academic activities.

The general objective of this research was to design structural safety measures for the workshop, ensuring a safe and functional academic environment. Three specific objectives were established: to carry out a visual inspection of the current condition of the structural elements, to identify the main structural risks, and to propose corrective and preventive interventions.

The methodology consisted of a descriptive study with a technical approach. Field inspections, photographic records, analysis of structural drawings, and application of current regulations were conducted. Findings were then compared with safety standards and engineering guidelines applicable to educational facilities.

The results revealed deterioration in welded joints, corrosion on columns and beams, and insufficient bracing elements. Risks related to roof overloading and the lack of preventive maintenance were also identified.

In conclusion, an integral plan is proposed, including reinforcement of joints, application of anticorrosive coatings, incorporation of bracing elements, and the implementation of a systematic inspection and maintenance program. These measures will extend the useful life of the workshop, ensure the safety of the university community, and promote the sustainability of the academic infrastructure.

KEYWORDS

Structural safety, Electromechanical workshop, Preventive maintenance

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
PALABRAS CLAVES	VI
ABSTRACT	VII
KEYWORDS	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivo específico	4
1.4. METODOLOGÍA.....	4
1.4.1. Procedimiento.....	4
1.4.2. Técnicas	5
1.4.3. Métodos.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. DEFINICIONES	7
2.1.1. Introducción a la sismorresistencia	7

2.1.2	Definición conceptual del galpón de electromecánica.....	9
2.2	ANTECEDENTES.....	10
2.3	TRABAJOS RELACIONADOS	11
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		15
3.1.	OBJETIVO 1	15
3.1.1.	Revisión del diseño arquitectónico.....	15
3.1.2.	Inspección técnica in situ	15
3.1.3.	Hallazgos.....	15
3.2.	OBJETIVO 2	16
3.2.1.	Riesgos estructurales detectados	16
3.2.2.	Riesgos operativos	17
3.3.	OBJETIVO 3	17
3.3.1.	Intervenciones Correctivas (por áreas)	18
3.3.2.	Intervenciones preventivas.....	18
3.3.3.	Desglose de gastos estimados	19
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		21
4.1.	CONCLUSIONES	21
4.2.	RECOMENDACIONES.....	21
BIBLIOGRAFÍA		23
ANEXOS.....		25

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Ficha de inspección visual propuesta	16
Ilustración 2.	Plano con cada una de las intervenciones propuestas.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riesgos estructurales detectados.....	16
Tabla 2. Gastos estimados para la intervención.....	19

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El buen estado de los elementos estructurales en edificios destinados a prácticas académicas es crucial para asegurar la seguridad de quienes los ocupan y para mantener la continuidad de las actividades formativas, por ejemplo en el caso particular de los galpones industriales utilizados para la enseñanza de electromecánica, la exposición constante a cargas dinámicas, vibraciones, condiciones ambientales adversas y el uso intensivo de equipos pesados provoca un desgaste progresivo que puede comprometer su integridad estructural (Mendoza et al., 2021); por lo cual realizar una evaluación técnica detallada del estado actual de estas estructuras permite detectar deformaciones, corrosión, fisuras y otros tipos de deterioro que, si no se abordan, pueden llevar a fallos críticos, poniendo en riesgo tanto al personal como a la infraestructura.

Por lo cual es importante identificar los riesgos estructurales y operativos en este tipo de instalaciones, es crucial para la gestión preventiva, ya que estos riesgos abarcan no solo la resistencia y estabilidad de la estructura metálica, sino también factores relacionados con la circulación segura de personas, la disposición de los equipos y la interacción de los elementos constructivos con las actividades prácticas (ISO 13822:2010). La detección temprana de estas amenazas permite el desarrollo de medidas correctivas y preventivas que cumplen con la normativa nacional vigente, como el Código Ecuatoriano de la Construcción (CCE), así como con las normas internacionales de seguridad estructural.

Recientes estudios han destacado lo crucial que es implementar diagnósticos técnicos y planes de intervención en las infraestructuras educativas industriales: por ejemplo, Rodríguez y Torres (2022) examinaron el refuerzo estructural en talleres de formación técnica en México, logrando reducir en un 40% los riesgos operativos gracias a intervenciones basadas en normativas de seguridad; de manera similar, Almeida et al. (2023) presentaron un modelo integral de mantenimiento preventivo para galpones universitarios en Brasil, que abarcó inspecciones periódicas, control de corrosión y mejoras en la ventilación estructural. Estos antecedentes muestran que aplicar de

manera sistemática medidas fundamentadas en evidencia técnica tiene un impacto directo en la prolongación de la vida útil de los edificios y en la seguridad de quienes los utilizan.

La importancia de este trabajo radica en que el galpón destinado a las prácticas de electromecánica es un lugar clave para el aprendizaje práctico, donde se desarrollan habilidades técnicas esenciales y por ende hay que recalcar que la solidez de su estructura no solo afecta la seguridad física, sino que también impacta en la calidad de la formación, ya que permite el uso constante y seguro de los equipos y las áreas de trabajo. Por eso, proponer un plan de intervención basado en un diagnóstico técnico exhaustivo y en el cumplimiento de las normativas es un aporte valioso para la gestión universitaria.

Este estudio está estrechamente relacionado con la carrera de electromecánica de la UNITEV-Campus Tosagua, ya que combina conocimientos sobre resistencia de materiales, diseño estructural, normativas técnicas y gestión de riesgos. Además, ayuda a los estudiantes a entender la importancia del mantenimiento y la seguridad en entornos laborales reales, las cuales son habilidades fundamentales para su desarrollo profesional en el campo de la ingeniería y tecnología en electromecánica.

