

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN SÍSMICA VISUAL RÁPIDA POR EL MÉTODO
FEMA 154 DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ENRIQUE
PAILLARDELLE, TACNA, 2023”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. JOSEPH JUAN PABLO ROMANÍ ESPILLICO

Bach. DENISSE PRISILLA VILLACA PACO

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN SÍSMICA VISUAL RÁPIDA POR EL MÉTODO
FEMA 154 DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ENRIQUE
PAILLARDELLE, TACNA, 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 14 de diciembre de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : Mtro. MILTON CESAR GORDILLO MOLINA

VOCAL : Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

ASESOR : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Joseph Juan Pablo Romaní Espillico y Denisse Prisilla Villaca Paco, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 71399286 y 73689145 respectivamente, así como Giancarlo Javier Machaca Frias con DNI 70017976; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulada: “*Evaluación sísmica visual rápida por el método FEMA 154 de la institución educativa Enrique Paillardelle, Tacna, 2023*”, la cual presentamos para optar el Título de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis*, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 14 de diciembre de 2023



Joseph Juan Pablo Romani Espillico
DNI: 71399286



Denisse Prisilla Villaca Paco
DNI:73689145



Giancarlos Javier Machaca Frías
DNI: 70017976

DEDICATORIA

A mi madre América y a mi hermano Yelko, que gracias a ellos pude completar esta etapa y me dan los ánimos para poder superarme día a día. Gracias a los dos, esto es por ustedes y para ustedes. Los amo.

Joseph Juan Pablo Romaní Espillico

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos. Por sus sacrificios, enseñanzas y apoyo constante. Cada uno de ustedes ha iluminado mi camino y ha dado significado a mi vida.

Denisse Prisilla Villaca Paco

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar en cada momento de mi vida, y permitir concluir lo que quiero como persona.

A mi asesor, Ing. Giancarlos Machaca Frias, por ayudar a poder desarrollar esta investigación.

A mi papá y a toda mi familia que estuvieron todo este tiempo al tanto del desarrollo de esto.

A mis docentes que, gracias a sus enseñanzas en las aulas, se pudo concretar una parte de este camino.

Joseph Juan Pablo Romaní Espillico

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes que han participado en mi formación profesional por su apoyo absoluto, enseñanza de conocimientos

A mis padres y hermanos, gracias por ser mi fuente de inspiración.

Denisse Prisilla Villaca Paco

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problema específico.....	2
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.3.1. Justificación científica.....	3
1.3.2. Justificación social.....	3
1.3.3. Justificación económica.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis general.....	4
1.5.2. Hipótesis específicas.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	6
2.1.3. Antecedentes locales.....	7
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Origen de los sismos.....	7
2.2.2. Sismicidad en Tacna.....	11

2.2.3.	Magnitud de un sismo	12
2.2.4.	Intensidad de un sismo.....	12
2.2.5.	Generalidades sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico	13
2.2.6.	Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad estructural sísmica....	16
2.2.7.	Método FEMA 154.....	17
2.2.8.	Evaluación por el método FEMA -154	18
2.2.9.	Procedimiento de inspección visual rápida	19
2.3.	Definición de términos	33
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		35
3.1.	Diseño de la investigación	35
3.2.	Acciones y actividades	35
3.3.	Materiales y/o instrumentos	35
3.4.	Población y/o muestra de estudio.....	35
3.5.	Operacionalización de variables	36
3.6.	Técnicas de procesamiento de datos	36
3.6.1	Técnicas	36
3.6.1.1.	Análisis documental	36
3.6.1.2.	Determinación de tipo de suelo.....	39
3.6.1.3.	Año de Construcción.....	41
3.6.1.4.	Características de la Estructuración de la Edificación.....	41
3.6.1.5.	Observación no estructurada	43
3.6.1.6.	Patologías en el Concreto de la Edificación	47
3.6.2.	Procedimiento y análisis de datos	50
3.6.2.1.	Objetivo específico 1	51
3.6.2.2.	Objetivo específico 2.....	51
3.6.2.3.	Objetivo específico 3.....	51
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		52
4.1.	Parámetros de la Evaluación	52
4.1.1.	Región de Sismicidad	52
4.1.2.	Irregularidad en altura	52
4.1.3.	Irregularidad en planta.....	53
4.1.4.	Tipología del sistema estructural	53
4.1.5.	Número de pisos de la edificación	53
4.1.6.	Año de la construcción	54
4.1.7.	Tipo de suelo.....	54
4.2.	Puntaje final "S"	55
4.2.1.	Pabellón "A"	55

4.2.2. Pabellón “B”	55
4.2.3. Pabellón “C”	55
4.2.4. Pabellón “D”	55
4.2.5. Pabellón “E”	55
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro escala de magnitud	12
Tabla 2. Cuadro escala de intensidad.....	13
Tabla 3. Factores de zona “Z”	15
Tabla 4. Regiones de sismicidad acorde con la aceleración espectral expuesta	20
Tabla 5. Parámetros de clasificación de los suelos.....	23
Tabla 6. Operacionalización de variables	36
Tabla 7. Velocidades de clase y sitio	40
Tabla 8. Velocidades de clase y sitio en Tacna	40
Tabla 9. Irregularidad en altura	52
Tabla 10. Irregularidad en planta	53
Tabla 11. Clasificación de Suelo de la Institución Educativa Enrique Paillardelle ...	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Geometría de la placa de Nazca (estructuras lineales o rasgos tectónicos) y subducción generalizada de la placa de Nazca bajo la Sudamericana.....	9
Figura 2. Áreas de ruptura de ruptura de los terremotos de 1868 y 1877	11
Figura 3. Mapa de zonificación sísmica del Perú	14
Figura 4. Ubicación de los datos generales de la edificación en el formato	21
Figura 5. Sección de selección de los modificadores de puntaje estructural.....	30
Figura 6. Ejemplo de irregularidades verticales	31
Figura 7. Ejemplo de irregularidades en planta.....	31
Figura 8. Ubicación de la Institución educativa Enrique Paillardelle.....	37
Figura 9. Mapa de zonificación sísmica del Perú	38
Figura 10. Formato de Recolección de Datos – Alta Sismicidad.....	39
Figura 11. Distribución de ambientes.....	42
Figura 12. Planimetría general.....	43
Figura 13. Pabellón “A” de la Institución Educativa Enrique Paillardelle	44
Figura 14. Pabellón “B” de la Institución Educativa Enrique Paillardelle	44
Figura 15. Pabellón “C” de la Institución Educativa Enrique Paillardelle	45
Figura 16. Pabellón “D” de la Institución Educativa Enrique Paillardelle	45
Figura 17. Pabellón “E” de la Institución Educativa Enrique Paillardelle	46
Figura 18. Verificación de dimensión de columna típica	46
Figura 19. Verificación de dimensión de Viga	47
Figura 20. Muro con desprendimiento de concreto	47
Figura 21. Fisuras de concreto en escaleras	48
Figura 22. Fisura de concreto transversal.....	48
Figura 23. Desprendimiento de concreto	49
Figura 24. Fisura de concreto transversal.....	49
Figura 25. Fisura de concreto transversal recubierta	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	65
Anexo 2. Formato FEMA	66
Anexo 3. Formato de evaluación pabellón “A”	67
Anexo 4. Formato de evaluación pabellón “B”	68
Anexo 5. Formato de evaluación pabellón “C”	69
Anexo 6. Formato de evaluación pabellón “D”	70
Anexo 7. Formato de evaluación pabellón “E”	71

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado "*Evaluación sísmica visual rápida por el método FEMA 154 de la institución educativa Enrique Paillardelle, Tacna, 2023*" es un estudio orientado a determinar la vulnerabilidad sísmica realizando una evaluación visual rápida por el método Fema 154, se ha optado por aplicar el Método FEMA 154, utilizado en Estados Unidos, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle. El problema general se centra en la factibilidad de realizar esta evaluación visual rápida. Los problemas específicos abordan la determinación de la vulnerabilidad sísmica, la aplicabilidad del enfoque cualitativo del método FEMA 154 y la evaluación del estado de conservación de los pabellones. La justificación destaca la necesidad de adoptar métodos internacionales ante la ausencia de enfoques locales, con implicaciones científicas, sociales y económicas. Los objetivos incluyen la realización de la evaluación sísmica y la determinación de la vulnerabilidad y el estado de conservación. Las hipótesis sugieren la factibilidad de la evaluación visual rápida mediante el método FEMA 154 en la I.E. Enrique Paillardelle. Los objetivos específicos incluyen la determinación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método FEMA 154, logrando detectar el nivel de vulnerabilidad a través de la aplicación del formato de recolección de datos, utilizando técnicas e instrumentos adecuados para la recolección de datos y siguiendo los lineamientos del manual del FEMA 154. Además, se pretende determinar el estado actual de conservación de los pabellones mediante observación y análisis documental, identificando características estructurales y patologías en la infraestructura. Se determinó que los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle poseen un sistema estructural de edificio de pórticos de concreto con la simbología C1 en el formato del FEMA 154, otorgándoles un puntaje inicial de 2,5. El número de pisos de la edificación coincide con esta tipología. En cuanto al año de construcción, se asoció al "Pre-código" debido a que los pabellones ya estaban construidos en 2013, antes del límite del año 2014 establecido por el Post-Benchmark del FEMA 154. Además, el tipo de suelo de la institución se clasifica como de clase C.

Palabras Clave: análisis; evaluación; vulnerabilidad sísmica; FEMA 154; institución educativa.

ABSTRACT

The research paper titled "*Rapid visual seismic evaluation by FEMA 154 method of Enrique Paillardelle educational institution, Tacna, 2023*" is a study aimed at determining seismic vulnerability through a quick visual assessment using the FEMA 154 method. The decision has been made to apply the FEMA 154 Method, used in the United States, to assess the seismic vulnerability of the pavilions of the Enrique Paillardelle Educational Institution. The general problem focuses on the feasibility of conducting this rapid visual assessment. Specific issues address the determination of seismic vulnerability, the applicability of the qualitative approach of the FEMA 154 method, and the evaluation of the conservation status of the pavilions. The justification emphasizes the need to adopt international methods in the absence of local approaches, with scientific, social, and economic implications. Objectives include the seismic assessment and determination of vulnerability and conservation status. Hypotheses suggest the feasibility of rapid visual assessment using the FEMA 154 method in the I.E. Enrique Paillardelle. Specific objectives include determining seismic vulnerability using the FEMA 154 method, detecting the level of vulnerability through the application of the data collection format, using appropriate techniques and instruments for data collection, and following the guidelines of the FEMA 154 manual. Additionally, it aims to determine the current conservation status of the pavilions through observation and documentary analysis, identifying structural features and pathologies in the infrastructure. It was determined that the pavilions of the Enrique Paillardelle Educational Institution have a structural system of concrete frame buildings with the C1 symbol in the FEMA 154 format, giving them an initial score of 2.5. The number of floors in the building aligns with this typology. Regarding the construction year, it was associated with the "Pre-code" as the pavilions were already built in 2013, before the 2014 deadline set by the FEMA 154 Post-Benchmark. Additionally, the soil type of the institution is classified as class C.

Keywords: analysis; evaluation; seismic vulnerability; FEMA 154; educational institution.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado “Evaluación Sísmica Visual Rápida por el Método FEMA 154 De La Institución Educativa Enrique Paillardelle, Tacna, 2023” aborda la comprensión y aplicación del MÉTODO FEMA 154 en los pabellones de la Institución Educativa mencionada para poder determinar si ésta necesita una posible intervención y pueda mejorar su respuesta frente a sismos de grandes magnitudes. Esta investigación brindará datos de este método usado en Estados Unidos para poder adecuarlo de alguna manera a nuestro país y tenerlo más en cuenta en futuras investigaciones con respecto a evaluaciones sísmicas. También incluirá el formato de evaluación que servirá como el principal indicador del estado sísmico actual de dichos pabellones.

Cinco capítulos componen la tesis. El problema se presenta en el Capítulo I, con su explicación, formulación, justificación, objetivos y hipótesis. El marco teórico, que explica los conceptos fundamentales del Método FEMA 154, se presenta en el Capítulo II. El marco metodológico se explica en el Capítulo III, incluyendo los elementos que sustentan el estudio: el tipo de investigación, el diseño, la población y la muestra. Los elementos que se desarrollaron en la ficha técnica de evaluación del método FEMA 154 se examinan en el Capítulo IV. Por último, el Capítulo V aborda los resultados de la investigación, junto con las conclusiones, sugerencias, referencias bibliográficas y los anexos del estudio.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El Perú se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona altamente activa en términos sísmicos, lo que aumenta significativamente la probabilidad de experimentar sismos de gran magnitud. En la ciudad de Tacna, el último gran terremoto registrado ocurrió en 2001, causando daños tanto materiales como humanos.

Para prevenir futuros daños sísmicos, es esencial llevar a cabo evaluaciones sísmicas de las estructuras que han carecido de un mantenimiento adecuado en estos años o que nunca han sido mantenidas. En Perú, no se ha desarrollado formalmente una metodología propia para realizar estas evaluaciones de manera rápida, sencilla y no invasiva.

Por lo tanto, hemos optado por utilizar el Método FEMA 154, ampliamente empleado en Estados Unidos, ya que proporciona una forma conveniente y rápida de obtener resultados sobre la vulnerabilidad sísmica de las estructuras.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es posible llevar a cabo una evaluación sísmica visual rápida de la I.E. Enrique Paillardelle utilizando el método FEMA 154?

1.2.2. Problema específico

- a. ¿Cómo determinar la vulnerabilidad sísmica por el método FEMA 154 de la Institución Educativa Enrique Paillardelle?
- b. ¿Cómo determinar el estado de conservación mediante la aplicación del método FEMA actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle?
- c. ¿Es posible utilizar el enfoque cualitativo del método FEMA 154 para evaluar los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle?

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación científica

La ausencia de métodos cualitativos propios del Perú para evaluar la vulnerabilidad sísmica es un indicativo para empezar a conocer y aplicar métodos que se usan en otras partes del mundo, como el FEMA 154 aplicado en Estados Unidos, lo cual nos brindará información sobre la efectividad de ésta.

