

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de Doctorado en Ingeniería Civil



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**Evaluación del desempeño sísmico del pool de aulas de la
Universidad Nacional del Santa mediante la
metodología Fema P-154**

Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Civil

Autora:

Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica
Código ORCID: 0000-0002-4195-982X
DNI. N° 32964440

Asesor:

Dr. Segura Terrones, Luis Alberto
Código ORCID: 0000-0002-0111-7978
DNI. N° 45003769

Línea de Investigación:
Ingeniería Civil

Nuevo Chimbote - PERÚ
2025



UNS
ESQUELA DE
POSGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Yo, Dr. Luis Alberto Segura Terrones, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DEL POOL DE AULAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA MEDIANTE LA METODOLOGÍA FEMA P-154", por la maestra Janet Verónica Saavedra Vera, para obtener el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, setiembre del 2025.



Dr. Luis Alberto Segura Terrones

ASESOR

DNI: 45003769

ORCID: 0000-0002-0111-7978



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

**“Evaluación del Desempeño Sísmico del Pool de Aulas de la
Universidad Nacional del Santa Mediante la Metodología Fema P-
154”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA CIVIL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente
DNI: 32942184
ORCID 0000-0002-4180-9362

Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario
DNI: 32965940
ORCID: 0000-0002-3631-2001

Dr. Luis Alberto Segura Terrones
Vocal
DNI: 45003769
ORCID: 0000-0002-0111-7978



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


A los treinta días del mes de julio del año 2025, siendo las 4.25 pm horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 428-2025-EPG-UNS de fecha 05.04.2025, conformado por los docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario) y Dr. Luis Alberto Segura Terrones (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DEL POOL DE AULAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA MEDIANTE LA METODOLOGIA FEMA P-154"**; presentado por la tesista **Janet Verónica Saavedra Vera**, egresada del programa de Doctorado en Ingeniería Civil.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 675-2025-EPG-UNS de fecha 11 de julio de 2025.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO, asignándole la calificación de DIECIOCHO (18).

Siendo las 5.14 pm horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Dr. Luis Alberto Segura Terrones
Vocal

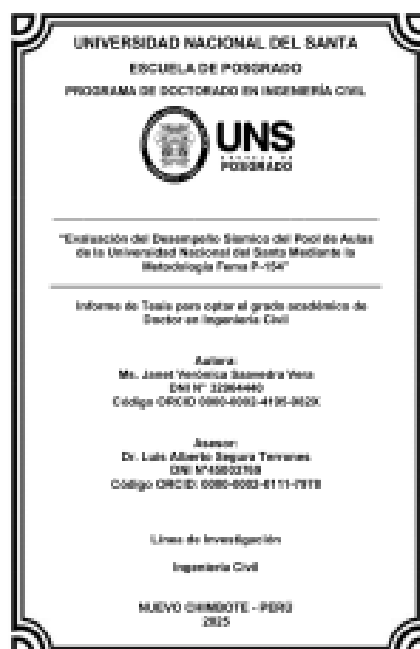


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Janet Saavedra Vera ¹
Título del ejercicio:	Revisión tesis 2025
Título de la entrega:	INFORME FINAL TESIS DOCTORAL_SAAVEDRA
Nombre del archivo:	Informe_final_de_tesis_DOCTORAL.docx
Tamaño del archivo:	1.13M
Total páginas:	81
Total de palabras:	18,381
Total de caracteres:	108,457
Fecha de entrega:	26-ago-2025 06:29p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2661332539



INFORME FINAL TESIS DOCTORAL_SAAVEDRA

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	9%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.contrataciones.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. "VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS: "INGENIERÍA PARA FORMAR UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE"", Editorial Internacional Runaiki, 2019 Publicación	<1%

DEDICATORIA

Dedico este viaje intelectual a ustedes, mis inseparables compañeros de vida.

José Matías

Tu carácter noble y tu mente brillante me inspiran cada día. Tu pasión por el estudio y tu talento excepcional con las matemáticas son un reflejo de tu alma inquieta y tu espíritu incansable.

Tu capacidad de comprender el mundo que te rodea y tu afán por mejorar diariamente me motivan a seguir aprendiendo y creciendo a tu lado.

Eres un ejemplo de superación y dedicación, un faro que ilumina mi camino.

Eres el regalo del universo que esperé.

Jesús Gaudí

Tu sonrisa contagiosa y tu carácter encantador iluminan mis momentos a tu lado. Tu destreza para los deportes y habilidad natural para conectar con las personas te convierten en un ser único y especial.

Tu capacidad de ver el lado positivo de la vida y tu don para alegrar a los demás me motivan a ser mejor persona cada día.

Complementas nuestras vidas, te amamos.

Que esta travesía doctoral sea un símbolo de nuestro viaje como familia.

Un viaje donde juntos exploramos, crecemos y construimos un futuro donde hacemos los sueños realidad.

Con amor infinito, Janet.

AGRADECIMIENTO

Apreciados docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa:

Mi más sincero agradecimiento por su invaluable labor en guiar nuestros pasos hacia el conocimiento y el crecimiento profesional. Su pasión por la enseñanza y compromiso con el éxito de los estudiantes han dejado una huella imborrable en nuestras vidas.

Me siento honrada y privilegiada de haber formado parte de esta comunidad académica. Espero poder retribuir de alguna manera todo lo que he recibido, contribuyendo al bienestar de nuestra sociedad y llevando el nombre de nuestra alma mater con orgullo y dignidad.

Con profunda gratitud y respeto,

Janet Verónica

Índice General

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Descripción	16
1.2 Formulación del Problema.....	17
1.3 Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo General.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Formulación de la Hipótesis	19
1.5 Justificación e Importancia	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Antecedentes.....	21
2.1.1 Internacionales	21
2.1.2 Nacionales.....	22
2.2 Marco Conceptual.....	24
2.2.1 Desempeño Sísmico de Edificaciones	25
2.2.2 Edificaciones Educativas y su Vulnerabilidad Sísmica.....	38
2.2.3 Metodología FEMA P-154	44
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	51
3.1 Tipo de Investigación.....	51
3.2 Enfoque de la Investigación.....	52
3.3 Alcance	53
3.4 Diseño de la Investigación.....	54
3.5 Población	55
3.6 Muestra	55
3.7 Variables y Operacionalización	55

3.7.1	Definición Conceptual	56
3.7.2	Definición operacional.....	57
3.8	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.8.1	Técnicas.	59
3.8.2	Instrumentos.....	62
3.9	Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados	64
3.9.1	Procesamiento de los datos	64
3.9.2	Análisis de los resultados.....	65
3.9.3	Herramientas.....	66
CAPÍTULOIV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		67
4.1	Resultados.....	67
4.1.1	Características estructurales del pool de aulas de la UNS.	67
4.1.2	Desempeño sísmico del Pool de aulas de la UNS utilizando la metodología FEMA P-154	76
4.2	Discusión	87
4.2.1	Contrastación de la Hipótesis	87
4.2.2	Interpretación de resultados.....	88
4.2.3	Comparación Estudios Anteriores	89
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91
5.1	CONCLUSIONES	91
5.2	RECOMENDACIONES.....	92
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES		93
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....		104

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación resumen: E.030 2016 vs 2018	38
Tabla 2. Dimensiones e Indicadores de la Variable Independiente	58
Tabla 3. Dimensiones e Indicadores de la Variable Dependiente	58
Tabla 4. Estructura de la Guía de Análisis Documental	64
Tabla 5. Sistema Estructural del Pool de Aulas	67
Tabla 6. Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Columnas $f'c=210\text{kg/cm}^2$	68
Tabla 7. Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Viga de cimentación $f'c=175\text{kg/cm}^2$	69
Tabla 8. Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Vigas $f'c=210\text{kg/cm}^2$	70
Tabla 9. Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Vigas $f'c=210\text{kg/cm}^2$	72
Tabla 10. Tipo de Losa Aligerada Pool A y Pool B ($f'c=210\text{kg/cm}^2$)	74
Tabla 11. Capacidad Portante del Suelo	74
Tabla 12. Características Geotécnicas del Suelo	75
Tabla 13. Periodos Predominante, según Mapa de Zonificación Sísmica	75
Tabla 14. Parámetros Sísmicos	76
Tabla 15. Irregularidad en planta (PL)	82
Tabla 16. Irregularidad vertical (VL)	82
Tabla 17. Puntaje Final de la Evaluación utilizando FEMA 154	85

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso de Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural FEMA P-154	48
Figura 2. Espectros de respuesta a partir de modelado dinámico 1D en superficie, del suelo de Chimbote y Nuevo Chimbote	77
Figura 3. Región Sísmica	78
Figura 4. Datos Generales del Bloque A”	79
Figura 5. Ocupación del Pool de Aulas _ Pabellón A”	79
Figura 6. Clasificación de Suelo Según Fema-154	80
Figura 7. Riesgo geológico.....	81
Figura 8. Irregularidades	82
Figura 9. Tipología del sistema estructural	83
Figura 10. Designación de Puntajes del Pool de Aulas _ Pabellón A”	83

Índice de Anexos

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	105
ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	106
ANEXO 3. FICHAS FEMA 154	107
ANEXO 4. TRABAJO DE CAMPO CON FICHAS FEMA 154	109
ANEXO 5. GUÍA DE ANALISIS DOCUMENTAL	117
ANEXO 6. PLANOS	118

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar la evaluación del desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, aplicando la metodología FEMA P-154, con base en una inspección visual rápida y el análisis de sus características estructurales y geotécnicas. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y diseño no experimental. Se aplicó el procedimiento técnico propuesto por la Federal Emergency Management Agency (FEMA), asignando puntajes según la calidad de los materiales, antigüedad, diseño estructural y tipo de suelo. Los resultados mostraron que todos los bloques alcanzaron valores superiores al umbral mínimo de seguridad estructural ($S = 2.0$), destacando la Escalera Central con el puntaje más alto ($S_1 = 2.9$) y una probabilidad de falla reducida ($P_f \approx 0.79\%$). Sin embargo, se identificaron irregularidades menores e influencias geotécnicas que podrían amplificar los efectos sísmicos. Se concluye que la aplicación de FEMA P-154 resulta pertinente como herramienta preliminar para diagnosticar el comportamiento estructural de infraestructura educativa.

"Palabras claves": Evaluación sísmica, Federal Emergency Management Agency, Infraestructura educativa, Pool de Aulas.

ABSTRACT

The objective of this research was to carry out a seismic performance assessment of the Classroom Pool at the National University of Santa using the FEMA P-154 methodology, based on a rapid visual inspection and analysis of the structural and geotechnical characteristics. A quantitative approach was adopted, with a descriptive scope and a non-experimental design. The evaluation procedure developed by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) was applied, assigning scores based on material quality, building age, structural design, and soil type. The results showed that all blocks achieved scores above the minimum safety threshold ($S = 2.0$), with the Central Staircase reaching the highest value ($S_1 = 2.9$), indicating a lower probability of failure ($P_f \approx 0.79\%$). Nevertheless, minor structural irregularities and geotechnical conditions were identified that could increase seismic effects. It is concluded that the FEMA P-154 methodology is suitable as a preliminary tool for assessing the structural performance of educational infrastructure.

"Keywords": *Seismic assessment, Federal Emergency Management Agency, Educational Infrastructure, Classroom Pool.*

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción

El Perú se encuentra situado en una de las zonas de mayor actividad sísmica del mundo, debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Esta condición geográfica convierte a la evaluación del comportamiento estructural de edificaciones existentes en una prioridad nacional, especialmente en aquellas destinadas a actividades educativas, donde la seguridad de estudiantes y personal docente está en juego. En este contexto, las universidades, como centros de formación y concentración masiva, deben garantizar que sus instalaciones cumplan con niveles adecuados de seguridad estructural.

La presente investigación se enmarca en la necesidad de evaluar el desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa (UNS), construido en etapas bajo normativas antiguas. Para ello se emplea la metodología FEMA P-154, desarrollada por la *Federal Emergency Management Agency (FEMA)*, una agencia del gobierno de los Estados Unidos que proporciona directrices para la gestión de emergencias, incluyendo la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones mediante inspección visual.

Esta tesis reviste especial importancia para la ingeniería civil, ya que proporciona una aplicación práctica y contextualizada de la metodología FEMA P-154, validando su uso en edificaciones peruanas y generando criterios técnicos que pueden ser utilizados como referencia en futuras evaluaciones estructurales de infraestructura educativa. El aporte de esta investigación radica no solo en el diagnóstico estructural de un conjunto específico de aulas, sino también en la posibilidad de replicar la metodología en otras instituciones educativas del país, contribuyendo así al fortalecimiento de la resiliencia estructural frente a eventos sísmicos en el ámbito universitario.

Pizarro et al. (2021) evalúan la vulnerabilidad sísmica en cuatro colegios de Mendoza, Argentina, aplicando un Índice de Vulnerabilidad y FEMA P-154. Sus resultados,

comparados mediante regresión, muestran compatibilidad con FEMA P-154, subrayando la necesidad de refuerzos estructurales en zonas de alto riesgo sísmico.

Jibaja (2023) aplica FEMA 154 al pabellón de Administración de la UNAM, Moquegua, destacando que "la metodología FEMA 154 describe el comportamiento estructural mediante la relación causa-efecto" (Jibaja, 2023). Este estudio muestra deficiencias estructurales que requieren refuerzo, validando la eficacia de FEMA 154 en evaluaciones sísmicas rápidas.

A nivel regional, Criado-Rodríguez et al. (2020) evalúan viviendas en Ocaña, Colombia, identificando altos niveles de vulnerabilidad debido a irregularidades estructurales y construcciones previas a 1984. En Ecuador, Loja (2022) analiza un bloque educativo en Pasaje, utilizando FEMA P-154 combinado con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-SE), demostrando su efectividad en la identificación de riesgos.

En Perú, Sánchez (2024) evalúa los pabellones de la I.E. Domingo Mandamiento Sipán, identificando vulnerabilidad media en cinco pabellones y alta en uno, resaltando la necesidad de refuerzo estructural. Asimismo, Padilla (2023) analiza nueve edificaciones de tres pisos en Tarapoto, San Martín, concluyendo que tienen vulnerabilidad baja. Finalmente, Pereyra (2022) evalúa el Hostal "Villarey" en Coishco, Ancash, determinando vulnerabilidad alta mediante FEMA 154 y recomendando refuerzos en las columnas.

Estos antecedentes destacan la aplicabilidad de FEMA P-154 en diversos contextos y la importancia de adaptar la metodología para evaluar riesgos en estructuras educativas críticas, como el Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa.

1.2 Formulación del Problema

El Perú se ubica en una de las regiones de mayor actividad sísmica del planeta, lo que representa un desafío permanente para la infraestructura pública, especialmente en el ámbito educativo. Muchas edificaciones universitarias fueron diseñadas y construidas bajo

normativas sismorresistentes que hoy se consideran obsoletas, lo que incrementa el riesgo estructural ante sismos de gran magnitud.

En este contexto, la Universidad Nacional del Santa (UNS), ubicada en el departamento de Áncash, cuenta con un conjunto de aulas denominado “Pool de Aulas”, cuya construcción se inició en 1993, bajo los lineamientos de la Norma Técnica de Edificación E-030 de 1977. Esta normativa ha sido modificada en diversas ocasiones, reflejando los aprendizajes obtenidos tras eventos sísmicos significativos como el terremoto de Pisco en 2007, que evidenció deficiencias graves en la respuesta estructural de numerosas edificaciones.

Dado que el Pool de Aulas constituye un espacio de alta concentración estudiantil y académica, surge la necesidad de evaluar de forma técnica y objetiva su comportamiento estructural ante escenarios sísmicos. La incertidumbre sobre la calidad del diseño estructural, la posible degradación de materiales por el paso del tiempo y las condiciones particulares del terreno hacen imprescindible el diagnóstico de su desempeño sísmico.

En este marco, se plantea la siguiente interrogante científica:

¿Cómo es el desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, considerando sus características estructurales y condiciones geotécnicas locales?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

“Realizar la evaluación del desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, aplicando la metodología FEMA P-154, con base en la inspección visual rápida y el análisis de sus características estructurales y geotécnicas.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar las características arquitectónicas y estructurales del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, considerando su tipología, materiales, antigüedad y posibles irregularidades.
- Valorar la aplicabilidad de la metodología FEMA P-154 en el contexto local mediante su implementación en la inspección visual rápida del Pool de Aulas.
- Diagnosticar el desempeño sísmico del Pool de Aulas en función de los resultados obtenidos con la metodología FEMA P-154, identificando fortalezas y deficiencias estructurales.

1.4 *Formulación de la Hipótesis*

Si se aplica la metodología FEMA P-154 al Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, entonces se identificará un desempeño sísmico estructural que cumple con el umbral mínimo de seguridad ($S \geq 2.0$), considerando sus condiciones geotécnicas y características constructivas.

1.5 *Justificación e Importancia*

El pool de aulas de la UNS es una edificación de construcción que ha sido construida en varias etapas, por lo cual, existe una incertidumbre sobre la calidad del concreto y la capacidad estructural de la construcción.

La Universidad Nacional del Santa (UNS) es una de las instituciones educativas más importantes de la provincia del Santa, con una gran concentración de estudiantes y personal. La evaluación sísmica de los edificios que componen el Pool de aulas es fundamental para identificar posibles vulnerabilidades estructurales que puedan poner en riesgo la vida de los ocupantes ante un evento sísmico. La metodología FEMA P-154, reconocida internacionalmente por su efectividad y bajo costo, permite obtener una evaluación

preliminar rápida y confiable, permitiendo implementar medidas preventivas antes de que ocurra un desastre.

La investigación busca evaluar el cumplimiento de las normativas sísmicas nacionales e internacionales, las cuales exigen a las infraestructuras educativas contar con condiciones adecuadas de resistencia y desempeño sísmico. Este estudio puede ofrecer una base para la actualización o el refuerzo de los edificios de la UNS conforme a los requisitos normativos más recientes, promoviendo la seguridad estructural y el cumplimiento de la ley.

La aplicación de la metodología FEMA P-154, de naturaleza costo-efectiva y rápida, permite realizar un diagnóstico integral de la situación sísmica sin necesidad de costosos estudios estructurales detallados en las fases iniciales. Esto facilita la priorización de acciones correctivas basadas en los resultados obtenidos, optimizando los recursos disponibles para mejorar la infraestructura.

Este estudio no solo tiene implicancias para la UNS, sino que ofrece un modelo que puede ser replicado por otras universidades o instituciones educativas en zonas sísmicas, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia sísmica a nivel nacional. Además, los resultados podrían impulsar nuevas investigaciones en la mejora de prácticas de construcción y diseño sísmico en infraestructuras de uso masivo.

La importancia de este proyecto de investigación se fundamenta en la protección de la vida de alumnos, docentes, personal administrativo que estudian o trabajan en el Pool de Aulas, por ello fue importante realizar una investigación sobre el desempeño sísmico del Pool de aulas mediante la aplicación del método FEMA P-154 para determinar las deficiencias en el sistema resistente de la edificación y elaborar una propuesta de reforzamiento.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

En los últimos años, diversas investigaciones doctorales han abordado la evaluación de edificaciones educativas en contextos sísmicos, utilizando metodologías de inspección visual rápida como la propuesta por FEMA P-154. Estas investigaciones refuerzan la validez del enfoque aplicado en el presente estudio, al tiempo que permiten establecer comparaciones útiles para el análisis de resultados.

Vargas (2022), en una tesis doctoral desarrollada en la Universidad Nacional Autónoma de México, diseñó una metodología de evaluación sísmica rápida adaptada al contexto escolar mexicano, basada en los lineamientos de FEMA P-154. Su aplicación en diez instituciones educativas arrojó puntajes promedio de $S = 2.3$, lo cual se considera aceptable, pero con necesidad de mejoras estructurales. Este estudio destaca la pertinencia de emplear inspecciones visuales estandarizadas como diagnóstico inicial en edificaciones escolares.

De manera complementaria, Mendoza (2023), desde la Universidad de Chile, propuso un marco integral para la evaluación del riesgo sísmico en campus universitarios situados en regiones de alta sismicidad. Su enfoque combinó la inspección visual con modelos numéricos avanzados, lo que permitió obtener un perfil de vulnerabilidad a nivel de conjunto, no solo por edificio individual. Esta tesis aporta una mirada sistémica a la gestión del riesgo sísmico en entornos universitarios, alineándose con los objetivos del presente estudio en cuanto al tratamiento de infraestructura académica compleja.

En el caso colombiano, García (2024) desarrolló una evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones educativas, aplicando FEMA P-154 en zonas de alta sismicidad. Su investigación evidenció que las construcciones más antiguas, ubicadas sobre suelos blandos,

presentaban los puntajes más bajos ($S \approx 2.1$), lo cual reafirma la importancia de considerar tanto la antigüedad normativa como las condiciones geotécnicas en la evaluación del desempeño estructural. Estos aspectos también fueron considerados como dimensiones clave en el estudio del Pool de Aulas de la UNS.

Desde una perspectiva más comparativa y técnica, Rodríguez (2022), en la Universidad de California – Berkeley, analizó diversas técnicas de inspección visual rápida para instalaciones educativas, incluyendo FEMA P-154, USGS y HAZUS. Su estudio resaltó las fortalezas del enfoque FEMA para diagnóstico temprano, aunque recomendó combinarlo con otros métodos para aumentar la precisión. Esta visión es coherente con las recomendaciones planteadas en esta investigación sobre la necesidad de complementar los resultados visuales con evaluaciones técnicas más detalladas cuando se detectan condiciones críticas.

Estas tesis doctorales fortalecen el sustento académico de la presente investigación, al confirmar que la metodología FEMA P-154 es reconocida y aplicada internacionalmente para el análisis preliminar del riesgo estructural en edificaciones educativas, especialmente en zonas de alta sismicidad.

2.1.2 Nacionales

El Manual FEMA P-154 (2015), elaborado por la Agencia para el Manejo de Emergencias (FEMA), proporciona directrices para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones mediante el Método de Inspección Visual Rápida (MIVR), que permite analizar edificios de manera rápida y sin costos elevados. Saavedra (2023) utiliza este manual para evaluar seis bloques del Hospital Luis Negreiros en el Callao, una región de alta sismicidad. Aplica criterios como irregularidades estructurales, antigüedad normativa y tipo de suelo, obteniendo puntajes que reflejan la vulnerabilidad de los bloques evaluados. Cinco bloques presentan un puntaje final $S < 2.0$, lo que indica alta probabilidad de colapso

ante un sismo, mientras que el bloque B2 se aproxima al límite mínimo $\beta = 2.0$, clasificándose como seguro. Este antecedente resalta la utilidad del FEMA P-154 para evaluar edificaciones esenciales en zonas sísmicas, contexto que guía la evaluación del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa.

Por otro lado, Castro (2019) realiza una inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura utilizando el método FEMA 154. Su objetivo es evaluar la vulnerabilidad sísmica potencial de las instalaciones mediante un sistema de puntuación que clasifica las edificaciones según su vulnerabilidad. Tras aplicar el método, identifica que varios edificios son potencialmente vulnerables ante eventos sísmicos, recomendando estudios más exhaustivos para confirmar estos hallazgos. Este estudio destaca la eficacia del método FEMA 154 para evaluaciones rápidas de vulnerabilidad sísmica en entornos universitarios.

Finalmente, Álvarez y Pulgar (2019) realizaron un análisis de vulnerabilidad sísmica en módulos escolares públicos del distrito de Villa María del Triunfo, empleando el método cualitativo FEMA P-154 y validándolo mediante cálculos de distorsiones laterales. Este estudio es relevante para la evaluación del desempeño sísmico en instituciones educativas, ya que combina metodologías cualitativas y cuantitativas para una comprensión integral de la vulnerabilidad estructural.

En conjunto, estos estudios internacionales y nacionales proporcionan un marco sólido para la investigación, evidenciando la relevancia y aplicabilidad de la metodología FEMA P-154 en el análisis de vulnerabilidad sísmica de edificaciones educativas. Cada uno de los trabajos contribuye con perspectivas valiosas sobre la implementación de métodos de evaluación sísmica, adaptados a diferentes contextos y tipos de infraestructura, lo que resulta crucial para la investigación sobre el Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa.

2.2 Marco Conceptual

El desempeño sísmico de edificaciones educativas constituye un tema de gran relevancia en contextos sísmicamente activos, debido a la alta concentración de personas que albergan y a la necesidad de garantizar su seguridad durante eventos telúricos. Además, estas estructuras son clave para la continuidad educativa y, en casos de desastres, suelen funcionar como refugios temporales. "Las instalaciones educativas tienen un papel fundamental antes, durante y después de la ocurrencia de un fenómeno natural; por lo que se hace indispensable la evaluación de la vulnerabilidad física estructural de la edificación para en consecuencia saber cómo actuar y hacer frente a un evento sísmico" (De Mora-Gaibor, Vallejo-Ilijama, & Pazmiño-Zabala, 2023, p. 1).