1.1. PROBLEMA

El galpón de Electromecánica en la UNITEV-Campus Tosagua tiene varias deficiencias estructurales que no se pueden pasar por alto: hay corrosión en los elementos metálicos, filtraciones en el techo, fisuras en las columnas de soporte y una mala distribución del peso de los equipos instalados. Además, no se cuenta con un plan de mantenimiento estructural regular ni con una evaluación reciente de las cargas máximas que se pueden soportar.

Esta situación crea un ambiente de riesgo constante ya sea por la posibilidad de un colapso parcial o por la exposición directa de los usuarios a condiciones inseguras, sumado a esto, está, la falta de señalización, una ventilación inadecuada y una poca organización del espacio aumentan el nivel de peligrosidad durante las prácticas.

Por lo tanto, el enfoque principal de esta investigación es la necesidad de poner en marcha medidas correctivas y preventivas que aseguren la seguridad estructural del galpón de electromecánica, siguiendo criterios técnicos y normativos actualizados.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el ámbito académico, el galpón de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), en el campus de Tosagua, es un lugar clave para que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas y refuercen lo que han aprendido en teoría, es sumamente importante porque este espacio les brinda la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en áreas como mecánica, electricidad, mantenimiento industrial y sistemas de control, utilizando maquinaria, herramientas y procesos que serán parte de su futura vida profesional.

Desde el punto de vista tecnológico el galpón de electromecánica de la UNITEV-campus Tosagua contiene equipos, herramientas e instalaciones que deberían tener un entorno seguro, por tal razón se hace énfasis en que la implementación de medidas de seguridad estructural no es que solo protege la integridad de la infraestructura y los equipos, sino que también contribuye a la adopción de buenas prácticas de mantenimiento, optimización de recursos y prolongación de la vida útil de los sistemas. De esta manera, se fomenta la innovación en soluciones constructivas y de mantenimiento adaptadas a las condiciones ambientales y operativas propias del campus Tosagua, alineándose con estándares técnicos nacionales como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y normas internacionales aplicables.

La propuesta titulada "Implementación de medidas de seguridad estructural en el galpón para prácticas de electromecánica" se sitúa dentro de la línea de investigación institucional que busca mejorar la infraestructura, ingeniería, construcción, industrias para un desarrollo sustentable y sostenible; con los cuales este trabajo no solo fortalece la calidad educativa, sino que también genera soluciones a partir de un análisis técnico y de la normativa vigente, adicionalmente se promueve un vínculo entre la investigación aplicada, la seguridad industrial y la sostenibilidad de los espacios de formación. De esta manera, se atienden las necesidades de la comunidad universitaria y se contribuye al

desarrollo regional, formando profesionales competentes y comprometidos con la prevención y el mantenimiento seguro de las instalaciones industriales.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar las medidas de seguridad estructural en el galpón de la Unitev-Campus Tosagua destinado a las prácticas de la carrera de electromecánica

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una inspección visual del estado actual de los elementos estructurales del galpón de electromecánica.
- Reconocer los principales riesgos estructurales presentes en el galpón.
- Plantear intervenciones estructurales correctivas y preventivas para el galpón.

1.4. METODOLOGÍA

La investigación se desarrollará bajo un enfoque técnico-descriptivo básico de la tecnología en electromecánica. Se combinarán métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión integral del problema.

1.4.1. Procedimiento

El desarrollo de esta propuesta se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos que estaban alineados con los objetivos específicos que se habían planteado: primero, se realizó una evaluación técnica del estado actual de los elementos estructurales del galpón de electromecánica en el campus Tosagua de la ULEAM, lo cual incluyó inspecciones visuales, mediciones de los componentes y un registro fotográfico de las áreas críticas. Luego, se identificaron los principales riesgos estructurales y operativos, teniendo en cuenta tanto la estabilidad y resistencia de los elementos metálicos como las condiciones de seguridad para los usuarios y equipos; seguido de eso, se elaboró un plan de intervención que incluía medidas correctivas y preventivas, basadas en las normas técnicas nacionales (NEC, INEN) y en estándares internacionales aplicables.

1.4.2. Técnicas

- Inspección visual estructural: es una técnica que implica observar de manera directa y sistemática los diferentes elementos de una estructura, en este caso el galpón de electromecánica. Su objetivo es identificar daños, deformaciones o signos de desgaste (Neville & Brooks, 2010) y se utiliza como un primer paso para detectar problemas visibles en columnas, vigas, cerchas, uniones soldadas y pernos, y actúa como base para tomar decisiones técnicas en el futuro.
- Medición dimensional y verificación geométrica: se trata de medir con precisión los elementos estructurales utilizando herramientas como cintas métricas, calibradores y niveles, ya que esto nos permite comprobar que las dimensiones actuales coinciden con los planos originales y cumplen con las tolerancias establecidas en las normas técnicas (García, 2019). Esta técnica se aplicó durante la fase de diagnóstico para verificar alineaciones, plomos y deformaciones en los componentes del galpón.
- Registro fotográfico y mapeo de daños: la idea es capturar visualmente el estado de una estructura en un momento específico, lo que permite realizar análisis más adelante y seguir el deterioro (Kumar & Rao, 2021). En este proyecto, utilizamos esta técnica para apoyar la evaluación técnica y hacer más fácil la comunicación de los hallazgos a quienes se encargan del mantenimiento.