1.3.2. Justificación social

Dependiendo del estado de las estructuras y edificaciones, los eventos sísmicos de gran magnitud pueden provocar pérdidas humanas y daños materiales. Para proponer medidas de mejora, refuerzo y reparación con el fin de prevenir dichas pérdidas y daños, es fundamental comprender la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

1.3.3. Justificación económica

Al ser rápida y visual, la evaluación sísmica del método FEMA 154 ahorra tiempo, materiales y equipos; además, al conocer los resultados, se pueden tomar medidas para mejorar el funcionamiento de la estructura analizada.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar una evaluación sísmica visual rápida de la I.E. Enrique Paillardelle utilizando el método FEMA 154.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Aplicar el enfoque cualitativo del método FEMA 154 para evaluar los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.
- b. Determinar la vulnerabilidad sísmica por método FEMA 154 de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.
- c. Determinar el estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La evaluación sísmica visual rápida utilizando el método FEMA 154 proporcionará percepciones valiosas sobre la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. El estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle presenta muchas patologías.
- b. La Institución Educativa Enrique Paillardelle presenta una vulnerabilidad sísmica que puede ser evaluada mediante el método FEMA 154.
- c. La aplicación del enfoque cualitativo del método FEMA 154 permitirá una evaluación efectiva de los pabellones en la Institución Educativa Enrique Paillardelle en relación con su vulnerabilidad sísmica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Morán (2016) en su tesis titulada "Aplicación de la Metodología FEMA-154 para la Evaluación de Daños Estructurales en Edificaciones luego de un Evento Sísmico" en Guayaquil, Ecuador, empleó la metodología del FEMA 154 para evaluar una vivienda de tres plantas en una zona de alta sismicidad. Durante el análisis de la vivienda, observaron irregularidades verticales causadas por diferencias en la altura de las columnas entre la planta baja y los pisos superiores, así como una irregularidad en planta debido a la forma en L de la losa de cubierta. Según la clasificación del FEMA 154, la vivienda fue considerada como una edificación tipo C3, la cual cuenta con una estructura de hormigón y paredes de relleno de mampostería no reforzada. Se calcularon los puntajes del nivel 1 y nivel 2, teniendo en cuenta los modificadores relacionados con las irregularidades, el tipo de suelo y la fecha de construcción. Al comparar estos puntajes con el valor mínimo establecido por el FEMA 154, determinó que la edificación requería una evaluación más detallada debido a que los puntajes obtenidos fueron inferiores al valor mínimo.

Carpeta (2014) en su tesis "Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de siete viviendas mediante cuatro metodologías en la ciudad de Bogotá", aplica cuatro metodologías con el propósito de evaluar y determinar el índice de vulnerabilidad sísmica. Tras obtener los resultados, se realizó un análisis exhaustivo mediante tablas y gráficas, donde se expusieron las vulnerabilidades asociadas a diferentes factores que influyen en la construcción de las viviendas, tales como la geometría, construcción, estructura, cimentación, suelo y entorno.

Vargas et al. (2018) en el artículo "Vulnerabilidad sísmica de viviendas unifamiliares en una zona urbano-residencial de Anconcito, Ecuador," se analiza la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la Zona 3 de Anconcito, utilizando el método FEMA 154 y considerando los criterios de diseño y estructura de la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-2015. La conclusión es que las viviendas en esta área no cumplen con los estándares de seguridad estructural requeridos para resistir un terremoto de magnitud superior a 8 en la escala de Richter. Por lo tanto, se buscan soluciones tanto

a nivel social como constructivo, proponiendo un diseño de vivienda unifamiliar con características sismorresistentes.

2.1.2. Antecedentes nacionales

García y Vásquez (2021) en su tesis “Métodos cualitativos vs métodos analíticos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica en una edificación tipo A. Comas-Lima-2021” en donde afirma que uno de los resultados más destacados de este estudio fue que tanto el método FEMA P-154 como los índices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini determinaron que el 100% de los pabellones evaluados presentan una alta vulnerabilidad y concluye que el estudio revela que los métodos cualitativos y analíticos indican una vulnerabilidad sísmica del 100% y 80% R en los módulos evaluados (A y B).

Enríquez (2018), en su tesis titulada “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, actualizada a la norma E-030”, se propuso evaluar la vulnerabilidad sísmica del Edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán. Este tipo de construcción se considera esencial según la norma Sismorresistente E.030 - 2016, dado que las universidades albergan a grandes grupos de personas durante largos periodos y pueden funcionar como refugio en caso de desastre. Para llevar a cabo esta evaluación, se empleó la metodología de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA).

Castro (2019), en su tesis titulada “Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura utilizando el método FEMA 154”, tiene como objetivo principal examinar los principios y criterios del procedimiento de inspección visual rápida (PIVR) propuesto por FEMA en 2002. El autor estudia los pabellones de la universidad y subraya que la etapa más crucial es la identificación del sistema estructural de cada edificio, logrando identificar aquellos pabellones que presentan vulnerabilidades.

López (2019) en su tesis "Evaluación del nivel de vulnerabilidad sísmica para edificaciones inspeccionadas con la planilla ATC 21 sometidas a una solicitud sísmica en la Urb. Las Gardenias del distrito de Ate", el objetivo principal fue evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en las etapas I, II y III, ante la ocurrencia de un sismo. Para lograr esto, se utilizó la planilla ATC-21 de la FEMA para las edificaciones de 3 o más pisos en la urbanización. Esta planilla permite parametrizar detalles arquitectónicos y estructurales visibles a simple vista, los cuales se evalúan mediante el método del índice de vulnerabilidad. Este método facilita una rápida determinación de si una edificación es susceptible a la actividad sísmica. La planilla se

aplicará a todas las edificaciones que cumplan con el requisito de altura mínima mencionado, o al menos a una muestra representativa, dado que estas son, lógicamente, las más propensas a fallar.

Vizconde (2004) en su tesis titulada "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel, Piura," concluye que, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios como hospitales o clínicas, específicamente la Clínica San Miguel, es crucial adoptar un enfoque integral que considere tanto la vulnerabilidad física (estructural y no estructural) como la funcional. Además, es esencial combinar métodos empíricos, experimentales y analíticos en la evaluación para aumentar la precisión de los estudios. El autor también señala que el método FEMA 154 puede ser utilizado en edificios en Perú, siempre que se tengan en cuenta ciertos factores y se realice un análisis detallado de ambos métodos para asegurar su aplicación efectiva.

2.1.3. Antecedentes locales

Quispe y Mamani (2021) en su tesis "Evaluación sísmica visual rápida por el método fema 154 de los pabellones del Campus Capanique 1 de la Universidad Privada de Tacna, 2021" llevó a cabo un estudio cuyo objetivo principal fue evaluar de forma rápida la vulnerabilidad sísmica de los pabellones del Campus Capanique 1. En este estudio, se aplicó el Método FEMA 154 de manera cualitativa, evitando la necesidad de realizar cálculos estructurales debido a la naturaleza sencilla de dicho método. Como conclusión, el autor destaca que el método utilizado permite una evaluación rápida y eficiente de la vulnerabilidad sísmica sin requerir cálculos estructurales complejos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Origen de los sismos

Perú se encuentra en la región occidental de América del Sur, conocida por ser una de las zonas más propensas a la actividad sísmica del planeta. Para crear planes y técnicas de mitigación que contribuyan a disminuir los efectos futuros, es fundamental comprender cómo podría comportarse este peligro en una ubicación particular.

A continuación, se describen las características específicas de los factores principales que intervienen en el proceso de deformación a nivel regional y local en Perú.

Proceso de subducción: La convergencia de las placas de Nazca (placa oceánica) y Sudamericana (placa continental) provoca este fenómeno en la región occidental de Perú. Investigaciones de Cahill e Isacks (1992), Tavera y Buforn (2001), y Bernal y Tavera (2003) han detallado extensamente este proceso. En Perú existen dos formas de subducción: una subhorizontal en las zonas del norte y centro, y otra normal en el sur. Las velocidades de este proceso, estimadas entre 7 y 9 centímetros por año, según DeMets et al. (1994) y Norabuena et al. (1999), han sido proporcionadas por estudios recientes basados en GPS.

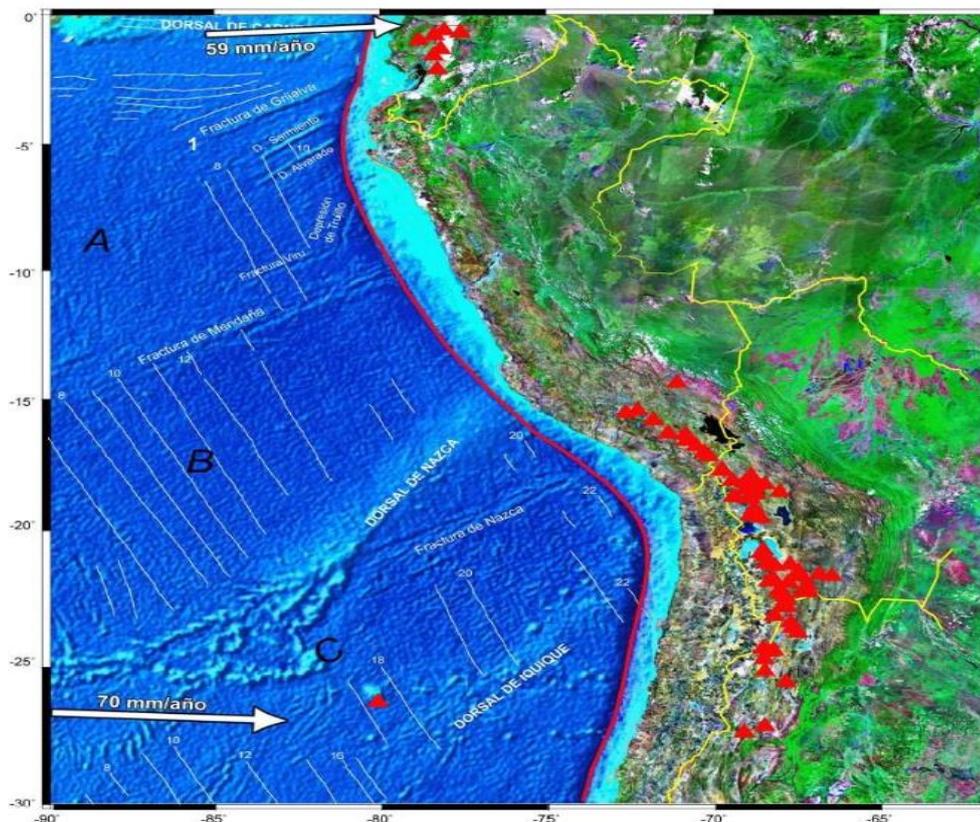
La Placa de Nazca: En las regiones del norte y centro de Perú, su estructura es predominantemente horizontal, mientras que en la región sur tiene una inclinación normal. Las dorsales de Nazca, Sarmiento y Alvarado, así como las fisuras de Mendaña, Nazca y Virú, son causadas por la placa en su superficie. También contribuye a la creación de la fosa peruano-chilena y la depresión de Trujillo. El comportamiento geodinámico actual en Perú está influenciado por estas variaciones en su configuración (ver figura 1).

Placa Sudamericana: La morfología del Perú ha sido alterada por el proceso de subducción a lo largo del tiempo, lo cual ha generado sistemas de fallas geológicas en la superficie, así como un aumento del espesor de la corteza terrestre. La Cordillera de los Andes, que se extiende paralelamente a la costa desde Venezuela hasta Chile, tiene un ancho que va desde alrededor de 250 km en la región central hasta alrededor de 500 km en el sur de Perú. La plataforma continental, la zona costera, el pie de Monte Pacífico, la Cordillera Occidental, el Altiplano, la Cordillera Oriental, la zona Subandina y la Llanura Amazónica son unidades geográficas que se distinguen gracias a la configuración estructural de esta placa. El estudio de Macharé et al. (1986) examina en profundidad las características de estas unidades.

Dorsal de Nazca: Una cadena montañosa submarina que se encuentra en el lecho del océano, situada aproximadamente a la latitud de 15° y con una orientación que va del noreste al suroeste. Su eje principal se encuentra en una dirección perpendicular a la línea costera, pasando cerca de la ciudad de Nazca. Esta formación de la dorsal muestra una configuración asimétrica y está principalmente compuesta por rocas volcánicas que tienen entre 5 y 10 millones de años de antigüedad.

Figura 1

Geometría de la placa de Nazca (estructuras lineales o rasgos tectónicos) y subducción generalizada de la placa de Nazca bajo la Sudamericana



Nota. La línea roja representa la fosa Perú-Chile. Las flechas blancas indican la dirección del movimiento relativo de las placas y los triángulos rojos, la actividad volcánica activa. Instituto Geofísico del Perú.

Dorsales de Sarmiento y Alvarado: Estas dos formaciones submarinas se sitúan frente al departamento de Piura y se extienden en una dirección noreste con una longitud aproximada de 400 kilómetros, con ejes que corren paralelos entre sí. Están principalmente formadas por lavas de tipo basalto, que varían desde toleítico hasta alcalino, según el estudio de Castillo y Lonsdale (2004).

La fractura de Mendaña: Se encuentra en el extremo más occidental de Perú, a una latitud de 11°. Se orienta hacia el noroeste y se extiende perpendicularmente a la fosa. Según la investigación de Yamano y Uyeda (1990), su origen está relacionado con una región antigua donde las placas se separaron.

Fractura de Nazca: Junto con la fractura de Mendaña, esta fractura se encuentra frente a la región de Arequipa y es una de las más notables en términos de batimetría. Según el estudio de Robinson et al. (2006), la fractura se extiende en dirección noreste-

suroeste, intersectando la fosa perpendicularmente. Tiene elevaciones que llegan hasta 700 metros sobre la superficie y profundidades que llegan hasta 300 metros.

Fractura de Virú: Situada a una distancia de 100 kilómetros al norte de la fractura de Mendaña, esta formación geológica se caracteriza por ser una falla inversa con una orientación de aproximadamente 15 grados al este del norte, según el estudio de Krabbenhoft et al. (2004).

Depresión de Trujillo: En su punto más alto, esta formación geológica tiene una longitud de aproximadamente 5 kilómetros y en su punto más bajo, unos 500 metros. Con una longitud de aproximadamente 270 kilómetros, la depresión tiene una topografía muy accidentada y, por lo tanto, muy irregular.

La fosa peruano-chilena: Se extiende por una distancia de 5000 kilómetros, desde Colombia hasta Tierra del Fuego en Chile, y marca el inicio del proceso de subducción. En una dirección paralela a la costa, esta fosa alcanza profundidades de hasta 6 kilómetros y tiene una distancia de entre 80 y 150 kilómetros desde su borde.

Zona Sismogénica: En Perú, los terremotos de mayor magnitud tienen su origen en la superficie de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana, que comúnmente se conoce como la "zona sismogénica". Todos los terremotos interplaca ocurren en esta área, y la extensión de las zonas de ruptura está directamente relacionada con la cantidad de energía liberada. La profundidad de estas áreas de ruptura varía en función de la ubicación geográfica, pero en términos generales, se

Tectónica: La interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana, así como los cambios que ocurren en el continente como resultado de este proceso, son los responsables de la actividad sísmica en Perú. La Cordillera de los Andes es la característica geológica más notable, que se extiende desde Colombia hasta Chile, siguiendo la línea costera y variando en anchura y altura. Los sistemas volcánicos más destacados del continente se encuentran en esta cadena montañosa. Las fallas geológicas, que producen pliegues y fracturas en la corteza terrestre como resultado de la colisión de las placas, son la segunda causa principal de los sismos. En el Altiplano, la región Subandina, a los pies de las montañas, en las cordilleras y en los límites entre la Cordillera Occidental y la región costera, se encuentran los sistemas de fallas más importantes de Perú.