En este contexto, la metodología FEMA P-154 se presenta como una herramienta eficaz para realizar evaluaciones rápidas de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, proporcionando un enfoque sistemático para identificar riesgos potenciales. Como indica Romero (2017), la utilización de metodologías estandarizadas en la evaluación inicial de infraestructuras críticas resulta esencial para establecer prioridades en las intervenciones necesarias. Esta aproximación permite identificar de manera sistemática las áreas más vulnerables y garantizar una gestión eficiente de recursos, reduciendo riesgos potenciales.

2.2.1 Desempeño Sísmico de Edificaciones

2.2.1.1 Definición de desempeño sísmico. El desempeño sísmico de una edificación se refiere a su capacidad para resistir y responder adecuadamente ante los efectos de un terremoto, garantizando la seguridad de sus ocupantes y minimizando los daños estructurales y funcionales. Esta capacidad depende de diversos factores, como el diseño estructural, los materiales utilizados, las condiciones del suelo y la aplicación de normativas sísmicas actualizadas. En este sentido, Viera (2004) destaca que, en la práctica de la ingeniería, es esencial expresar los niveles de desempeño mediante indicadores cuantitativos que relacionen la magnitud esperada de la respuesta estructural con la capacidad del sistema para prevenir la ocurrencia de cada posible modo de falla.

Diversos autores coinciden en que la definición de desempeño sísmico se refiere a la capacidad de una edificación o estructura para resistir y sobrevivir a los efectos de un terremoto, un concepto clave en el diseño y construcción de proyectos de ingeniería civil, especialmente en zonas de alto riesgo sísmico. En apoyo a esto, Park (2013) argumentan que el desempeño sísmico se evalúa a través de pruebas de laboratorio y análisis computacionales que simulan distintos escenarios de terremotos. De manera similar, Fajfar (2009) sostiene que este desempeño depende principalmente de factores como la resistencia estructural, el diseño de las conexiones y la distribución adecuada de las cargas.

Además, en el ámbito práctico, la FEMA (2018) propuso guías específicas para evaluar y mejorar el desempeño sísmico de edificios y otras estructuras, con el fin de minimizar los riesgos ante sismos. De forma análoga, Krawinkler (2005) desarrolló modelos predictivos que permiten anticipar el comportamiento de las estructuras durante un sismo, lo que representa un avance significativo en la ingeniería sísmica y en la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones.

2.2.1.2 Principales factores que afectan el desempeño sísmico. Uno de los aspectos críticos en el desempeño sísmico es la ductilidad de la estructura, que permite disipar energía durante un evento telúrico. Lantada (2007) menciona que, en estructuras de marcos de concreto reforzado diseñadas para prevenir fallas por tensión diagonal antes de que se produzcan fallas dúctiles, como la fluencia del refuerzo en secciones críticas sometidas a momentos flexionantes, las grietas tienden a originarse en los extremos de los elementos. Además, Calderín-Mestre et al. (2020) destacan que la interacción suelo-estructura (ISE) facilita el análisis conjunto del comportamiento tanto del suelo de cimentación como de la edificación frente a eventos sísmicos. Este enfoque demuestra que el suelo contribuye a una distribución más uniforme de los esfuerzos en los elementos estructurales, al disipar una parte de la energía generada por el sismo.

2.2.1.2.1 Diseño estructural. El diseño estructural juega un rol fundamental en el comportamiento sísmico de las edificaciones. Una estructura bien diseñada debe ser capaz de disipar la energía generada por el sismo, evitando colapsos totales o parciales. Para, Santoro (2023), diseñar elementos estructurales con altas rigideces flexo-torsionales, necesarias para mantener el comportamiento elástico de la estructura, resulta poco práctico y económicamente inviable para construcciones comunes. Por lo tanto, el enfoque más adecuado es crear estructuras sísmicamente resistentes que posean suficiente capacidad de deformación plástica.

Este objetivo se alcanza al maximizar la ductilidad local de las secciones, permitiendo que la estructura disipe la energía sísmica mediante deformaciones plásticas concentradas en áreas críticas específicas. El uso de modelos de simulación avanzados también ha mejorado significativamente las predicciones del comportamiento estructural durante un sismo.

2.2.1.2.2 Materiales de construcción. El ingeniero Cárdenas (2020) señala que los materiales de construcción deben ser capaces de absorber y distribuir de manera eficiente las fuerzas sísmicas. Para ello, recomienda la utilización de materiales con alta resistencia, ductilidad y una considerable capacidad para deformarse sin llegar a romperse. Esta propiedad es crucial para garantizar la integridad estructural durante un evento sísmico.

Por otro lado, la arquitecta Farfán (2021) destaca la importancia de la compatibilidad entre los materiales. En sus palabras, "es esencial que los materiales sean compatibles entre sí y con el entorno geológico local, ya que esta interacción impacta directamente en el comportamiento sismorresistente del edificio". Este enfoque resalta cómo la combinación adecuada de materiales puede optimizar el rendimiento sísmico de las estructuras.

El geólogo Huaco (2022) subraya la importancia de los estudios geotécnicos y geofísicos previos a la construcción. Según su análisis, "la selección de materiales debe basarse en un entendimiento profundo de las características del subsuelo y las condiciones climáticas locales, ya que estos factores influyen considerablemente en la resistencia y durabilidad del edificio". Esta perspectiva refuerza la idea de que el contexto geológico es fundamental para determinar los materiales más apropiados para cada construcción.

En la actualidad, el concreto reforzado se ha consolidado como un material estándar en la construcción moderna, utilizado en estructuras como puentes, represas y edificios, debido a su capacidad para resistir tanto fuerzas de compresión como de tracción, lo cual se logra mediante el uso de refuerzos de acero. Además, las técnicas de diseño contemporáneo no solo buscan mejorar la resistencia de los materiales, sino también reducir su impacto ambiental y optimizar la eficiencia energética. Innovaciones como el uso de nanotecnología y materiales inteligentes están revolucionando la industria, abriendo nuevas perspectivas para una arquitectura más sostenible y adaptada a las necesidades del futuro.

2.2.1.2.3 Condiciones del suelo. El comportamiento del suelo y su influencia en la respuesta sísmica de una edificación es un factor esencial dentro de la ingeniería geotécnica, ya que las características del terreno sobre el cual se erige una estructura afectan directamente su rendimiento durante un evento sísmico. En particular, la amplificación de las ondas sísmicas en suelos blandos o saturados puede incrementar significativamente el daño estructural, poniendo de manifiesto la importancia de considerar el tipo de terreno al diseñar edificaciones resistentes.

Las condiciones del suelo comprenden las características físicas y geotécnicas del terreno que influyen la manera en que una estructura se comporta ante sismos. Según Das (2015), factores como la composición, densidad, humedad y capacidad de soporte del suelo son determinantes en la forma en que este responde a las cargas y vibraciones generadas por un terremoto. Estos aspectos son clave para prever cómo las ondas sísmicas se amplificarán o atenuarán en función del tipo de terreno, lo que tiene un impacto directo en la seguridad y estabilidad de las edificaciones.

Por su parte, Coduto (2001) amplía esta definición al incluir no solo las propiedades intrínsecas del suelo, sino también su estratificación y la presencia de capas con diferentes composiciones. La heterogeneidad del subsuelo puede generar respuestas dinámicas diversas durante un sismo, lo que afecta la estabilidad de las construcciones. En particular, suelos blandos o saturados de agua tienden a amplificar las ondas sísmicas, aumentando el riesgo de daño, mientras que los suelos más rocosos o compactos tienden a atenuarlas, proporcionando una mayor estabilidad a las estructuras.

2.2.1.3 Datos regionales sobre sismicidad

2.2.1.3.1 Ubicación Geográfica y Zonificación Sísmica. La relación entre la ubicación geográfica y la zonificación sísmica es fundamental para evaluar y gestionar el riesgo sísmico en diferentes regiones.

El Instituto Geofísico del Perú (2008) describe que los terremotos ocurridos en el Perú han permitido delimitar dos fuentes principales de actividad sísmica. La primera es la superficie de fricción entre las placas oceánica y continental, mientras que la segunda corresponde a las fallas geológicas ubicadas dentro del continente. La interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana, debido a la convergencia tectónica, genera un fenómeno de subducción en el cual la placa oceánica, al ser más densa, se introduce por debajo de la placa continental. Este proceso se origina frente a la línea costera y tiene el potencial de afectar a cualquier región del país, desde Tumbes hasta Tacna, en distintos grados y en diferentes momentos. Según el Instituto, "esto significa que, en algún momento en el tiempo, cualquier departamento desde Tumbes hasta Tacna será afectado en diferente grado por un terremoto con origen en este proceso" (p. 9).

Según Ocola (2004), el Perú se encuentra en el borde central del occidente sudamericano, específicamente en la placa tectónica sudamericana y en la zona donde la placa de Nazca subduce bajo la placa continental. La interacción entre ambas placas se caracteriza por el desplazamiento de la placa sudamericana hacia el oeste y de la placa de Nazca hacia el este. La colisión entre estas placas comienza en la fosa marina Perú-Chile, que se extiende paralela a la cordillera de los Andes a lo largo del borde occidental del continente. La actividad sísmica en el país está principalmente controlada por el proceso de subducción y por el reajuste tectónico del continente sudamericano. Aunque existen zonas con actividad sísmica volcánica en el sur del Perú, estas no contribuyen de manera

significativa al peligro sísmico general. Por otro lado, la actividad sísmica inducida aún no es bien conocida (Ocola, 2004).

De acuerdo con el trabajo de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas de la Marina (DICAPI, 2020), "la zonificación sísmica en el Perú está respaldada por normativas y reglamentos específicos que buscan garantizar la seguridad estructural y humana ante posibles eventos sísmicos."

El informe de INDECI (2021) señala que "la zonificación sísmica en el Perú se beneficia de procesos de actualización periódica y monitoreo continuo, utilizando datos sísmicos recientes para mejorar la precisión de las zonas de riesgo."

2.2.1.3.2 Características sísmicas de la región. La región de Áncash, exhibe una actividad sísmica considerable, explicada por su compleja configuración tectónica.

La interacción convergente entre las placas de Nazca y Sudamericana se encuentra el motor principal de su elevada sismicidad, generando un entorno telúrico activo que impacta directamente en la región (Pomachagua, s.f.).

Dentro de las estructuras tectónicas sobresalientes se encuentra la falla de la Cordillera Blanca, un sistema de caídas normales de aproximadamente 190 km de longitud, con desplazamientos verticales que oscilan entre 1 y 50 metros. Esta falla, orientada entre N100-E y N150-E, presenta ángulos de buzamiento que varían de 55° a 75° y un factor que se hace clave en la dinámica sísmica de la región (Pomachagua, s.f.).

Áncash ha sido escenario de eventos sísmicos de gran magnitud, como el terremoto del 31 de mayo de 1970, con una magnitud de 7.9 en la escala de Richter y epicentro frente a Chimbote. Este evento, considerado el más devastador en la historia del país, generó un aluvión catastrófico que sepultó la ciudad de Yungay, dejando aproximadamente 70.000 muertos y 150.000 heridos. Este desastre revela no solo la magnitud de los procesos

geodinámicos en la región, sino también la vulnerabilidad de las infraestructuras y comunidades locales ante estos eventos (CISMID, 2020).

Adicionalmente, estudios recientes han identificado alrededor 130 zonas críticas en Áncash por su susceptibilidad a deslizamientos y otros peligros geológicos asociados, exacerbados por precipitaciones intensas o sismos. Estas áreas han sido georreferenciadas para mejorar la planificación en la gestión de riesgos y reducir la exposición de la población ante futuros desastres (Agencia Andina, 2021).

En síntesis, la región de Áncash destaca como una de las zonas más activas sísmicamente en el Perú, con características tectónicas que reflejan la interacción de las placas y la de presencias activas. Su alta exposición a eventos geológicos extremos subraya la necesidad de estrategias integrales en gestión del riesgo y planificación territorial.

2.2.1.3.3 Peligro sísmico de la zona donde se ubica la UNS. Según lo señalado por Ocola (2004), el ERI (Earthquake Engineering Research Institute) (1984) define el peligro sísmico como cualquier evento físico relacionado con un sismo que pueda generar consecuencias negativas en las actividades humanas. Este concepto incluye fenómenos asociados como el sacudimiento del terreno, fallas del terreno (fallamiento geológico, licuefacción, expansión lateral), así como procesos secundarios como deslizamientos, derrumbes y reptaciones, entre otros. Estas manifestaciones evidencian la complejidad y el impacto potencial de los sismos en diversas áreas humanas y ambientales.

La Universidad Nacional del Santa se ubica dentro de la provincia del Santa, zona costera de la región Áncash, que presenta un significativo peligro sísmico debido a su ubicación en una zona de convergencia tectónica activa. La interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana genera una considerable actividad sísmica en esta región, lo que representa una constante amenaza para sus habitantes y estructuras urbanas (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2014).

Un evento de gran relevancia fue el terremoto del 21 de febrero de 1996, con una magnitud de 7.5, cuyo epicentro se localizó a aproximadamente 130 km de la costa de Chimbote. Este sismo fue seguido por un tsunami que impactó a la región, causando 12 víctimas mortales y daños considerables en la infraestructura local. Este evento destaca la vulnerabilidad de Chimbote ante sismos y fenómenos asociados (CISMID, 2020).

Estudios de zonificación sísmica realizados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) identifican áreas con diferentes niveles de susceptibilidad a movimientos sísmicos, especialmente en las zonas con suelos aluviales y sedimentos. Estos suelos pueden amplificar las ondas sísmicas, incrementando el riesgo de daños estructurales. Adecuado al crecimiento urbano desordenado y las construcciones sin cumplimiento de las normativas antisísmicas agravan la exposición de la población (IGP, 2014).

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) (2004) sostiene que la recurrencia de eventos sísmicos, tanto de origen oceánico como continental, ha desencadenado movimientos en masa significativos en la región de Áncash, ocasionando desastres de gran magnitud. Tanto en épocas históricas como prehistóricas, la actividad neotectónica, representada por fallas como las de Quiches y Cordillera Blanca, ha influido notablemente en la ocurrencia de estos fenómenos. Se señala que varios depósitos de movimientos en masa (MM), sobre los cuales actualmente se ubican algunas poblaciones del Callejón de Huaylas, están asociados con reactivaciones de la falla de la Cordillera Blanca durante eventos geológicos recientes. Los movimientos en masa provocados por sismos suelen clasificarse en avalanchas de rocas, deslizamientos y flujos de detritos, conocidos como aluviones, los cuales han generado represamientos en valles fluviales o glaciares, la formación de lagunas y extensos conos de deyección. En relación con los sismos de 1946 y 1970, las intensidades estimadas fueron de IX-X y VII-VIII, respectivamente. En el caso del

terremoto de 1970, el epicentro, de origen oceánico, se localizó a una distancia aproximada de 130 km.

En años recientes, Chimbote registra continua actividad sísmica moderada. Por ejemplo, el 1 de julio de 2024, un sismo de magnitud 4.0 sacudió la ciudad, evidenciando la recurrencia de movimientos sísmicos en la región (Ancash Noticias, 2024). Esto refuerza la necesidad de implementar planes de prevención y mitigación del riesgo sísmico, incluyendo simulacros y campañas de concientización, como así el fortalecimiento de las capacidades locales en gestión del riesgo de desastres.

2.2.1.4 Normativa sísmica peruana. En el Perú, la normativa sísmica establece los lineamientos técnicos para el diseño y construcción de edificaciones capaces de resistir eventos telúricos. La Norma Técnica E.030 es el principal referente en este ámbito. Como indica García (2021), en las normativas sismo-resistentes de países como Colombia, Ecuador, Perú y Chile, se utiliza la simulación de un sismo de diseño mediante la aplicación de una fuerza en la base de la estructura como un principio fundamental. Aunque este enfoque sigue vigente, el cálculo de esta fuerza varía entre los países, ya que depende de factores como la zonificación sísmica, las características del suelo y la sismicidad histórica regional, entre otros. El cumplimiento de estas disposiciones es obligatorio para garantizar que las edificaciones respondan adecuadamente ante un sismo.

2.2.1.5 Normativa Sísmica (Norma E.030) y sus Modificaciones. La normativa sísmica peruana, conocida como Norma E.030, ha experimentado varias modificaciones a lo largo de los años para adaptarse a los avances en la ingeniería sísmica y a las lecciones aprendidas de eventos sísmicos significativos. Esta norma es fundamental para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones en el Perú, un país con alta actividad sísmica (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020).

2.2.1.5.1 Norma E.030 de 1977. La Norma E.030, publicada en 1977, representa un hito en la regulación de construcciones sismo resistentes en Perú. Esta normativa introduce conceptos básicos de diseño sísmico, como la consideración de fuerzas laterales equivalentes y la clasificación de clasificación según su capacidad de amplificación sísmica (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 1977). Sin embargo, esta primera versión presenta limitaciones en la consideración de efectos dinámicos y la ductidad de las estructuras, aspectos que ya son abordados en normativas internacionales como el Código Uniforme de Construcción (UBC) de Estados Unidos (COI) de Estados Unidos (Convención de la Construcción, 1976). En comparación con estándares internacionales, la Norma E.030 de 1977 es menos rigurosa en los requisitos de diseño para edificaciones esenciales, como hospitales y escuelas, lo que deja a estas estructuras más vulnerables ante eventos sísmicos de gran magnitud (FEMA, 1985). La normativa se centra en establecer criterios básicos para el diseño sísmico, basándose en principios generales de resistencia y estabilidad (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1977). Sin embargo, esta versión no considera las condiciones específicas del territorio peruano.

2.2.1.5.2 Norma E.030 de 1997. La modificación de 1997 de la Norma E.030 constituye un hito relevante en la evolución de los estándares sísmicos, esta actualización integró metodologías de análisis dinámico y refuerza los requisitos de ductilidad estructural (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), 1997).

Paralelamente, se establece un sistema de clasificación de suelos en cinco categorías (S0 a S4), en la velocidad de promedio ondas de corte (V_{s30}) durante los primeros 30 metros, lo que optimiza la evaluación del comportamiento geotécnico eventos durante sísmicos (Tavera et al., 2005). Al contrastar estos avances con las normativas internacionales como el Código de Construcción de California (CBC) y el Eurocódigo 8 (2004), se identifican limitaciones en el tratamiento de efectos no lineales y en la evaluación de la vulnerabilidad

de las estructuras preexistentes (Fajfar, 2000). Pese a, esta revisión sienta las bases para futuras actualizaciones orientadas fortalecer a la resiliencia sísmica en el país (César et al., 1998). La revisión de 1997 incorpora lecciones de eventos históricos, como el terremoto de Ancash en 1970, e introduce criterios técnicos avanzados para la categorización de los suelos y el uso de análisis dinámicos en el diseño estructural (MVCS, 1997). Estos avances reflejan una transición hacia modelos de evaluación más rigurosos, alineados con prácticas globales emergentes.

2.2.1.5.3 Norma E.030 de 2003. La actualización de 2003 de la Norma E.030 efectúa incorporaciones sustanciales en la evaluación de la interacción suelo-estructura y en la definición de espectros de diseños adaptados a diferentes perfiles geotécnicos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2003). Esta versión introduce criterios detallados para el diseño de elementos no estructurales, como tabiques y revestimientos externos, que representa un riesgo elevado durante eventos sísmicos (Miranda et al., 2005). Adicionalmente, establece un enfoque basado en el rendimiento estructural, priorizando no solo la resistencia inicial sino también la funcionalidad post-sísmica de las edificaciones (MVCS, 2003).

Al comparar estas disposiciones con estándares como el Código de Construcción de Japón (JSCE) y la norma neozelandesa NZS 1170.5, se evidencia la ausencia de protocolos específicos para la evaluación y la acción de las estructuras, un aspecto ya consolidado en dichas regulaciones (Priestidad et al., 2007). No obstante, la versión peruana avanza en la consideración de efectos locales, como la licuefacción de suelos, alineándose parcialmente con el Eurocódigo 8 (Comité Europeo de Normalización, 2004).

La normativa integra el concepto de diseño por capacidad, que enfatiza la capacidad de las estructuras para la resistencia deformaciones plásticas sin comprometer su integridad (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2003). Este enfoque, derivado de lecciones aprendidas

en terremotos recientes, refleja una evolución hacia las metodologías que equilibran la seguridad y la eficiencia constructiva, aunque persisten brechas en la adaptación de tecnologías innovadoras ya implementadas en contextos internacionales.

2.2.1.5.4 Norma E.030 de 2016. La Norma Técnica de Edificación E.030 de Diseño Sismorresistente (2016) avances significativos que reflejan desarrollos globales en ingeniería sísmica y experiencias derivadas de terremotos en Perú y otros países. Entre sus principales innovaciones destacan: la inclusión de efectos no lineales en el análisis estructural, la actualización de espectros de diseño regionalizados que optimizan la caracterización de la demanda sísmica según condiciones geotécnicas locales, y rigurosos procesos para evaluar las vulnerabilidades y los esfuerzos de acción en edificaciones particularmente esenciales, existentes en un país con una infraestructura antigua bajo normativa obsoletas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2016; Cárdenas et al., 2017).

Adicionalmente, integra las directrices para tecnologías innovadoras como sistemas de aislamiento sísmico y amortiguadores, que reducen la demanda en la energía y mejoran la disipación de energía, aún su aplicación es limitada en el país (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2016). Un aporte destacado en los protocolos para la rehabilitación de edificaciones existentes, donde se establecen procedimientos específicos para identificar vulnerabilidades y priorizar los estructurales. Este enfoque es vital para infraestructura esencial (hospitales, escuelas) construidas antes de la implementación de normativas modernas, reduciendo el riesgo de colapso ante futuros sismos (INDECI, 2016).

Al compararla con estándares como la norma chilena NCh433 y el código mexicano CFE (2015), la E-030 equivalencia en rigurosidad y enfoque preventivo. No obstante, los persistentes en la integración de las metodologías avanzadas para evaluar vulnerabilidades sísmicas y efectos de licuefacción en zonas costeras, aspectos ya abordados en documentos

como el FEMA P-58 (2018). Estas actualizaciones mejoraron la gestión de riesgos en suelos blandos, frecuentes en la costa peruana (Agencia Federal de Gestión de Emergencias [FEMA], 2018). La norma introduce el diseño por desempeño, permite evaluar el comportamiento estructural bajo múltiples escenarios sísmicos, y criterios de sostenibilidad que combinan seguridad con eficiencia energética y uso de materiales de ecoamigables (MVCS, 2016).

La Norma E.030 y ASCE 7-16 comparten principios fundamentales, como el uso de espectros de respuesta para definir fuerzas sísmicas y la consideración de la ductilidad en el diseño estructural (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles [ASCE], 2016). Sin embargo, ASCE 7-16 incluye consideraciones adicionales sobre la interacción superestructura y la atenuación de las demandas sísmica sistemas de amortiguación y aislamiento sísmico, aspectos que no se detallan con la profundidad en la Norma E.030 (ASCE, 2016).

La Norma E.030 también presenta similitudes con el Eurocódigo 8 en diseño de capacidad por capacidad y ductilidad (Comité Europeo de Normalización, 2004). No obstante, el Eurocódigo ofrece más directrices para la evaluación y rehabilitación de edificaciones existentes, un área que podría mejorarse en la Norma E.030, especialmente considerando el gran número de personas de antiguas estructuras en Perú (Comité Europeo de Normalización, 2004).

2.2.1.5.5 Norma E.030 de R.M. 355-2018-VIVIENDA. Esta normativa define las pautas esenciales para el diseño, evaluación, reparación y refuerzo de estructuras ante sismos, tanto nuevas como existentes. Su objetivo principal es salvaguardar vidas, garantizar la operatividad de los servicios y minimizar los daños materiales.

Fue aprobada el 23 de octubre de 2018 y publicada mediante la R.M. N.º 355-2018-VIVIENDA. Incluye las recientes disposiciones sobre instrumentación y evaluación post-sismo (capítulos VIII y IX)

Tabla 1*Comparación resumen: E.030 2016 vs 2018*

Aspecto	E.030 – 2016	E.030 – 2018 (R.M. 355-2018)
Zonificación sísmica	Mapas previos desactualizados	Mapas ajustados con datos recientes y periodo fundamental
Parámetros de sitio	Valores más genéricos	Refuerzo en S, TP, TL más flexibles y ajustados
Sistemas estructurales	Menos categorías y restricción limitada	Inclusión de albañilería confinada, madera y factores R ajustados
Irregularidades estructurales	Control básico	Normas más estrictas sobre torsión, rigidez y pisos blandos
Diseño por desempeño	Implícito y parcial	Formalizado con capítulos específicos IX (instrumentación)
Espectro de diseño	Distribución más rígida	Curva suavizada, menos picos en periodos extremos

Esta norma constituye el marco técnico vigente en el Perú desde el 2018, y establece los criterios actualizados para el diseño, evaluación y rehabilitación de edificaciones ante eventos sísmicos.