1.4.3. Métodos

- Método descriptivo: se utiliza para detallar las características, condiciones y fenómenos observados sin alterar las variables (Hernández et al., 2014). El enfoque que se da es para ofrecer una descripción precisa del estado de cada elemento estructural, los riesgos identificados y las condiciones generales del galpón, lo que permitió tener una visión completa de la situación actual.
- Método analítico: implica descomponer un problema en sus componentes para entender mejor su estructura y las relaciones entre ellos (Sierra, 2017). Se utilizó para examinar cómo interactúan los distintos elementos estructurales y para

evaluar de qué manera los daños o deficiencias identificados podrían influir en la estabilidad general y la seguridad operativa del espacio.

- Método normativo-comparativo: consiste en comparar la situación evaluada con lo que establecen las normas técnicas y reglamentos vigentes (como el NEC, INEN, ISO), eso a su vez nos permite identificar desviaciones y proponer acciones correctivas (Vera & López, 2020). En este proyecto, utilizamos este enfoque para respaldar las medidas de seguridad estructural que proponemos, asegurando que cumplan con los estándares tanto nacionales como internacionales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

2.1.1. Introducción a la sismorresistencia

La protección estructural contra sismos abarca un conjunto de estrategias, tecnologías y normativas que se aplican en el diseño, construcción y rehabilitación de edificios, el objetivo principal es mejorar la capacidad de estas estructuras para resistir movimientos sísmicos sin colapsar ni sufrir daños significativos. Esta área de estudio es parte de la ingeniería sísmica, que ha avanzado desde enfoques empíricos hasta sistemas altamente calculados, incorporando tecnología de punta y conocimientos geológicos (Chopra, 2017). Más de eso es versátil ya que se puede utilizar en diferentes otras áreas y complementarlas con las diferentes ramas de la ingeniería, industria y construcción.

Bases conceptuales de la protección estructural

La protección estructural considera dos grandes enfoques:

- Diseño sismorresistente: Capacidad de una estructura para soportar sin colapsar los efectos de un terremoto severo.
- Control sísmico estructural: Incorporación de sistemas activos, pasivos o híbridos que disminuyen la demanda sísmica.

Entre los sistemas más importantes se encuentran:

- Aisladores sísmicos
- Amortiguadores
- Disipadores de energía
- Refuerzos estructurales tradicionales (Chopra, 2017).

Normativas técnicas y criterios de diseño

La normativa NEC-SE-DS 2015, que se refiere a la Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sismorresistente, establece criterios técnicos y categorías de desempeño sísmico basados en el uso del edificio. Por ejemplo, se requiere que las edificaciones como los centros educativos cuenten con un alto nivel de seguridad estructural, dado que albergan a muchas personas (MIDUVI, 2015). Además, códigos internacionales como el ASCE 7-22, de la American Society of Civil Engineers, y el Eurocódigo 8 se han convertido en referencias clave para determinar:

- Coeficientes de carga sísmica.
- Requisitos de ductilidad estructural.
- Factores de importancia sísmica.

Tipos de sistemas de protección estructural

a) Sistemas pasivos

Los aisladores sísmicos son dispositivos que separan la estructura de su base, lo que permite que el movimiento del suelo no se transmita directamente a la edificación, estos generalmente se instalan en la cimentación o entre los niveles de soporte y son especialmente efectivos en estructuras que tienen baja rigidez (Kelly, 1999). Por otro lado, los disipadores de energía son elementos diseñados para absorber la energía sísmica a través de fricción, deformación plástica o fluidos viscosos. Se colocan de manera estratégica en la estructura para minimizar la respuesta dinámica (Soong & Dargush, 1997).

b) Sistemas activos y semiactivos

Se utilizan sensores, actuadores y algoritmos de control para ajustar la rigidez o la amortiguación en tiempo real. Aunque son costosos, resultan muy útiles en infraestructuras críticas.

c) Refuerzos estructurales

Se trata de la instalación de elementos como riostras metálicas, chaquetas de acero o mallas de fibra de carbono, que ayudan a aumentar la rigidez y resistencia de columnas y vigas; además es importante recalcar que estos métodos son muy comunes en estructuras ya existentes (FEMA, 2006).

Evaluación de vulnerabilidad sísmica

Antes de llevar a cabo cualquier intervención, es fundamental realizar un diagnóstico estructural que incluya análisis no lineales, pruebas de materiales y una evaluación de las cargas permanentes. Métodos como el Análisis Modal Espectral y el Análisis de Historia Temporal son esenciales para entender cómo responde el edificio ante un sismo (Priestley et al., 2007).

Importancia del mantenimiento preventivo

El sistema de protección estructural solo funciona de manera efectiva si se le da el mantenimiento adecuado, por lo cual esto significa que es necesario realizar revisiones periódicas, inspeccionar fisuras, controlar la corrosión y evaluar los asentamientos en la cimentación; caso contrario si se ignora el mantenimiento, se puede poner en riesgo toda la efectividad del diseño sismorresistente.

Tecnología e innovación en sistemas sismo-resistentes

Hoy en día se están investigando materiales inteligentes, como aleaciones con memoria de forma y sistemas de alerta sísmica temprana que están conectados al control activo de estructuras. Esto abre un emocionante campo de innovación para las estructuras industriales y educativas en áreas con alta sismicidad (Li & Su, 2020).