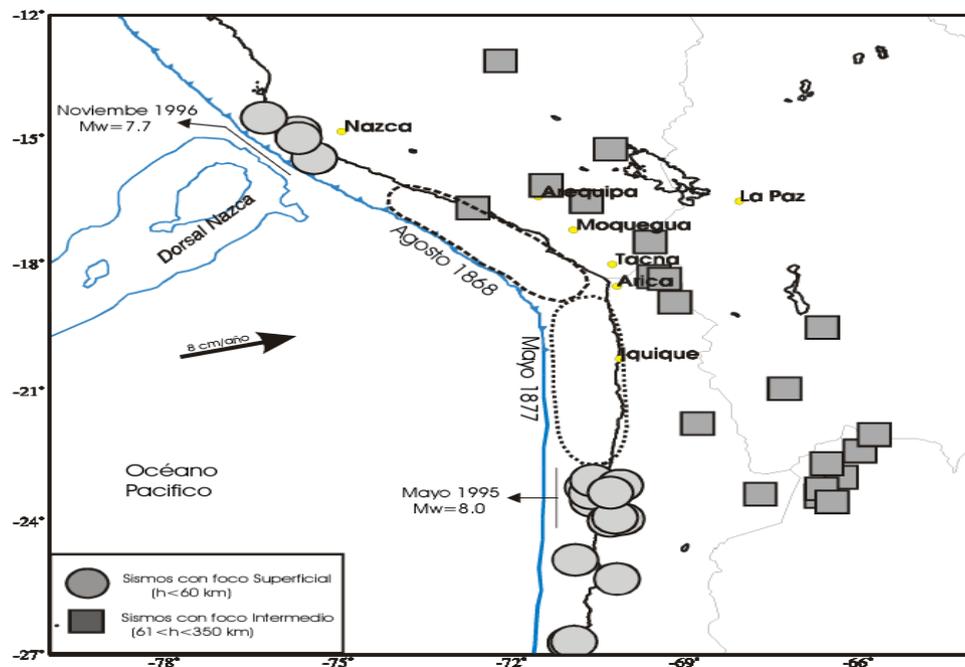
2.2.2 Sismicidad en Tacna

Debido al fenómeno de subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana, el sur de Perú y el norte de Chile, en particular en la frontera Tacna-Arica, se encuentran en una zona de alto riesgo sísmico. Los registros históricos indican que los terremotos más significativos ocurrieron en 1868, siendo este el de mayores repercusiones en la frontera entre Perú y Chile (intensidad IX MM), afectando aproximadamente 450 km de norte a sur e incluyendo el puerto de Arica. El sismo de 1877, con epicentro al sur de Arica, causó graves daños en Iquique y abarcó una extensión de aproximadamente 400 km. Según Vera (2019), estos terremotos provocaron maremotos de gran magnitud que causaron daños en los puertos de Arica, Iquique y Perú.

La región no ha sufrido sismos de magnitud similar desde los terremotos de 1868 y 1877; se considera un silencio sísmico o brecha sísmica este período de más de 100 años, y la probabilidad de recurrencia podría ser similar a la de 1868, como se muestra en la figura 2. Debido a que las ciudades tienen una población más amplia y obras civiles significativas en la actualidad, el peligro sísmico en esta región es mayor que en el pasado (Vera, 2019).

Figura 2

Áreas de ruptura de ruptura de los terremotos de 1868 y 1877



Nota. Zonas donde la energía sísmica se está acumulando a lo largo de la costa peruana, debido a la ausencia de actividad sísmica reciente. Instituto Geofísico del Perú, (2002).

2.2.3 Magnitud de un sismo

Para medir la magnitud de un sismo, se utiliza la escala de Richter o la escala de magnitud de momento (Mw). La escala de Richter mide la energía liberada por un terremoto y se expresa en una escala logarítmica. La escala de magnitud de momento, por otro lado, calcula la energía total liberada por un terremoto y proporciona una medida más precisa de la magnitud. En la tabla 1 encontraremos las escalas de la magnitud de un evento sísmico.

Tabla 1

Cuadro escala de magnitud

Escala	Efecto
2,5	No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos
3,5	Sentido por mucha gente
4,5	Puede causar daños menores en la localidad.
6,0	Sismo destructivo
7,0	Terremoto o sismo mayor
8,0 o mayor	Grandes terremotos

Nota. Escala de Richter - IGP.

2.2.4 Intensidad de un sismo

Para medir la intensidad de un terremoto en un lugar específico, se utiliza la escala de Mercalli, que describe los efectos del terremoto en términos de daños a edificios, terreno y la percepción humana. La escala de Mercalli es subjetiva y varía de un lugar a otro.

En la tabla 2 encontraremos la división de la escala de intensidad presentados en un sismo.

Tabla 2*Cuadro escala de intensidad*

Escala	Efecto
I	Casi nadie lo siente
II	Sentido por unas cuantas personas
III	Notado por muchos, pero sin la seguridad de que se trate de un temblor
IV	Sentido por muchos en el interior de las viviendas. Se siente como si un vehículo pesado golpeará la vivienda
V	Sentido por casi todos; mucha gente despierta; los árboles y los postes de alumbrado se balancean
VI	Sentido por todos; mucha gente sale corriendo de sus viviendas; los muebles se desplazan y daños menores se observan.
VII	Todos salen al exterior; se observan daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños menores en edificios bien constituidos.
VIII	Daños ligeros en estructuras de buen diseño; otro tipo de estructuras colapsan.
IX	Todos los edificios resultan con daños severos; muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación, grietas notorias en el suelo.
X	Muchas estructuras son destruidas. El suelo resulta considerablemente fracturado
XI	Casi todas las estructuras caen. Puentes destruidos. Grandes grietas en el suelo.
XII	Destrucción total. Las ondas sísmicas se observan en el suelo. Los objetos derribados y lanzados al aire.

Nota. Escala de intensidad Mercalli modificada abreviada, 1999.

2.2.5 Generalidades sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico

a. Peligro sísmico

Según Kuroiwa (2002), el peligro sísmico está relacionado con la intensidad sísmica a la que se expone una estructura. Esta intensidad se determina en función de la magnitud o tamaño del sismo y la distancia a la que se produce el temblor, pero también se ve fuertemente influenciada por las condiciones físicas del lugar, que incluyen las características del suelo, la topografía y la pendiente del terreno. Para evaluar la

amenaza sísmica, se emplean enfoques probabilísticos simplificados que se basan en el establecimiento de relaciones estadísticas que describen el comportamiento sísmico de una región. Estos métodos abordan temas como la atenuación de las ondas sísmicas en el suelo y las fuentes de actividad sísmica. Las tasas de excedencia, que muestran la probabilidad de que se alcancen distintos niveles de intensidad sísmica, o los valores máximos de aceleración anticipados en un lugar específico durante un período de tiempo determinado, representan los resultados.

b. Zonificación sísmica en el Perú

La figura 3 muestra cómo se dividen las cuatro zonas del territorio nacional. La zonificación propuesta se basa en la información neotectónica, la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral.

Figura 3

Mapa de zonificación sísmica del Perú



Nota. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada. RNE E.030.

Según la tabla 3, a cada zona se le asigna un factor Z. Se puede entender este factor como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido, que tiene una probabilidad del 10% de superarse en 50 años.

Tabla 3

Factores de zona "Z"

Factores de zona "Z"	
Zona	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. RNE

c. Vulnerabilidad sísmica

Ochoa (2012), la vulnerabilidad se refiere al grado de daño que una estructura puede experimentar como resultado de un evento sísmico específico. Estas estructuras pueden clasificarse como "más vulnerables" o "menos vulnerables" ante un evento de esta naturaleza. Es importante destacar que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una característica intrínseca de la propia estructura y no depende de la peligrosidad del lugar en el que se encuentre. Esto se basa en la observación de que edificios con características estructurales similares, incluso si se encuentran en la misma zona sísmica, pueden sufrir daños diferentes. Una estructura puede ser vulnerable, pero no estará en peligro si no se encuentra en una región con una amenaza sísmica particular.

Es crucial enfatizar que no existe un método estándar para evaluar la vulnerabilidad de las estructuras. Un índice de daño, creado por los estudios de vulnerabilidad, describe la degradación que sufriría una estructura determinada al enfrentarse a un sismo con características particulares. Una inversión crucial es reducir la vulnerabilidad, no solo para reducir los costos materiales y humanos relacionados con los desastres naturales, sino también para avanzar hacia un desarrollo sostenible.

d. Riesgo

Carreño et al. (2005), la interacción entre la vulnerabilidad de los elementos expuestos y la amenaza o peligro presente genera el peligro. Evaluar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales de uno o más fenómenos altamente peligrosos es su objetivo. El nivel de riesgo o el total de pérdidas anticipadas, así como las repercusiones futuras en una zona particular, pueden verse afectadas por cualquier alteración en uno o más de estos factores.

e. Riesgo sísmico

Según Cardona (2005), la vulnerabilidad sísmica y la peligrosidad sísmica están directamente relacionadas con el riesgo sísmico. Para que el peligro sísmico tenga relevancia, ambas variables deben estar conectadas y presentes. La evaluación y medición de las posibles pérdidas económicas y sociales que podrían surgir como resultado de un terremoto, como resultado del colapso de estructuras cuya capacidad de resistencia ha sido superada se conoce como riesgo sísmico.

2.2.6 Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad estructural sísmica

Según Maldonado (2009), un indicador que clasifica las estructuras según sus características y calidad estructural es la vulnerabilidad sísmica; comprende un espectro que va desde no vulnerable hasta muy vulnerable ante un sismo. En el ámbito de los estudios de riesgo sísmico en áreas urbanas, es fundamental que la metodología empleada para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios sea relativamente sencilla, especialmente cuando se trata de aplicarla en zonas urbanas densamente pobladas, donde la cantidad y diversidad de edificaciones son significativas. Aunque existen diversas metodologías disponibles, su elección debe basarse en los objetivos específicos del estudio de riesgo sísmico, ya que la selección de una metodología inapropiada puede generar costos prohibitivos cuando se aplican a áreas urbanas extensas. Utilizando matrices de probabilidad de daño y funciones de vulnerabilidad, entre otras técnicas, se puede medir la vulnerabilidad en estudios a gran escala.

Según Castro (2019), la determinación del tipo de daño que se analiza, el nivel de amenaza sísmica presente en la zona, la disponibilidad de información sobre las estructuras y los datos sobre los daños previamente registrados durante terremotos en la zona de interés son factores que afectan la decisión de iniciar un estudio de vulnerabilidad. La evaluación de la vulnerabilidad, que se basa en una definición

adecuada de la acción sísmica y la capacidad de la estructura, es posible después de que estos elementos se hayan definido.

La vulnerabilidad sísmica varía según los siguientes factores:

- Factores geológicos.
- Factores estructurales.
- Factores arquitectónicos.
- Factores constructivos.
- Factores socio-económicos

Según Benedetti y Petrini (1984), los métodos se agrupan en dos categorías generales los de vulnerabilidad cualitativa y vulnerabilidad cuantitativa:

a. Vulnerabilidad cualitativa:

Se utilizan inspecciones de campo para observar los daños que una estructura ha sufrido o podría sufrir durante un sismo. Para una variedad de tipologías constructivas, brinda resultados más rápidos, lo cual es esencial para la toma de decisiones.

b. Vulnerabilidad cuantitativa:

Para representar el comportamiento sísmico bajo cargas dinámicas, así como los resultados de los ensayos de materiales en el laboratorio, este método emplea técnicas de modelación matemática estructural. Se calibran a partir del daño real observado en estructuras que han sido sometidas a movimientos telúricos previos, estas simulaciones y ensayos ayudan a determinar el daño global que puede presentar la edificación.

2.2.7 Método FEMA 154:

El método FEMA (Federal Emergency Management Agency) es una metodología utilizada para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras y edificios. Esta metodología proporciona un enfoque sistemático y estandarizado para identificar y clasificar los posibles daños y riesgos asociados a un evento sísmico. El método FEMA incorpora factores como la resistencia estructural, la capacidad de deformación y la capacidad de resistir cargas sísmicas, con el objetivo de evaluar y mejorar la seguridad y resiliencia de las estructuras ante terremotos. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en estudios de evaluación de riesgos sísmicos y en el diseño de medidas de mitigación en áreas propensas a terremotos" (Erdey, 2007)

El Método FEMA 154 es un enfoque utilizado para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras y edificios. Este método, también conocido como "Rapid Visual Screening" (PIVR), proporciona una forma rápida y cualitativa de evaluar el potencial de daño sísmico en edificios.

A través del FEMA 154, se realizan inspecciones visuales rápidas para identificar las características y condiciones estructurales que pueden influir en la respuesta de una edificación durante un sismo. Se utiliza un formulario de evaluación que considera factores como la configuración estructural, el tipo de construcción, las condiciones de los materiales y los sistemas no estructurales.

El objetivo principal del Método FEMA 154 es clasificar los edificios según su nivel de vulnerabilidad sísmica, permitiendo una priorización de los esfuerzos de evaluación y mitigación en función de la necesidad y urgencia. Este método es particularmente útil en situaciones de respuesta a desastres, donde se requiere una evaluación rápida y preliminar de múltiples edificios.

2.2.8 Evaluación por el método FEMA 154

Un método de evaluación y puntuación llamado método de inspección visual rápida (PIVR) está destinado a ser utilizado sin la necesidad de realizar cálculos de análisis estructural. Este método tiene como propósito, en términos de su integridad, proporcionar una indicación aproximada del estado final de una estructura frente a un evento sísmico. Para decirlo de otra manera, tiene como objetivo evaluar el nivel de daño en la edificación y cómo este afecta su capacidad para funcionar adecuadamente.

El uso del método de inspección visual rápida permite crear una lista de edificios que podrían estar en peligro sísmico de manera rápida y económica. Esto evita el alto costo de llevar a cabo un análisis sísmico detallado para cada edificación de manera individual. Se considera que un edificio tiene una resistencia sísmica adecuada para evitar el colapso durante un terremoto poco común si recibe una puntuación elevada, es decir, si supera un límite establecido. La puntuación asignada al edificio refleja la probabilidad exclusiva de colapso o colapso parcial, según se define en la información adicional. No tiene la intención de ser un indicador de la probabilidad de que el edificio sea utilizable después de un terremoto. En caso de que un edificio reciba una puntuación baja según este procedimiento, debe ser evaluado por un profesional experimentado en diseño estructural. A través de una inspección detallada, análisis de ingeniería y otros procedimientos exhaustivos, se puede realizar una determinación final sobre la idoneidad sísmica del edificio y la necesidad de llevar a cabo mejoras.

El PIVR no cubre puentes, torres de gran tamaño ni otras estructuras similares; sin embargo, está destinado a ser aplicable a todo tipo de construcción tradicional.

Este método emplea un sistema de puntuación que exige al evaluador:

- Identificar el tipo de edificio, determinando el material de construcción principal que soporta la carga de gravedad y el sistema principal que resiste las fuerzas sísmicas.
- Identificar los atributos del edificio que pueden influir en el rendimiento sísmico esperado en comparación con el edificio promedio de su tipo. La recopilación de datos y la evaluación se realizan generalmente en el sitio de construcción, con una duración aproximada de 15 a 30 minutos por edificio. Este tiempo puede aumentar si se requiere acceso al interior del edificio o si se lleva a cabo una evaluación de nivel dos.
- Registre las observaciones en uno de los cinco formularios de recopilación de datos disponibles.
- Es posible examinar los edificios desde la acera sin tener que entrar al interior ni disponer de planos o cálculos estructurales. Sin embargo, si se puede verificar el sistema de marco estructural durante una evaluación interior o mediante la revisión de los documentos de construcción, la confianza y la fiabilidad en la identificación de los atributos del edificio aumentan.