2.2.2 Edificaciones Educativas y su Vulnerabilidad Sísmica

La evaluación del desempeño sísmico en edificios educativos universitarios representa un tema de gran relevancia debido a la vulnerabilidad inherente de estas estructuras frente a eventos sísmicos. Este aspecto es crucial no solo por la cantidad de personas que pueden verse afectadas, sino también por la importancia estratégica de estas edificaciones como centros educativos y refugios potenciales en situaciones de emergencia. En este contexto, numerosos estudios han subrayado la necesidad de adoptar metodologías efectivas para garantizar su seguridad estructural. Por ejemplo, Gutiérrez y Ayala (2022) destacan que la correcta implementación de los lineamientos establecidos en los códigos de diseño sísmico actuales puede desempeñar un papel fundamental en la reducción de pérdidas humanas. No obstante, también advierten que las normas sísmicas reconocen que las estructuras, elementos arquitectónicos y sus contenidos probablemente sufrirán daños significativos tras un evento de esta naturaleza.

Un elemento clave en la comprensión de este problema es el concepto de vulnerabilidad sísmica, que se refiere a la susceptibilidad o capacidad limitada de las estructuras, infraestructuras, poblaciones o sistemas para resistir los efectos de un sismo. Nieto (2018) explica que la vulnerabilidad está estrechamente vinculada a características como el diseño estructural, las condiciones geométricas, los materiales constructivos, los aspectos geotécnicos y el entorno en el que se ubican las edificaciones. En términos simples, este concepto mide la probabilidad de que los elementos expuestos sufran daños significativos durante un terremoto.

Por otro lado, el peligro sísmico se define como la probabilidad de que un movimiento sísmico ocurra en una región específica dentro de un período de tiempo determinado. Este concepto considera factores como las características de las fuentes sísmicas, la magnitud esperada de los eventos, la frecuencia de ocurrencia y los efectos de las condiciones locales del suelo. Como señala Kramer (1996), "el peligro sísmico describe el potencial de un área para experimentar movimientos del suelo debido a eventos sísmicos, y es una herramienta esencial para la evaluación del riesgo".

Finalmente, el riesgo sísmico combina tanto el peligro sísmico como la vulnerabilidad y la exposición de la población y los bienes materiales. Este concepto representa la probabilidad de que un evento sísmico cause daños significativos en una región específica, y se utiliza como un indicador para estimar las consecuencias potenciales de un terremoto. Según Smith (2013), "el riesgo sísmico combina tres componentes principales: el peligro sísmico, la vulnerabilidad de los elementos expuestos y la cantidad de personas o bienes en riesgo, con el objetivo de estimar las consecuencias potenciales de un terremoto".

Esta interrelación entre peligro, vulnerabilidad y riesgo subraya la importancia de implementar medidas adecuadas en el diseño y mantenimiento de edificios educativos en

regiones propensas a sismos, no solo para proteger vidas humanas, sino también para minimizar los daños materiales y garantizar la continuidad de las actividades esenciales.

2.2.2.1 Características específicas de los edificios educativos. Los edificios educativos presentan características particulares que los diferencian de otros tipos de estructuras. Su diseño suele incluir amplias áreas de circulación, múltiples salidas de emergencia y espacios destinados a actividades específicas como aulas, laboratorios y auditorios. Mazumder y Sutley (2024) señalan que, aunque la funcionalidad de los edificios está directamente relacionada con otros sistemas, los códigos de diseño actuales se enfocan exclusivamente en salvaguardar la seguridad de los ocupantes, sin incluir disposiciones que limiten la pérdida de funcionalidad ocasionada por cargas extremas o de diseño. Además, subrayan que los eventos recientes han evidenciado cómo las interrupciones en los servicios esenciales pueden poner en peligro la vida de los ocupantes, especialmente en el caso de las poblaciones más vulnerables, como aquellas que dependen de dispositivos médicos o medicamentos que requieren energía eléctrica.

Otro aspecto clave es la antigüedad de muchas instalaciones educativas, especialmente en países en desarrollo, donde estas estructuras no siempre cumplen con las normativas sísmicas más recientes. En este sentido, Li et al. (2024) explican que la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de ingeniería constituye un indicador esencial para valorar tanto el riesgo sísmico como la resiliencia de conjuntos de edificios a gran escala. En su investigación, analizan dos factores determinantes en la vulnerabilidad sísmica de hospitales y escuelas: el año de construcción y el número de pisos. Empleando medidas de intensidad sísmica actualizadas, clasifican y evalúan los datos de vulnerabilidad de estas edificaciones, generando matrices de probabilidad y superficies de riesgo que consideran ambos factores. Los resultados del análisis comparativo revelan que los hospitales y escuelas construidos durante el siglo XXI presentan una resistencia sísmica significativamente

mejorada, mientras que las estructuras con menor cantidad de pisos tienden a experimentar daños más reducidos.

Complementando, para Aly y Abburu (2012), los edificios educativos ocupan un lugar prioritario en las evaluaciones de riesgo sísmico debido a su función como espacios de alta concurrencia pública y su potencial utilidad como refugios de emergencia en situaciones de desastre. Por tanto, es esencial contar con un método eficiente y ágil que permita determinar el nivel de riesgo sísmico de las escuelas, proporcionando así una base sólida para planificar y ejecutar acciones de mitigación futuras.

2.2.2.1.1 Requisitos Arquitectónicos. La planificación y el diseño de edificios educativos universitarios en el Perú deben tener en cuenta aspectos fundamentales que aseguren su funcionalidad, seguridad y eficiencia. Según Wiegers (2003), los requisitos de un sistema se dividen en dos grandes categorías: los Requerimientos Funcionales (RFs) y los Requerimientos No Funcionales (RNFs). Los RFs incluyen los requerimientos de negocio, que justifican el propósito del proyecto, los de usuario, que definen cómo se espera que el sistema se comporte, los funcionales detallados, que especifican las necesidades técnicas, y los de sistema, que determinan los requisitos mínimos de hardware y software.

Por otro lado, los RNFs comprenden las reglas de negocio que deben seguirse, los atributos de calidad que miden las características del sistema, las restricciones que limitan el diseño y las interfaces externas que establecen cómo interactuarán los sistemas. Dentro de los atributos de calidad, Wiegers (2003) señala que estas características medibles, como desempeño, seguridad, modificabilidad, usabilidad y facilidad de prueba, son cruciales para evaluar la efectividad y la calidad del sistema en su totalidad. Esta clasificación permite organizar y comprender mejor los elementos clave que deben considerarse durante el proceso de diseño.

2.2.2.1.2 Requisitos Estructurales de los Edificios Educativos Universitarios. La construcción de edificios universitarios, requiere un enfoque riguroso que considere los requisitos estructurales estrictos para garantizar la seguridad y resistencia ante eventos sísmicos. La Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente, en su artículo 8, establece parámetros cruciales que orientan el diseño y construcción de estas estructuras, particularmente en el contexto peruano. Esta normativa, que constituye un marco regulatorio fundamental, prescribe que todas las edificaciones universitarias deben ser concebidas para resistir las cargas sísmicas de acuerdo con parámetros específicamente definidos. El análisis sísmico, como componente fundamental del diseño, debe considerar la acción sísmica en dos direcciones ortogonales para estructuras regulares y en la dirección más desfavorable para aquellas irregulares. Esta distinción metodológica refleja la complejidad inherente al comportamiento de las estructuras bajo solicitaciones dinámicas.

El artículo 9 de la norma destaca condiciones específicas que mejoran el comportamiento sísmico de las edificaciones, tales como la simetría, el peso mínimo, la elección adecuada de materiales y la resistencia estructural. Estas consideraciones no solo garantizan la seguridad física de los ocupantes, sino que también contribuyen a una eficiencia energética y durabilidad del edificio. La clasificación de las edificaciones en categorías de importancia, con los edificios universitarios generalmente catalogados como "Edificaciones Importantes" o "Edificaciones Esenciales", refleja la importancia estratégica de estos espacios educativos en el tejido social y económico.

La distinción entre estructuras regulares e irregulares, así como la determinación del factor de reducción de la fuerza sísmica a aplicar, demuestra la necesidad de un análisis detallado y personalizado para cada proyecto. Este enfoque metodológico es fundamental para optimizar el diseño sismorresistente, minimizando el riesgo de daños estructurales y funcionales durante eventos sísmicos.

Además, la norma recomienda realizar estudios geotécnicos y geofísicos específicos, especialmente para proyectos críticos como los edificios educativos. Esta recomendación destaca la importancia de considerar factores locales y subterráneos que pueden influir significativamente en el comportamiento sísmico de las estructuras.

En este contexto, es necesario abordar la evolución de la infraestructura educativa hacia nuevas exigencias del siglo XXI. Torres Landa López (2010) argumenta que esta evolución debe integrar no solo los requisitos estructurales estrictos, sino también las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para ofrecer entornos de aprendizaje más eficaces y seguros.

2.2.2.1.3 Diseño Antisísmico. Los edificios educativos deben seguir estrictamente las normativas de diseño antisísmico establecidas por la Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente, Esto implica la implementación de sistemas estructurales que brinden una adecuada resistencia y capacidad de disipación de energía en caso de un terremoto. Kumar y Sharma (2023) destacan que el análisis estructural para la estimación del riesgo sísmico implica procesos computacionales complejos y extensos que requieren la colaboración de múltiples especialistas.

En este contexto, algunos países han optado por metodologías más simplificadas, especialmente para estructuras que no están altamente expuestas al riesgo sísmico. Estas metodologías, descritas en la literatura como Rapid Visual Screening (RVS), ofrecen una alternativa eficiente al realizar evaluaciones rápidas basadas en parámetros visuales básicos, lo que reduce significativamente la complejidad del análisis inicial.

2.2.2.1.4 Materiales Sísmicamente Resistentes. Se requiere el uso de materiales de construcción que cumplan con los estándares de resistencia sísmica especificados en la Norma E.030 (R.M. N.º 355-2018-VIVIENDA). De acuerdo con Team Thomas (2016), el diseño arquitectónico en zonas sísmicas requiere que los ingenieros evalúen cuidadosamente los materiales de construcción más adecuados para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras. Las edificaciones construidas con ladrillos no reforzados o bloques de hormigón representan un alto riesgo, ya que estas pueden colapsar fácilmente ante movimientos laterales, causando daños severos y potencialmente pérdidas humanas. En contraste, las estructuras de acero diseñadas para resistir terremotos incorporan componentes estratégicos en la base o en la parte superior del edificio, los cuales ayudan a minimizar los efectos de los movimientos sísmicos no deseados, ofreciendo una protección más efectiva.

Según Grupo Torices (2022), seleccionar materiales apropiados resulta esencial para prevenir el colapso de estructuras durante un sismo y evitar su posterior demolición. La construcción con materiales duraderos y de alta resistencia se considera la opción más adecuada para garantizar la seguridad y la estabilidad de edificaciones ubicadas en zonas sísmicas.

2.2.3 Metodología FEMA P-154

La metodología FEMA P-154, también conocida como *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards*, es un enfoque diseñado para evaluar de manera rápida y preliminar los posibles riesgos sísmicos de edificios. Este método fue desarrollado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA) como una herramienta práctica para priorizar estructuras que necesitan evaluaciones más detalladas en áreas propensas a terremotos (FEMA, 2021).

2.2.3.1 Descripción de la metodología. El principal propósito de la metodología FEMA P-154 es identificar, de manera rápida y sistemática, las edificaciones que podrían presentar un alto nivel de vulnerabilidad frente a eventos sísmicos, con base en características estructurales visibles y sin realizar análisis detallados.

El-Betar (2018) señala que la metodología más utilizada para realizar evaluaciones rápidas de riesgo sísmico es FEMA 154, cuyo objetivo principal es ofrecer un enfoque sencillo y eficiente para analizar la seguridad sísmica de grandes inventarios de edificios. Este método permite identificar, con un acceso mínimo a las estructuras, aquellas edificaciones que necesitan una evaluación más detallada. Además, la metodología ha sido actualizada en función de la experiencia adquirida a través de su aplicación extendida y del conocimiento obtenido sobre el desempeño de los edificios durante terremotos significativos. La tercera edición, actualmente conocida como FEMA P-154, incorpora estas mejoras para garantizar mayor precisión y utilidad en los procesos de evaluación.

2.2.3.2 Parámetros de evaluación en la Metodología FEMA P-154. En esta etapa se busca definir parámetros generales de la zona de estudio, necesarios para el llenado de la ficha, como:

2.2.3.2.1 Parámetros de Sitio. Los parámetros de sitio son elementos fundamentales en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras. Kramer (1996) describe los parámetros de sitio como las propiedades locales del suelo y las condiciones geológicas que afectan cómo las ondas sísmicas se propagan, amplifican y modifican al llegar a la superficie. Estos incluyen factores como el tipo de suelo, ya que los suelos blandos tienden a amplificar más el movimiento sísmico en comparación con los suelos rígidos; el espesor del material sedimentario, que influye en la resonancia del terreno; la velocidad promedio de las ondas de corte en los primeros 30 metros (V_{s30}), que mide la rigidez del suelo; las características topográficas, como pendientes o depresiones, que alteran la intensidad de las ondas; y la

presencia de agua subterránea, que puede aumentar la probabilidad de fenómenos como la licuefacción. Considerar estos elementos es crucial para analizar la respuesta dinámica del terreno y diseñar estructuras más seguras en zonas vulnerables a terremotos.

2.2.3.2.2 Microzonificación Sísmica. La microzonificación sísmica permite identificar diferencias locales en la respuesta del terreno frente a eventos sísmicos. La microzonificación sísmica es un proceso que permite subdividir un área en zonas más pequeñas con características específicas de comportamiento sísmico, considerando factores como las propiedades locales del suelo, las condiciones topográficas y los riesgos geológicos. Según Kramer (1996), este análisis se centra en cómo las características del terreno, como la rigidez del suelo, el espesor de los estratos y la velocidad de onda de corte, influyen en la propagación y amplificación de las ondas sísmicas. Además, Smith (2013) resalta que la microzonificación sísmica es una herramienta clave para gestionar el riesgo sísmico, ya que integra los componentes de peligro, vulnerabilidad y exposición, permitiendo identificar áreas de mayor riesgo y priorizar medidas de mitigación.

Este enfoque es esencial para el diseño de infraestructuras más seguras y la planificación territorial en zonas propensas a terremotos, al ofrecer una base científica para establecer normativas adaptadas a las condiciones locales.

2.2.3.2.3 Parámetros del Suelo. En cuanto a los parámetros del suelo, estos son determinantes para la respuesta sísmica del sitio. En el ámbito de la ingeniería sismorresistente, los parámetros del suelo son características fundamentales que describen el comportamiento del terreno ante la propagación de ondas sísmicas.

Estos parámetros incluyen propiedades como la velocidad de onda de corte (V_s), el módulo de rigidez, la capacidad de deformación y el factor de amplificación sísmica (Kramer, 1996). La velocidad de onda de corte, por ejemplo, es un indicador clave de la rigidez del suelo y se utiliza para clasificar los tipos de terreno según normativas

internacionales, como el Código ASCE/SEI 7-16 (American Society of Civil Engineers, 2016).

Según Smith (2013), "las propiedades del suelo son determinantes en la evaluación del riesgo sísmico, ya que afectan directamente la amplificación de las ondas y el desempeño estructural en zonas de alta actividad sísmica". Además, parámetros como la composición del suelo, el espesor de los estratos y la presencia de agua subterránea influyen significativamente en los fenómenos críticos, como la resonancia local y la licuefacción.

2.2.3.2.4 Categorización Estructural La categorización de edificaciones es fundamental para establecer los niveles de desempeño esperados. es un proceso clave que permite clasificar las estructuras según su uso, importancia y nivel de riesgo frente a eventos sísmicos. Esta clasificación es fundamental para establecer los requisitos de diseño y los niveles de seguridad que deben cumplir las construcciones, especialmente en zonas con alta actividad sísmica (FEMA, 2020).

De acuerdo con el Código ASCE/SEI 7-16, las edificaciones se agrupan en categorías que van desde estructuras de bajo riesgo, como viviendas unifamiliares, hasta aquellas de alto riesgo, como hospitales, centros de emergencia y edificios gubernamentales (American Society of Civil Engineers, 2016). Estas últimas, conocidas como "Estructuras Esenciales", requieren un diseño más riguroso debido a su importancia crítica durante y después de un terremoto. Por ejemplo, un hospital no solo debe resistir el sismo, sino también mantenerse operativo para atender a las víctimas (FEMA, 2020). Según El-Betar (2018), "la categorización de edificaciones permite organizar el inventario estructural de manera eficiente, priorizando las evaluaciones basadas en el riesgo potencial y las características específicas de cada tipo de construcción".

En el contexto peruano, la Norma Técnica Norma E.030 (R.M. N.º 355-2018-VIVIENDA) establece que las edificaciones deben clasificarse de acuerdo con su

importancia, definiendo categorías como esenciales (hospitales, escuelas, instalaciones de emergencia), estándar (viviendas y edificios de uso común) y de riesgo especial (industrias o almacenes de materiales peligrosos). Esta categorización considera tanto el uso del edificio como las consecuencias que un colapso podría generar para la sociedad, priorizando las construcciones que albergan funciones críticas para la comunidad.

2.2.3.3 Proceso de Detección Visual Rápida (RVS). El proceso de evaluación consta de 6 pasos, como se muestra en la Figura 1:

Figura 1

Proceso de Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural FEMA P-154



2.2.3.3.1 Recolección inicial de datos. Se recopilan datos generales sobre la edificación, como su ubicación, año de construcción, tipo de uso (residencial, comercial, educativo, etc.) y características arquitectónicas básicas.

2.2.3.3.2 Análisis de Parámetros visuales. En esta etapa, se consideran aspectos como el material principal de la estructura, distribución de los muros y la identificación de posibles debilidades, incluyendo aberturas excesivas en la planta baja o configuraciones

asimétricas, las cuales pueden incrementar la vulnerabilidad estructural.

Se inicia con una Inspección Visual Externa, en esta fase, se observa la forma y regularidad de la edificación, con el propósito de identificar posibles irregularidades geométricas o asimetrías que podrían afectar su desempeño sísmico.

También se verifica el tipo de material empleado, como concreto, acero o mampostería, y se evalúa el sistema estructural predominante, ya sean pórticos, muros de carga u otros sistemas resistentes. Asimismo, se inspeccionan componentes exteriores, como fachadas, cornisas y ventanas, los cuales representan riesgos adicionales durante un evento sísmico si no están adecuadamente diseñados o asegurados.

Por otro lado, se realiza la Inspección Visual Interna, se revisa la disposición de los muros, columnas y vigas, con el objetivo de detectar posibles concentraciones de carga, puntos débiles o irregularidades en la distribución estructural. Además, se examinan signos de deterioro, como grietas, humedad, corrosión o daños preexistentes, que puedan comprometer la resistencia sísmica. Además, se identifican elementos funcionales críticos, como escaleras, sistemas de ventilación y salidas de emergencia, los cuales deben permanecer operativos después de un sismo para garantizar la seguridad de los ocupantes.

Los datos obtenidos durante estas inspecciones se documentan en los Formularios de Recopilación de Datos, diseñados para clasificar las edificaciones según las cinco regiones de sismicidad: baja, moderada, moderadamente alta, alta y muy alta. Cada formulario incluye una página de Nivel 1, que proporciona una evaluación preliminar, y una página opcional de Nivel 2, destinada a un análisis más detallado. El cribado de Nivel 2 incorpora modificadores específicos para abordar irregularidades verticales y en planta, golpes entre estructuras y adaptaciones realizadas previamente, lo que permite una evaluación más precisa y detallada de las condiciones del edificio.

2.2.3.3.3 Asignación de puntajes: Se utiliza el formulario estandarizado de FEMA P-154 según las cinco regiones de sismicidad, para registrar y asignar puntuaciones a cada uno de los aspectos evaluados durante la inspección. Estos formularios permiten sistematizar la información y asegurar la consistencia en las evaluaciones realizadas.

Una vez recopilados los datos, se procede al cálculo del puntaje total, el cual se obtiene al sumar las puntuaciones parciales asignadas a cada criterio evaluado. Este puntaje se compara con los umbrales establecidos en el manual de FEMA P-154, lo que permite determinar el nivel de riesgo sísmico de la edificación y priorizar aquellas estructuras que requieren una intervención o evaluación más detallada.

2.2.3.3.4 Clasificación y Priorización. Según el puntaje obtenido, el edificio se clasifica en una de las categorías de riesgo establecidas por FEMA, que incluyen bajo, moderado o alto riesgo. Esta clasificación permite identificar rápidamente el nivel de vulnerabilidad sísmica y sugiere el grado de atención que cada estructura requiere.

En este sentido, las edificaciones clasificadas con mayor riesgo reciben prioridad para la realización de estudios más detallados, que permitan comprender mejor sus deficiencias estructurales. Además, estas estructuras suelen ser consideradas para intervenciones inmediatas, como reforzamientos estructurales, con el objetivo de mitigar el impacto de futuros eventos sísmicos y salvaguardar vidas.

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El presente estudio se clasifica como investigación aplicada, de acuerdo con la categorización propuesta por autores como Nieto (2018), Kumar (2011), Kothari (2004), y Hernández, Fernández y Baptista (2014). La clasificación de los tipos de investigación se basa principalmente en los objetivos que persigue la investigación, la manera en que se aborda el problema y los métodos utilizados para recolectar datos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Este estudio se ajusta a la investigación aplicada porque se enfocó en resolver una problemática práctica y concreta: evaluar el desempeño sísmico del Pool de aulas en la Universidad Nacional del Santa. En lugar de buscar expandir el conocimiento teórico, como ocurre en la investigación básica, el objetivo principal de esta investigación fue identificar posibles vulnerabilidades en las estructuras de las aulas. Este enfoque orientado a la práctica y a la solución de un problema específico refleja la naturaleza de la investigación aplicada.

Según Nieto (2018), la investigación aplicada se concentra en la identificación de necesidades o problemas dentro de un contexto particular y busca aplicar el conocimiento científico para resolverlos, lo que es precisamente el caso de este estudio. De manera similar, Kumar (2011) resalta que la investigación aplicada "se lleva a cabo con el objetivo de encontrar soluciones a problemas reales y prácticos, aplicando teorías y principios científicos en situaciones concretas" (p. 65). En este sentido, la investigación sobre el desempeño sísmico de las aulas emplea la metodología FEMA P-154, una herramienta científica validada para evaluar la seguridad sísmica, lo que refuerza su carácter de investigación aplicada.

Kothari (2004) también destaca que la investigación aplicada tiene como objetivo principal resolver problemas prácticos en contextos específicos, empleando teorías y

conocimientos existentes. Según este autor, "la investigación aplicada se orienta hacia la solución de problemas reales, proporcionando respuestas a las necesidades que surgen en diferentes campos, como la ingeniería, la salud o la educación" (p. 25). Este principio es evidente en el caso del estudio que se centra en mejorar la seguridad sísmica de las aulas, utilizando métodos técnicos ya validados para obtener soluciones concretas.

Por otro lado, la investigación básica, también conocida como fundamental o pura, busca principalmente generar conocimientos teóricos sin un objetivo inmediato de aplicación práctica. Según Castro et al. (2022), este tipo de investigación busca entender los fenómenos naturales y sociales para establecer modelos, teorías o leyes, sin necesariamente buscar una solución a problemas específicos. A diferencia de la investigación aplicada, la investigación básica tiene un enfoque más amplio y de largo plazo, centrado en la ampliación del conocimiento científico (Hernández Sampieri, 2014).

3.2 Enfoque de la Investigación

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, dado que se centró en la recolección de datos numéricos con el fin de evaluar el comportamiento estructural de los edificios en relación con su vulnerabilidad sísmica. Este tipo de investigación, según Creswell (2014), se caracteriza por la medición precisa de fenómenos mediante la recopilación de datos numéricos que pueden ser analizados de manera estadística, lo que facilita la obtención de resultados objetivos y generalizables. En este caso, se utilizó la metodología FEMA P-154 para obtener puntuaciones que indicaran el nivel de vulnerabilidad sísmica de las aulas, lo que permitió realizar una evaluación detallada del riesgo sísmico.