2.1.2 Definición conceptual del galpón de electromecánica.

El nivel de adecuación se refiere a como está el galpón de electromecánica, es decir si cumple con los requisitos técnicos, espaciales y de seguridad que son esenciales para

llevar a cabo las prácticas académicas de manera óptima. Esta variable tiene en cuenta aspectos como la ventilación, la iluminación, la distribución del espacio, la disponibilidad de equipos, la señalización y la accesibilidad.

Definición operacional del galpón de electromecánica:

Los resultados se presentarán en niveles de adecuación: Alto – Medio – Bajo, para los cual los indicadores a considerar incluirán: la existencia de estaciones de trabajo funcionales, condiciones ergonómicas adecuadas, disponibilidad de herramientas y equipos en buen estado, cumplimiento de las normas de seguridad laboral, y accesibilidad para todos los usuarios.

2.2 ANTECEDENTES

La Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudios (UNITEV) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí se ha destacado por ofrecer una educación de calidad a técnicos altamente capacitados en distintos campos, como la electromecánica, explotación y mantenimiento de equipos biomédicos, entre otras. Esta Unidad que nace de la carencia de tecnólogos y de carreras cortas donde lo primordial es la práctica en la cual se ha puesto en marcha numerosos proyectos innovadores para elevar el nivel educativo y adaptarse a las exigencias del mercado laboral actual. Las instalaciones de la ULEAM disponen de laboratorios bien equipados y un cuerpo docente altamente calificado que fomenta la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza, lo cual es fundamental para preparar profesionales competentes (UNITEV, 2020).

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) ha estado trabajando arduamente a través de su Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica y otras modalidades de estudio (UNITEV) para implementar una serie de actualización pedagógicas, con el objetivo de fortalecer la enseñanza tecnológica-técnica y de esta manera implementar un modelo educativo que pone principal énfasis en el aprendizaje práctico, especialmente en las carreras como la de electromecánica.

Un ejemplo real de esta situación es la adecuación y el uso de galpones educativos para las prácticas de electromecánica, donde los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos teóricos en entornos reales o simulados. Esta metodología se basa en la experiencia del profesorado y en la constante actualización de los recursos didácticos, lo que asegura una formación relevante y adaptada a los retos del desarrollo industrial en la región (ULEAM, 2022).

Antes de poner en marcha este proyecto sobre sistemas de protección estructural contra sismos en el galpón de Electromecánica, en el cual la infraestructura del mismo que se sitúa en la UNITEV de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), sede Tosagua, mostraba varias deficiencias estructurales que ponían en riesgo su seguridad ante eventos sísmicos. Este galpón fue diseñado originalmente como un espacio para prácticas técnicas con maquinaria industrial pesada, pero, a pesar de estar ubicado en una zona considerada de alta amenaza sísmica en Ecuador (MIDUVI, 2015), no se habían tomado medidas específicas para su protección sísmica.

2.3 TRABAJOS RELACIONADOS

Trabajo relacionado en otro continente

Existe en el continente asiático un estudio que es muy destacado y que habla sobre la protección estructural contra sismos, el cual se llevó a cabo en la Universidad de Kioto, Japón; aquí se puso en marcha un proyecto de investigación enfocado en el refuerzo de estructuras metálicas ligeras que se utilizan en instalaciones industriales y educativas. Este estudio, titulado “Mejora del Rendimiento Sísmico de Estructuras de Acero Ligero para Instalaciones Educativas en Regiones Sísmicamente Activas”, fue liderado por el Dr. Hiroshi Muraoka entre 2018 y 2021. Su objetivo principal fue optimizar el comportamiento dinámico de galpones metálicos ante terremotos de gran magnitud, utilizando aisladores de base tipo elastómero y sistemas de disipación de energía por fricción.

El proyecto comenzó con un diagnóstico estructural de varios talleres técnicos universitarios ubicados en zonas de alto riesgo sísmico de Japón, donde se identificaron

problemas similares a los que se observan en muchas regiones de América Latina: fisuras en las uniones soldadas, corrosión de elementos metálicos por falta de mantenimiento y la ausencia de criterios sismorresistentes en su diseño original, por lo cual para disminuir todos estos riesgos se utilizaron varios dispositivos pasivos y así evaluar las columnas y vigas de este espacio. (Muraoka et al., 2021).

Los resultados obtenidos no solo confirmaron la efectividad técnica de los sistemas de protección aplicados, sino que también demostraron su viabilidad económica y funcional en edificaciones educativas de uso intensivo. A raíz del proyecto, el Ministerio de Educación japonés adoptó un modelo de intervención estructural basado en estos hallazgos para ser implementado en escuelas técnicas de regiones propensas a sismos.

Trabajo relacionado en el mismo continente

Un estudio que se destaca en el continente sudamericano y el cual nos relata sobre la protección estructural contra sismos se llevó a cabo en Colombia, específicamente en la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Este trabajo, titulado “Evaluación de vulnerabilidad sísmica y propuesta de refuerzo estructural para naves industriales metálicas en zonas de alta amenaza sísmica”, fue realizado por el grupo de investigación en Ingeniería Sísmica (INIS) entre 2019 y 2022, del cual su principal objetivo fue analizar y reforzar galpones industriales que fueron construidos antes de que se implementaran las normativas modernas de diseño sismorresistente en este país.

El estudio se enfocó en diversas estructuras metálicas ligeras que se utilizan como talleres de formación técnica en instituciones de Colombia, dichas edificaciones se caracterizan por tener columnas de acero tipo H, techos livianos y cimentaciones superficiales, muy parecidas a las que se encuentran en el galpones del Ecuador. Mediante análisis estático no lineal (pushover) y simulaciones dinámicas con registros sísmicos reales, los investigadores lograron identificar áreas críticas de deformación, efectos de pandeo lateral-torsional y concentraciones de esfuerzo en las conexiones soldadas (García et al., 2021).