2.2.9 Procedimiento de inspección visual rápida

a. Planificación e implementación de un programa PIVR

Los programas PIVR abarcan diversos objetivos y limitaciones en cuanto a presupuesto, fecha de finalización y precisión, los cuales deben ser considerados al elaborar el plan del programa.

Después de la selección, definición y aprobación de los alcances y el presupuesto del proyecto para la implementación del programa PIVR, se procede con las actividades preliminares previas al trabajo de campo. Estas incluyen la planificación previa al campo, que abarca la selección y desarrollo de un sistema de registro de mantenimiento, el desarrollo de herramientas según sea necesario, y la recopilación y elaboración de mapas que documenten información sobre peligros sísmicos locales.

Otras actividades comprenden la elección del formulario de recopilación de datos en función del riesgo sísmico, así como la revisión y adaptación del formulario de

recopilación de datos individual de acuerdo con los requisitos de la inspección. Además, se lleva a cabo la selección y capacitación del personal de detección, así como la adquisición y revisión de datos previos al campo, que incluyen la revisión de archivos y bases de datos de edificios disponibles para recopilar información existente sobre los edificios objeto de estudio, como la dirección, número de lote, número de pisos, fecha de diseño e identificación del tipo de suelo.

Se procede también a la revisión de los planos de construcción existentes, en caso de estar disponibles. Concluidas estas actividades previas al trabajo de campo, se lleva a cabo la evaluación en el terreno de los edificios individuales.

b. Identificación zona sísmica y selección formato de recolección de datos

La determinación de la región sísmica donde se ubica la edificación es el primer paso del proceso sugerido. Las tres zonas de sismicidad son las siguientes: baja (L), moderada (M) y alta (H). Para elegir el formulario de recolección de datos adecuado, primero se debe determinar la sismicidad de la zona donde se encuentra el edificio a examinar. Los parámetros de la tabla 4 se identifican para lograr esto. Se determinan los valores de aceleración espectral para 0,2 segundos y 1,0 segundos para utilizar la tabla. Para determinar la región de sismicidad correspondiente, se utilizan los criterios de la tabla 4 y estos valores se multiplican por 2/3 (Castro, 2019).

Tabla 4

Regiones de sismicidad acorde con la aceleración espectral expuesta

Región sísmica	Respuesta de la aceleración espectral	
	Periodo	
	Corto (0,2 s)	Largo (1,0 s)
Baja	Menos que 0,167 g	Menos que 0,067 g
Moderada	Mayor o igual a 0,167 g pero menos que 0,50 g	Mayor o igual a 0,067 g pero menos que 0,20 g
Alta	Mayor o igual a 0,50 g	Mayor o igual a 0,20 g

Nota. g= aceleración de la gravedad, s= segundos. FEMA 154.

c. Datos generales de la edificación

En el formato de recopilación, hay una parte dedicada a anotar la información general del edificio. Esta área debe ser llenada al comienzo del proceso de recopilación, lo que

asegura un orden, especialmente cuando se abarca una extensa área y se dispone de un grupo considerable de inspectores. A continuación, los datos que se requieren en esta sección:

- Dirección
- Código postal
- Otros identificadores
- Número de pisos
- Inspector o ejecutante de la evaluación
- Área total estimada
- Nombre de la edificación
- Uso Año de construcción
- Fecha de diseño

La ubicación de esta sección, donde se ubican los datos de la edificación a evaluar, se puede ver en la figura 4.

Figura 4

Ubicación de los datos generales de la edificación en el formato

DIRECCIÓN:	_____
AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	_____
OTROS IDENTIFICADORES:	_____
NÚMERO DE PISOS:	_____
OBSERVADOR:	_____
NOMBRE:	_____
USO:	_____
ÁREA:	_____

Nota. Adaptado de la sección de registro de la información de la edificación en la ficha de evaluación. FEMA 154.

d. Determinación de las fechas de adopción del código sísmico

Identificar el año en que la jurisdicción local implementó y adoptó los códigos sísmicos, así como el año en que se realizaron mejoras significativas en dichos códigos, también conocido como "Benchmark Post" o año de referencia, es una parte esencial del proceso de evaluación. FEMA calculó las puntuaciones estructurales fundamentales de riesgo para una variedad de edificios construidos después de la adopción inicial de los

códigos sísmicos, pero antes de la implementación de mejoras significativas, en áreas con niveles moderados y altos de actividad sísmica. Para las edificaciones construidas antes de la implementación de los códigos sísmicos, se establecen modificadores de puntuación llamados "Pre-Code" y "Benchmark Post" para las edificaciones construidas después de la implementación de mejoras significativas en los códigos.

Según el FEMA-154, las puntuaciones estructurales fundamentales se determinaron para edificios construidos antes de la implementación inicial de los códigos sísmicos en áreas de baja actividad sísmica. El modificador "Pre-Code" no se utiliza para estos edificios en áreas de baja sismicidad (N/A). Para los edificios construidos después de la implementación de los códigos sísmicos, en cambio, se emplea el modificador "Benchmark Post".

e. Identificación número niveles

La altura de una estructura está relacionada con el daño que puede sufrir. Un edificio alto puede experimentar más agitación y presentar un periodo de vibración significativamente mayor en suelos blandos que un edificio más bajo del mismo tipo.

La edificación puede ser irregular y tener varios niveles; para calcular el número de pisos, se debe tomar en cuenta desde el nivel más bajo hasta el nivel más alto, y esta situación se debe documentar con detalle y con gráficos en la sección de comentarios (Moran, 2016).

f. Elaboración de esquema global de planta y elevación, y fotografiar la edificación

El croquis en planta debe mostrar la forma del edificio desde arriba, incluyendo cualquier irregularidad en su diseño, así como la ubicación de la edificación en el sitio y la distancia relativa o aproximada a los edificios adyacentes. Este boceto puede realizarse durante la planificación previa al trabajo de campo, utilizando un mapa o una imagen aérea del edificio, como una imagen de satélite. En este caso, el croquis deberá ser verificado en el campo. Sin embargo, es común que el inspector dibuje el boceto directamente en el sitio. Los inspectores que dispongan de un dispositivo inteligente podrán encontrar útil consultar la imagen satelital del edificio mientras realizan la inspección, lo cual es especialmente valioso cuando el acceso entre edificios es limitado (FEMA, 2002).

g. Tipo de suelo

La tabla 5 incluye los parámetros medibles necesarios para caracterizar y distinguir adecuadamente cada tipo de suelo. Se asume que el suelo es de Tipo E si no hay información para clasificarlo, según el manual FEMA 154. No obstante, se puede considerar que el tipo de suelo es Tipo D para edificaciones de uno o dos pisos, con una altura de piso a techo inferior a 2,5 metros (Castro, 2019).

Tabla 5

Parámetros de clasificación de los suelos

Tipo	Descripción	Velocidad de onda da corte en los primeros 30 m	Numero de golpes estándar	Resistencia al corte no drenado sobre los primeros 300 m
		Vs [m/s]	N [1]	Su [Kg/m ²]
A	Roca dura	Vs < 1 520		
B	Roca	760 < Vs < 1 520		
C	Rocas blandas y suelos densos	366 < Vs < 760	N > 50	Su > 50
D	Suelo rígido	180 < Vs < 366	15 < N < 50	4 880 < Su < 9 760
		Vs < 183	N < 15	Su < 4 880
E	Suelo blando	Presencia de más de 30 m de suelo blando, IP > 20, w > 40 %		Su < 2 440
		La evaluación del sitio es necesaria para estos suelos. Dentro de esta categoría se incluyen:		
F	Suelo pobre	a) Suelos licuables, arcillas altamente sensibles y suelos débilmente cementados, que son susceptibles de colapsar o fallar bajo cargas sísmicas. b) Arcillas o turbas altamente orgánicas con una altura superior a 3 metros, o arcilla altamente orgánica. c) Arcillas de plasticidad muy alta (h > 7,5 m con IP > 75). d) Arcillas blandas o medianamente rígidas de más de 36 m.		

Nota. h = altura del suelo, IP = Índice de plasticidad, w = contenido de humedad. FEMA 154.

h. Reconocimiento de probables fallas que generen peligro en elementos no estructurales

Si no están adecuadamente anclados al edificio, los peligros de caídas no estructurales, como chimeneas, parapetos, comisas, enchapados, voladizos y revestimientos

pesados, pueden ser una amenaza para la seguridad de las personas. La presencia de tales peligros aún podría amenazar a los transeúntes y a los ocupantes del edificio, aunque el sistema fundamental de resistencia a fuerzas sísmicas del edificio pueda considerarse adecuado y no requiera una revisión adicional.

Se incluyen varios cuadros en la sección de riesgos de caídas exteriores en el formulario de recopilación de datos para ayudar al evaluador a identificar posibles peligros.

Los componentes no estructurales que tienen más probabilidades de fallar son:

Chimeneas no reforzadas: Suelen encontrarse principalmente en estructuras antiguas de albañilería y en edificaciones de madera, a menudo conectadas de forma incorrecta a la vivienda, lo que podría resultar en un colapso durante un evento sísmico. En caso de no poder determinar si la estructura está reforzada, se sugiere asumir que no lo está (FEMA, 2002)

Parapetos no reforzados: un parapeto es la parte del muro exterior o fachada que se extiende por encima del techo. La principal preocupación radica en los parapetos contruidos con mampostería no reforzada, como ladrillo, piedra o bloques de hormigón. Durante un sismo, estos parapetos pueden fracturarse y caer sobre el techo o la calle. Identificar si una fachada se extiende más allá de la línea del tejado, formando un parapeto, a veces puede ser complicado. En caso de duda sobre si un parapeto está o no reforzado, se recomienda considerarlo como no reforzado (FEMA, 2002)

Revestimiento pesado: En situaciones de terremoto, los prefabricados de concreto o piedra cortada pueden caer si no se realiza una unión adecuada (Castro, 2019).

Balcones: Se encuentran con frecuencia en los exteriores de la casa, con una reja de fierro. El peligro radica en que el anclaje de fierro-concreto no tenga el refuerzo adecuado, lo que podría resultar en su caída (Castro, 2019).

Aleros: Se encuentran en casas hechas de madera. Por lo general, están ancladas de manera inadecuada a la construcción y sufren de podredumbre y deterioro fácil, lo que resulta en un desprendimiento sencillo ante un fenómeno sísmico (Castro, 2019).

i. Identificación sistema estructural

Castro (2019), el PIVR se fundamenta en la idea de que la persona que lleva a cabo la inspección de campo puede reconocer el sistema estructural del edificio, relacionándolo con uno de los quince tipos estructurales establecidos en el manual. La siguiente es una breve descripción de estos tipos:

W1: Estructuras de madera liviana, edificios residenciales y comerciales con un área menor o igual a 465 metros cuadrados.

- Los muros se construyen con componentes verticales de madera.
- Los acabados exteriores más comunes son el estuco, la madera o el metal.
- Debido a su ligereza y baja altura, así como a las características inherentes de su sistema estructural, los edificios de este tipo han demostrado un buen comportamiento durante eventos sísmicos.
- Las fuerzas sísmicas pueden causar grietas en el yeso y el estuco (si existen), pero estas se consideran daños no estructurales.
- La falta de conexión entre la superestructura y la base, así como el soporte insuficiente de las chimeneas, son las causas más comunes de daños estructurales en los edificios antiguos de este tipo.

W2: Estructuras de madera liviana, con área de edificación mayor a 465 metros cuadrados.

- Estas edificaciones tienen las mismas características inherentes del tipo W1, siendo la principal diferencia el área.
- Están destinadas a edificios comerciales, estructuras industriales o apartamentos, y su altura suele oscilar entre uno y tres pisos, aunque en ocasiones llega hasta seis pisos.

S1: Edificios con pórticos de acero.

- Los vanos en las direcciones transversal y longitudinal, con medidas de 6 a 9 metros, son comunes en las estructuras de acero con resistencia a momentos.
- Los diafragmas de entrepiso suelen estar hechos de concreto, aunque en ocasiones se apoyan en cubiertas de acero. En edificios públicos, institucionales y comerciales, este tipo de estructura es común.
- Los terremotos de Northridge (1994) y Kobe (1995) demostraron que las uniones de momento resistentes en los edificios podían sufrir daños graves. Esto se demostró por la ruptura de las uniones entre vigas y columnas.

S2: Edificios arriostrados con pórticos de acero.

- Por lo general, los elementos diagonales que componen estos edificios no son visibles desde el exterior.
- Debido a su baja rigidez lateral, los pórticos arriostrados se utilizan ocasionalmente en edificios largos y estrechos.
- Los pórticos de acero arriostrados y con muros de corte son difíciles de distinguir desde el exterior.
- En los terremotos recientes, los pórticos arriostrados también causan daños en las conexiones, especialmente en las partes inferiores del edificio.

S3: Construcciones livianas de metal.

- En la dirección transversal, los pórticos resistentes a momentos y en la dirección longitudinal, los pórticos simples constituyen la mayor parte del sistema estructural.
- Los muros de albañilería de baja altura se pueden encontrar en algunas zonas de los edificios de metal liviano.
- La mayoría de estos edificios no tienen acabados interiores, lo que permite una comprensión clara de su esqueleto estructural.
- La estabilidad de la construcción durante los terremotos puede verse afectada por la capacidad insuficiente de los arriostres a tracción.
- Las columnas del edificio pueden fallar al deslizarse sobre la losa debido a conexiones inadecuadas a la losa de cimentación.
- La pérdida del revestimiento también puede ocurrir.

S4: Edificios con estructura de acero con muros de corte de concreto.

- Los muros de corte de concreto, que suelen rodear los núcleos de las escaleras y los ascensores, están cubiertos con materiales de acabado para resistir las cargas laterales.
- Se puede realizar una inspección del edificio para determinar el espesor de los muros.
- En general, un muro de concreto es un muro con un espesor superior a 15 centímetros.
- Los muros de corte de concreto pueden presentar grietas alrededor de los vanos durante los terremotos.

S5: Edificios con estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.

- Las columnas de acero pueden esconderse en los muros debido a su delgadez.
- Por lo general, la albañilería se puede ver entre las ventanas y desde el exterior.
- Algunas partes de los muros sólidos se alinean verticalmente.
- Los espesores de los muros de relleno se componen de dos o tres hiladas de ladrillo.
- Con frecuencia, los recubrimientos de albañilería que rodean las columnas o vigas están mal anclados y se desprenden con facilidad.

C1: Edificios con pórticos de concreto.

- Con la excepción de los pórticos de acero revestidos con concreto, todos los pórticos expuestos están hechos de concreto armado.
- Un excesivo espacio entre los estribos de las columnas puede causar fallas por corte y una falta de confinamiento del concreto.
- Los daños no estructurales importantes podrían ser causados por la rigidez relativamente baja del pórtico.
- El impacto con los edificios adyacentes podría dañar las columnas.