Por otro lado, según Sampieri, Collado y Lucio (2014), en la investigación cuantitativa se busca establecer relaciones entre variables a través de la recolección de datos numéricos que luego se analizan para proporcionar respuestas claras y verificables. En este estudio, se recogieron datos sobre el desempeño sísmico de las aulas utilizando un sistema

numérico que permitió identificar las áreas más vulnerables y proponer posibles soluciones. La naturaleza cuantitativa del enfoque fue esencial para generar resultados concretos que pudieran ser utilizados en la toma de decisiones sobre la seguridad de la infraestructura de la universidad.

En cuanto al análisis de los datos, Johnson y Christensen (2017) subrayan que en los estudios cuantitativos se emplean técnicas estadísticas para procesar los datos obtenidos, lo que garantiza la objetividad y la fiabilidad de los resultados. En este caso, los datos sobre las puntuaciones de vulnerabilidad sísmica fueron analizados utilizando herramientas estadísticas que permitieron interpretar los resultados de manera precisa y generar conclusiones que apoyaran la implementación de mejoras estructurales en las aulas de la universidad.

3.3 Alcance

La investigación se fundamenta como una investigación descriptiva, ya que su objetivo principal fue observar, detallar y analizar las características específicas del desempeño sísmico de las infraestructuras de la universidad, sin intervenir en ellas. Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), la investigación descriptiva tiene como propósito proporcionar una imagen precisa de un fenómeno, enfocándose en sus características sin manipular variables. Este tipo de estudio es esencial para obtener una visión detallada de los elementos que conforman el fenómeno en cuestión, en este caso, la vulnerabilidad sísmica de las aulas.

La metodología empleada en la investigación, basada en FEMA P-154, permitió realizar una evaluación detallada del estado estructural de las aulas y su capacidad para resistir sismos, sin que el investigador interfiriera en los procesos naturales del entorno o las estructuras. Así, el estudio se alineó con el enfoque de investigación descriptiva al caracterizar de manera sistemática las condiciones sísmicas de las edificaciones. No se buscó

establecer relaciones causales o hipótesis sobre el impacto de las variables, sino simplemente detallar y analizar las condiciones actuales de las estructuras ante los sismos, tal como mencionan Hernández, Fernández y Baptista (2014).

De acuerdo con Bordens y Abbott (2014), la investigación descriptiva se enfoca en observar un fenómeno en su contexto natural, para luego organizar y presentar los datos obtenidos de manera clara, sin hacer cambios en el ambiente. En este sentido, el estudio se dedicó a la recolección de información precisa y detallada sobre las características sísmicas de los edificios, sin intervenir directamente en las estructuras, lo que resalta su naturaleza descriptiva.

La investigación no persiguió una intervención directa en los procesos observados, sino que se centró en proporcionar un conocimiento detallado que sirviera de base para futuros estudios o intervenciones. Como señala Sampieri (2010), este tipo de investigación es particularmente útil cuando se desea describir fenómenos o situaciones sin interferir en ellos, con el fin de obtener una comprensión clara de sus características y condiciones actuales.

3.4 Diseño de la Investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental, de tipo transversal descriptivo, con un enfoque cuantitativo. No se manipularon variables, sino que se observó y analizó el desempeño estructural del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa tal como se encontraba en su contexto natural.

Este diseño resultó adecuado para el estudio, ya que permitió describir y diagnosticar el comportamiento sísmico de una edificación existente, mediante la aplicación de la metodología FEMA P-154, basada en inspección visual rápida. Se utilizaron fichas técnicas que permitieron asignar valores numéricos a las condiciones estructurales observadas, facilitando una evaluación cuantitativa del nivel de vulnerabilidad sísmica.

Al tratarse de un estudio transversal, los datos se recolectaron en un solo momento, y el enfoque cuantitativo posibilitó un análisis sistemático y objetivo de los resultados, permitiendo identificar el nivel de desempeño sísmico de la edificación evaluada con base en los parámetros establecidos por la metodología FEMA.

3.5 Población

La población del estudio estuvo conformada por todos los bloques estructurales que integran el Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, ubicados en el campus universitario de Nuevo Chimbote. Estas edificaciones constituyeron el universo de análisis para la evaluación del desempeño sísmico mediante la aplicación de la metodología FEMA P-154.

3.6 Muestra

La muestra estuvo conformada por los bloques estructurales seleccionados del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, que fueron evaluados mediante la metodología FEMA P-154.

Se optó por un muestreo no probabilístico, por conveniencia, ya que se incluyeron aquellos bloques que:

- se encontraban en uso activo durante el período de recolección de datos,
- presentaban accesibilidad física para la inspección visual,
- y representaban diferentes etapas constructivas dentro del conjunto.

Esta estrategia permitió realizar la evaluación estructural bajo condiciones logísticas viables, manteniendo la representatividad dentro del contexto general de la edificación educativa.

3.7 Variables y Operacionalización

En la investigación, las variables fueron fundamentales para analizar las relaciones entre los conceptos y describir los fenómenos observados. Ary, Jacobs y Sorensen (2010)

indicaron que las variables permitieron establecer relaciones entre conceptos, facilitando la cuantificación de los fenómenos. Por su parte, Hernández, Fernández y Baptista (2014) definieron las variables como características que adoptaron distintos valores, mientras que Cohen et al., (2018) las describieron como atributos que tomaron diferentes valores en el estudio.

3.7.1 Definición Conceptual

La definición conceptual es un término clave en la investigación, ya que describe un concepto de manera teórica y abstracta. Según Cohen et al., (2018), se trata de una explicación precisa de un término dentro de un marco teórico específico, sin recurrir a ejemplos concretos. De acuerdo con Bordens y Abbott (2014), esta definición se utiliza para establecer la base de una definición operacional, que permite guiar el análisis de datos en la investigación. Además, Kerlinger (2001) resalta que este tipo de definición es útil para formular hipótesis y para estructurar el marco teórico de un estudio, ya que proporciona una comprensión generalizada del fenómeno que se estudia.

En el diseño de la investigación, las variables desempeñan un papel fundamental para comprender las relaciones entre los conceptos teóricos y su aplicación en el análisis. En este estudio, las variables identificadas son la variable independiente y la variable dependiente, las cuales interactúan entre sí para proporcionar información clave sobre el fenómeno investigado.

Variable independiente: Metodología FEMA P-154. Es la herramienta técnica desarrollada por la *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), que permite evaluar de forma rápida la vulnerabilidad sísmica de edificaciones mediante inspección visual estandarizada. Su aplicación determina los parámetros que influirán en la calificación del desempeño estructural del Pool de Aulas.

Variable dependiente: Desempeño sísmico. Es el nivel de capacidad estructural que presenta una edificación para resistir los efectos de un sismo, evaluado a través de la puntuación obtenida mediante la metodología FEMA P-154. Incluye aspectos como irregularidades estructurales, características del suelo, calidad de materiales y antigüedad normativa.

3.7.2 Definición operacional

Según Trochim (2006), la definición operacional es esencial para que los investigadores puedan observar y medir características específicas dentro de su investigación (p. 45). En este sentido, Ary, Jacobs y Sorensen (2010) explican que las definiciones operacionales son claves para medir y analizar fenómenos de manera precisa. Hernández, Fernández y Baptista (2014) coinciden en que estas definiciones son fundamentales para traducir conceptos teóricos a variables observables, facilitando su medición y evaluación.

Variable independiente: Metodología FEMA P-154

Operacionalización: La metodología FEMA P-154 se operacionalizó mediante la aplicación de fichas de inspección visual rápida estructuradas, conforme a los lineamientos de la *Federal Emergency Management Agency*. Estas fichas permitieron recoger datos sobre:

- el tipo de sistema estructural,
- la presencia de irregularidades geométricas,
- el año de construcción y normativa aplicada,
- el tipo de suelo según estudios geotécnicos,
- y finalmente, la asignación del puntaje estructural “S”, que integra todos los factores anteriores en una calificación de desempeño estructural.

Tabla 2*Dimensiones e Indicadores de la Variable Independiente*

Dimensión	Indicador	Descripción operativa
1. Sistema estructural	Tipo de sistema estructural	Identificación del tipo de sistema resistente predominante en el bloque (marcos, muros, dual, combinado), observado visualmente en campo.
2. Geometría estructural	Irregularidades en planta y en elevación	Evaluación de configuraciones geométricas desfavorables que afectan el comportamiento sísmico (asimetrías, torsiones, pisos blandos, etc.).
3. Antigüedad normativa	Año de diseño y normativa sismorresistente aplicada	Determinación del año de construcción y norma vigente en el momento de ejecución, como indicador indirecto del nivel de diseño sismorresistente.
4. Condiciones del terreno	Tipo de suelo	Clasificación geotécnica del suelo (blando, intermedio, firme), con base en estudios previos, conforme a criterios FEMA para modificar el puntaje.
5. Puntaje estructural	Valor “S” obtenido según ficha FEMA P-154	Calificación numérica integrada que resulta de aplicar la ficha FEMA. Determina el nivel de vulnerabilidad o aceptabilidad estructural ($S \geq 2.0$ seguro).

Variable dependiente: Desempeño sísmico

Operacionalización: El desempeño sísmico se midió a través del puntaje estructural obtenido en cada ficha FEMA P-154, el cual representa una estimación de la probabilidad de colapso ante un evento sísmico severo. Este puntaje permitió clasificar cada bloque evaluado en rangos de desempeño (aceptable, medio, deficiente), según la escala establecida por la metodología.

Tabla 3*Dimensiones e Indicadores de la Variable Dependiente*

Dimensión	Indicador	Descripción operativa
1. Capacidad estructural básica	Puntaje estructural “S”	Valor obtenido tras aplicar la ficha FEMA P-154. Este puntaje representa el nivel de desempeño sísmico de la edificación.
2. Clasificación del desempeño	Nivel de seguridad estructural	Interpretación del puntaje “S” en categorías de riesgo: bajo riesgo, riesgo moderado o alto riesgo de colapso ante sismo severo.
3. Condiciones críticas observadas	Presencia de deficiencias estructurales relevantes	Registro de elementos que afectan el desempeño, con impacto directo en el puntaje final.
4. Cumplimiento técnico mínimo	Umbral de aceptabilidad estructural según criterios FEMA	Determinación de si la edificación cumple o no con el mínimo nivel de desempeño exigido por la metodología ($S \geq 2.0$ como referencia técnica).

3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.8.1 Técnicas.

Las técnicas de recolección de datos son herramientas esenciales en la investigación científica, ya que permiten obtener información precisa y relevante para analizar fenómenos o comportamientos específicos. Según Robson (2011), la elección de las técnicas de recolección debe estar alineada con los objetivos de la investigación, ya que cada técnica tiene sus propias ventajas y limitaciones. La adecuada selección de estas herramientas asegura la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos, lo cual es crucial para la solidez y coherencia de la investigación.

Desde un enfoque cualitativo, Denzin y Lincoln (2011) explican que, las técnicas de recolección de datos se enfocan en comprender la experiencia humana, utilizando métodos como entrevistas, observaciones y grupos focales. Estas herramientas permiten explorar en profundidad las percepciones, actitudes y comportamientos, siendo esenciales para investigar realidades complejas y multifacéticas, donde la interpretación del contexto es clave para obtener resultados significativos.

Por su parte, Salkind (2012) define la recolección de datos como un conjunto de procedimientos sistemáticos que buscan obtener información base para los estudios. Este proceso debe caracterizarse por la organización clara y precisa de los datos, lo que facilita su análisis posterior y garantiza que sean útiles para la investigación. La importancia de gestionar los datos con precisión es subrayada por el autor, pues asegura que los resultados sean coherentes y aplicables.

Luego, Babbie (2013) enfatiza que las técnicas de recolección de datos no solo se limitan a la obtención de información, sino que también involucran un proceso reflexivo en el cual el investigador evalúa las fuentes de datos, su accesibilidad y la ética en el manejo de

la información. La evaluación ética y la responsabilidad en el tratamiento de los datos son aspectos clave para asegurar la calidad y la integridad de la investigación.

Por último, Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostienen que las técnicas de recolección incluyen herramientas como encuestas, entrevistas, observaciones y análisis documental. La elección de estas herramientas depende del enfoque de la investigación (cuantitativo, cualitativo o mixto) y del tipo de datos que se necesiten obtener. La correcta aplicación de estas técnicas garantiza que los resultados sean válidos y confiables, lo cual es esencial para el rigor de la investigación.

Observación. Es una técnica de recolección de datos fundamental en la investigación, que permite al investigador captar información sobre fenómenos, comportamientos o situaciones a través de la atención directa. Según Henríquez y Zepeda (2003), esta técnica facilita la identificación de detalles que podrían pasar desapercibidos en otros métodos y puede adoptar un enfoque estructurado o no estructurado, dependiendo de los objetivos de la investigación y del tipo de datos que se deseen obtener. Para que la observación sea efectiva, debe cumplir con ciertas condiciones. Ander-Egg (2003) señala que es esencial que la observación sea planificada de manera sistemática, controlada y susceptible de validación. Estas características garantizan la fiabilidad de los datos recolectados, lo que resulta crucial para asegurar que la información obtenida sea útil y confiable en el análisis posterior.

Bastidas (2019) identifica dos tipos principales de observación: la participante y la no participante. En la observación participante, el investigador se involucra activamente en el entorno que estudia, lo que le permite comprender mejor el fenómeno desde una perspectiva interna. Por otro lado, la observación no participante se lleva a cabo desde una perspectiva externa, sin intervenir directamente en el contexto observado. Esta distinción es fundamental para elegir el enfoque más adecuado según los objetivos del estudio.

Sánchez (2022) resalta que la observación, ya sea estructurada o no estructurada, permite al investigador adaptarse a las necesidades del estudio, ofreciendo un contexto detallado y enriquecido que complementa otras técnicas de recolección de datos. Esta flexibilidad es valiosa para obtener una comprensión más profunda del fenómeno investigado.

La observación fue una técnica fundamental en la investigación sobre el desempeño sísmico del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa, ya que permitió obtener datos cualitativos esenciales sobre el comportamiento real de las estructuras durante un sismo. Según Henríquez y Zepeda (2003), esta técnica facilitó la recolección de información detallada directamente en el contexto del fenómeno, lo que permitió observar aspectos no fácilmente cuantificables. De este modo, la observación complementó los métodos cuantitativos, como la metodología FEMA P-154, al ofrecer una validación en el mundo real de los resultados obtenidos.

Asimismo, la observación brindó la posibilidad de identificar variables contextuales que pudieron haber influido en la resistencia sísmica del edificio, como los efectos de las cargas sísmicas o la interacción de los elementos arquitectónicos. Bastidas (2019) destacó que, mediante la observación participante o no participante, el investigador fue capaz de adaptarse a los cambios del entorno y registrar datos que no se habrían previsto mediante los modelos teóricos. Esta flexibilidad resultó esencial para obtener una visión más completa y precisa del desempeño sísmico del edificio, lo que reforzó la validez y fiabilidad de las conclusiones de la investigación (Ander-Egg, 2003).

Recolección documental. El análisis documental fue una técnica empleada en la investigación sobre el desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa. Según Creswell (2014), esta orientación fue fundamental en el contexto de la investigación, permitiendo obtener un conocimiento profundo y detallado de los documentos

revisados. Gracias a este método, se pudo analizar de manera interpretativa los textos relacionados con las edificaciones del Pool de Aulas, identificando significados y relaciones que no eran evidentes a simple vista. La validación de las fuentes documentales también fue un aspecto esencial para asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) destacan que el análisis documental es particularmente útil al trabajar con fuentes primarias y secundarias, como planos estructurales, informes técnicos y registros históricos. En este caso, se utilizaron planos estructurales de las edificaciones y mapas de zonificación sísmica y geotécnica para identificar posibles irregularidades y comprender el contexto de las estructuras. A través de esta técnica, se pudieron identificar patrones y tendencias que contribuyeron significativamente a los objetivos de la investigación. Como lo señala Bryman (2016), el análisis documental también permitió enriquecer la interpretación de la información al ser combinado con otras técnicas, como la observación directa y entrevistas con expertos, aumentando así la profundidad y validez de los resultados obtenidos. Por último, Arias-Odón et al. (2023) señala que el proceso sistemático de interpretación de documentos facilitó la identificación de patrones y la construcción de conocimientos a partir de las fuentes escritas, garantizando una comprensión integral del contexto en que se encontraban las edificaciones del Pool de Aulas.

3.8.2 Instrumentos

Los instrumentos metodológicos son herramientas esenciales en la investigación científica, utilizadas para recopilar datos de manera sistemática y objetiva.

Se empleó la Fórmula de Inspección FEMA P-154, adjunta en el ANEXO 3, con la cual se obtuvieron datos de los indicadores: tipo de sistema estructural utilizado (concreto armado, albañilería, etc.), existencia de componentes que incrementen la vulnerabilidad y presencia de irregularidades en planta o elevación. Esta metodología se fundamenta en los

principios establecidos por Kerlinger (1986), quien destaca la importancia de utilizar instrumentos válidos y confiables para obtener datos precisos y representativos de la realidad estudiada.

Por otro lado, el instrumento para la técnica de análisis documental fue la Guía de Análisis Documental, cuya estructura se presenta en la Tabla 4. Este instrumento permite organizar, sistematizar y evaluar la información contenida en los documentos seleccionados. Según Creswell (2014), los instrumentos metodológicos son esenciales para garantizar que los datos recolectados sean relevantes y confiables, lo que a su vez asegura la validez de los resultados del estudio. La Guía de Análisis Documental se alinea con esta perspectiva al proporcionar un marco estructurado para la recopilación y análisis de datos documentales, facilitando una evaluación sistemática y objetiva de la información.

Sampieri, Collado y Lucio (2014) enfatizan que los instrumentos metodológicos deben ser adecuados al tipo de investigación y a los objetivos planteados, además de ser claros, precisos y relevantes para el contexto de estudio. La Fórmula de Inspección FEMA P-154 y la Guía de Análisis Documental cumplen con estos criterios al ser herramientas específicas y detalladas que permiten una recopilación de datos sistemática y objetiva, asegurando que los resultados obtenidos sean precisos y representativos de la realidad estudiada.

Finalmente, Babbie (2016) señala que los instrumentos de investigación deben ser diseñados de manera que reflejen las características que se desean estudiar, siendo crucial su elección adecuada para asegurar la fiabilidad y validez de los resultados. En este sentido, tanto la Fórmula de Inspección FEMA P-154 como la Guía de Análisis Documental son instrumentos diseñados específicamente para evaluar las características estructurales y documentales de las edificaciones, garantizando que los datos recolectados sean precisos y relevantes para el contexto de la investigación.

Tabla 4:

Estructura de la Guía de Análisis Documental

Documento	Aspectos clave	Relevancia para la investigación	Hallazgos principales	Observaciones

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados

En la investigación las técnicas de procesamiento y análisis de los resultados se organizaron en dos fases: Procesamiento de los datos y análisis de los resultados.

3.9.1 *Procesamiento de los datos*

Esta etapa consistió en la sistematización de la información obtenida durante la inspección visual y el análisis documental. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

- *Revisión y Organización de Datos:* Se llevó a cabo una revisión exhaustiva y organización de los datos obtenidos mediante la Guía de Inspección Visual (FEMA P-154) y el Análisis Documental. Este proceso garantizó la culminación y consistencia de la información recolectada. Según Kerlinger (1986), "la organización sistemática de los datos es crucial para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados" (p. 45). La revisión y organización permitieron identificar y corregir posibles inconsistencias, asegurando que los datos fueran precisos y representativos de la realidad estudiada.
- *Codificación de Datos:* Los resultados obtenidos en las inspecciones visuales se codificaron conforme a la metodología FEMA P-154, asignando puntajes estructurales que representaron el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificación. Creswell (2014) enfatiza que "la codificación de datos es un paso esencial para transformar la información cualitativa en datos cuantitativos que

puedan ser analizados estadísticamente" (p. 123). Este proceso permitió estandarizar la información y facilitó su análisis posterior, asegurando que los resultados fueran comparables y significativos.

- *Digitalización y Consolidación:* Los datos recopilados se ingresaron en una base de datos digitales, facilitando el manejo y análisis de la información. Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), "la digitalización de datos permite un manejo más eficiente y preciso de la información, facilitando su análisis y la obtención de resultados confiables" (p. 187). La consolidación de los datos en una base digital aseguró que la información estuviera centralizada y accesible, permitiendo un análisis más detallado y preciso.

3.9.2 *Análisis de los resultados*

El análisis de los resultados permitió que los datos concuerden a los objetivos de la investigación. Este proceso incluyó las siguientes acciones:

Cálculo de puntajes estructurales; se ha calculado los puntajes estructurales de la edificación, de acuerdo con los parámetros establecidos en la metodología FEMA P-154. Los puntajes obtenidos se compararon con los valores de referencia, lo que permitió determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificio.

Clasificación del nivel de vulnerabilidad de sísmica; las edificaciones se clasificaron en categorías de vulnerabilidad (baja, moderada o alta) según los puntajes estructurales obtenidos.

Análisis estadístico; se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas (frecuencias promedio, porcentajes y porcentajes) para resumir las características generales de las edificaciones evaluadas.

Interpretación de resultados; los resultados fueron analizados considerando las condiciones estructurales específicas del Pool de Aulas de la UNS así, como su contexto geotécnico y

sísmico. Los hallazgos permitieron discutir las implicaciones en términos de seguridad estructural y formulación recomendaciones para reducir la vulnerabilidad sísmica.

3.9.3 Herramientas

Software de análisis de datos: Se emplearon programas como Excel para procesar y analizar los puntajes estructurales.

Representación gráfica: Se utilizaron gráficos de barras y diagramas para visualizar las tendencias de vulnerabilidad sísmica.

Normativas y estándares: Se compararon los resultados con los valores establecidos en la metodología FEMA P-154 y la Norma Técnica de Edificación E.030 - Diseño Sismorresistente.

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Características estructurales del pool de aulas de la UNS.

En base a la Guía de Análisis documental que se presenta en el ANEXO 5 se estableció las Características estructurales del pool de aulas.

4.1.1.1 Parámetros estructurales. De acuerdo a la inspección visual y revisión de planos adjuntos en ANEXO 6, se identificaron los sistemas estructurales de la edificación.