Como parte de la propuesta de intervención de este estudio, se diseñaron refuerzos utilizando perfiles tubulares diagonales, dispositivos de amortiguación por fricción en los cruces estructurales y un refuerzo en las placas base de las columnas, además es importante recalcar que estas medidas, junto con un mantenimiento preventivo sistemático, lograron reducir de manera significativa la respuesta sísmica de las estructuras en simulaciones de sismos de más de magnitud 7.5.

Trabajo relacionado en el Ecuador

Existe en Ecuador un proyecto muy destacado, que hace referencia a la protección estructural contra sismos, el cual fue llevado a cabo por la Escuela Politécnica Nacional (EPN) en conjunto con la Secretaría de Gestión de Riesgos. El título de la investigación es: "Reforzamiento estructural y evaluación sísmica de unidades educativas en zonas de alta amenaza", se realizó entre 2017 y 2019 como parte del programa "Escuelas Seguras"; dentro de su principal objetivo fue disminuir la vulnerabilidad sísmica de las escuelas existentes, muchas de las cuales fueron construidas antes de que se implementaran las normativas sismorresistentes más recientes, como la NEC 2015.

La investigación que hizo énfasis en un grupo de 12 instituciones educativas ubicadas en las provincias de Manabí, Esmeraldas y Pichincha, elegidas por su vulnerabilidad sísmica y sus características estructurales, la cual se llevó a cabo un análisis de vulnerabilidad estructural a través de inspecciones técnicas, modelos tridimensionales y análisis pushover, que pusieron de manifiesto deficiencias en los sistemas de soporte vertical y en las conexiones estructurales, especialmente en edificaciones tipo galpón con estructuras metálicas livianas (Quinde et al., 2019).

Para reducir estos riesgos se propuso la implementación de refuerzo metálicos diagonales, instalar amortiguadores sísmicos, entre otras acciones con la finalidad de salvaguardar todas las partes sensibles de este entorno, a partir de aquí de su implementación se notó la mejoría en el desempeño estructural, especialmente en edificaciones que se utilizan más a menudo.

Trabajo relacionado en la provincia de Manabí

En la provincia de Manabí existe un trabajo que hace referencia a la protección estructural frente a sismos tuvo lugar en el cantón Portoviejo, el cual se llevó a cabo a través del proyecto llamado “Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento sismo-resistente en talleres escolares afectados por el terremoto del 16 de abril de 2016”. Este proyecto fue ejecutado por la Universidad Técnica de Manabí (UTM) en colaboración con el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Portoviejo, contando además con el apoyo técnico del Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí que se realizó entre los años 2017 y 2019.

El proyecto se centró en diagnosticar el estado estructural de talleres educativos que fueron construidos con estructuras metálicas tipo galpón y que sufrieron daños por el sismo de magnitud 7.8 que ocurrió en 2016. Para ello, se emplearon diversas técnicas, como la inspección visual, el levantamiento arquitectónico-estructural, el análisis de vulnerabilidad sísmica y la simulación estructural y del cual se puso especial atención en edificaciones con cubiertas metálicas livianas, cimentación superficial y elementos estructurales que han sido corroídos por el tiempo y la humedad (Moreira et al., 2019).

Los resultados del diagnóstico mostraron que muchas de estas estructuras tienen un riesgo moderado a alto de colapso parcial si se presentan nuevos eventos sísmicos. Esto se debe a problemas en las uniones, pérdida de sección transversal en las columnas y la falta de disipadores de energía y por ende como respuesta técnica, el equipo sugirió un sistema integral de reforzamiento estructural, que se basa en:

- Incorporación de riostras diagonales de acero galvanizado.
- Reemplazo de nodos críticos y conexiones soldadas por atornilladas.
- Refuerzo de zapatas con placas de anclaje.
- Capacitación al personal técnico para la inspección post-sismo.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. OBJETIVO 1

Realizar una evaluación técnica del estado actual de los elementos estructurales del galpón.

3.1.1 Revisión del diseño arquitectónico

El galpón está organizado funcionalmente en áreas de talleres, bodegas, oficinas y baños, distribuidos en dos niveles. Las dimensiones generales observadas son:

- Longitud total: 20,20 m
- Ancho promedio: 14,70 m
- Altura aproximada: 6,90 m (estructura metálica en cerchas a dos aguas)

3.1.2 Inspección técnica in situ

Elementos inspeccionados:

- Columnas metálicas (perfil H y tubos estructurales)
- Cerchas y vigas secundarias
- Cubierta de zinc con traslape
- Cimentaciones (zapatas aisladas observadas en planos)
- Muros divisorios y panelería interior (oficinas, bodegas, sanitarios)

3.1.3 Hallazgos

- Columnas con evidencia de óxido superficial en las bases del Taller de Mecánica.
- Las cerchas metálicas de cubierta presentan pérdida de pintura anticorrosiva.
- En el área de taller de electricidad y biomédico se observa condensación y posible ingreso de humedad por techos.
- Las zapatas no presentan daño estructural visible, pero se recomienda escaneo GPR o prueba esclerometría.

Ilustración 1. Ficha de inspección visual propuesta

Ficha 1: Inspección Visual – Estructuras Metálicas

Esta ficha permite registrar observaciones visuales de elementos estructurales metálicos.