C2: Edificios con muros de corte de concreto.

- El concreto que se fabrica en el lugar se emplea para construir los edificios con muros de corte de concreto; los elementos estructurales terminados suelen presentar indicios de encofrado.
- Los muros de corte tienen un espesor de 15 a 25 centímetros.
- En general, los edificios con pórticos de concreto tienen un comportamiento sísmico inferior.
- Los muros de corte los hacen más rígidos, a pesar de que son más pesados que los edificios con pórticos de acero.
- Las configuraciones irregulares y las discontinuidades verticales pronunciadas son causas comunes de daños en los edificios más altos.

C3: Edificios de concreto reforzados rellenos con muros de albañilería.

- Las vigas y columnas de concreto pueden ser visibles para su inspección y pueden tener el mismo espesor que el muro.
- La albañilería se puede ver con frecuencia entre las ventanas.
- Algunas partes sólidas de los muros están alineadas verticalmente.

- Cuando los muros de relleno están expuestos a fuerzas intensas perpendiculares a su plano, suelen flexionarse y desalinearse.
- La albañilería que rodea vigas o columnas suele estar mal anclada y se desprende fácilmente.

PC1: Edificios Tilt-up

- Un tipo de construcción en el que los elementos se unen y se elevan en el lugar se conoce como "Tilt-up".
- La planta de las estructuras Tilt-up suele ser rectangular y tiene uno o dos pisos de altura.
- Los muros exteriores se construyen cerca de su ubicación final. Luego, se elevan desde el suelo hasta su ubicación final y se conectan a la losa del suelo.
- Un diafragma de madera contrachapada, soportado por vigas de madera o madera laminada, con una cubierta de acero ligero y un sistema de viguetas en el interior del edificio, puede formar el techo.

PC2: Estructuras de concreto prefabricadas.

- La mayor parte de los pórticos prefabricados de concreto están hechos con elementos industriales y están compuestos por columnas y vigas.
- En los muros cortantes, las estructuras con frecuencia emplean albañilería reforzada (ladrillo o bloque) o concreto.
- Debido a que depende de la calidad del ensamblaje de la estructura, el desempeño de la edificación durante eventos sísmicos es con frecuencia incierto y, en ocasiones, deficiente.
- Los daños que sufren las edificaciones de concreto con muros de corte (C2, Edificios con muros de corte de concreto) son los mismos.
- Pueden fallar las conexiones mal planificadas entre los elementos prefabricados.
- Una conexión insuficiente entre el suelo y las columnas y una superficie de apoyo insuficiente pueden causar la pérdida de soporte vertical.
- La corrosión de los conectores de metal entre los componentes prefabricados también es posible.

RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible; y RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido.

- Los muros se construyen con bloques de concreto o ladrillo.

- Por lo general, los muros tienen un espesor de 20 a 30 centímetros.
- Se requiere una inspección interior para determinar si los diafragmas son rígidos o flexibles.
- La madera, el acero ligero o el concreto prefabricado son los materiales de entrepiso más utilizados.
- Si están reforzados adecuadamente, estos edificios suelen funcionar bien durante sismos moderados.
- Los muros sin refuerzo pueden romperse fácilmente como resultado de prácticas de construcción inadecuadas.

URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.

- Las unidades de albañilería se unen con frecuencia con un mortero débil de cal en estos edificios.
- Una característica arquitectónica que puede indicar la antigüedad de la construcción son los arcos de ladrillo.
- Además, se emplean dinteles de piedra y acero.
- En la mayoría de los casos, la albañilería no reforzada presenta amarre de cabeza en la superficie del muro.
- La presencia de mortero débil y vanos estrechos entre las aberturas de las ventanas, así como la falta de anclaje de los muros a los pisos y techos, hacen que el desempeño de este tipo de construcción sea deficiente.

j. Identificación de los atributos y modificadores de la edificación.

Los ajustes en la puntuación asignada se realizan en función del tipo de edificio porque la gravedad del impacto en el rendimiento estructural varía según el sistema de carga estructural. Como se muestra en la figura 5, en la sección inferior de la hoja de recopilación de datos de la matriz se encuentran estos ajustes.

Figura 5*Sección de selección de los modificadores de puntaje estructural*

TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	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	RM3
Puntuación Inicial	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Irregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Irregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
Puntaje Final															

Nota. Adaptado de la sección de registro de la información de la edificación en la ficha de evaluación. FEMA 154.

A medida que avanza la inspección en el campo, es necesario ajustar la puntuación según las características específicas de la estructura. Si un atributo no es relevante para un tipo particular de edificio, se registra como "N/A", indicando que no es aplicable. La Sección L analiza los factores fundamentales que, mediante la asignación de modificadores de puntuación, tienen un impacto significativo en el rendimiento estructural durante los terremotos y detalla el proceso para calcular este puntaje. Los ajustes deben ajustarse al tipo de edificio, ya que el nivel de daño en las edificaciones varía según el tipo de sistema estructural utilizado. Se describen las características de la edificación y se proporcionan normas para distinguir cada rasgo desde el exterior:

- Para edificaciones de altura media (entre 4 y 7 pisos), se deben clasificar como tales y seleccionar el ajuste de puntuación correspondiente en la hoja de registro de datos.
- Los edificios de 8 o más pisos se consideran de gran altura. En la hoja de registro de datos, en este caso, se debe elegir el ajuste de puntuación relacionado con este atributo.
- En todos los tipos de edificios se aplica la irregularidad vertical. La identificación de esta característica puede ser difícil y requiere una gran cantidad de experiencia y juicio. Ejemplos esquemáticos de irregularidad vertical en estructuras, con flechas que indican las áreas con mayor probabilidad de falla, se muestran en la figura 6.

Figura 6

Ejemplo de irregularidades verticales

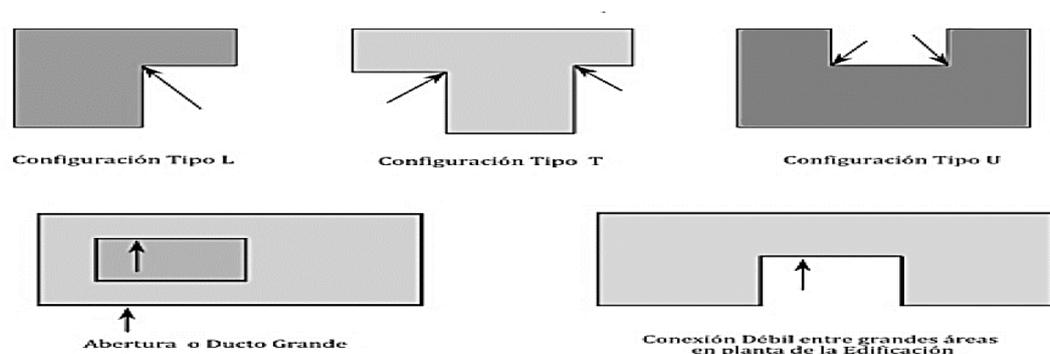


Nota. Irregularidades verticales en las edificaciones. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (FEMA 154).

- d. Irregularidad de planta, se manifiesta en edificaciones con esquinas entrantes, aumentando la probabilidad de daños en la estructura. En aquellos edificios que presentan resistencia significativa en una dirección, pero no en la otra, existe la posibilidad de que se generen efectos torsionales. Se consideran edificios con esquinas entrantes aquellos que tienen una disposición en planta con formas como E, L, T, U o cruz como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Ejemplo de irregularidades en planta



Nota. Irregularidades en planta en las edificaciones. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (A Handbook – FEMA 154).

- e. “Pre-Code” y “Benchmark-post” son modificadores relacionados con el diseño y la ejecución de las estructuras según los códigos sísmicos. El modificador “Pre-Code” se aplica a edificaciones situadas en zonas de alta y moderada sismicidad construidas antes de la adopción de un código de diseño sísmico adecuado. El año en que se aprobaron e implementaron

estos códigos debería haberse identificado como parte del proceso de recopilación de datos previo a la inspección de campo. Debido al método utilizado para calcular las puntuaciones estructurales básicas, este modificador no se aplica a los edificios en regiones de baja sismicidad. Por otro lado, el modificador "Benchmark-post" se aplica a edificios diseñados después de la implementación de mejoras en el código sísmico. El año de referencia para estas edificaciones debería haberse identificado correctamente antes de realizar la evaluación con el PIVR (Castro, 2019).

Según Torrealva (2012), en el contexto peruano, los códigos relacionados con el diseño y la construcción tienen una historia relativamente reciente. Hasta la primera mitad del siglo XX, los proyectos de infraestructura y vivienda en el país se llevaban a cabo principalmente de manera empírica o siguiendo normativas y recomendaciones provenientes de Europa y Estados Unidos. El primer código peruano dedicado al diseño sísmico fue introducido en 1967, y la versión más reciente data del año 2003. La creación de estos códigos, centrados en la resistencia sísmica, se fundamenta en la actividad sísmica de la región, los avances tecnológicos disponibles y la situación económica del país. Dado que la costa peruana se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, resulta imperativo que todas las construcciones sean concebidas y ejecutadas siguiendo criterios de resistencia sísmica. La formulación de estos códigos no solo considera la seguridad estructural, sino también busca lograr un equilibrio delicado entre la seguridad y la viabilidad económica, ya que elevar los estándares de seguridad de manera ilimitada puede no ser económicamente sostenible.

Siguiendo esta información, se puede concluir que el primer código peruano dedicado al diseño sísmico fue establecido en 1977, y la versión más reciente es del año 2003. Por lo tanto, en el contexto de aplicar el Índice de Vulnerabilidad Sísmica (PIVR) en esta tesis, se asignará el puntaje "Pre-Code" a las edificaciones diseñadas antes de 1977, mientras que el puntaje "Benchmark post" se asignará a aquellas construcciones diseñadas después del 2003. Las edificaciones construidas entre 1977 y 2003 no se verán afectadas por ningún ajuste en el puntaje.

k. Selección del tipo de suelo

Cada tipo de suelo puede recibir un puntaje gracias a esta característica. Los suelos de los tipos A y B no están incluidos porque no tienen un modificador de puntaje. Debido a que con este método las edificaciones en estos suelos no pueden ser evaluadas adecuadamente, el suelo de tipo F, que incluye suelos de baja calidad como turba,

suelos con altos índices de plasticidad o suelos licuables, no recibe puntaje (Castro, 2019).

I. Determinación de puntuación final

La letra S representa la puntuación final estructural, que se obtiene sumando la puntuación básica y los valores correspondientes a los modificadores. El formulario de recolección de datos registra este resultado. El evaluador determina si es necesaria una evaluación más detallada con estos datos y la puntuación de referencia establecida antes de la inspección en el terreno. La opción "SÍ" o "NO" en la esquina inferior derecha de la hoja, representada por un círculo, indica esta decisión en el formulario.

Si la determinación del tipo de edificación no sigue las indicaciones establecidas, o carece de precisión y fiabilidad, se pueden seguir dos enfoques, según lo descrito en FEMA 154 (2002):

El evaluador puede calcular el factor S para todas las alternativas posibles y elegir la puntuación más baja. Aunque este método es conservador, también puede ser excesivamente cauteloso, lo que podría llevar a una asignación de puntuación que indique un riesgo mayor al real. Sin embargo, este enfoque conservador no presenta problemas si todas las opciones posibles resultan en una puntuación por debajo del umbral establecido.

Si el evaluador no está seguro de cómo clasificar el sistema estructural, debe agregar la palabra "Desconocido" en la categoría "Tipo de Edificio", lo que indica que no ha sido posible identificar el tipo de edificación. Es necesario que un profesional experto en diseño realice un análisis minucioso en este caso. El acceso al edificio para examinar el techo, el subsuelo y todos los componentes estructurales será parte de una inspección más detallada en el sitio.

2.3. Definición de términos

2.3.1. FEMA

Es la Agencia Federal de Gestión de Emergencias de Estados Unidos (FEMA, 2020).

2.3.2. Peligro Sísmico

Es la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural potencialmente destructivo en un lugar y momento específicos (Bozzo, 1995).

2.3.3. Vulnerabilidad Sísmica

Son los daños probables que podrían ocurrir, los cuales están influenciados por las características físicas y socioeconómicas de la zona (Bozzo, 1995).

2.3.4. Método Cualitativo

El propósito principal no es medir el fenómeno social, sino calificar y describirlo a partir de características determinantes, según lo perciban los propios elementos involucrados en la situación estudiada. (Bernal, 2010).

2.3.5. Método Cuantitativo

Es más completo que el cualitativo y tienen una mayor precisión al momento de obtener resultados en comparación (Bernal, 2010).

2.3.6. Método FEMA 154

Es un método cualitativo que indica el estado actual de la estructura a través de un índice (Benjamín y Lockhart, 2011).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación actual se registra en el campo in situ, ya que se llevará a cabo en las instalaciones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle. La metodología FEMA 154 se utilizará para evaluar la infraestructura.

3.2. Acciones y actividades

Para entender y detallar el estado de la estructura se realizará una visita de campo a la Institución Educativa Enrique Paillardelle, previa coordinación con el director a cargo.

Para el desarrollo de la investigación propuesta se establecieron las siguientes actividades:

- a. Reconocimiento y visita de campo en la institución donde se propone realizar valuación sísmica visual rápida por el método FEMA 154.
- b. Obtención de información con respecto a la estructura de la Institución Educativa.
- c. Preparación de esquema de planta y elevación.
- d. Verificación del análisis siguiendo los lineamientos del formato FEMA 154.
- e. Análisis de datos, comparativa e interpretación de resultados.
- f. Validación de las hipótesis planteadas.

3.3. Materiales y/o instrumentos

- Planos obtenidos
- Fichas de evaluación de patologías
- Fotografías
- Softwares para procesamiento de datos.

3.4. Población y/o muestra de estudio

El presente trabajo de investigación a realizar analizará y evaluará el estado actual de los pabellones de Infraestructuras de la Institución Educativa Enrique Paillardelle, del distrito Gregorio Albarracín provincia de Tacna, región Tacna, el cual brinda servicios educativos de nivel inicial, primario y secundario.

3.5. Operacionalización de variables

El esquema para la operacionalización de las variables se puede apreciar en la tabla 6.

Tabla 6

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Indicador
Variable Independiente: Método FEMA 154	Es una guía que facilita la identificación visual rápida de estructuras en riesgo de peligros sísmicos potenciales, a través de un método de recopilación de información.	Zonificación Sísmica, Número de Pisos, Tipo de Estructura, Tipo de Suelo Uso Año de Construcción
Variable Dependiente: Evaluación	La valoración se realiza de forma cualitativa mediante la observación y un sistema de puntuación, lo que posibilita la descripción del estado actual y las posibles consecuencias frente a un evento sísmico.	Vulnerabilidad Sísmica Aspectos Generales que influyen en la seguridad de la edificación Calificación y evaluación del daño

Nota. Tabla de operacionalización de variables.