Tabla 5

Sistema Estructural del Pool de Aulas

Sector	Tipo de Sistema Estructural	1° Piso Área (m ²)	2° Piso Área (m ²)	3° Piso Área (m ²)	4° Piso Área (m ²)	5° Piso Área (m ²)
Pool A – A’	Aporticado	236.37	236.37	245.37	254.66	254.66
Pool A – A’’	Aporticado	277.66	277.66	286.53	295.58	295.58
Escalera Pool A	losa	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17
Escalera Central	Aporticado	37.25	37.25	37.25	37.25	37.25
Ascensor	Placas	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13
Pool B – B’	Aporticado	277.38	277.38	286.53	295.63	295.63
Pool B – B’’	Aporticado	236.37	236.37	245.37	254.66	254.66
Escalera Pool B	losa	12.17	12.17	12.17	12.17	12.17

Tabla 6

Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Columnas $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Piso	Detalle Estructural	Armadura Principal $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	Refuerzo de Corte
1° y 2°	<p>C1</p>	$6\phi 1'' + 6\phi 3/4''$	Doble estribo $\phi 3/8''$ $\square \phi 3/8''$: 3@.05, 2@.10, 3@.15, RTO@.20 c/extremo
1° y 2°	<p>C2</p>	$6\phi 1'' + 8\phi 3/4''$	Doble estribo $\phi 3/8''$ $\square \phi 3/8''$: 3@.05, 2@.10, 3@.15, RTO@.20 c/extremo
1° al 5°	<p>C3</p>	$12\phi 3/4''$	Doble estribo $\phi 3/8''$ $\square \phi 3/8''$: 3@.05, 2@.10, 3@.15, RTO@.20 c/extremo
1° al 5°	<p>C4</p>	$6\phi 3/4''$	Doble estribo $\phi 3/8''$ $\square \phi 3/8''$: 3@.05, 2@.10, 3@.15, RTO@.20 c/extremo
3° y 4°	<p>C1</p>	$4\phi 1'' + 6\phi 3/4''$	Doble estribo $\phi 3/8''$ $\square \phi 3/8''$: 3@.05, 2@.10, 3@.15, RTO@.20 c/extremo
3° y 4°	<p>C2</p>	$4\phi 1'' + 6\phi 3/4''$	Doble estribo $\phi 3/8''$ $\square \phi 3/8''$: 3@.05, 2@.10, 3@.15, RTO@.20 c/extremo
1° al 5° piso	M1, M2 y M3		
		$\phi 1/2'' @.30 \text{ A/S}$ 2 caras	

Tabla 7

Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Viga de cimentación $f'_c=175\text{kg/cm}^2$

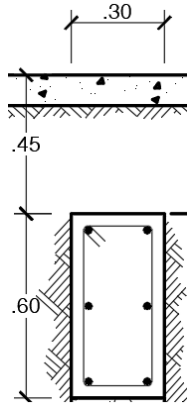
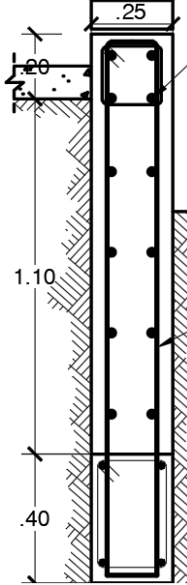
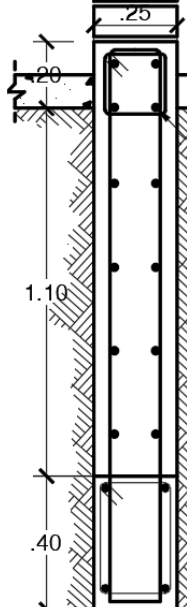
Elemento	Detalle Estructural	Armadura Principal $f_y=4200\text{kg/cm}^2$
Sección X1-X1		$6\phi 5/8"$ $\square \phi 3/8" @.25$
Sección X2-X2		$4\phi 1/2"$ $\square \phi 1/4" @.25$ $U \phi 3/8" @.25$ $4\phi 3/8"$ $\square \phi 3/8" @.25$
Sección X3-X3		$4\phi 1/2"$ $\square \phi 1/4" @.25$ $U \phi 3/8" @.25$ $4\phi 3/8"$ $\square \phi 3/8" @.25$

Tabla 8

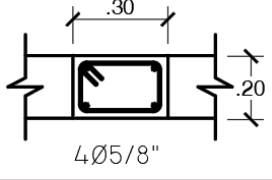
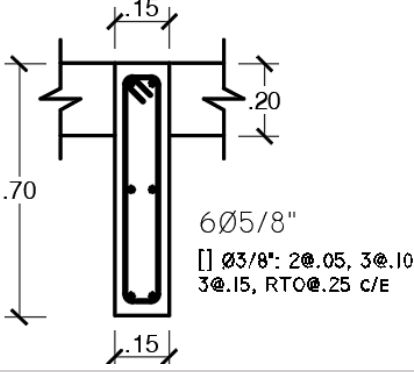
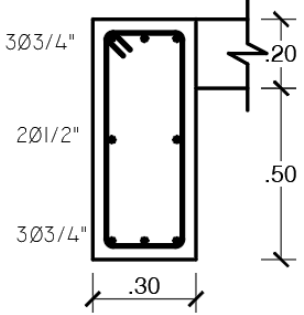
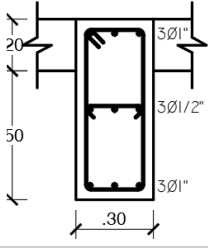
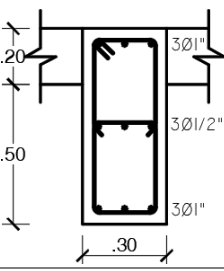
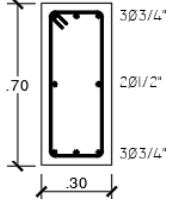
Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Vigas $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Elemento	Detalle Estructural $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	Observación
5V-1(.17x.50)		Buena conservación
5V-2 (.17x.50)		Buena conservación
5V-3 (.17x.50)		Buena conservación
5VA-1 (.20x.17)		Buena conservación

Elemento	Detalle Estructural $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	Observación
5V-4 (030x.67)	<p> $\text{Ø}3/8'' @.25$ $3 \text{ Ø}3/8'' @.20$ $2 \text{ Ø}5/8''$ $2 \text{ Ø}1/2''$ $2 \text{ Ø}5/8''$ </p>	Buena conservación
Viga 5A-2 (0.25x.17)	<p> $\text{Ø}3/8'' @.25$ $\square \text{ Ø}3/8'': 3@.05, 3@.10, 5@.20, \text{R.A.V. @.10}$ </p>	Ligeras fisuras (revestimiento)

Tabla 9

Elementos estructurales Pool A y Pool B _ Vigas $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Elemento	Detalle Estructural	Acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	As (cm ²)
VA-1		4Ø5/8"	7.96
VA-2		6Ø5/8" [] Ø3/8": 2@.05, 3@.10 3@.15, RTO@.25 c/E	11.87
V1 (.30x.70)		6Ø3/4" + 2Ø1/2"	19.57
V2 (.30x.70)		6Ø1" + 3Ø1/2"	34.40
V3, V4, V5 (.30x.70)		6Ø1" + 3Ø1/2"	34.40
V7 (.30x.70)		6Ø3/4" + 2Ø1/2"	19.57

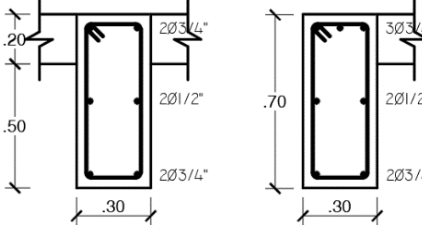
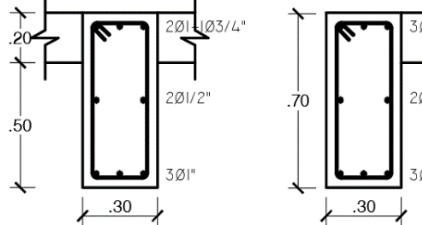
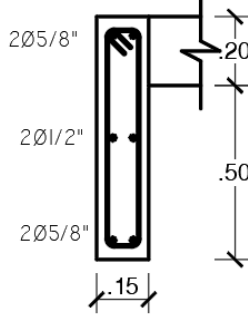
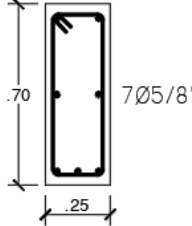
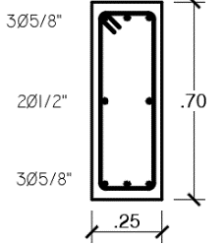
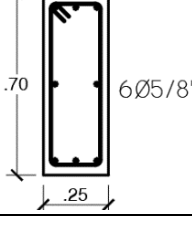
Elemento	Detalle Estructural	Acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	As (cm ²)
V8, V9, V12 (.30x.70)		V8, V9 4Ø3/4" + 2Ø1/2"	13.89
		V12 6Ø3/4" + 2Ø1/2"	19.57
V10, V11 (.30x.70)		V10 5Ø1" + 1Ø3/4" + 2Ø1/2"	30.87
		V11 6Ø3/4" + 2Ø1/2"	19.57
V13 (.15x.70)		6Ø5/8" + 2Ø1/2"	14.41
V 14 (.25x.70)		7Ø5/8"	13.85
V15, V16, V18		6Ø5/8" + 2Ø1/2"	14.41
V17 (.25x.70)		6Ø5/8"	11.84

Tabla 10

Tipo de Losa Aligerada Pool A y Pool B ($f'c=210\text{kg/cm}^2$)

Ambiente	Tipo de losa	Medidas	N° de Niveles
Pool A – A'	Un sentido	0.20	5
Pool A – A''	Un sentido	0.20	5
Escalera Pool A	Un sentido	0.15	5
Escalera Central	Losa maciza	0.20	6
Ascensor	Losa maciza	0.15	6
Pool B – B'	Un sentido	0.20	5
Pool B – B''	Un sentido	0.20	5
Escalera Pool B	Un sentido	0.15	5

4.1.1.2 Parámetros Geotécnicos. En base al estudio de geotecnia y mecánica de suelos elaborado para el proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Enseñanza Práctica de los Laboratorios de Estudios Generales de la Universidad Nacional del Santa, Distrito de Nuevo Chimbote – Provincia del Santa, Departamento de Ancash”, emplazado al lado izquierdo del Pool de aulas, se obtuvieron los datos de las *Tabla 11* y *Tabla 12* como se muestra.

Tabla 11

Capacidad Portante del Suelo

Edificación	Profundidad de Fundación (Df)	Nivel freático	Capacidad portante crítica
Laboratorios E.G Física	3.00 metros	N.P	1.75 kg/cm ²
Laboratorios E.G Química y Biología	3.00 metros	N.P	

Nota. Los datos incluidos en la *Tabla 11* corresponden a estudios realizados para el proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Enseñanza Práctica de los Laboratorios de Estudios Generales de la Universidad Nacional del Santa, Distrito de Nuevo Chimbote – Provincia del Santa, Departamento de Ancash”. Se utilizaron como referencia técnica debido a la similitud constructiva entre ambas estructuras. Esta información permitió inferir parámetros geotécnicos aplicables al análisis del desempeño sísmico de las edificaciones principales.

Tabla 12*Características Geotécnicas del Suelo*

Sub categoría	Datos
Caracterización Geotécnica del Suelo	Clasificación SUCS: SP (Arena Mal Gradada)
	Clasificación AASHTO: A3
	Clasificación según Norma E-030(2018): Suelo Tipo S2
Profundidad de Perforación y Estratigrafía	Profundidad de Perforación (DPL): 3 metros en promedio
	Calicatas: 3.00m de profundidad
	Muestreo: Muestreo disturbado, caracterización básica del perfil estratigráfico
Susceptibilidad a la Licuefacción	Evento Sísmico Considerado: Magnitud 6.0 a 7.0 MS
	Aceleración Superficial: 0.28g
	Susceptibilidad: No es aplicable, no presenta nivel freático

Nota. Los datos incluidos en la *Tabla 12* corresponden a estudios realizados para el proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Enseñanza Práctica de los Laboratorios de Estudios Generales de la Universidad Nacional del Santa, Distrito de Nuevo Chimbote – Provincia del Santa, Departamento de Ancash”. Se utilizaron como referencia técnica debido a la similitud constructiva entre ambas estructuras. Esta información permitió inferir parámetros geotécnicos aplicables al análisis del desempeño sísmico de las edificaciones principales.

4.1.1.3 Parámetros Sísmicos. Según la Zonificación Sísmica – Geotécnica de la Ciudad de Chimbote (2014), indica en el Mapa Sísmico se encontró periodos predominantes de vibración

Tabla 13*Periodos Predominante, según Mapa de Zonificación Sísmica*

Periodos Predominantes	T(s)
Periodo Corto	0.2
Periodo Largo	1.0

Según la Norma E 030 de Sismorresistencia que establece nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones, identificó y calculó los parámetros que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14*Parámetros Sísmicos*

Parámetro	Valor	Norma E 0.30
Factor de Zona (Z)	0.45 (Zona sísmica Z4)	Capítulo 2, 2.1
Factor de Amplificación del Suelo (S)	1.05 (Perfil de suelo tipo S2)	Capítulo 2, 2.4
Período que define la plataforma del factor C (TP)	0.6 segundos	Capítulo 2, 2.4
Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento Constante (TL)	2.0 segundos	Capítulo 2, 2.4
Factor de Uso (U)	1.5 (Edificaciones Esenciales)	Capítulo 3, 3.1
Factor de Amplificación Sísmica (C)	Para 0.2 segundos: C= 2.5	Capítulo 2, 2.5
	Para 1.0 segundo: C= 1.5	
Coeficiente de Reducción (R)	8	Capítulo 3, 3.8
Aceleración espectral Ss (0.2s)	1.18g	Capítulo 4, 4.6.2
Aceleración espectral S1 (1.0s)	0.71 g	Capítulo 4, 4.6.2

4.1.2 Desempeño sísmico del Pool de aulas de la UNS utilizando la metodología FEMA**P-154**

Para determinar el desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa (UNS) utilizando la metodología FEMA P-154 se realizó siguiendo los siguientes pasos estructurados:

4.1.2.1 Recolección de Información General del Edificio. Se dividió el Pool de Aulas en 8 componentes: Bloque A', Bloque A'', Escalera Pool A, Bloque B', Bloque B'', Escalera Pool B, Escalera central y Ascensor, los cuales fueron analizados utilizando la metodología FEMA P-154 cuyos resultados se muestran en el ANEXO 4; en el presente ítem se desarrolla el Pool A _Bloque A''.

Considerando, los parámetros más críticos:

Capacidad Portante Critica : 1.75 Kg/cm²

Tipo de Suelo E030 : S2

Z : 0.45 ZONA 4

S : 1.05 Tipo de Suelo S2 (Suelos Intermedios)

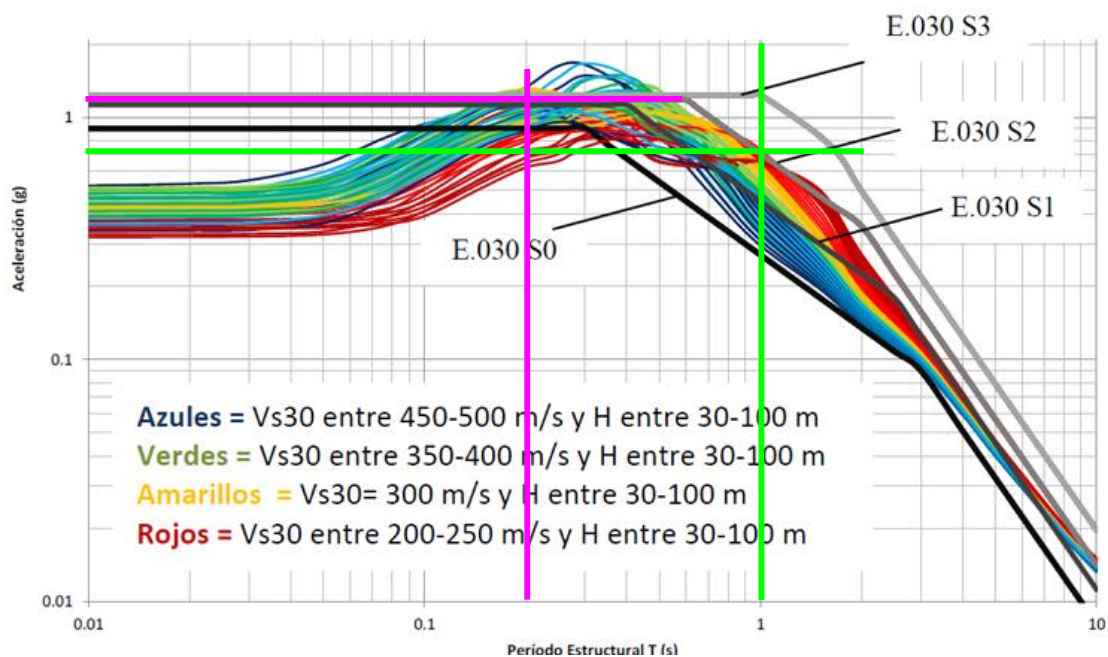
TP : 0.6

TL : 2

4.1.2.2 Selección del Formato según Región Sísmica. Para hallar la aceleración espectral, se traza la líneas verde y magenta que corresponden a los periodos establecidos en la Tabla 13 en la *Figura 2*, hasta intersectar la curva E.030 S2 como se muestra:

Figura 2

Espectros de respuesta a partir de modelado dinámico 1D en superficie, del suelo de Chimbote y Nuevo Chimbote



Nota. de “Espectros de Respuesta Teóricos obtenidos a partir del Mapa de Zonificación de Chimbote y Alrededores”, por C. Morales, I. Bernal, H. Tavera, J. Oyola y L. Arredondo, 2016, XVIII Congreso Peruano de Geología (<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG18-31.pdf>).

Según el tipo de suelo S2 (curva E.030 S2), estimamos la región sísmica para un periodo corto (línea magenta) y un periodo largo (línea verde), obteniendo:

Aceleración Espectral Periodo Corto (0.2s) : 1.05 g

Aceleración Espectral Periodo Largo (1.0s) : 0.7 g

Luego, para hallar la región sísmica, ubicamos los parámetros de Aceleración espectral para un periodo de 0.2 segundos (1.05g) y para un periodo de 1.0 segundo (0.7g), en la Figura 3 localizados en la región más crítica *Very High*.

Figura 3

Región Sísmica

Seismicity Region		Spectral Acceleration Response, S_s (short-period, or 0.2 seconds)	Spectral Acceleration Response, S_l (long-period, or 1.0 second)
	Low	less than 0.250g	less than 0.100g
	Moderate	greater than or equal to 0.250g but less than 0.500g	greater than or equal to 0.100g but less than 0.200g
	Moderately High	greater than or equal to 0.500g but less than 1.000g	greater than or equal to 0.200g but less than 0.400g
	High	greater than or equal to 1.000g but less than 1.500g	greater than or equal to 0.400g but less than 0.600g
	Very High	greater than or equal to 1.500g	greater than or equal to 0.600g

Notes: g = acceleration of gravity in horizontal direction

Nota. De Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards (a handbook – FEMA-154).

4.1.2.3 Inspección Visual. Para la inspección visual se seleccionó el formato FEMA-154 para una región con sismicidad Muy Alta, luego se procedió a completar Datos Generales de la edificación, como se muestra en *Figura 4* y cuyo registro se adjunta en el ANEXO 4.

En la *Figura 4* se muestran los ítem 101 al 124 de la ficha técnica de evaluación estructural para el "Pool de Aulas, Pabellón A", ubicado en Nuevo Chimbote, Áncash, Perú, con uso educativo y diseñado según el Código Sísmico de 1977. Se registran detalles como su ubicación (Latitud 9°7'17" S, Longitud 78°30'46" O, Zona UTM 17S), características

constructivas (5 pisos sobre el suelo, construido en 1993 sin adiciones) y parámetros sísmicos locales ($S_s = 0.2$ g, $S_1 = 1.0$ g).

Figura 4

Datos Generales del Bloque A''

101	DATOS EDIFICACION					
102	Nombre de la Edificación:		POOL DE AULAS, PABELLON A"			
103	Dirección:		Av. Universitaria S/N° Urb. Bellamar Distrito Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Departamento Ancash			
104	Sitio de referencia:		Campus I	105	Código Postal	02711
106	Tipo de uso:		Educativo			
107	Latitud: 9°7'17" S			108	Longitud:	78°30'46" O
107A	Zona:	175S	107B	Norte:	898,000 m	
109	Ss:	0.2		108A	Este:	228,000 m
				110	S1:	1.0
111	DATOS DEL PROFESIONAL					
112	Nombre del evaluador:		Janet Verónica Saavedra Vera			
113	Cédula del evaluador		32964440	115	Fecha	01.03.2024
114	Registro SENESCYT			116	Hora:	15:30hs
117	DATOS CONSTRUCCION					
118	Numero de Pisos:					
119	Sobre el Suelo		5	120	Bajo el Suelo	0
121	Año de construcción:		1993	122	Area de Construcción	
123	Código Año:		1977	124	Año(s) Remodelación:	0
124	Adiciones:		Ninguna <input checked="" type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/>	125	Número de Predio
					126	Clave Catastral

4.1.2.3.1 Ocupación de la edificación. En esta sección se clasifica el uso principal del edificio evaluado, seleccionando entre diferentes opciones predefinidas. Para el "Pool de Aulas, Pabellón A", se ha marcado el uso como **Educación**, lo que confirma su función como instalación educativa. Este dato es relevante porque las edificaciones educativas tienen criterios específicos en las normativas sísmicas debido a su importancia como refugios o centros de reunión durante emergencias. Las demás opciones, como asambleas, industria, servicio de emergencia, almacén, y residencial, no han sido seleccionadas, indicando que no aplican a esta edificación. Estos datos se registran en el numeral 200, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Ocupación del Pool de Aulas _ Pabellón A''

200	OCUPACION:				
201	Asambleas		Comercial		Servicio de Emergencia
202	Industria		Oficina		Educación
203	Utilidad		Almacén		Residencial #
203A	Histórico		Albergue		Público

4.1.2.3.2 Clasificación de Suelo Según Fema-154. Según el FEMA P 154 el suelo fue del tipo D y se pudo clasificar según la Figura 6, con ayuda de los parámetros geotécnicos anteriormente clasificados, escogiéndose el más crítico que sería el tipo de suelo D. Stiff Soil.

Figura 6

Clasificación de Suelo Según Fema-154

Soil Type/Site Class	Shear Wave Velocity ¹ , V_s^{30}	Standard Blow Count ¹ , N	Undrained Shear Strength of the upper 100ft ¹ , s_u
A. Hard Rock	$V_s^{30} > 5000$ ft/s		
B. Rock	2500 ft/s $< V_s^{30} < 5000$ ft/s		
C. Very Dense Soil and Soft Rock	1200 ft/s $< V_s^{30} < 2500$ ft/s	$N > 50$	$s_u > 2000$ psf
D. Stiff Soil	600 ft/s $< V_s^{30} < 1200$ ft/s	$15 < N < 50$	1000 psf $< s_u < 2000$ psf
E. Soft Clay Soil	$V_s^{30} \leq 600$ ft/s	$N < 15$	$s_u < 1000$ psf
	More than 10 feet of soft soil with plasticity index $PI > 20$, water content $w > 40\%$, and $s_u < 500$ psf		
F. Poor Soil	Soils requiring site-specific evaluations. <ul style="list-style-type: none"> • Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading, such as liquefiable soils, quick and highly-sensitive clays, collapsible weakly-cemented soils. • Thicker than 10 feet of peat or highly organic clay. • Very high plasticity clays (25 feet with $PI > 75$). • More than 120 ft of soft or medium stiff clays. 		

4.1.2.3.3 Riesgo geológico. La metodología FEMA P-154 incluye factores externos, como los riesgos de licuefacción, deslizamientos y rupturas de superficie, porque pueden amplificar los efectos de un terremoto sobre una edificación. Los resultados indicados en la *Figura 7* tienen las siguientes implicaciones:

Licuefacción. La ausencia de este riesgo indica que el suelo no presenta características típicas de licuefacción (arenas saturadas o granulares en presencia de agua subterránea y estrés sísmico significativo). - Esto mejora la estabilidad de la estructura frente

a movimientos sísmicos, ya que no hay posibilidad de pérdida de capacidad portante del suelo.

Deslizamiento. La ausencia de este riesgo, indica que la estructura no está ubicada en un terreno propenso a movimientos gravitacionales masivos. A nivel de diseño estructural, esta ausencia implica que no se requiere un análisis adicional para contrarrestar fuerzas o movimientos asociados a este tipo de fenómenos.

La ausencia de ruptura de superficie implica que no se espera que una falla active cruce el lugar donde se encuentra la estructura. Este es un aspecto positivo, ya que una ruptura de superficie durante un evento sísmico puede causar daños directos en los cimientos, desplazamientos diferenciales y colapso total de la estructura.

Figura 7

Riesgo geológico

205	RIESGOS GEOLOGICOS					
206	Licuefacción:		Deslizamiento:		Ruptura de Superficie:	
206A	SI		SI		SI	
206B	NO	x	NO	x	NO	x
206C	DNK		DNK		DNK	

4.1.2.3.4 Detección de Irregularidades. Se Realizó una inspección visual para identificar características críticas del edificio, como:

Irregularidades en planta (PL): Desalineaciones, formas asimétricas o torsión excesiva, Irregularidades verticales (VL): Cambios abruptos en rigidez, masa o discontinuidades estructurales. De acuerdo a la *Tabla 15* en la edificación presenta una leve irregularidad en planta, lo cual favorece la distribución uniforme de las fuerzas sísmicas, disminuyendo concentraciones de esfuerzos y posibles deformaciones laterales.

Así también, se puede observar que los pabellones de la edificación no presentan irregularidad en altura ya que se pudo verificar que todos los pisos tienen la misma altura, se visualizó también que no hay cambios de dimensión en los ejes de las columnas y estas son continuas en todos los niveles, los pabellones no están ubicados en una zona inclinada,

la superficie es llana, no hay pisos débiles, tampoco columnas cortas, los datos mencionados líneas arriba se plasma en la Tabla 16.

Tabla 15

Irregularidad en planta (PL)

Denominación del Pabellón	Número de Niveles	Irregularidad en Planta	Observaciones
Pool A – A’	5	Leve	Elementos salientes
Pool A – A’’	5	Leve	Elementos salientes
Escalera Pool A	5	No presenta	Simetría de distribución
Escalera Central	6	No presenta	simetría de distribución
Ascensor	6	No presenta	simetría de distribución
Pool B – B’	5	Leve	Elementos salientes
Pool B – B’’	5	Leve	Elementos salientes
Escalera Pool B	5	No presenta	Simetría de distribución

Tabla 16

Irregularidad vertical (VL)

Denominación del Pabellón	Número de Niveles	Irregularidad Vertical	Observaciones
Pool A – A’	5	No presenta	Sin cambio de altura
Pool A – A’’	5	No presenta	Sin cambio de altura
Escalera Pool A	5	No presenta	Sin cambio de altura
Escalera Central	6	No presenta	Sin cambio de altura
Ascensor	6	No presenta	Sin cambio de altura
Pool B – B’	5	No presenta	Sin cambio de altura
Pool B – B’’	5	No presenta	Sin cambio de altura
Escalera Pool B	5	No presenta	Sin cambio de altura

De la inspección visual registrada en las *Tabla 15* y *Tabla 16*, se llenó el ítem 208 como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Irregularidades

208	Irregularidades:		
208A	NO	Elevación (Tipo/severidad)	
208B	SI	Planta (Tipo)	LEVE

4.1.2.3.5 Tipología del sistema estructural. La Tipología seleccionada fue C2:

Pórtico Hormigón Armado con Muros de Corte, este sistema combina pórtico de hormigón armado (columnas y vigas que forman marcos) con muros de corte que aumentan la rigidez lateral del edificio. Los muros de corte son elementos estructurales clave que absorben y disipan gran parte de las fuerzas sísmicas horizontales, reduciendo la deformación lateral de la edificación.