Elemento inspeccionado

Material y perfil

Ubicación

Fecha de construcción

Condición superficial (óxido, pintura, corrosión)

Deformaciones o daños visibles

Conexiones y uniones (soldaduras, pernos)

Espesor medido (si aplica)

Fotografía adjunta

Observaciones

Acciones recomendadas

Inspector y fecha

Fuente: Propia (Cevallos, Pablo; Basurto, José, 2025)

3.2. OBJETIVO 2

Identificar los principales riesgos estructurales y operativos presentes en el espacio

3.2.1 Riesgos estructurales detectados

Tabla 1. Riesgos estructurales detectados

Área	Riesgo detectado	Causa probable	Nivel de riesgo
Taller de Mecánica	Oxidación en columnas metálicas	Humedad ambiental + falta pintura	Alto

Cubierta sobre bodega	Filtraciones y goteras	Deterioro de láminas de zinc	Medio
Unión entre cerchas	Falta de pernos de refuerzo	Diseño original básico	Alto
Zapatas	Fisuras leves en borde	Asentamientos diferenciales	Medio

Fuente: (Cevallos, Pablo; Basurto, José, 2025)

3.2.2 Riesgos operativos

- Flujo peatonal sin rutas marcadas en áreas de alto riesgo eléctrico (taller de equipos biomédicos).
- Ausencia de señalización estructural y rutas de evacuación
- Falta de protecciones en columnas ubicadas cerca de bancos de trabajo
- Ventilación pasiva insuficiente en talleres cerrados (calor acumulado).

3.3. OBJETIVO 3

Proponer intervenciones estructurales correctivas y preventivas fundamentadas en normas técnicas nacionales

3.3.1 Intervenciones correctivas (por área)

a) Taller de Mecánica

- Reparación y pintado anticorrosivo de columnas metálicas (limpieza mecánica + recubrimiento epóxico).
- Instalación de defensas perimetrales tipo guardacuerpo para protección ante impactos accidentales con maquinarias.

b) Cubierta general del galpón

- Cambio de láminas metálicas deterioradas (30% de superficie: aprox. 85 m²).
- Colocación de aislante térmico tipo lana mineral bajo cubierta.

c) Cerchas y uniones

- Colocación de pernos de refuerzo A325 en conexiones principales de cerchas (según AISC 360).
- Aplicación de refuerzo mediante ángulos L 2"x2"x1/4" atornillados en uniones.

d) Cimentaciones

- Sellado de fisuras con resina epóxica de baja viscosidad.
- Revisión de drenaje perimetral (diseño e instalación de canaletas si es necesario).

3.3.2 Intervenciones preventivas

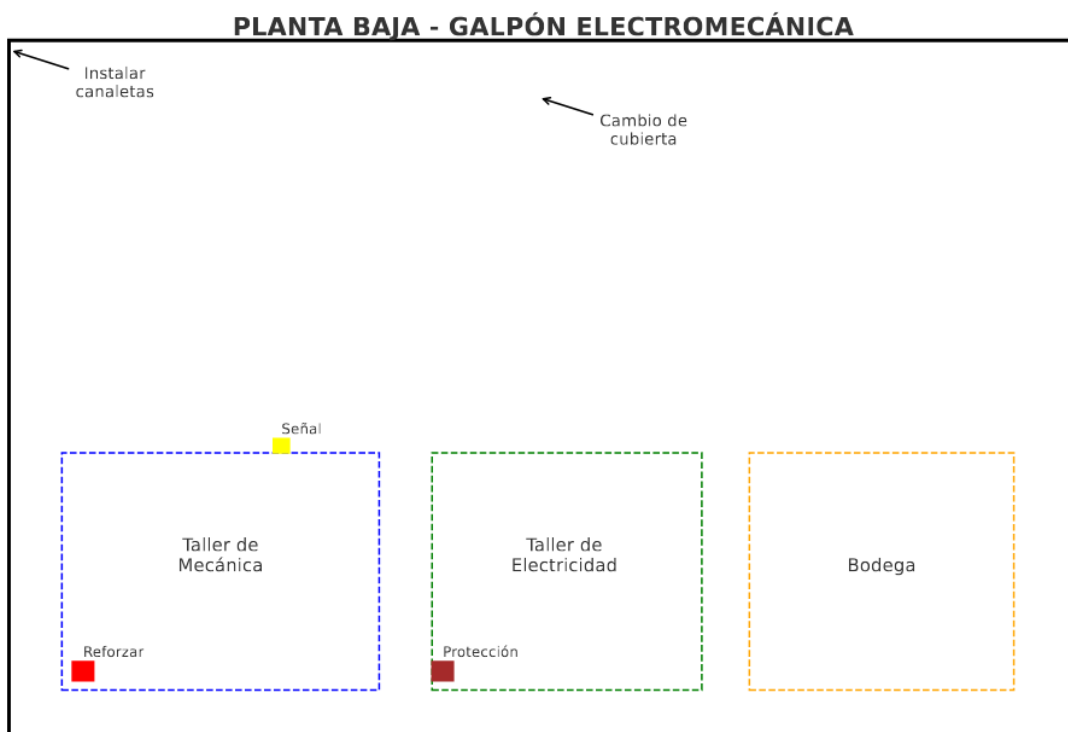
Instalación de canaletas pluviales de PVC en aleros del galpón.

Reorganización de áreas de circulación interna (piso demarcado con pintura epóxica).

Incorporación de extintores y señalética estructural (según INEN 004, NTE INEN 4396).

Propuesta de ventilación cruzada: apertura de celosías metálicas en el extremo alto de la fachada sur.