3.6. Técnicas de procesamiento de datos

En esta fase de la investigación, se llevará a cabo la valoración de los datos recopilados en el terreno, relacionados con el tipo de estructura y las características de construcción de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

3.6.1 Técnicas

3.6.1.1 Análisis documental

a. Ubicación

En el terreno se ubica en la intersección de dos calles locales de la asociación de vivienda San Francisco, del distrito Gregorio Albarracín formando parte del terreno mayor en donde se ubica una plataforma deportiva múltiple cercado y en terreno destinado para otros usos (referido a la Figura 8).

El acceso a la I.E. se ha proyectado AV. Municipal. Entorno en la Asoc. San Francisco del distrito Gregorio Albarracín L.

Región: Tacna

Provincia: Tacna

Distrito: Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa

Dirección: Avenida Municipal S/N

Figura 8

Ubicación de la Institución educativa Enrique Paillardelle



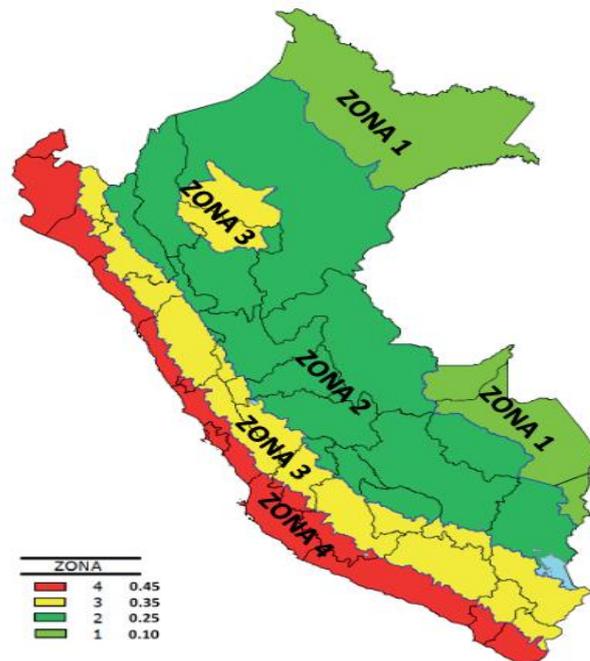
Nota. Zona donde se ubica la Institución Educativa Enrique Paillardelle. Google Earth.

b. Zonificación sísmica

Tacna se encuentra en la zona 4, según la norma técnica E.030 del Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. Como se muestra en la figura 9, esta clasificación indica que la región presenta un mayor peligro sísmico.

Figura 9

Mapa de zonificación sísmica del Perú



Nota. Se puede observar la ubicación de la región de Tacna, se encuentra dentro de la Zona 4. RNE.

Como se muestra en la figura 10, elegimos el formato adecuado para realizar la Evaluación Sísmica Visual Rápida después de determinar que el área de estudio se encuentra en una región de alta sismificación.

Figura 10
Formato de Recolección de Datos – Alta Sismicidad

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE EDIFICACIONES PARA RIESGO SÍSMICO POTENCIAL															ALTA SISMICIDAD																																																																				
FEMA 154 - HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																																																																																			
ESQUEMA										DIRECCIÓN:																																																																									
<table border="1"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																																																						AÑO DE CONSTRUCCIÓN:								OTROS IDENTIFICADORES:		NÚMERO DE PISOS:		OBSERVADOR:	
NOMBRE:								USO:		ÁREA:		FOTOGRAFÍA REFERENCIAL																																																																							
OCUPACIÓN										TIPO DE SUELO								FALLAS NO ESTRUCTURALES																																																																	
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	A	B	C	D	E	F	Revestimiento	Parapeto		Otros																																																																							
Comercial	Historica	Residencial	Roca Dura	Promedio	Muy Denso	Suelo Rígido	Suelo Blando	Suelo Pobre																																																																											
Servicio de Emergencia	Industrial	Educacionales																																																																																	
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																																																																																			
TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	RM3																																																																				
Puntuación Inicial	4.4	3.8	2.8	3	3.2	2.8	2	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8																																																																				
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0																																																																				
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A																																																																				
Irregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1	-1	-1.5	-1	-1	N/A	-1	-1	-1	-1																																																																				
Irregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																																																																				
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.2																																																																				
Post-Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A																																																																				
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																																																																				
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5																																																																				
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8																																																																				
PUNTAJE FINAL																																																																																			
Comentarios:															REQUIERE UNA EVALUACIÓN DETALLADA																																																																				
															SI																																																																				
															NO																																																																				
BR= Con armazones			MR= Pórtico Momento Resistente			SW= Pared de Corte																																																																													
FD= Diagrama Flexible			RC= Concreto Reforzado			TU= Tilt Up																																																																													
LM= Metal Ligero			RD= Diafragma Rígido			URM INF = Relleno de alabillería no reforzada																																																																													

Nota. Adaptado del formato establecido por la norma FEMA 2002, correspondiente a una zona de ALTA SISMICIDAD.

3.6.1.2 Determinación de tipo de suelo

Los valores de velocidades de ondas de corte que considera el código se presentan a continuación, en la tabla 7.

Tabla 7*Velocidades de clase y sitio*

Site class	Nombre Característico	Vs30 (m/s)
A	Roca dura	$V_s < 1520$
B	Roca	$760 < V_s < 1520$
C	Rocas blandas y suelos densos	$366 < V_s < 760$
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 366$
E	Suelo blando	$V_s < 183$

Nota. De acuerdo a la investigación de Alva, J. y Ortiz, C. Amplificación Sísmica en la ciudad de Tacna, los ensayos geofísicos proporcionaron la velocidad de ondas de corte (V_s) del perfil estratigráfico.

Tabla 8*Velocidades de clase y sitio en Tacna*

Distrito	Nombre de la institución	Vs30 (m/s)	Asce 7-16	Norma E-030
Alto de la Alianza	Asociación San Pedro	473	C	S2
Gregorio Albarracín	Institución educativa Enrique Paillardelle	670	C	S1
Ciudad Nueva	Grifo Municipal de Ciudad Nueva	419	C	S2
Ciudad Nueva	Estadio la bombonera	409	C	S2
Alto de la alianza	Estadio de futbol – Alto de la alianza	452	C	S2
Pocollay	Colegio Hermógenes arenas Yañez	652	C	S1
Tacna	Colegio “Coronel Bolognesi”	615	C	S1

Nota. Los sondajes MASW mediante el criterio del Vs30, de acuerdo al International Building Code 2012, para lo cual se pondera la distribución de velocidades de ondas de corte hasta 30 m de profundidad.

Estos ensayos realizados a instituciones con la finalidad de estudio, se determinó de acuerdo a la tabla N°8, que la institución educativa Enrique Paillardelle tiene una $V_s = 30 = 670 \text{ m/s}$ y posee una clasificación de sitio tipo C.

3.6.1.3 Año de construcción

El FEMA 154 indica que el Pre-código se relaciona con edificios construidos después del año 1970, mientras que el Post-Benchmark se relaciona con edificios construidos después del año 2014. En el caso de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle, pudimos notar por algunos planos que pudimos conseguir, que para el año 2013, ya se encontraban construidos los pabellones ya mencionados. Por lo tanto, el "PRE-CÓDIGO" se les asocia.

3.6.1.4 Características de la estructuración de la edificación

El plano de arquitectura nos brindó la mayor parte de la información necesaria para el formato de evaluación, como el área de la edificación, las divisiones de pabellones, el número de pisos, la vista en planta de las características arquitectónicas de los distintos niveles, entre otras cosas. Las áreas de los pabellones "A", "B", "C", "D" y "E" se muestran a continuación.

Área de pedagogía:

32 aulas con Servicios Higiénico por pabellón, distribuidos entre el primer y segundo nivel de los Pabellones A, B, C y D.

04 módulos de talleres (Pabellón E)

02 laboratorios (Pabellón B)

Estos talleres estas constituidos por corte y confección, taller de electricidad. (primer piso) taller de industrias alimentarias, sala de cómputo, biblioteca (segundo piso).

Área de administración

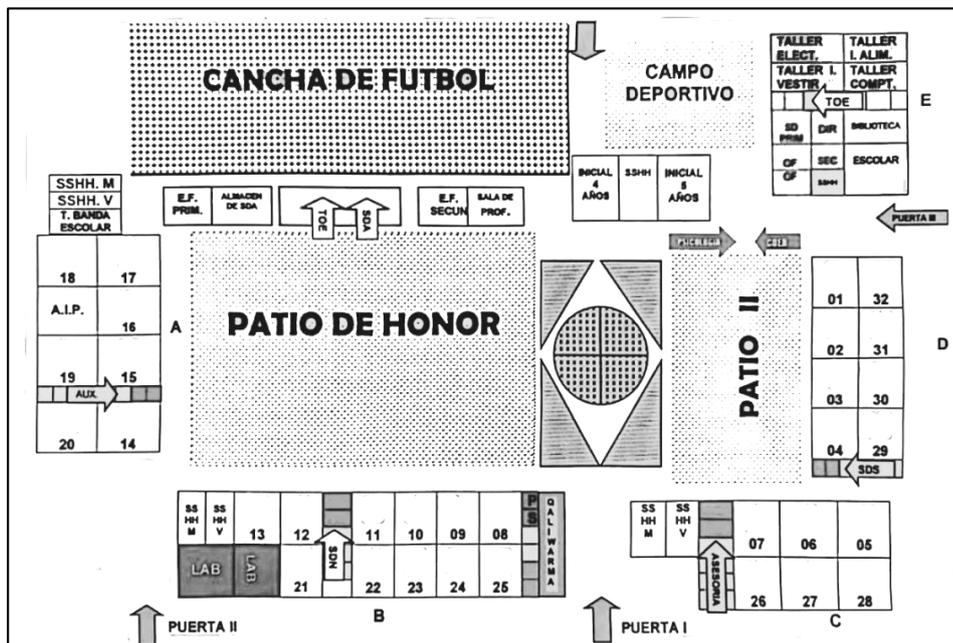
Módulo de Área Administrativo y dirección este situado en Pabellón C.

Así mismo las áreas de orientación se encuentran en ambientes acondicionados en los escalones de la cancha de futbol.

Toda esta descripción se refleja en la figura 11.

Figura 11

Distribución de ambientes



Nota. Distribución actualizada al año 2023. Institución Educativa Enrique Paillardelle (2023).

También se pudo acceder al plano arquitectura en planta de la Institución Educativa Enrique Paillardelle, tal como se muestra en la figura 12.

Obras exteriores

Cerco Perimétrico, se ha proyectado 66.81ML. de cerco perimétrico de concreto (caravista) colindantes con la av. Cuzco

Patio para el Nivel primario (formación y actividades varias.)

Áreas Verdes y circulaciones, en base a la Planimetría general se han planteado ejes de circulación, áreas verdes (piso blando) y espacios de estar en las zonas indicadas en los planos.

Figura 12

Planimetría general



Nota. La construcción es una estructura ubicada en un suelo estable, natural y compacto. Está sustentada por cimientos de concreto, columnas, vigas y placas de concreto armado, así como muros de ladrillo, complementados con una losa aligerada de concreto armado.

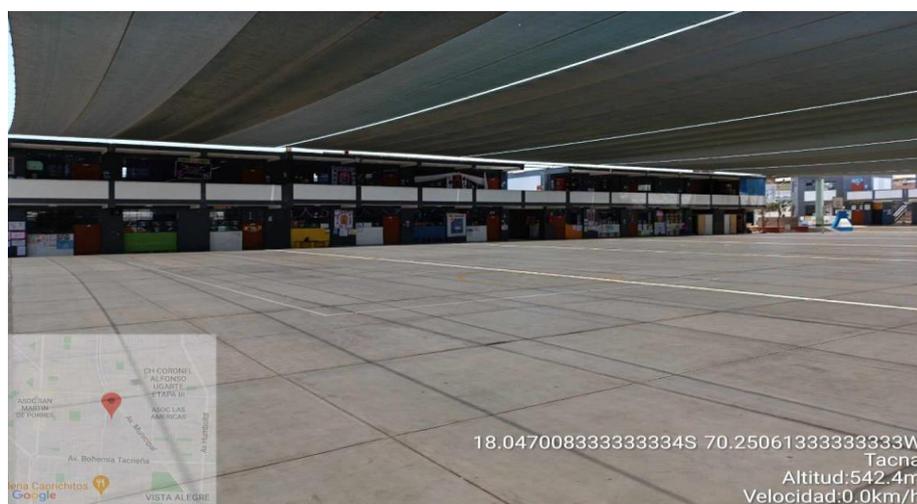
3.6.1.5 Observación no estructurada

Características de la Estructuración de la Edificación

Se realizó un reconocimiento visual de la edificación, verificando los 5 pabellones, a continuación, se detalla mediante registros fotográficos las características de los diferentes pabellones:

Figura 13*Pabellón "A" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle*

Nota. Se observa el registro fotográfico del Pabellón "A" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Figura 14*Pabellón "B" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle*

Nota. Se observa el registro fotográfico del Pabellón "B" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Figura 15

Pabellón "C" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle



Nota. Se observa el registro fotográfico del Pabellón "C" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Figura 16

Pabellón "D" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle



Nota. Se observa el registro fotográfico del Pabellón "D" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Figura 17

Pabellón "E" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle



Nota. Se observa el registro fotográfico del Pabellón "E" de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Se efectuaron mediciones de la columna típica, siendo de 0,25 m por de 0,40 m. Igualmente ilustra en la figura 18, se tomaron medidas de la viga, que fue de 0,25 x 0,50 m según se detalla en la figura 19, y finalmente se midieron los parapetos en todos los pabellones. Se verificó que las medidas coincidieran con las indicadas en los planos, y como se mencionó anteriormente, cumplían con el criterio de diseño de simetría y continuidad.

Figura 18

Verificación de dimensión de columna típica



Nota. Se tomaron medidas de columnas típicas.

Figura 19*Verificación de dimensión de Viga*

Nota. Se tomaron medidas de vigas típicas.

3.6.1.6 Patologías en el Concreto de la Edificación

Figura 20*Muro con desprendimiento de concreto*

Nota. Se observa desprendimiento de concreto al costado de puerta.

Figura 21

Fisuras de concreto en escaleras



Nota. Se tomaron medidas de escaleras típicas.

Figura 22

Fisura de concreto transversal



Nota. Se tomaron medidas de fisuras típicas.

Figura 23

Desprendimiento de concreto



Nota. Se tomaron medidas de desprendimiento de concreto.

Figura 24

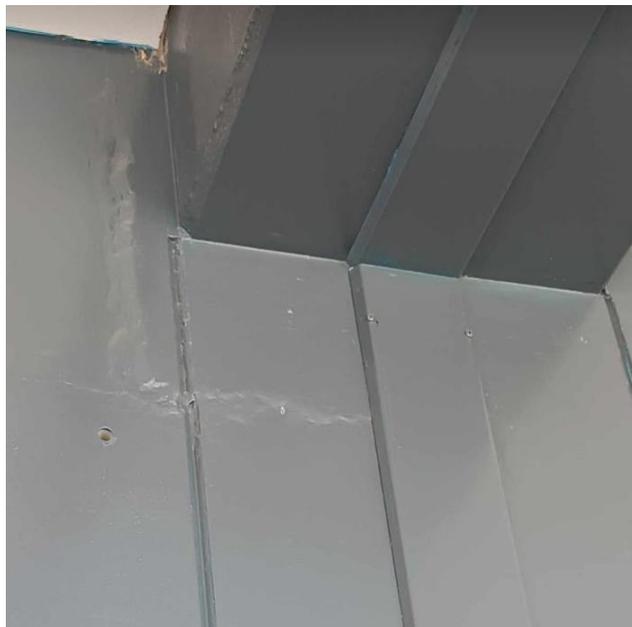
Fisura de concreto transversal



Nota. Se tomaron medidas de fisuras típicas.