Figura 9

Tipología del sistema estructural

TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL				
300				
301	Porticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos	W1	309	Pórtico Hormigón Armado
302	Porticos de madera Livianos múltiples unidades, múltiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2	W1A	310	Pórtico H. Armado con muros de corte
303	Porticos de madera para edificios comerciales e industriales con un área de piso mayor a 500m2	W2	311	Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo
304	Pórtico Acero Laminado (Portico Resistente a Momento)	S1	312	Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)
305	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2	313	Portico de H. Armado prefabricados
306	Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío	S3	314	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles
307	Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón	S4	315	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos
308	Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque	S5	316	Edificios de Mampostería no reforzada
			317	Vivienda prefabricada

4.1.2.4 Determinación del Puntaje Básico (B) para cada Componente. Se

asignan los puntajes según los parámetros que indican las irregularidades verticales, irregularidades en planta y el año de construcción según la norma E 0.30 como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Designación de Puntajes del Pool de Aulas _ Pabellón A''

400 PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1	
401 PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)	C2 (SW)
402 PUNTAJE BÁSICO	1.2
403 IRREGULARIDADES	
403A Irregularidad vertical Grave, VL1	-0.8
403B Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0.4
404C Irregularidad en planta, PL1	-0.5
405 CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN	
405A Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0.2
405B Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0
405C Post código moderno (construido a partir de 2015)	1.7
406 SUELO	
406A Suelo Tipo A o B	0.3
406B Suelo Tipo D	0
406C Suelo Tipo E (1-3Pisos)	-0.2
406D Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0.3
407 Puntaje Mínimo	0.3
408 PUNTAJE FINAL NIVEL 1,SL1 > SMIN	2.4

Se observa que, a pesar de penalizaciones significativas por irregularidades graves en planta y altura, así como por la clasificación del suelo como blando (tipo E), el diseño conforme a normativas modernas incrementa notablemente el puntaje final. Con un resultado de 2.4, el edificio supera el umbral mínimo de seguridad, lo que sugiere que, aunque cumple con un desempeño aceptable, persisten riesgos asociados a las irregularidades estructurales y las condiciones del terreno que podrían requerir medidas de refuerzo o monitoreo continuo para garantizar su seguridad en eventos sísmicos futuros.

4.1.2.5 Aplicación de Modificadores de Peligro (M). Consistió en ajustar el puntaje básico con los *modificadores de peligro sísmico* (M) para reflejar las condiciones específicas del edificio y su entorno:

- Irregularidades estructurales: Penalizaciones por irregularidades en planta (PL) o altura (VL).
- Condiciones del suelo: Aplicar ajustes según la clasificación del suelo (A, B, C, D, o E).
- Normativa de construcción: Bonificación para construcciones modernas (post-2015) o penalización para edificaciones antiguas (pre-2001).

El puntaje ajustado se calcula utilizando la fórmula:

$$S = B + \sum M$$

Donde:

S: Puntaje ajustado.

B: Puntaje básico.

M: Modificadores de peligro.

4.1.2.6 Comparación con el Puntaje de Corte (S_{min}). En esta etapa se determinar si el puntaje ajustado (S) es mayor que el puntaje mínimo requerido (S_{min}), generalmente establecido como 2.0 en FEMA P-154. Los resultados se interpretan así:

Si $S > S_{\min}$: El edificio cumple con el desempeño sísmico mínimo requerido.

Si $S \leq S_{\min}$: El edificio no cumple con los requisitos y requiere una evaluación más detallada (Nivel 2 o análisis estructural más riguroso).

Tabla 17

Puntaje Final de la Evaluación utilizando FEMA 154

Bloques	Puntaje Final Nivel 1 (S1)	Puntaje de Corte (S)	(SI > S)
Pool A – A'	2.4	2	SI
Pool A – A''	2.4	2	SI
Escalera Pool A	2.4	2	SI
Escalera Central	2.9	2	SI
Ascensor	2.4	2	SI
Pool B – B'	2.4	2	SI
Pool B – B''	2.4	2	SI
Escalera Pool B	2.4	2	SI

(Nota. Los puntajes se calcularon según la metodología FEMA P-154.)

Margen de seguridad adicional. Diferencia entre el puntaje promedio y el umbral mínimo:

$$\text{Margen adicional} = (S_{\text{promedio}} - S_{\text{mínimo}}) / S_{\text{mínimo}} \times 100\%$$

$$\text{Margen adicional} = (2.46 - 2.0) / 2.0 \times 100\% = 23\%$$

Para calcular la **probabilidad de falla (Pf)**, se debe usar la relación empírica establecida en la metodología FEMA P-154. Como referencia, sabemos que la probabilidad de falla se aproxima mediante una fórmula logarítmica, como:

$$P_f = 10^{a-b \cdot S}$$

Donde:

a y b son coeficientes determinados empíricamente.

S es el puntaje final obtenido.

Para $S=2.0$, se asocia con $P_f=1\%$ lo cual sirve como base para calcular los coeficientes a y b , obteniendo $a=-2$ y $b=-1$

El puntaje final “S” obtenido $S=2.4$, la probabilidad de falla estimada es aproximadamente 2.51% , lo que representa una reducción considerable en comparación con el umbral de $S=2.0$, que tiene un $P_f=1.00\%$. Aunque sigue siendo aceptable bajo los estándares de FEMA P-154, refleja que el desempeño estructural del edificio tiene cierto margen de vulnerabilidad, pero está dentro de límites de seguridad razonables para el uso cotidiano.

La Escalera Central ($S_1 = 2.9$): Presenta el puntaje más alto de todos los elementos evaluados, lo que implica una menor probabilidad de falla ($P_f \approx 0.79\%$). Su diseño estructural parece estar más reforzado o responder mejor a las demandas sísmicas.

El análisis revela que todas las estructuras evaluadas cumplen con el desempeño sísmico mínimo requerido según FEMA 154. Sin embargo, la uniformidad en los puntajes (2.4 para la mayoría) puede indicar que estas estructuras comparten características de diseño y construcción similares. Es importante monitorear cualquier deterioro estructural en el futuro, especialmente en elementos como escaleras y ascensores, que son cruciales para la evacuación en caso de emergencia. Además, el desempeño superior de la Escalera Central sugiere que podría tomarse como referencia para reforzar otros elementos, si fuera necesario.

4.2 Discusión

4.2.1 Contrastación de la Hipótesis

La hipótesis planteada fue:

"Si se aplica la metodología FEMA P-154 al Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, entonces se identificará un desempeño sísmico estructural que cumple con el umbral mínimo de seguridad ($S \geq 2.0$), considerando sus condiciones geotécnicas y características constructivas."

La contrastación de esta hipótesis se realizó en tres fases principales:

1. Recolección de datos estructurales y geotécnicos, mediante inspección visual directa y fichas FEMA P-154, lo que permitió obtener el puntaje estructural "S" para cada bloque evaluado.
2. Determinación del criterio de validación, según el cual un puntaje $S \geq 2.0$ se considera indicador de desempeño estructural aceptable, conforme a los estándares técnicos establecidos por FEMA.
3. Análisis cuantitativo de los resultados, que mostró que todos los bloques obtuvieron un puntaje igual o superior al umbral mínimo. El promedio general fue de $S = 2.46$, lo que representa un margen de seguridad adicional del 23% sobre el valor mínimo requerido ($S = 2.0$). Además, se estimó una probabilidad de falla (Pf) promedio de 2.51%, considerada baja según los parámetros de referencia de la metodología.

El caso de la Escalera Central, con un puntaje de $S = 2.9$, destacó como el elemento de mayor seguridad estructural, mientras que los bloques A y B, con $S = 2.4$, aunque aceptables, podrían beneficiarse de refuerzos estructurales preventivos.

Conclusión de la contrastación:

Los resultados empíricos obtenidos permiten confirmar la hipótesis planteada, dado que se verificó que el desempeño sísmico del Pool de Aulas cumple con los niveles mínimos

de seguridad estructural según los parámetros de la metodología FEMA P-154. Si bien los puntajes son aceptables, se recomienda monitoreo continuo para mantener el margen de seguridad alcanzado.

4.2.2 Interpretación de resultados

Los resultados del análisis del desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa mediante la metodología FEMA P-154 muestran que los bloques evaluados alcanzan puntajes superiores al umbral mínimo de seguridad establecido ($S = 2.0$). Esto sugiere que, aunque las edificaciones presentan un desempeño estructural aceptable bajo las condiciones actuales, existen aspectos críticos que podrían requerir atención, tales como las irregularidades estructurales leves detectadas en planta y las características del suelo (S2) que podrían amplificar los efectos sísmicos.

Particularmente, la Escalera Central obtuvo el puntaje más alto ($S1 = 2.9$), indicando un mejor desempeño estructural y menor probabilidad de falla ($Pf \approx 0.79\%$). Este dato contrasta con los puntajes de otros bloques que, aunque aceptables, reflejan vulnerabilidades asociadas a las normativas de construcción vigentes al momento de su diseño.

Los resultados obtenidos no solo indican un desempeño estructural aceptable según los estándares de FEMA P-154, sino que también reflejan diferencias significativas entre los bloques analizados. Por ejemplo, la Escalera Central presenta un puntaje superior ($S = 2.9$), lo cual sugiere una mayor rigidez estructural o un mejor diseño sismorresistente en comparación con otros elementos. Esta variabilidad en los puntajes evidencia la necesidad de adoptar medidas diferenciadas por bloque y pone en relieve la importancia de una evaluación estructural detallada como herramienta para la toma de decisiones en gestión de riesgos."

4.2.3 Comparación Estudios Anteriores

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten interpretar que el Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa presenta un desempeño sísmico estructural aceptable según la metodología FEMA P-154. El puntaje promedio de $S = 2.46$ supera el umbral mínimo de seguridad ($S = 2.0$), lo cual indica que, bajo las condiciones actuales, las edificaciones analizadas poseen una resistencia estructural adecuada frente a eventos sísmicos de intensidad moderada a severa.

Este hallazgo valida la hipótesis de trabajo y se alinea con estudios similares realizados en contextos latinoamericanos y de alta sismicidad. Por ejemplo, Vargas (2022), en México, obtuvo puntajes promedio de $S = 2.3$ en edificaciones escolares, destacando la utilidad del enfoque visual rápido para diagnósticos preliminares. García (2024), en Colombia, reportó $S \approx 2.1$ en edificios más antiguos y sobre suelos blandos, lo que refuerza la importancia de los factores geotécnicos en la evaluación. En Chile, Mendoza (2023) integró métodos visuales con análisis numéricos, resaltando que los puntajes de S deben interpretarse con precaución y considerar la interacción entre sistema estructural y entorno sísmico.

En esta investigación, se identificó que los bloques evaluados fueron diseñados según normas anteriores al año 1997, lo cual implica un desfase normativo frente a los criterios vigentes de la Norma Técnica de Edificación E.030 (R.M. N.º 355-2018-VIVIENDA). Sin embargo, los resultados mostraron una homogeneidad en los valores de S (2.4–2.9), lo que puede atribuirse a la uniformidad constructiva de los bloques. La Escalera Central obtuvo el mayor puntaje ($S = 2.9$), lo que la posiciona como un referente de buen diseño estructural dentro del conjunto.

Desde una perspectiva crítica, aunque los puntajes fueron favorables, la metodología FEMA P-154 no sustituye una evaluación estructural detallada. Como señala Rodríguez

(2022), esta herramienta debe complementarse con análisis dinámicos o pruebas de materiales cuando se identifican zonas de mayor riesgo. En este sentido, se recomienda reforzar los bloques que presentaron puntajes en el umbral mínimo y monitorear su comportamiento estructural a mediano plazo.

Finalmente, los resultados del presente estudio no solo confirman la hipótesis planteada, sino que aportan evidencia empírica útil para la toma de decisiones institucionales en el ámbito de la seguridad estructural universitaria. La metodología aplicada demostró ser eficiente, económica y replicable, contribuyendo así al fortalecimiento de las prácticas de gestión del riesgo sísmico en infraestructura educativa.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se cumplió el objetivo general al realizar la evaluación del desempeño sísmico del Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa mediante la metodología FEMA P-154. La aplicación de esta herramienta permitió obtener un diagnóstico rápido, cuantitativo y técnicamente fundamentado sobre la seguridad estructural de las edificaciones.
- Respecto al primer objetivo específico, se determinaron las características estructurales de los bloques, destacando su diseño bajo la Norma E.030 de 1977, la antigüedad de materiales y la existencia de irregularidades en planta. Estas condiciones influyen en la vulnerabilidad sísmica potencial.
- En cuanto al segundo objetivo específico, se aplicó la metodología FEMA P-154 utilizando fichas estandarizadas. El proceso permitió identificar el tipo de sistema estructural, condiciones del suelo, configuración geométrica y estado físico de los elementos, asignando valores “S” para cada bloque.
- Respecto al tercer objetivo específico, los puntajes obtenidos (todos $S \geq 2.0$) evidencian que las edificaciones presentan un desempeño estructural aceptable bajo los criterios FEMA. Sin embargo, algunas zonas específicas —como bloques con geometrías irregulares— requieren atención para garantizar seguridad ante sismos severos.
- La hipótesis fue confirmada: el Pool de Aulas mostró un comportamiento sísmico estructuralmente aceptable. No obstante, se evidenció la necesidad de intervenciones técnicas preventivas para fortalecer su resiliencia estructural a largo plazo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar intervenciones de refuerzo estructural en los bloques que presentaron irregularidades geométricas o deficiencias visibles, priorizando conexiones y nodos estructurales vulnerables.
- Ejecutar estudios geotécnicos complementarios con métodos más avanzados para caracterizar mejor las condiciones del suelo y su influencia en la amplificación sísmica.
- Establecer un sistema de monitoreo estructural continuo y programar inspecciones periódicas, a fin de detectar de forma temprana el deterioro o alteración del comportamiento sísmico de los bloques.
- Implementar mantenimiento preventivo programado que incluya revisión de juntas, anclajes, estribos y elementos críticos, garantizando así la durabilidad estructural.
- Capacitar al personal técnico de mantenimiento en el uso de metodologías de evaluación estructural como FEMA P-154, e incorporar herramientas digitales para optimizar la recolección y análisis de datos.

6. CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Agencia Peruana de Noticias Andina. (2021). *Ingemmet: en Áncash existen 130 zonas críticas ante lluvias y sismos*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-sector-agropecuario-duplicara-crecimiento-este-ano-pese-a-fenomeno-de-nino-552525.aspx/www.minsa.gob.pe/www.minsa.gob.pe/goo.gl/noticia-ingemmet-ancash-existen-130-zonas-criticas-ante-lluvias-y-sismos-831662>.
- Alarcón, F., Pérez, J., & Martínez, L. (2022). Las estructuras diseñadas con principios de ductilidad y su comportamiento frente a eventos sísmicos. *Revista de dinámica estructural*, 45
- Álvarez, S. R., & Pulgar, S. M. (2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de Vulnerabilidad (FEMA P-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626377>
- Aly, A. S., & Abburu, S. (2012). A proposed methodology for seismic risk evaluation of existing reinforced school buildings. *HBRC Journal*, 8(3), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2012.10.006>
- American Society of Civil Engineers. (2016). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE 7-16). ASCE.
- Ancash Noticias. (2024). *Sismo de magnitud 4.0 sacude Chimbote, Áncash*. Recuperado de <https://ancashnoticias.com/2024/07/01/sismo-se.a-magnitud-4-0-acude-chimbote-ancash/>
- Ander-Egg, E. (2003). *Metodología de la investigación social*. Ediciones Akal.

- Arias-Odón, J., Marcelino Aranda, M., Martínez Cuevas, M. D. C., & Camacho Vera, A. D. (2024). Análisis documental, un proceso de apropiación del conocimiento. *Revista Digital Universitaria*, 25(6). <https://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2024.25.6.1>
- Avilés F. G. B., & Grados T. D. A. (2024). Evaluación del desempeño sísmico de una edificación educativa moderna ubicada en una zona de alta sismicidad y sobre suelo blando. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/27084>
- Babbie, E. (2016). *La práctica de la investigación social* (14a ed.). Aprendizaje de Cengage.
- Bastidas, J. (2019). *Metodología de la investigación*. Editorial Inudi.
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.
- Bordens, K. S., & Abbott, B. B. (2014). *Research design and methods: A process approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Briones, G. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. ICFES.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5th ed.). Oxford University Press.
- Calderín-Mestre, F., Almenarez-Labañino, D., & Boada-Fernández, D. (2020). Consideración del fenómeno interacción suelo-estructura en edificio prefabricado. *Ciencia en su PC*, 1(4), 79-94. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181366194007>
- Cárdenas, J. L. (2020). Materiales de construcción para edificios sismorresistentes. *Revista de Construcciones*, 20(1), 12-25.
- Cárdenas, O. L., Farfán, A., & Huaco, G. D. (2020). Seismic Risk Assessment of Peruvian Public School Buildings Using FEMA P-154 Rapid Visual Screening. 2020 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 1-5.

- Castro, H. R. (2019). *Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154* (Tesis de licenciatura). Universidad de Piura. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11042/3940>
- Castro, M. J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 1-12. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). (2020). *Efemérides Sísmica: El gran terremoto de Áncash 31/05/1970*. Recuperado de <https://www.cismid.uni.edu.pe/efemeridessismica-el-gran-terremoto-de-ancash-31-05-1970/>
- Coduto, D. P. (2001). *Foundation design: Principles and practices* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Comité Europeo de Normalización. (2004). Eurocódigo 8: Diseño de estructuras para la resistencia al terremoto. Bruselas: CEN.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Criado-Rodríguez, D. M., Pacheco-Vergel, W. A., & Afanador-García, N. (2020). Vulnerabilidad sísmica de centros poblados: estudio de caso. *Revista Ingenio*, 17(1), 43–48. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2441>
- Das, B. M. (2015). *Principles of foundation engineering* (8th ed.). Cengage Learning.
- De Mora-Gaibor, M., Vallejo-Ilijama, M. T., & Pazmiño-Zabala, C. (2023). Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos. *Revista Sociedad & Tecnología*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.51247/st.v6i1.321>

- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. SAGE Publications.
- Dirección General de Capitanías y Guardacostas de la Marina (DICAPI). (2020). *"Normativa y reglamentación sísmica en el Perú"*.
- EERI. (1984). Committee on Seismic Risk: Glossary terms for probabilistic seismic risk and hazard analysis. *Earthquake Spectra* 1, pp. 33-40
- El-Betar, S. A. (2018). Seismic vulnerability evaluation of existing R.C. buildings. *HBRC Journal*, 14(2), 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2016.09.002>
- Eurocódigo 8 (2004). *Diseño estructural para resistencia sísmica*. Comisión Europea.
- European Committee for Standardization. (2004). *Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance*. CEN.
- Fajfar, P. (2000). Método de análisis no lineal para el diseño sísmico basado en el rendimiento. *Earthquake Spectra*, 16(3), 573-592. <https://doi.org/10.1193/1.1586128>
- Fajfar, P. (2009). *Nonlinear analysis in civil engineering: With emphasis on performance-based design*. CRC Press.
- Farfán, A. (2021). Compatibilidad de materiales en construcción sismorresistente. *Boletín de Investigaciones Arquitectónicas*, 11(2), 34-45.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2020). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook* (FEMA P-154, 3rd ed.). https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_p-154_rapid_visual_screening_of_buildings_for_potential_seismic_hazards_third_edition.pdf
- Federal Emergency Management Agency. (2018). *FEMA P-58: Seismic performance assessment of buildings*. Federal Emergency Management Agency.

- FEMA. (2021). *FEMA P-154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (3rd ed.)*. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency. <https://www.fema.gov>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education* (7th ed.). McGraw-Hill.
- García, C. P. (2024). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones educativas en zonas de alta sismicidad: Caso de estudio Colombia [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN.
- García, J. (2021). *Análisis de la interacción suelo-estructura en edificaciones sismorresistentes*. *Ingeniería Geotécnica*, 7(13), 45-60. <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13edespjun.0195>
- Gómez, R. (2001). *Metodología de la investigación: Enfoques y técnicas*. Editorial ABC.
- Grupo Torices. (2022, noviembre 4). *Conoce los materiales para construcción que se utilizan en zona de sismos*. Grupo Torices. Recuperado de <https://grupotorices.com/blog/materiales-para-construccion-que-se-utilizan-en-zona-de-sismos/>
- Gutiérrez, J. M. (2018). *Introducción al diseño y análisis de encuestas*. Editorial Universitaria.
- Gutiérrez, T. J., & Ayala, M. A. G. (2022). *Análisis de la resiliencia sísmica de edificios*. *Revista Ingeniería Sísmica*, (107), 47–73. <https://doi.org/10.18867/ris.107.603>
- Henríquez, F. E., & Zepeda, G. M. I. (2003). *Preparación de un proyecto de investigación*. *Ciencia y enfermería*, 9(2), 23-28.
- Hernández R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

- Huaco, G. (2022). Influencia de las características geológicas en la selección de materiales para construcción sismorresistente. *Geología y Construcción*, 2(3), 56-67.
- Hurtado, J. (2012). *Metodología de la investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Ediciones Quirón.
- INDECI. (2016). *Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente*. Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Instituto Geofísico del Perú (IGP). (2014). *Zonificación Sísmica - Geotécnica de la ciudad de Chimbote*. Recuperado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/699>
- Instituto Geofísico del Perú. (2008). *Informe del Terremoto de la Región Sur de Perú*. Dirección de Sismología - CNDG. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). (2004). *Evaluación geodinámica y sísmica de áreas críticas en el Perú*. Recuperado de <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG14-052.pdf>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (1977). *Norma E.030: Diseño Sismo Resistente*. Lima.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2020). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2021). *"Zonificación de peligro sísmico en el Perú"*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2003). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2016). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*.
- Jibaja Lupaca, G. F. (2023). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando la metodología FEMA 154 en el Pabellón de Administración de la UNAM Moquegua*

- 2021 (Tesis de licenciatura). Universidad Continental. Recuperado de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13887>
- Johnson, B., y Christensen, L. (2017). Investigación educativa: enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos (6ª ed.).
- Kerlinger, F. N. (1986). *Foundations of Behavioral Research*. Harcourt College Pub.
- Kerlinger, F. N. (2001). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales* (4ª ed.). McGraw-Hill.
- Kothari, C. R. (2004). Research methodology: Methods and techniques (2nd ed.). New Age International.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Krawinkler, H. (2005). *Seismic evaluation and retrofit of existing structures: A guide*. John Wiley & Sons.
- Kumar, R. (2011). *Research methodology: A step-by-step guide for beginners* (3rd ed.). Sage Publications.
- Kumar, R., & Sharma, V. (2023). Seismic vulnerability assessment of urban infrastructure using GIS and remote sensing techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/19475705.2023.2182172>
- Lantada, Z. N. (2007). *Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS: aplicación a la ciudad de Barcelona* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/03CAPITULO2.pdf?sequence=3>
- Li, i.-Q., Qin, P.-F., & Li, Y.-R. (2024). Seismic vulnerability analysis of hospitals and school buildings considering the Gaussian regression algorithm. *Journal of Building Engineering*, 97, 110799. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110799>

- Loja León, E. S. (2022). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica del colegio de bachillerato “Dr. José Ochoa León” aplicando la metodología FEMA P-154 y NEC* (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18672>
- Martínez, M. (2011). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. Trillas.
- Mazumder, R. K., & Sutley, E. J. (2024). A multi-step framework for measuring post-earthquake recovery: Integrating essential infrastructure system's serviceability in building functionality. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 114, 104929. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104929>
- Mendoza, R. J. (2023). Seismic risk assessment of university campuses in high seismicity regions: A comprehensive framework [Tesis doctoral, Universidad de Chile]. Repositorio Académico UC.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2003). Norma E.030: Diseño Sismo Resistente. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). Norma E.030: Diseño Sismo Resistente. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (1977, 1997, 2003, 2016). *Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (1997). *Norma E.030: Diseño Sismo Resistencia*. Lima.
- Miranda, E., García, R., & Soto, L. (2005). Riesgo sísmico de componentes no estructurales en edificaciones. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 68(3), 45-59.
- Ocola, L. (2004). *Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Recuperado de <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-138.pdf>

- OMS (2019). World Health Statistics 2019: Monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. ISBN: 9789241565707.
- Padilla, S. I. H. (2023). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica para las edificaciones de 3 pisos utilizando el método FEMA-154 en Tarapoto-San Martín 2023* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/153550>
- Park, R. (2013). *Foundation and excavations engineering: Principles and practices*. CRC Press.
- Pereyra, V. G. E. (2022). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de edificaciones con 6 niveles en el sector 5 de Coishco, Ancash - 2022* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/93939>
- Pizarro, N. F., Tornello, M. E., Agüera, N. D., & Gioacchini, G. (2021). Vulnerabilidad sísmica de edificios educacionales. Comparación de dos métodos cualitativos. Casos de estudio. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26(3), 498–522. <https://doi.org/10.24133/riie.v26i3.2338>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2017). *Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice* (10th ed.). Wolters Kluwer.
- Pomachagua, O. (s.f.). *Características Generales de la tectónica y sismicidad de Perú*. Recuperado de Slideshare <https://es.slideshare.net/rodrigopamo/caracteristicasgenerales-de-la-tectonica-y-sismisidadenelperu>
- Priestley, M. J. N., Calvi, G. M., & Kowalsky, M. J. (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. IUSS Press.
- Robson, C. (2011). *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers*. Wiley.