Ilustración 2. Plano con cada una de las intervenciones propuestas



Fuente: Propia (Cevallos, Pablo; Basurto, José, 2025)

3.3.3 Desglose de gastos estimados

Tabla 2. Gastos estimados para la intervención

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Limpieza y pintura epóxica (estructura)	m²	150	\$9	\$1.350
Reemplazo láminas de zinc y aislante	m²	85	\$18	\$1.530
Refuerzo con pernos y perfiles en cerchas	lump sum	1	\$1.000	\$1.000
Señalética y rutas de evacuación	unidad	20	\$25	\$500
Instalación de canaletas y bajantes	ml	40	\$15	\$600
Protección perimetral de columnas	unidad	8	\$60	\$480
Reparación de zapatas y resanes	unidad	4	\$150	\$600

Supervisión y mano de obra especializada	lump sum	1	\$1.000	\$1.000
Total estimado				\$7.060

Fuente: Propia (Cevallos, Pablo; Basurto, José, 2025)

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La inspección visual, el levantamiento técnico que se realizó y los planos reales, revelaron que el galpón cuenta con un sistema estructural metálico que, si funciona, aunque presenta signos evidentes de deterioro, lo cual se puede apreciar en las columnas que están expuestas a la humedad. La aparición de óxido, la pérdida de pintura protectora, las filtraciones en el techo y las conexiones debilitadas son riesgos acumulativos que podrían poner en peligro la estabilidad a mediano plazo si no se toman medidas a tiempo.
- Nos permitió identificar los principales riesgos estructurales, como la corrosión y fisuras menores en las cimentaciones, así como los riesgos operativos, que incluyen la falta de señalización y rutas de evacuación
- Las intervenciones propuestas destacadas se encuentran la aplicación de recubrimientos anticorrosivos, el reemplazo parcial de la cubierta, el refuerzo de uniones metálicas y el diseño de rutas de evacuación.
- El proyecto ha sido diseñado con una visión total, teniendo en cuenta no solo los aspectos técnicos, sino también los costos y la viabilidad de la construcción; por lo cual el desglose presupuestario estimado (USD 7.060) permite planificar una ejecución por fases, optimizando los recursos disponibles sin poner en riesgo la seguridad estructural.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable comenzar la intervención en las áreas que presentan un alto riesgo estructural, como columnas corroídas y uniones debilitadas, para asegurar la estabilidad general del galpón, adicional se pueden implementar mejoras operativas como señalización, drenaje y rutas de evacuación.
- Para garantizar que el galpón tenga una larga vida útil, es recomendable implementar un programa de mantenimiento estructural cada año, lo cual debería incluir inspecciones regulares, repintado anticorrosivo cada tres años, y una revisión de los drenajes y las cubiertas antes de que llegue el invierno.

- Se recomienda organizar charlas y talleres de formación a cerca de las prevenciones y riesgos que pueden tener las estructuras dos veces durante el semestre para que enseñen el uso adecuado del espacio de tal manera que se pueda ayudar a crear una cultura de prevención entre los estudiantes y docentes de electromecánica.
- Si la carrera de electromecánica crece, cualquier futura expansión especialmente en el galpón este puede basarse en estudios estructurales previos y cumplir con las zonas de seguridad, las rutas de evacuación y la ventilación que ya están establecidas.