Figura 25

Fisura de concreto transversal recubierta



Nota. Se tomaron medidas de fisuras en juntas.

La identificación visual de todas las características mencionadas previamente en el terreno ha sido fundamental para garantizar la confiabilidad de la evaluación. Además, los instrumentos empleados en este procedimiento fueron detallados anteriormente.

- Formato de evaluación (según FEMA 154)
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Útiles de escritorio
- Plano arquitectónico.

3.6.2. Procedimiento y análisis de datos

Para el análisis de datos se ha tomado en cuenta los objetivos de esta investigación para lo cual se detalla a continuación la relación y cumplimiento de estos objetivos planteados.

3.6.2.1 Objetivo específico 1

Determinar la vulnerabilidad sísmica por método FEMA 154 de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Se determinó la vulnerabilidad sísmica mediante la ficha técnica definida en el método FEMA 154 de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

3.6.2.2 Objetivo específico 2

Aplicar el enfoque cualitativo del método FEMA 154 para evaluar los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

Se utilizó el enfoque cualitativo del método FEMA 154 para evaluar los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

3.6.2.3 Objetivo específico 3

Determinar el estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

La aplicación del método FEMA 154 permite determinar el estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Parámetros de la evaluación

4.1.1 Región de sismicidad

Se utilizará el formato HIGH SEISMICITY (Alta Sismicidad) para analizar la zona de estudio según la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Los parámetros incluyen el factor Zona (Z), el factor de amplificación sísmica (C) y el tipo de perfil de suelo (S).

4.1.2 Irregularidad en altura

En la visita a campo de la institución educativa, pudimos observar que los pabellones no muestran irregularidades en cuanto a la altura, ya que la altura de cada piso es igual; los ejes de las columnas no cambian de dimensiones y en los dos niveles son constantes; la superficie de los pabellones no es inclinada y no se encuentran pisos débiles ni columnas cortas. La tabla 9 recopila todos estos datos que se expresaron anteriormente.

Tabla 9

Irregularidad en altura

Pabellón	Niveles	Irregularidad en altura	Observaciones
Pabellón A	2	No presenta	La simetría de los ambientes, hablando de la distribución de los ambientes, permite reconocer la ausencia de irregularidad en altura.
Pabellón B	2	No presenta	
Pabellón C	2	No presenta	
Pabellón D	2	No presenta	
Pabellón E	2	No presenta	

Nota. La tabla nos muestra los resultados obtenidos de la observación sobre irregularidad en altura de los Pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

4.1.3 Irregularidad en planta

Según los planos de arquitectura y la verificación en el campo, no detectamos ninguna irregularidad en la planta de los pabellones, ya que su forma es rectangular. La tabla 10 resume todos estos datos que se expresaron anteriormente.

Tabla 10

Irregularidad en planta

Pabellón	Niveles	Irregularidad en Planta	Observaciones
Pabellón A	2	No presenta	La simetría de los ambientes, hablando de la distribución de los ambientes, permite reconocer la ausencia de irregularidad en altura.
Pabellón B	2	No presenta	
Pabellón C	2	No presenta	
Pabellón D	2	No presenta	
Pabellón E	2	No presenta	

Nota. La Tabla nos muestra los resultados obtenidos de la observación sobre irregularidad en planta de los Pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

4.1.4 Tipología sistema estructural

El sistema estructural de los Pabellones fue identificado como un edificio de pórticos de concreto, con la simbología C1, según el formato del FEMA 154 y con un puntaje inicial de 2,5.

4.1.5 Número pisos de edificación

Para el número de pisos, notamos que los pabellones “A”, “B”, “C”, “D” y “E” poseen 2 niveles. Este parámetro no se definirá en ningún intervalo para poder alcanzar el puntaje crítico.

4.1.6 Año de la construcción

El FEMA 154 que el Pre-código se asocia a construcciones hechas a partir de 1970, y el Post-Benchmark se asocia a construcciones hechas a partir del 2014. En el caso de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle, pudimos notar por algunos planos que pudimos conseguir, que para el año 2013, ya se encontraban construidos los pabellones ya mencionados. Por ende, se les asocia el "PRE-CÓDIGO".

4.1.7 Tipo de suelo

El tipo de Suelo de la Institución Educativa Enrique Paillardelle es de clase C, tal como se muestra la tabla 11:

Tabla 11

Clasificación de Suelo de la Institución Educativa Enrique Paillardelle

Nombre de la institución	Vs30 (m/s)	Clase de sitio
Asociación San Pedro (Alto de la Alianza)	473	C
Colegio Enrique Paillardelle (Gregorio Albarracín)	670	C
Grifo Municipal de Ciudad Nueva (Ciudad Nueva)	419	C
Estadio la Bombonera (Ciudad Nueva)	409	C
Estadio de futbol -Alto de la Alianza (Alto de la Alianza)	452	C
Colegio Hermógenes Arenas Yáñez (Pocollay)	652	C
Colegio "Coronel Bolognesi" (Tacna)	615	C

Nota. En la tabla se puede observar la clasificación del suelo de la *Institución Educativa Enrique Paillardelle* de Tacna y otras zonas de estudio.

4.2. Puntaje final “S”

4.2.1 Pabellón “A”

Para determinar el estado exacto de la edificación, investigar su vulnerabilidad sísmica y evaluar su capacidad estructural ante un evento sísmico, se requiere una evaluación más detallada mediante un método cuantitativo, como se muestra en el anexo 3. El resultado "S" final es 0,9, lo que indica una probabilidad de 12.59 % de falla.

4.2.2 Pabellón “B”

Para determinar el estado exacto de la edificación, investigar su vulnerabilidad sísmica y evaluar su capacidad estructural ante un evento sísmico, se requiere una evaluación más detallada mediante un método cuantitativo, como se muestra en el anexo 4. El resultado "S" final es 0,9, lo que indica una probabilidad de 12.59 % de falla.

4.2.3 Pabellón “C”

Para determinar el estado exacto de la edificación, investigar su vulnerabilidad sísmica y evaluar su capacidad estructural ante un evento sísmico, se requiere una evaluación más detallada mediante un método cuantitativo, como se muestra en el anexo 5. El resultado "S" final es 0,9, lo que indica una probabilidad de 12.59 % de falla.

4.2.4 Pabellón “D”

Para determinar el estado exacto de la edificación, investigar su vulnerabilidad sísmica y evaluar su capacidad estructural ante un evento sísmico, se requiere una evaluación más detallada mediante un método cuantitativo, como se muestra en el anexo 6. El resultado "S" final es 0,9, lo que indica una probabilidad de 12.59 % de falla.

4.2.5 Pabellón “E”

Para determinar el estado exacto de la edificación, investigar su vulnerabilidad sísmica y evaluar su capacidad estructural ante un evento sísmico, se requiere una evaluación más detallada mediante un método cuantitativo, como se muestra en el anexo 7. El resultado "S" final es 0,9, lo que indica una probabilidad de 12.59 % de falla.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Hipótesis general

La evaluación sísmica visual rápida utilizando el método FEMA 154 proporcionará percepciones valiosas sobre la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.

5.1.1. Respuesta a la hipótesis general

Para obtener los resultados de manera efectiva en la evaluación sísmica visual rápida de los pabellones de la I.E. Enrique Paillardelle, se utilizó el Método FEMA 154, ya que la edificación cumplía con requisitos mínimos que se requiere para aplicar este y pudimos llegar a que los pabellones de la I.E. necesitan una revisión por método cuantitativo.

5.2. Hipótesis específica 1

La Institución Educativa Enrique Paillardelle presenta una vulnerabilidad sísmica que puede ser evaluada mediante el método FEMA 154.

5.2.1. Respuesta a la hipótesis específica 1

Con el uso del método FEMA 154, se obtuvo los resultados finales correspondientes a su evaluación sísmica de los pabellones A, B, C, D y E, los cuales son 0.9, 0.9, 0.9, 0.9 y 0.9 respectivamente, que indica que estos serían vulnerables ante algún evento sísmico; por ende, requiere una evaluación más detallada.

5.3. Hipótesis específica 2

La aplicación del enfoque cualitativo del método FEMA 154 permitirá una evaluación efectiva más rápida que otros métodos cuantitativos de los pabellones en la Institución Educativa Enrique Paillardelle en relación con su vulnerabilidad sísmica.

5.3.1. Respuesta a la hipótesis específica 2

Para la obtención de datos y resultados por el método FEMA 154, no se requirió la realización de algún tipo de cálculo estructural ni uso de software, ya que este método

es cualitativo y nos brinda la manera de poder hacer una evaluación visual sencilla y rápida.

5.4. Hipótesis específica 3

El estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle presenta muchas patologías.

5.4.1. Respuesta a la hipótesis específica 3

Con la aplicación del Método FEMA 154 se pudo también inspeccionar visualmente las patologías existentes en la edificación encontrándose:

- Muros con desprendimiento de concreto.
- Fisuras del concreto en escaleras.
- Fisuras de concreto transversal.
- Fisuras de concreto transversal recubiertas.

Las patologías antes mencionadas no son de gran magnitud y no influye en la habitabilidad de las estructuras, calificando así el estado de conservación de esta como BUENO.

Algunos autores que usaron este método y obtuvieron resultados son:

- Morán (2016), en su tesis “Aplicación de la metodología FEMA 154 para la evaluación de daños estructurales en edificaciones luego de un evento sísmico”, usó este método para poder evaluar los daños estructurales causados por un evento sísmico a una edificación en el Cantón Ventanas de la Prov. de los Ríos, Ecuador.
- Castro (2019), en su tesis “Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la universidad de Piura por el método FEMA 154”, se adentra en los fundamentos y criterios establecidos por el FEMA 154 para evaluar la vulnerabilidad sísmica en las 2 clasificaciones: aceptable y no aceptable.
- Quispe y Mamani (2021), en su tesis “Evaluación sísmica visual rápida por el método FEMA 154 de los pabellones del campus Capanique 1 de la universidad privada de TACNA, 2021” usa este método para determinar el nivel de vulnerabilidad de los distintos pabellones de la Universidad Privada de Tacna, y así poder determinar si necesita una evaluación más detallada.

CONCLUSIONES

En los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle de Tacna, el método FEMA 154 llevó a cabo una evaluación sísmica visual rápida y efectiva.

Los resultados finales de la ficha de evaluación sísmica realizada en los pabellones A, B, C, D y E fueron los siguientes: los puntajes "S" fueron 0.9, 0.9, 0.9, 0.9 y 0.9 respectivamente, con puntajes menores a 2. Las construcciones requieren una evaluación más minuciosa debido a que son susceptibles a los fenómenos sísmicos.

El método FEMA 154 se utilizó para realizar una evaluación sísmica visual rápida sin requerir el uso de software ni el cálculo estructural. Como método cualitativo, facilita su implementación.

El método FEMA 154 se empleó para examinar visualmente las patologías presentes en la edificación:

- Muros con desprendimiento de concreto.
- Fisuras del concreto en escaleras.
- Fisuras de concreto transversal.
- Fisuras de concreto transversal recubiertas.

El estado de conservación de las estructuras es BUENO, ya que las patologías mencionadas no son de gran magnitud y no afectan la habitabilidad.

RECOMENDACIONES

Para conocer de manera precisa las propiedades del concreto actual, la Institución Educativa Enrique Paillardelle debe realizar ensayos estructurales a los elementos de la edificación para futuras investigaciones.

Utilizando los resultados de la evaluación sísmica visual rápida realizada en la presente tesis, se recomienda a los futuros tesisistas realizar una evaluación cuantitativa exhaustiva de los pabellones.

Para comparar los resultados de la presente tesis y lograr un mejor resultado en conjunto, se aconseja a los futuros tesisistas que utilicen otros métodos de evaluación sísmica visual.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa plantear un expediente de mantenimiento y mejoramiento de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle para mitigar las fallas y patologías encontradas en estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, J. y Ortiz, C. Amplificación Sísmica en la ciudad de Tacna [Archivo PDF].
<https://www.jorgealvahurtado.com/files/Amplificacion%20sismica%20en%20Tacna.pdf>
- Applied Technology Council (ATC). (2002). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Federal Emergency Management Agency (FEMA).
- Bernal, I. y Tavera, H. (2002). Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú. Monografía IGP, CNDG.
- Benedetti D. y Petrini V. (1984). Sulla vulnerabilità sísmica di edifici in muratura: Prioste di un método di valutazione. L'industria delle Costruzioni, Roma, Italia.
- Benjamín, J. y Lockhart, S. (2011). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente, Santo Domingo, República Dominicana.
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Pearson educación.
- Bozzo, L. (1995). Técnicas Avanzadas de Diseño Sismorresistente. Cámara peruana de la construcción.
- Cahill, T. y Isacks, B. (1992). Seismicity and shape of the subductd Nazca plate. J. Geophys Res.
- Cardona, O. (2005). Indicators of Disaster Risk and Risk Management: Program for Latin America and the Caribbean. Summary Report. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>.
- Carpeta, E. (2014) Determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica de siete viviendas mediante cuatro metodologías en la ciudad de Bogotá [Tesis de Grado, Universidad Piloto de Colombia]
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1391>

- Carreño, M., Cardona, O., y Barbat, A. (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Monografía BID, Programa de Información e Indicadores sobre Gestión de Riesgos Indicadores para la Gestión de Riesgos y Ministerio de Educación y Ciencia de España.
- Castillo, P. y Lonsdale, P. (2004). A Geochemistry of Alvarado and Samaniego ridge suggests widespread Galapagos plume-upper Mantle interaction in the Mioceno Eastern Pacific, American Geophysical Union, Fall Meeting 2004, V33G-03.
- Castro, M. (2019). Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154 [Tesis de Titulación, Universidad de Piura] <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3940>.
- DeMets C., Gordon, R., Argus, R., Stein, S. (1994). Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of currents plate motions. *Geophysical Research Letters*.
- Enríquez, J. (2018) Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, actualizada a la norma E-030 [Tesis de Titulación, Universidad Señor de Sipán] <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5497>
- Erdey, C. (2007). *Earthquake engineering, application to design*. Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Federal Emergency Management Agency, (FEMA) (2002). *Rapid Visual Screening of buildings for potential Seismic a Handbook FEMA 154*.
- García, J. y Vásquez, J. (2021) Métodos cualitativos vs métodos analíticos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica en una edificación tipo A. Comas-Lima-2021 [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo] <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90115>
- Hernández, J. y Lockhart, S. (10 de enero de 2011). Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones de Hormigón Armado Existente. *Ciencia y Sociedad*, Volumen XXXVI (2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757004>
- Investigaciones en Ingeniería Civil. Esp. Ing. Ricardo Oviedo Sarmiento (Enero de 2004). Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico. https://oviedos.tripod.com/peligr.htm#_ftn1

- Krabbenhoft, A., J. Bialas, H. Koop, N. Kukowski, C. Hubscher (2004). Crustal structure of the Peruvian continental margin from wider-angle seismic studies. *Geophysical Journal International*, doi:10-1111/j.1365-2406x.
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de desastres, Viviendo en armonía con la naturaleza. PNUD.
- López, C. (2019) Evaluación del Nivel de Vulnerabilidad Sísmica para Edificaciones Inspeccionadas con la Planilla Atc 21 sometidas a una solicitación Sísmica en la Urb. Las Gardenias Del Distrito De Ate [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Federico Villarreal] <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3586>
- Macharé, J., Sébrier, M., Huamán, R. y Mercier, J. (1986). Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (76).
- Maldonado, E. (2009). Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra. Ingeniería y desarrollo. Universidad del Norte, Colombia.
- Morán, J. (2016) Aplicación de la Metodología FEMA-154 para la Evaluación de Daños Estructurales en Edificaciones luego de un Evento Sísmico [Tesis de Titulación, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16706>
- Norabuena, E., Dixon, T., Stein, S. y Harrison, C. (1999). Decelerating Nazca–South America and Nazca–Pacific motions. *Geophys. Res. Lett.* 26.
- Ochoa, A. (2012). Aplicación de los Sistemas de información geográfica para la determinación de escenarios de riesgo en el Balneario de Pucusana. Universidad Nacional de San Marcos, Perú.
- Plataforma digital única del Estado Peruano (22 de abril de 2020). Cinturón de Fuego del Pacífico: ¿activación en cadena? <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/127394-cinturon-de-fuegodel-pacifico-activacion-en-cadena/>
- Quispe, G. y Mamani, J. (2021) Evaluación sísmica visual rápida por el método fema 154 de los pabellones del Campus Capanique 1 de la Universidad Privada de Tacna, 2021 [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna] <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2108>
- Robinson, J., Torvik, R. y Verdier, T. (2006). The political foundations of the resource curse. *J. Dev. Econ.* 79.