- Rodriguez, M. A. (2022). Rapid visual screening techniques for seismic vulnerability assessment of educational facilities [Tesis doctoral, University of California, Berkeley]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Romero, F. D. (2017). *Metodología para la evaluación del riesgo en instalaciones portuarias* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de https://oa.upm.es/48680/1/David_Romero_Faz.pdf
- Saavedra, T. J. L. & Ocmín Sánchez, M. M. (2023). *Aplicación de manual FEMA P-154 para el análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones del hospital Luis Negreiros en el Callao* (Trabajo de suficiencia profesional). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/669875>
- Salkind, N. J. (2012). *Exploring Research*. Pearson Education.
- Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Sánchez, G. L. F. (2024). *Análisis de verificación de vulnerabilidad sísmica con el método FEMA 154 a las edificaciones de la Institución Domingo Mandamiento Sipán, Hualmay - 2023* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/10265>
- Sánchez, M. D. V. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 9(17), 38-39. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>
- Santoro, M. (2023, 15 de diciembre). *Ductilidad estructural*. BibLus - ACCA software. Recuperado de <https://biblus.accasoftware.com/es/ductilidad-estructural/>

- Serna, A. (2005). *Evaluación de proyectos: Herramientas y metodologías*. Editorial GHI.
- Smith, K. (2013). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster* (6th ed.). Routledge.
- Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. (2016). ASCE/SEI 7-16: Cargas de Diseño Mínimo y Criterios Asociados para Edificios y Otras Estructuras. Reston, VA: ASCE.
- Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J. P. (2010). Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Retrieved from <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.html>
- Tavera, H., Rodríguez, J., & Pérez, M. (2005). Caracterización geotécnica de suelos para modelos sísmicos en el Perú. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 72(2), 45-60.
- Team Thomas. (2016, November 28). *Earthquake-resistant building materials for seismically sound structures*. Thomas Publishing Company. Retrieved from <https://blog.thomasnet.com/earthquake-resistant-building-materials>
- Torres Landa López, A. (2010). Infraestructura educativa y nuevos modelos educativos en el siglo XXI. *Apertura*, 12(1), 1-15.
- Trochim, W. M. (2006). *Research methods knowledge base* (2nd ed.). Atomic Dog Publishing.
- Vargas, L. M. (2022). Metodología para la evaluación sísmica rápida de edificaciones escolares en México [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. TESIUNAM.
- Viera, A. P. (2004). *Diseño Sísmico Basado en Desempeño de Edificios de Hormigón Armado* (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16333.72164>
- Wieggers, K. (2003). *Software Requirements*, 2nd Edition. Microsoft Press.

7. CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

	Pregunta de Investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables
Título “Evaluación del desempeño sísmico del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa mediante la metodología FEMA P-154”	¿Cómo es el desempeño sísmico del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa si aplicamos la metodología FEMA P-154?	“Evaluar del desempeño sísmico del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa mediante la metodología FEMA P-154”	Si aplicamos el Método FEMA P-154 al Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa, se determinará el desempeño sísmico del edificio educativo universitario.	Variable Independiente: <i>Edificio Educativo Universitario</i>
	¿En qué consiste la metodología FEMA P-154?	Aplicar el método FEMA P-154 al Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa	El Método FEMA P-154 se puede aplicar a cualquier edificación.	
	¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa?	Determinar la vulnerabilidad sísmica del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa mediante el método FEMA P-154	Si aplicamos la metodología FEMA P-154 se podrá conocer la vulnerabilidad sísmica del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa.	Variable dependiente: Desempeño sísmico
	¿Es posible realizar el reforzamiento del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa	Elaborar una propuesta de reforzamiento del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa	Si aplicamos la metodología FEMA P-154 se podrá elaborar una propuesta de reforzamiento del Pool de aulas de la Universidad Nacional del Santa.	

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	TÉCNICAS
Variable independiente <i>Edificación (Pool de Aulas)</i>	La edificación (Pool de Aulas) se a un conjunto de estructuras diseñadas para el uso educativo, en este caso, las aulas de la Universidad Nacional del Santa (UNS). Estas edificaciones están destinadas a proporcionar espacios adecuados para la enseñanza, características estructurales, y arquitectónicas. El tipo de materiales, el sistema constructivo y el estado de conservación son factores que determinan la vulnerabilidad sísmica de la edificación.	La edificación (Pool de Aulas) se opera a partir de la observación directa y la recolección de información acerca de las características físicas y estructurales del conjunto de aulas. Esto incluye el tipo de sistema estructural utilizado, la antigüedad del edificio, las irregularidades en el diseño estructural, las condiciones del suelo y elementos estructurales. Cada uno de estos elementos se evalúa para determinar su influencia en los hechos sísmico de las estructuras.	Sistema estructural	Tipo de sistema estructural utilizado (concreto armado, albañilería, etc.)	Fórmula de Inspección FEMA P-154	Observación
			Elementos no estructurales	Existencia de componentes que incrementen la vulnerabilidad	Fórmula de Inspección FEMA P-154	Observación
			Cronología	Años desde la construcción	Registro de construcción	Análisis documental
			Irregularidad estructural	Presencia de irregularidades en planta o elevación.	Fórmula de Inspección FEMA P-154	Observación
			Condiciones del suelo	Clasificación del suelo Zonificación	Estudios de Mecánica de Suelos	Análisis documental
Variable dependiente: <i>Nivel de Vulnerabilidad</i>	El nivel de vulnerabilidad sísmica se define como el grado de susceptibilidad de una estructura a sufrir daños o colapsos durante un evento sísmico, determinado por sus características estructurales, constructivas y contextuales (FEMA, 2015). Es un indicador de la capacidad de un edificio para resistir los efectos de un terremoto.	El nivel de vulnerabilidad sísmica se mide a través de la puntuación final (S_{final}) la metodología FEMA P-154, los factores que evalúan los factores estructurales, y el entorno que afectan la respuesta sísmica de un edificio.	Puntuación estructural inicial	Valor inicial asignado según el tipo de sistema estructural.	Fórmula de Inspección FEMA P-154	Observación y cálculo
			Factores de modificación	Ajustes al puntaje inicial según antigüedad, irregularidades, y condiciones del suelo.		
			Puntuación final (S_{final})	Resultado final tras los factores de modificación.		

ANEXO 3: FICHAS FEMA 154

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

FEMA P-154 Data Collection Form

Level 1

MODERATE Seismicity

FOTOGRAFIA	Dirección: _____ Zip: _____
	Otros identificadores: _____
	Nombre del edificio: _____
	Uso: _____
	Latitud: _____ Longitud: _____
	Si: _____ S1: _____
	Inspector: _____ Fecha/Hora: _____
	Nº de Pisos: Sobre terreno: _____ Subterráneos: _____ Año Construido: _____ <input type="checkbox"/> EST
	Área total techada (m²): _____ Norma de diseño: _____
	Adiciones: <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Si, Año construidas: _____
Ocupación: <input type="checkbox"/> Asamblea <input type="checkbox"/> Comercio <input type="checkbox"/> Servicios de Emerg. <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Refugio <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> Industrial Oficina Educación <input type="checkbox"/> Gubernamental </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> Utilidades Almacén Residencial # de unidades _____ </div>	
ESQUEMA	Tipo de suelo: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> DNK <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Asumir suelo tipo D </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> Sólida Denso Rígido Blando Pobre </div>
	Peligros geológicos: Licuefacción: Si/No/DNK Derrumbes: Si/No/DNK Falla Geo.: Si/No/DNK
	Adyacentes: <input type="checkbox"/> Pounding <input type="checkbox"/> Riesgos de caída de edificios adyacentes
	Irregularidades: Vertical (tipo/severidad) _____ Planta (tipo) _____
	Riesgo de caída <input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Revestimiento o Enchapado pesado
	al exterior: <input type="checkbox"/> Parapetos <input type="checkbox"/> Apéndices
	<input type="checkbox"/> Otros: _____
	Comentarios
	<input type="checkbox"/> Esquemas o comentarios adicional en hojas separadas

PUNTUACION BASICA, MODIFICADORES Y PUNTUACION FINAL NIVEL 1, S _{L1}																		
TIPO DE EDIFICIO	NO SE SABE	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntuación Básica		5.1	4.5	3.8	2.7	2.6	3.5	2.5	2.7	2.1	2.5	2.0	2.1	1.9	2.1	2.1	1.7	2.9
Irregularidad Vertical Severa V _{L1}		-1.4	-1.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.4	-1.1	-1.2	-1.1	-1.2	-1.0	-1.1	-1.0	-1.1	-1.1	-1.0	NA
Irregularidad Vertical Moderada V _{L1}		-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Irregularidad de Planta P _{L1}		-1.4	-1.3	-1.2	-1.0	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	NA
Pre Norma		-0.3	-0.5	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.5
Post Benchmark		1.4	2.0	2.5	1.5	1.5	0.8	2.1	NA	2.0	2.3	NA	2.1	2.5	2.3	2.3	NA	1.2
Tipo De Suelo A O B		0.7	1.2	1.8	1.1	1.4	0.6	1.5	1.6	1.1	1.5	1.3	1.6	1.3	1.4	1.4	1.3	1.6
Tipo De Suelo E (1-3 Pisos)		-1.2	-1.3	-1.4	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-0.7	-1.0	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.6	-0.9
Tipo De Suelo E (>3 Pisos)		-1.8	-1.6	-1.3	-0.9	-0.9	NA	-0.9	-1.0	-0.8	-1.0	-0.8	NA	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	NA
Puntuación Mínima S _{UBM}		1.6	1.2	0.9	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.5

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 1 $S_{L1} \geq S_{MIN}$:		
<div> <div> EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN Exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aérea Interior: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingreso Revisión de planos: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: _____ Fuente de peligros geológicos: _____ Contacto: _____ </div> <div> OTROS PELIGROS ¿Hay Peligros Que Provoquen Una Evaluación Estructural Detallada? <input type="checkbox"/> Pounding (a menos que S_{L2} > puntuación de corte, si es conocida) <input type="checkbox"/> Riesgo de caída de un edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/> Peligro geológico o suelo tipo F <input type="checkbox"/> Daño/deterioración significativa de los sistemas estructurales </div> <div> ACCIONES REQUERIDAS ¿Evaluación Estructural Detallada? <input type="checkbox"/> Si, tipo de estructura desconocida <input type="checkbox"/> Si, puntuación menor que la puntuación de corte <input type="checkbox"/> Si, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No ¿Evaluación Estructural Detallada Recomendada? [seleccione una] <input type="checkbox"/> Si, peligros no estructurales identificados que deben evaluarse <input type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada <input type="checkbox"/> No, no se identificó peligros no estructurales <input type="checkbox"/> DNK </div> </div>		
<div> <div> ¿SE REALIZÓ EL NIVEL 2 DE REVISIÓN? <input type="checkbox"/> Si, Puntuación del nivel 2 S_{L2}: _____ <input type="checkbox"/> No ¿Peligros no estructurales? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No </div> <div> Donde la información no puede ser verificada por el inspector se debe anotar EST= Estimado o Información no confiable <input type="checkbox"/> DNK= No se sabe </div> </div>		

<p> Legenda: MRF = Pórtico Resistente a Momentos BR = Pórticos Arriostrados </p>	<p> RC = Concreto Armado SM = Muro Cortante </p>	<p> URM INF = Tabiquería No Reforzada TU = Muros Tilt Up </p>	<p> MH = Prefabricado LM = Metal Ligero </p>	<p> FD = Diafragma Flexible RD = Diafragma Rígido </p>
---	---	--	---	---

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

FEMA P-154 Data Collection Form

Level 2 (Opcional)

MODERATE Seismicity

El nivel 2 debe ser realizado por un ingeniero civil, arquitecto o estudiante universitario con conocimientos en evaluación sísmica o diseño de edificaciones

Nombre del edf.	Puntuación Final Nivel 1	$S_{L1} =$	(no considere S_{MIN})
Inspector	Modificadores de Irregularidad Nivel 1	Irregularidad Vertical $V_{L1} =$	Irregularidad de Planta $P_{L1} =$
Fecha/Hora	Puntuación Base Ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES A AGREGAR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA				
Tipo	Enunciado (si es verdadero, encierre en un círculo los modificadores "sí"; de lo contrario, tache los modificadores)		Si	Subtotal
Irregularidad Vertical V_{L2}	Terreno	Estructura W1: hay al menos un cambio de nivel de piso completo de un lado del edificio al otro.	-1.4	$V_{L2} =$ (max = -1.4)
	Inclinado	Estructura no W1: hay al menos un cambio de nivel de piso completo de un lado del edificio al otro.	-0.4	
		Estructura W1 con "cripple wall": una "cripple wall" sin refuerzo es visible en el "crawl space".	-0.7	
	Piso débil y/o suave (seleccione solo una)	Vivienda W1 sobre garaje: debajo de un piso ocupado, hay una abertura de garaje sin un marco de acero y hay menos de 20 cm de pared (para varios pisos ocupados arriba, use 40 cm de pared como mínimo).	-1.4	
		Estructura W1A frente abierto: Hay aberturas en la planta baja (como para el estacionamiento) en al menos el 50% de la longitud del edificio.	-1.4	
	Retiros	Estructura no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.	-1.1	
		Estructura no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.6	
		La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que la de pisos inferiores, lo que hace que el diafragma este en voladizo.	-1.2	
	Columna/ Muro corto	La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es menor que la de pisos inferiores.	-0.6	
		Hay un desplazamiento, mayor que la longitud de los elementos, en el plano de los elementos laterales.	-0.4	
C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o muros) a lo largo de una línea de columnas en el sistema lateral tienen una esbeltez inferior al 50% de la esbeltez nominal en ese nivel.		-0.5		
Otros	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o el ancho del muro) es menos de la mitad de la altura de los alfeizar, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0.5		
	Entrepiso	Hay un piso intermedio entre dos pisos o en el techo.	-0.6	
	Irregularidad	Existe otra irregularidad vertical severa observable que obviamente afecta el desempeño sísmico.	-1.2	
	Existe otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar el desempeño sísmico.	-0.6		
Irregularidad de Planta P_{L2}	Irregularidad torsional: el sistema lateral no parece relativamente bien distribuido en planta en una o ambas direcciones. (No considere la irregularidad del frente abierto W1A enumerada anteriormente).	-1.0	$P_{L2} =$ (max = -1.4)	
	Sistema no paralelo: hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.5		
	Esquinas entrantes: Las dimensiones en ambas direcciones superan el 25% de la correspondiente dimensión total en planta.	-0.5		
	Abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma de ancho superior al 50% del ancho total del diafragma.	-0.3		
	Desplazamiento fuera del plano estructuras C1, C2: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.	-0.4		
	Otra irregularidad: Existe otra irregularidad observable en el plano que obviamente afecta el desempeño sísmico.	-1.0		
Redundancia	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales a cada lado del edificio en cada dirección.		+0.4	
Pounding	El edificio está separado de una estructura adyacente por menos del 0.25% de la altura del edificio más corto y:	Los pisos no se alinean verticalmente dentro de los 2 pies.	(Limita los modificadores a -1.4)	-1.2
		Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro.	-1.2	
		El edificio está al final del bloque.	-0.6	
Estructura S2	Arriostramiento tipo K es visible		-1.2	
Estructura C1	La losa plana sirve como viga en el pórtico de momento.		-0.5	
Estructura PC1/RM1	Hay ataduras de techo a pared que son visibles o conocidas por los planos que no se basan en la flexión transversal. (No combinar con modificadores "Post benchmark" o de Refuerzo Antisísmico).		+0.4	
Estructura PC1/RM1	El edificio tiene paredes interiores de altura completa estrechamente espaciadas (en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén).		+0.4	
URM	Hay muros a dos aguas.		-0.5	
MH	Hay un sistema de refuerzo sísmico suplementario proporcionado entre el módulo y el suelo.		+1.2	
Refuerzo Antisísmico	Refuerzo Antisísmico es visible o conocida por los planos.		+1.4	
				M =

PUNTUACION FINAL NIVEL 2, $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$: (Pasará a ficha Nivel 1)

Hay daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente el desempeño sísmico del edificio: ☐ Sí ☐ No
 Describa la condición en el cuadro de comentarios e indique en el formulario de Nivel 1 que se requiere una evaluación detallada

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				
Ubicación	Enunciado (marque "Sí" o "No")	Sí	No	Comentario
Exterior	Hay un parapeto o una chimenea de mampostería no reforzada sin arriostamiento			
	Hay revestimiento o enchapado pesado			
	Hay canopia sobre las puertas de salida o los pasillos peatonales que parece no tener el apoyo adecuado.			
	Hay un apéndice de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o los pasillos peatonales.			
	Hay un letrero en el edificio que indica la presencia de materiales peligrosos.			
	Hay un edificio adyacente más alto con un muro sin anclaje o un parapeto o chimenea sin refuerzo.			
Interior	Otro peligro de caída no estructural observado en el exterior:			
	Hay tabiques huecos de ladrillos o baldosas de arcilla en cualquier escalera o pasillo de salida.			
Otro peligro de caída no estructural observado en interiores:				
Desempeño sísmico no estructural estimado (marque la casilla correspondiente y transfíralo al nivel 1 del formulario de conclusiones)				
<input type="checkbox"/> Posibles riesgos no estructurales con amenaza significativa a la seguridad de los ocupantes → Se recomienda una evaluación no estructural detallada				
<input type="checkbox"/> Riesgos no estructurales identificados con amenaza significativa a la seguridad de los ocupantes → No se requiere una evaluación no estructural detallada				
<input type="checkbox"/> Riesgo no estructural bajo o nulo para la seguridad de los ocupantes → No se requiere una evaluación no estructural detallada				

Comentarios

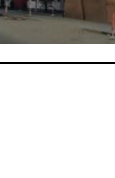
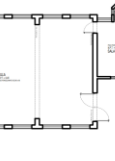
ANEXO 4: TRABAJO DE CAMPO CON FICHAS FEMA 154

Anexo 4. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Nivel 1

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154


Muy alta sismicidad

100 FOTOGRAFIA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE		101 DATOS DE EDIFICACION	
 		Nombre de la Edificación: POOL DE AULAS, PABELLON "A"	
		Dirección: Av. Universitaria S/N Urb. Bellamar	
		Distrito: Nuevo Chimbo, Provincia Santa, Departamento Ancash	
		Sitio de referencia: Campus I	
		Tipo de uso: Educativo	
		Código Postal: 02711	
		Latitud: 9° 17' S	
		Longitud: 78° 30' 46" O	
		Zona: 1755 107B (Norte): 898,000 m	
		Altitud: 110 m	
111 DATOS DEL PROFESIONAL		112 Nombre del evaluador: Janet Verónica Saavedra Vera	
113 Cédula del evaluador: 52964440		115 Fecha: 01.03.2024	
114 Registro SGECCV: 116		116 Hora: 15:30hs	
117 DATOS DE CONSTRUCCION		118 Número de Pisos: 5	
119 Sobre el Suelo: 15		120 Bajo el Suelo: 0	
121 Año de construcción: 1993		122 Área de Construcción: 1	
123 Código Año: 1977		124 Año(s) Remodelación: 0	
125 Adiciones: Ninguna <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>		126 Número de Predio: 1	
127 Clave Catastral: 128		129 Clave Catastral: 128	
200 OCUPACION:		201 Asambleas: Comercial	
202 Industria: Oficina		203 Servicio de Emergencia: x	
203 Utilidad: Almacén		204 Residencial #:	
203A Histórico: Albergue		205 Público:	
204 TIPO DE SUELO:		204A A B C D E F DNK	
204B Roca Dura		204C Roca Débil	
204D Suelo Denso		204E Suelo Blando	
204F Suelo Pobre		204G Suelo DNK	
205 RIESGOS GEOLOGICOS		206 Licuefacción: Deslizamiento: Ruptura de Superficie:	
206 SI		207 SI	
206B NO		207B NO	
206C DNK		207C DNK	
207 Adyacencia		207A Golpes	
207B Peligro de caída del Edificio Adyacente		208 Irregularidades:	
208A NO Elevación (Tipo/severidad)		208B SI Planta (Tipo) LEVE	
209 Peligro de Caída Exteriores		209A Chimeneas sin soporte lateral	
209B Reves, Pesado o de chapa de madera pesada		209C Otros	
209D Apéndices		209E Parapetos	
210 COMENTARIOS			
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION		Dibujos o comentarios en una página aparte	
300 TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL		301 Porticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos	
302 Porticos de Madera Livianos múltiples unidades, multiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2		303 Porticos de madera para edificios comerciales e industriales con un área de piso mayor a 500m2	
304 Pórtico Acero Laminado (Pórtico Resistente a Momento)		305 Pórtico Acero Laminado con diagonales	
306 Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío		307 Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón	
308 Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque		309 Pórtico Hormigón Armado	
310 Pórtico H. Armado con muros de corte		311 Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo	
312 Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)		313 Portico de H. Armado prefabricados	
314 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles		315 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos	
316 Edificios de Mampostería no reforzada		317 Vivienda prefabricada	
400 PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1		401 PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)	
402 PUNTAJE BÁSICO		403 IRREGULARIDADES	
403A Irregularidad vertical Grave, VL1		403B Irregularidad vertical Moderada, VL1	
403C Irregularidad en planta, PL1		404 CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN	
405 Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción		405B Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	
405C Post código moderno (construido a partir de 2015)		406 SUELO	
406A Suelo Tipo A o B		406B Suelo Tipo D	
406C Suelo Tipo E (1-3Pisos)		406D Tipo de suelo E (>3 Pisos)	
407 Puntaje Mirmo		408 PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMIN	
500 GRADO DE REVISIÓN		501 Exterior:	
502 Interior:		503 Planos revisados:	
504 Fuente del Tipo de suelo: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS		505 Fuente del Peligro Geológico: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
506 Personas de Contacto:		507 Celular:	
508 Correo:		509	
600 OTROS RIESGOS:		601 Golpeo Potencial (a menor que SL2=limite, si es conocido)	
602 Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos		603 Riesgo geológico o tipo de Suelo F	
604 Daño significativo/deterioro del sistema estructural		700 ACCIÓN REQUERIDA:	
701 Si, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio		702 Si, puntaje menor que el limite	
703 Si, otros peligros presentes		704 NO	
705 Si, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados		706 No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada	
707 No, no se identifican peligros no estructurales		708 DNK= no conoce	
709		710	
711		712	
713		714	
715		716	
717		718	
719		720	
721		722	
723		724	
725		726	
727		728	
729		730	
731		732	
733		734	
735		736	
737		738	
739		740	
741		742	
743		744	
745		746	
747		748	
749		750	
751		752	
753		754	