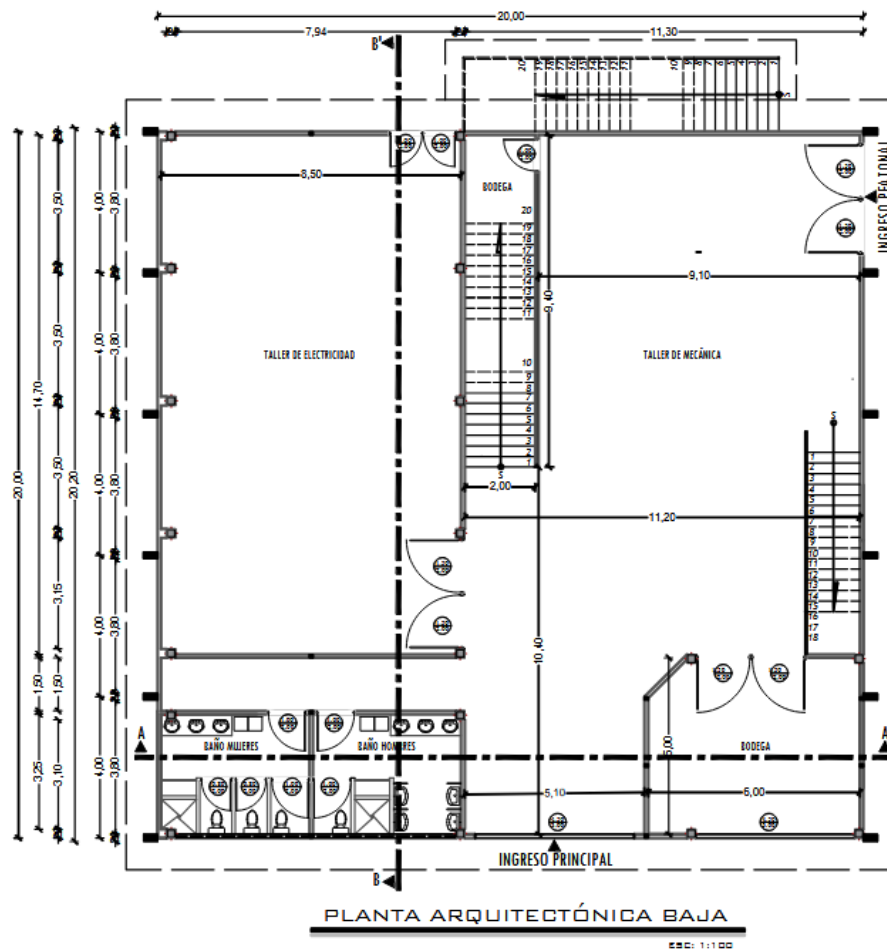
BIBLIOGRAFÍA

- American Institute of Steel Construction. (2016). *Steel construction manual* (15th ed.). AISC.
- ASCE. (2022). *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-22)*. American Society of Civil Engineers.
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures* (5th ed.). Pearson Education.
- FEMA. (2006). *Techniques for the seismic rehabilitation of existing buildings (FEMA 547)*. U.S. Federal Emergency Management Agency.
- García, M., López, J., & Castaño, D. (2021). Evaluación de vulnerabilidad sísmica y propuesta de refuerzo estructural para naves industriales metálicas en zonas de amenaza sísmica alta. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 36(2), 155–172. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000200155>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2020). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 45001:2018 – Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Quito, Ecuador.
- Kelly, J. M. (1999). *Base isolation: Linear theory and design*. John Wiley & Sons.
- Li, Q., & Su, T. (2020). *Structural vibration control with smart dampers: Theory and practice*. CRC Press.
- Martínez, L., & Gómez, P. (2021). Diseño y análisis de estructuras metálicas en ambientes educativos industriales. *Revista de Ingeniería Aplicada*, 34(2), 44–59.
- MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS 2015: Diseño sismo resistente*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Priestley, M. J. N., Seible, F., & Calvi, G. M. (2007). *Seismic design and retrofit of bridges*. Wiley.

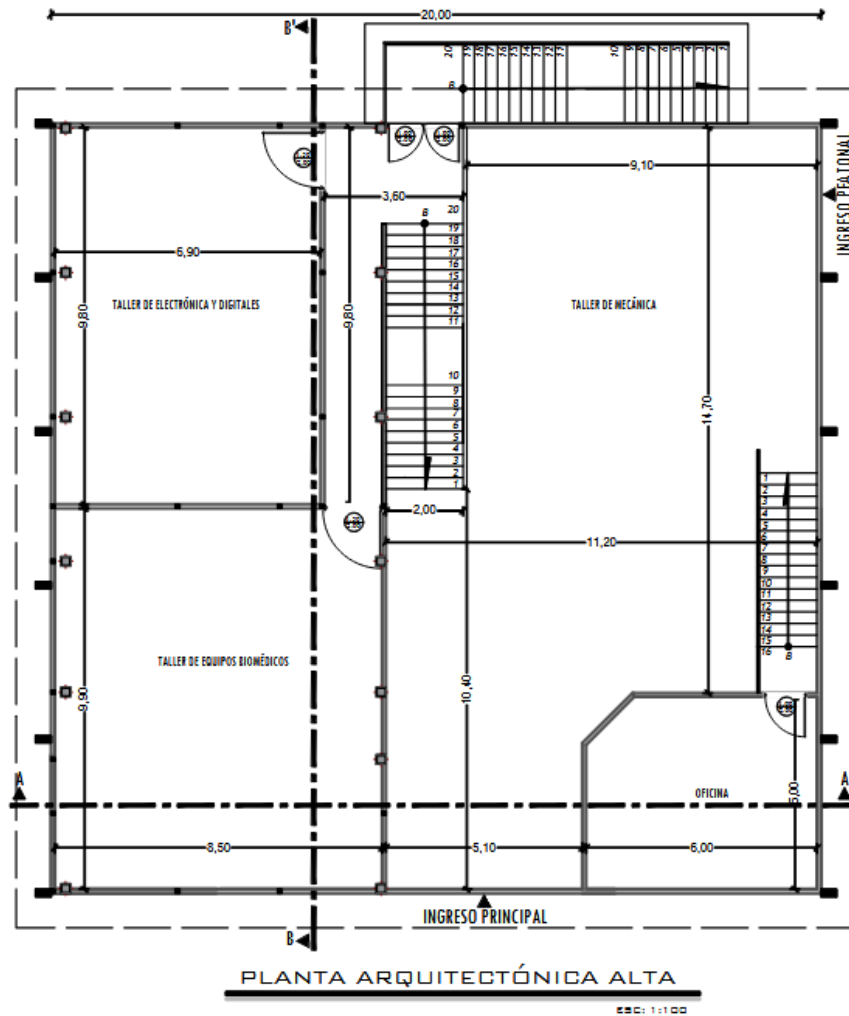
- Quinde, M., Salgado, F., & Torres, A. (2019). *Reforzamiento estructural y evaluación sísmica de unidades educativas en zonas de alta amenaza*. Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Proyecto Escuelas Seguras. Quito, Ecuador.
- Rodríguez, P., & Loor, M. (2021). Evaluación técnica preliminar del galpón de Electromecánica en la sede central de la ULEAM. *Informe interno no publicado*, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Soong, T. T., & Dargush, G. F. (1997). *Passive energy dissipation systems in structural engineering*. Wiley.
- Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2016). *Informe técnico posterior al sismo del 16 de abril: Edificaciones afectadas en el campus Manta*. Dirección de Infraestructura Física.

ANEXOS

Anexo1. Planta baja arquitectónica



Anexo2. Planta alta arquitectónica



Anexo3. Fotos tomadas