Nivel 1

Muy alta sismicidad

101 FOTOGRAFIA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE



ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN

102 DATOS DE LA EDIFICACIÓN:

102 Nombre de la Edificación: POOL DE AULAS, BLOQUE A

103 Dirección: Av. Universitaria S/N Urb. Bellamar

104 Sitio de referencia: Distrito Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Departamento Ancash

105 Tipo de uso: Educativo

106 Latitud: 9° 17' S

107 Zona: 1755

107B Norte: 896,000 m

108 Longitud: 78° 30' 46" O

108A Este: 226,000 m

109 S: 0.2

110 S1: 1.0

111 DATOS DEL PROFESIONAL

112 Nombre del evaluador: Janet Verónica Saavedra Vera

113 Cédula del evaluador: 32964440

115 Fecha: 01.03.2024

114 Registro SENESCYT: 116 Hora: 15:30hs

117 DATOS DE CONSTRUCCIÓN

118 Número de Pisos: 5

119 Sobre el Suelo: 5

120 Bajo el Suelo: 0

121 Año de construcción: 1993

122 Área de Construcción: 0

123 Código Año: 1977

124 Año(s) Remodelación: 0

124 Adiciones: Ninguna

125 Número de Predio: 0

126 Clave Catastral: 0

200 OCUPACIÓN:

201 Asambleas: Comercial

202 Industria: Oficina

203 Utilidad: Almacén

203A Histórico: Albergue

204 TIPO DE SUELO:

204A A: Roca Dura

204B B: Roca Dócil

204C C: Suelo Dens

204D D: Suelo Duro

204E E: Suelo Blando

204F F: Suelo Pobre

204G G: S1 DNK

204H H: S1 DNK

204I I: S1 DNK

204J J: S1 DNK

204K K: S1 DNK

204L L: S1 DNK

204M M: S1 DNK

204N N: S1 DNK

204O O: S1 DNK

204P P: S1 DNK

204Q Q: S1 DNK

204R R: S1 DNK

204S S: S1 DNK

204T T: S1 DNK

204U U: S1 DNK

204V V: S1 DNK

204W W: S1 DNK

204X X: S1 DNK

204Y Y: S1 DNK

204Z Z: S1 DNK

205 RIESGOS GEOLOGICOS

206 Licuación: SI

206A SI

206B NO

206C DNK

206D SI

206E NO

206F DNK

206G SI

206H NO

206I DNK

206J SI

206K NO

206L DNK

206M SI

206N NO

206O DNK

206P SI

206Q NO

206R DNK

206S SI

206T NO

206U DNK

206V SI

206W NO

206X DNK

206Y SI

206Z NO

206A SI

206B NO

206C DNK

206D SI

206E NO

206F DNK

206G SI

206H NO

206I DNK

206J SI

206K NO

206L DNK

206M SI

206N NO

206O DNK

206P SI

206Q NO

206R DNK

206S SI

206T NO

206U DNK

206V SI

206W NO

206X DNK

206Y SI

206Z NO

207 Adyacencia

207A Golpes

207B Peligro de caída del Edificio Adyacente

208 Irregularidades:

208A NO Evacuación (Tipo/severidad)

208B SI Planta (Tipo) LEVE

209 Peligro de Caída Exteriores

209A Chimeneas sin soporte lateral

209B Reves. Pesado o de chapa de madera pesada

209C Otros

209D Apéndices

209E Parapetos

210 COMENTARIOS

210 Comentarios

300 TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

301 Porticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos

302 Porticos de madera Livianos múltiples unidades, multiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2

303 Porticos de madera para edificios comerciales e industriales con un area de piso mayor a 500m2

304 Pórtico Acero Laminado (Portico Resistente a Momento)

305 Pórtico Acero Laminado con diagonales

306 Pórtico Acero Liviano o Conformado en frio

307 Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón

308 Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque

309 Pórtico Hormigón Armado

310 Pórtico H. Armado con muros de corte

311 Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo

312 Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)

313 Portico de H. Armado prefabricados

314 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles

315 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos

316 Edificios de Mampostería no reforzada

317 Vivienda prefabricada

400 PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1

401 PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)

402 PUNTAJE BÁSICO

403 IRREGULARIDADES

403A Irregularidad vertical Grave,VL1

403B Irregularidad vertical Moderada,VL1

403C Irregularidad en planta, PL1

404 CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN

405A Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción

405B Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)

405C Post código moderno (construido a partir de 2015)

406 SUELO

406A Suelo Tipo A o B

406B Suelo Tipo D

406C Suelo Tipo E (1-3Pisos)

406D Tipo de suelo E (>3 Pisos)

407 Puntaje Mínimo

408 PUNTAJE FINAL NIVEL 1,SL1 > MIN

500 GRADO DE REVISIÓN

501 Exterior:

502 Interior:

503 Planos revisados:

504 Fuente del Tipo de suelo: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

505 Fuente del Peligro Geológico: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

506 Personas de Contacto:

507 Celular:

508 Correo:

600 OTROS RIESGOS:

601 Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?

601 NO Golpeo Potencial (a menor que SL2>límite, si es necesario)

602 Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos

603 Riesgo geológico o tipo de Suelo F

604 Daño significativo/deterioro del sistema estructural

700 ACCIÓN REQUERIDA:

701 Requiere evaluación estructural detallada?

701 SI, tipo de edificación FEMA desonido u otro edificio

702 SI, puntaje menor que el límite

703 SI, otros peligros presentes

704 NO

Evaluación no estructural detallada recomendada? (merque con una x)

705 SI, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

706 No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

707 No, no se identifican peligros no estructurales

708 DNK= no conoce

800 OBSERVACIONES:

800 Observaciones

FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN

Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition. FEMA & NEHRP report, ATC, California

Modificado: Diciembre, 2021

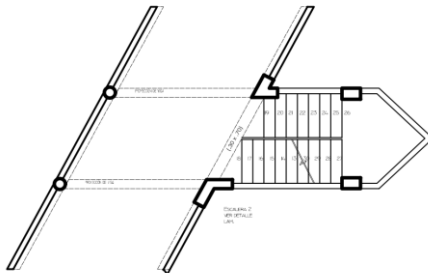
Anexo 4. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Nivel 1

Muy alta sismicidad

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

100 FOTOGRAFIA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE



ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN

101 DATOS EDIFICACIÓN

102	Nombre de la Edificación:	POOL DE AULAS, Escalera Pool B		
103	Dirección:	Av. Universitaria S/N Urb. Bellamar		
104	Sitio de referencia:	Campus I	105	Código Postal
106	Tipo de uso:	Educativo	107	Código Postal
107	Latitud: 9° 17' S	108	Longitud:	78° 30' 46" O
107A	Zona: 175S	107B	Norte:	898,000 m
109	Sa: 0.2	110	S1:	1.0

111 DATOS DEL PROFESIONAL

112	Nombre del evaluador:	Janet Verónica Saavedra Vera		
113	Cédula del evaluador:	32964440	115	Fecha:
114	Registro SENESCYT	116	Hora:	15:30hs

117 DATOS CONSTRUCCIÓN

118	Número de Pisos:	5	120	Bajo el Suelo:	0
119	Sobre el Suelo:	1993	122	Área de Construcción:	0
121	Año de construcción:	1977	124	Área Remodelación:	0
123	Código Año:	1977	125	Número de Predio:	
124	Adiciones:	Ninguna	126	Clave Catastral:	

200 OCUPACION:

201	Asambleas	Comercial	Servicio de Emergencia	
202	Industria	Oficina	Educación	x
203	Utilidad	Almacén	Residencial #	
203A	Histórico	Albergue	Público	

204 TIPO DE SUELO:

204A	A	B	C	D	E	F	DNK
204B	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	SI DNK
204C	Dura	Débil	Denso	Duro	Blando	Pobre	Asumi tipo D

205 RIESGOS GEOLOGICOS

206	Licuefacción:	Deslizamiento:	Ruptura de Superficie:
206A	SI	SI	SI
206B	NO	NO	NO
206C	DNK	DNK	DNK

207 Adyacencia

207A	Golpes	207B	Peligro de caída del Edificio Adyacente
------	--------	------	---

208 Irregularidades:

208A	NO	Elevación (Tipo/severidad)
208B	SI	Planta (Tipo) LEVE

209 Peligro de Caída Exteriores

209A	Chimeneas sin soporte lateral	209D	Apéndice
209B	Reves. Pesado o de chapa de madera pesada	209E	Parapetos
209C	Otros		

210 COMENTARIOS

Dibujos o comentarios en una página aparte

TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
301	Porticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos																
302	Porticos de madera Livianos múltiples unidades, múltiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2	W1A															
303	Porticos de madera para edificios comerciales e industriales con un área de piso mayor a 500m2	W2															
304	Pórtico Acero Laminado (Pórtico Resistente a Momento)	S1															
305	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2															
306	Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío	S3															
307	Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón	S4															
308	Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque	S5															
309	Pórtico Hormigón Armado																
310	Pórtico H. Armado con muros de corte																X
311	Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo																
312	Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)																PC1
313	Pórtico de H. Armado prefabricados																PC2
314	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles																RM1
315	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos																RM2
316	Edificios de Mampostería no reforzada																URM
317	Vivienda prefabricada																MH

PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1

	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
401	PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)																
402	PUNTAJE BÁSICO	2.1	1.9	1.8	1.5	1.40	1.6	1.4	1.2	1	1.2	0.9	1.1	1	1.1	1.1	1.1
403	IRREGULARIDADES																
403A	Irregularidad vertical Grave, VL1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA
403B	Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
404C	Irregularidad en planta, PL1	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	NA
405	CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN																
405A	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0
405B	Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
405C	Post código moderno (construido a partir de 2015)	1.9	1.9	2	1	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	0.5
406	SUELO																
406A	Suelo Tipo A o B	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1
406B	Suelo Tipo D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
406C	Suelo Tipo E (1-3Pisos)	0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0
406D	Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0
407	Puntaje Mínimo	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1
408	PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMIN																

500 GRADO DE REVISIÓN

Exterior:

☐ Parcial ☒ Todos los Lados ☐ Aéreo

502 Interior:

☐ Ninguno ☒ Visible ☐ Completo

503 Planos revisados:

☒ SI ☐ No

504 Fuente del Tipo de suelo: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

505 Fuente del Peligro Geológico: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

506 Personas de Contacto:

Celular:

Correo:

600 OTROS RIESGOS:

Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?

☒ NO Golpeo Potencial (a menor que SL2>límite, si es necesario)

☒ NO Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos

☒ NO Riesgo geológico o tipo de Suelo F

☒ NO Daño significativo/deterioro del sistema estructural

700 ACCIÓN REQUERIDA:

Requiere evaluación estructural detallada?

☐ SI, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio

☐ SI, puntaje menor que el límite

☐ SI, otros peligros presentes

☒ NO

Evaluación no estructural detallada recomendada? (marque con una x)

☐ SI, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

☐ No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

☒ No, no se identifican peligros no estructurales

☐ DNK= no conoce

Cuando los datos no pueden ser verificados, el inspector deberá anotar lo siguiente: EST=Estimado o dato no fiable O DNK= No conoce

800 OBSERVACIONES

FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN

Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition. FEMA & NEHRP

report, ATC, California

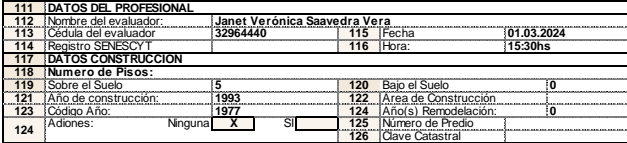
Modificado: Diciembre, 2021

SHEP-MIDUVI

Nivel 1

Muy alta sismicidad

101	DATOS EDIFICACION
-----	-------------------



200	OCUPACION:			
201	Asambleas	Comercial	Servicio de Emergencia	
202	Industria	Oficina	Educación	x
203	Utilidad	Almacén	Residencial #	
203A	Histórico	Albergue	Público	

204	TIPO DE SUELO:									
204A	A	B	C	X	D	E	F	DNK		
204B	Roca Dura	Roca Débil	Suelo Denso	Suelo Duro		Suelo Blando	Suelo Pobre	Si DNK		
204C										ASumir tipo D
205	RIESGOS GEOLÓGICOS									

RIESGOS GEOLÓGICOS						
206	Licuefacción:		Deslizamiento:		Ruptura de Superficie:	
206A	SI		SI		SI	
206B	NO	x	NO	x	NO	x
206C	DNK		DNK		DNK	

207	Adyacencia	
207A	Golpes	207B Peligro de caída del Edificio Adyacente

208		Irregularidades:	
208A	NO	Elevación (Tipo/severidad)	
208B	SI	Pantalla (Tipo)	LEVE

209 / Peligro de Caída Exteriores			
209A	<input type="checkbox"/>	Chimeneas sin soporte lateral	209D <input type="checkbox"/> Apéndices
209B	<input type="checkbox"/>	Reves. Pesado o de chapa de madera pesada	209E <input type="checkbox"/> Parapetos
209C	<input type="checkbox"/>	Otros	

210	COMENTARIOS
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; display: inline-block;"></div> Dibujos o comentarios en una página aparte	

800 OBSERVACIONES

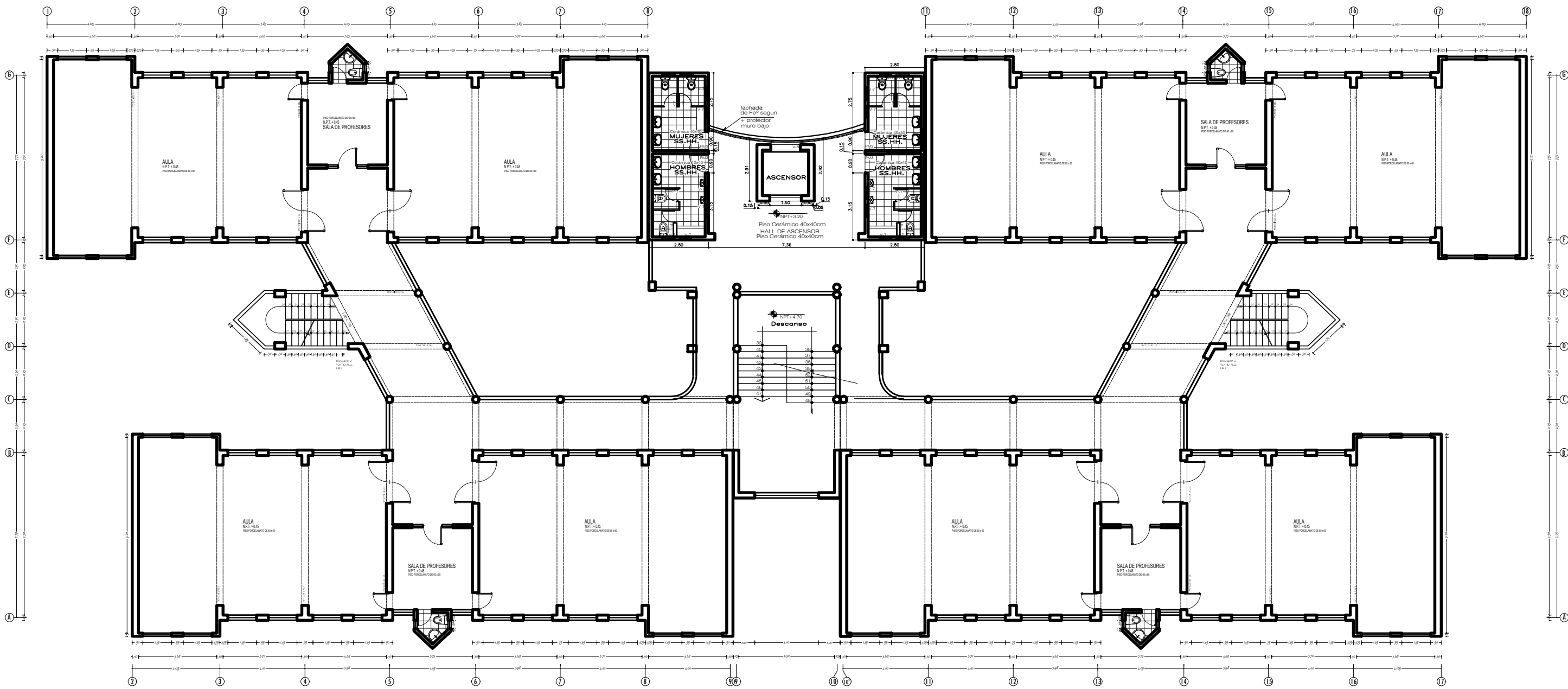
Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook, 3th edition. FEMA & NEHRP report, ATC, California
Modificado: Diciembre, 2021

SHEP-MIDUVI

ANEXO 5: GUÍA DE ANALISIS DOCUMENTAL

Documento	Aspectos clave	Hallazgos principales	Observaciones
Expediente técnico “Culminación Pool de Aulas de la Universidad Nacional del Santa”	Tipo de sistema estructural utilizado (concreto armado, albañilería, etc.)	Concreto Armado	Planos, Anexo 7
	Años desde la construcción y normativas aplicadas		
	Número de pisos y altura total	5 pisos	Planos, Anexo 7
	Presencia de irregularidades en planta o elevación.		Planos, Anexo 7
	Tipo de sistema estructural utilizado (concreto armado, albañilería, etc.)	aporticado	Planos, Anexo 7
	Uso actual del edificio	Educación	
Estudio de geotecnia y mecánica de suelos proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Enseñanza Práctica de los Laboratorios de Estudios Generales de la Universidad Nacional del Santa, Distrito de Nuevo Chimbote – Provincia del Santa, Departamento de Ancash”	Condiciones del terreno y tipo de suelo	Tipo de suelo	Estudio de Mecánica de Suelos proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Enseñanza Práctica de los Laboratorios de Estudios Generales de la Universidad Nacional del Santa, Distrito de Nuevo Chimbote – Provincia del Santa, Departamento de Ancash”

ANEXO 6: PLANOS



DA&U
DISEÑO, ARTE, ARQUITECTURA Y URBANISMO

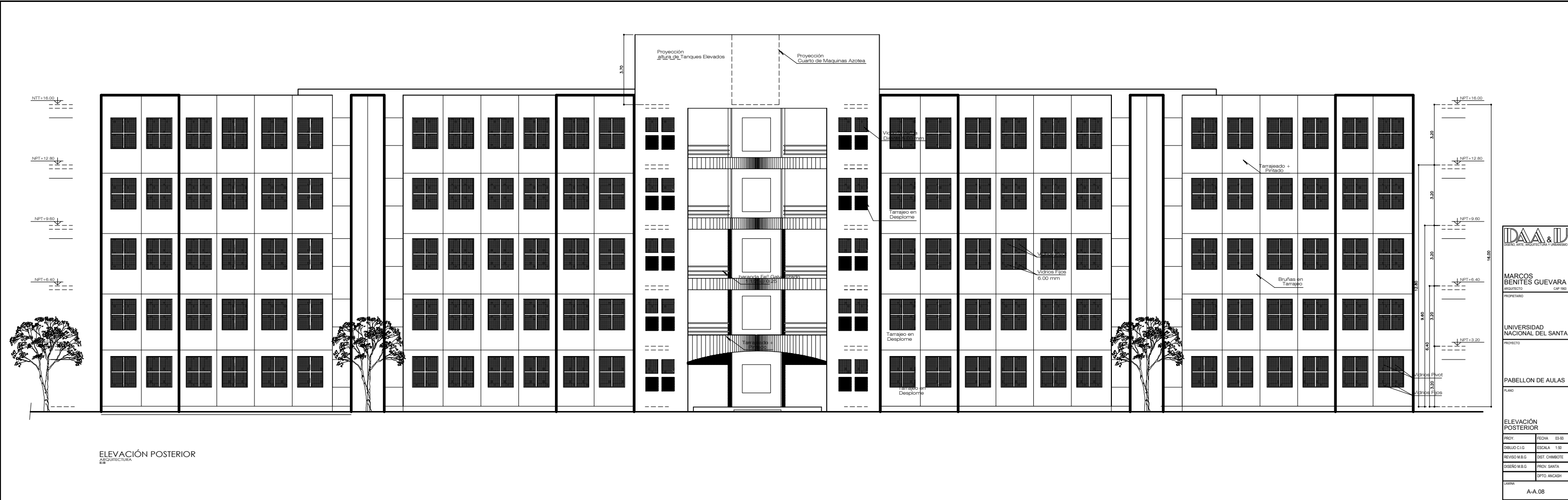
MARCOS BENITES GUEVARA
CAP 192
ARQUITECTO
PROPIETARIO

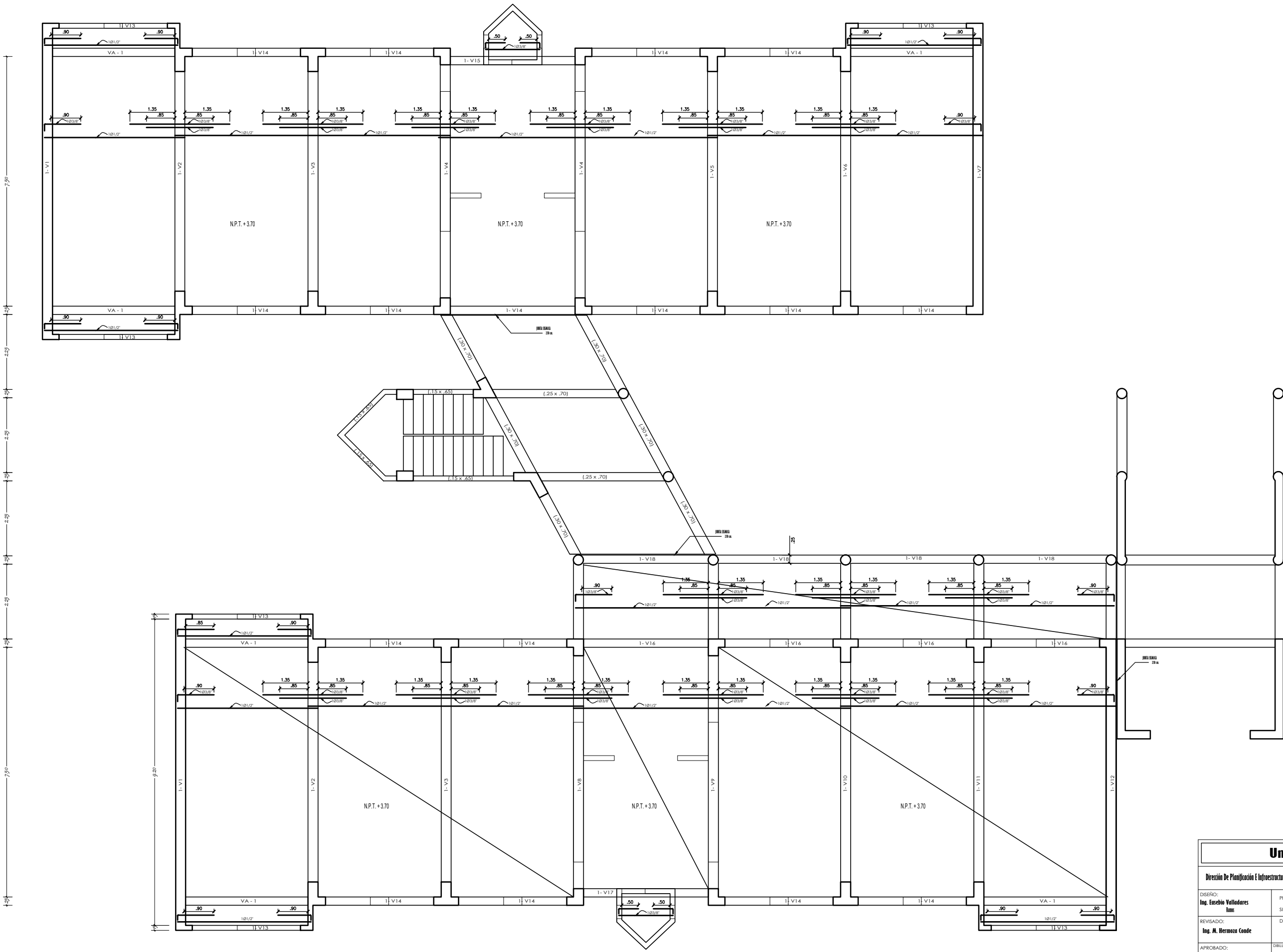
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
PROYECTO

PABELLON DE AULAS
PLANO

DISTRIBUCIÓN PRIMER PISO

PROY.	FECHA
DISEÑO C.I.G.	ESCALA 1:50
REVISÓ M.B.G.	DIST. CHIMBOTE
DISEÑO M.B.G.	PROY. SANTA
LABORA	DPTO. ANCASH





Universidad Nacional Del Santa				
Dirección De Planificación E Infraestructura Física				
DISEÑO: Ing. Eusebio Valladares Rm	PROYECTO: PABELON DE AULAS SUB-PROYECTO: BLOQUES "A & B"		PLANO N°	
REVISADO: Ing. M. Hermosa Coade	DESCRIPCIÓN: Estructura: TECHO ALIGERADO 1º PISO		E-05	
APROBADO: Ing. M. Hermosa Coade	DIBUJO: H. PALMA LAOS REG. GRAN CHAVIN	ESCALAS: 1/50 PROV. DEL SANTA	FECHA: FEBRERO - 1992 DISEÑO: CHIMBOTE	