- Rojas (2017). *Análisis del riesgo sísmico en las edificaciones informales en el sector 5 lado este de Chupaca*, Huancayo. Universidad Peruana Los Andes.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). ¿Cómo se originan los Terremotos?
https://www.sernageomin.cl/Museo_Geologico/terremotos/losTerremotos.html
- Tavera, H. y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquake in Peru. *Journal of Seismology*.
- Torrealva, D. (2012). Evolución de las normas sísmicas peruanas y el diseño sismo resistente. Foro: evaluación de la vulnerabilidad y medidas de prevención ante riesgo sísmico y tsunami.
- Vargas, M., Arroyo, J. y Vizconde, A. (2018). Vulnerabilidad sísmica de viviendas unifamiliares existentes de una Zona Urbano – Residencial en Anconcito, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7364561>
- Vera, L. (2019). *Microzonificación sísmica de la ciudad de Tacna*. *Ciencia & Desarrollo*, (3), 7–14.
- Vizconde, A. (2004) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: clínica San Miguel, Piura [Tesis de Titulación, Universidad de Piura]
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1367>
- Yamano, M. y Uyeda, S. (1990). Heat-Flow studies in the Peru Trench Subduction Zone., *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results.*, Vol-112.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Es factible realizar una evaluación sísmica visual rápida por el método fema 154 de la I.E. Enrique Paillardelle?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Realizar una evaluación sísmica visual rápida por el método fema 154 de la I.E. Enrique Paillardelle</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La evaluación sísmica visual rápida utilizando el método FEMA 154 proporcionará percepciones valiosas sobre la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Enrique Paillardelle.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Método FEMA 154</p>	<p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ubicación - Zonificación - Número de pisos - Tipo de estructuras 	<p>Nivel de Investigación</p> <p>Evaluativo, Aprehensivo y Comprensivo</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Cómo determinar la vulnerabilidad sísmica por el método FEMA 154 de la Institución Educativa Enrique Paillardelle?</p> <p>b. ¿Es posible utilizar el enfoque cualitativo del método FEMA 154 para evaluar los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle?</p> <p>c. ¿Cómo determinar el estado de conservación mediante la aplicación del método FEMA actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Determinar la vulnerabilidad sísmica por método FEMA 154 de la Institución Educativa Enrique Paillardelle</p> <p>b. Aplicar el enfoque cualitativo del método FEMA 154 para evaluar los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle</p> <p>c. Determinar el estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. La Institución Educativa Enrique Paillardelle presenta una vulnerabilidad sísmica que puede ser evaluada mediante el método FEMA 154</p> <p>b. La aplicación del enfoque cualitativo del método FEMA 154 permitirá una evaluación efectiva de los pabellones en la Institución Educativa Enrique Paillardelle en relación con su vulnerabilidad sísmica.</p> <p>c. El estado de conservación actual de los pabellones de la Institución Educativa Enrique Paillardelle presenta muchas patologías.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Evaluación sísmica visual rápida</p>	<p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilidad sísmica. - Daños generales que influyen en la edificación. - Cualificación y evaluación del daño 	<p>Población</p> <p>I.E. Enrique Paillardelle</p> <p>Muestra</p> <p>Infraestructuras de la Institución Educativa Enrique Paillardelle</p> <p>Técnicas de Recolección de Datos:</p> <p>Diseño de Campo, Diseño documental</p> <p>Instrumentos</p> <p>Referencias documentales</p> <p>Fichas técnicas</p>

Anexo 02. Formato FEMA

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE EDIFICACIONES PARA RIESGO SÍSMICO POTENCIAL													ALTA SISMICIDAD						
FEMA 154 - HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																			
ESQUEMA										DIRECCIÓN:									
										AÑO DE CONSTRUCCIÓN:									
										OTROS IDENTIFICADORES:									
										NÚMERO DE PISOS:									
										OBSERVADOR:									
										NOMBRE:									
										USO:									
ÁREA:																			
FOTOGRAFÍA REFERENCIAL																			
OCUPACIÓN					TIPO DE SUELO					FALLAS NO ESTRUCTURALES									
Asamblea			Gubernamental			Oficinas			A	B	C	D	E	F	Revestimiento				
Comercial			Historica			Residencial			Roca Dura	Promedio	Muy Denso	Suelo Rígido	Suelo Blando	Suelo Pobre	Parapeto				
Servicio de Emergencia			Industrial			Educativos									Otros				
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																			
TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	RM3				
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU	FD	RD	RD					
Puntuación Inicial	4.4	3.8	2.8	3	3.2	2.8	2	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8				
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0				
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A				
Irregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1	-1	-1.5	-1	-1	N/A	-1	-1	-1	-1				
Irregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.2				
Post-Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A				
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4				
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5				
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8				
PUNTAJE FINAL																			
Comentarios:													REQUIERE UNA EVALUACIÓN DETALLADA						
													SI						
													NO						
BR= Con arriostres	MR= Portico Momento Resistente					SW= Pared de Corte													
FD= Diagrama Flexible	RC= Concreto Reforzado					TU= Tilt Up													
LM= Metal Ligero	RD= Diafragma Rígido					URM INF = Relleno de alabillería no reforzada													

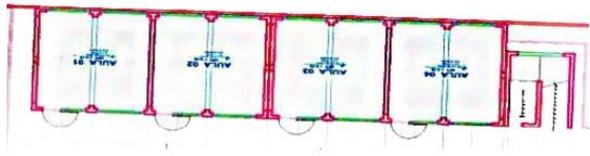
Anexo 03. Formato de evaluación pabellón "A"

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE EDIFICACIONES PARA RIESGO SÍSMICO POTENCIAL												ALTA SISMICIDAD								
FEMA 154 - HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																				
ESQUEMA												FOTOGRAFÍA REFERENCIAL								
												DIRECCIÓN: AVENIDA MUNICIPAL SIN Gregorio Abarracín Lanchipa - TACNA								
												AÑO DE CONSTRUCCIÓN: -								
												OTROS IDENTIFICADORES: Ninguno relevante								
												NÚMERO DE PISOS: 2								
												OBSERVADOR: Joseph Juan Pablo Romani Espillico								
												NOMBRE: Pabellón "A" de la I.E. Enrique Pallardelle								
												USO: Aulas								
												ÁREA: 582.51 m ²								
OCUPACIÓN												TIPO DE SUELO						FALLAS NO ESTRUCTURALES		
Asamblea			Gubernamental			Oficinas			A	B	C	D	E	F	Revestimiento					
Comercial			Historica			Residencial			Roca	Prome	Muy	Suelo	Suelo	Suelo	Parapeto					
Servicio de Emergencia			Industrial			Educativos			Dura	dio	Denso	Rígido	Blando	Pobre	Otros					
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																				
TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	RM3					
Puntuación Inicial	4.4	3.8	2.8	3	3.2	2.8	2	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8					
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0					
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A					
Irregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1	-1	-1.5	-1	-1	N/A	-1	-1	-1	-1					
Irregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5					
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.2					
Post-Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A					
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4					
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5					
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8					
PUNTAJE FINAL									0.9											
Comentarios:																				
REQUIERE UNA EVALUACIÓN DETALLADA																				
SI																				
NO																				
BR= Con arriostres			MR= Portico Momento Resistente			SW= Pared de Corte														
FD= Diagrama Flexible			RC= Concreto Reforzado			TU= Tilt Up														
LM= Metal Ligero			RD= Diafragma Rígido			URM INF = Relleno de alabtería no reforzada														

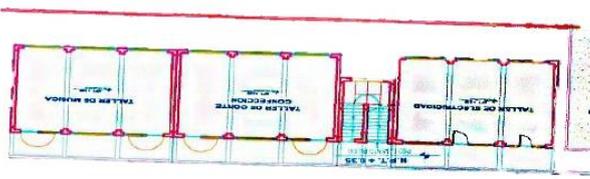
Anexo 04. Formato de evaluación pabellón "B"

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE EDIFICACIONES PARA RIESGO SÍSMICO POTENCIAL													ALTA SISMICIDAD			
FEMA 154 - HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																
ESQUEMA													DIRECCIÓN: AVENIDA MUNICIPAL SIN Gregorio Albarracín Lanchipa - TACNA			
													AÑO DE CONSTRUCCIÓN: -			
													OTROS IDENTIFICADORES: Ninguno relevante			
													NÚMERO DE PISOS: 2			
													OBSERVADOR: Joseph Juan Pablo Romani Espillico			
													NOMBRE: Pabellón "B" de la I.E. Enrique Paillardelle			
USO: Aulas			ÁREA: 782.51 m ²													
FOTOGRAFÍA REFERENCIAL																
OCUPACIÓN																
Asamblea		Gubernamental		Oficinas		A	B	C	D	E	F	Revestimiento				
Comercial		Historica		Residencial		Roca	Prome	Muy	Suelo	Suelo	Suelo	Parapeto				
Servicio de Emergencia		Industrial		Educacionales		Dura	dio	Denso	Rígido	Blando	Pobre	Otros				
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																
TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	RM3	
Puntuación Inicial	4.4	3.8	2.8	3	3.2	2.8	2	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0	
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A	
Irregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1	-1	-1.5	-1	-1	N/A	-1	-1	-1	-1	
Irregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.2	
Post-Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A	
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8	
PUNTAJE FINAL								0.9								
Comentarios:													REQUIERE UNA EVALUACIÓN DETALLADA			
													SI			
													NO			
BR= Con amiestes			MR= Portico Momento Resistente			SW= Pared de Corte										
FD= Diagrama Flexible			RC= Concreto Reforzado			TU= Tilt Up										
LM= Metal Ligero			RD= Diafragma Rígido			URM INF = Relleno de alabitería no reforzada										

Anexo 06. Formato de evaluación pabellón “D”

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE EDIFICACIONES PARA RIESGO SÍSMICO POTENCIAL												ALTA SISMICIDAD				
FEMA 154 - HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																
ESQUEMA 						DIRECCIÓN: AV/ENDA MUNICIPAL SIN Gregorio Albarracín Lanchipa - TACNA AÑO DE CONSTRUCCIÓN: - OTROS IDENTIFICADORES: Ninguno relevante NÚMERO DE PISOS: 2 OBSERVADOR: Denisse Priscilla Villaca Paco NOMBRE: Pabellón "D" de la I.E. Enrique Paillardelle USO: Aulas ÁREA: 482.25 m²										
						FOTOGRAFÍA REFERENCIAL 										
OCUPACIÓN Asamblea Comercial Servicio de Emergencia						TIPO DE SUELO A Roca Dura B Promedio C Muy Denso D Suelo Rígido E Suelo Blando F Suelo Pobre						FALLAS NO ESTRUCTURALES Revestimiento Parapeto Otros				
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																
TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	RM3	
Puntuación Inicial	4.4	3.8	2.8	3	3.2	2.8	2	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0	
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A	
Iregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1	-1	-1.5	-1	-1	N/A	-1	-1	-1	-1	
Iregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.2	
Post-Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A	
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8	
PUNTAJE FINAL								0.9								
Comentarios:												REQUIERE UNA EVALUACIÓN DETALLADA				
												SI NO				
BR= Con arriostres FD= Diagrama Flexible LM= Metal Ligero			MR= Porico Momento Resistente RC= Concreto Reforzado RD= Diafragma Rígido			SW= Pared de Corte TU= Tilt Up URM INF = Relleno de alabillería no reforzada										

Anexo 07. Formato de evaluación pabellón “E”

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE EDIFICACIONES PARA RIESGO SÍSMICO POTENCIAL													ALTA SISMICIDAD			
FEMA 154 - HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																
ESQUEMA								DIRECCIÓN: AVENIDA MUNICIPAL SIN Gregorio Abarrachín Lanchipa - TACNA								
								AÑO DE CONSTRUCCIÓN: _____								
								OTROS IDENTIFICADORES: Ninguno relevante								
								NÚMERO DE PISOS: 2								
								OBSERVADOR: Joseph Juan Pablo Romani Espillico								
								NOMBRE: Pabellón "E" de la I. E. Enrique Paillardelle								
USO: Talleres - Dirección								FOTOGRAFÍA REFERENCIAL								
																
OCUPACIÓN								TIPO DE SUELO				FALLAS NO ESTRUCTURALES				
Asamblea			Gubernamental			Oftinas		A	B	C	D	E	F	Revestimiento		
Comercial			Historica			Residencial		Roca	Prome	Muy	Suelo	Suelo	Suelo	Parapelo		
Servicio de Emergencia			Industrial			Educacionales		Dura	dio	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Otros		
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																
TIPO DE EDIFICACIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	RM3	
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD		
Puntuación Inicial	4.4	3.8	2.8	3	3.2	2.8	2	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0	
Gran Altura (más 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A	
Irregularidad Vertical	-2.5	-2	-1	-1.5	N/A	-1	-1	-1.5	-1	-1	N/A	-1	-1	-1	-1	
Irregularidad de Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Pré-código	0	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.2	
Post-Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A	
Suelo Tipo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Suelo Tipo D	0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	
Suelo Tipo E	0	-0.8	-1.2	-1.2	-1	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8	
PUNTAJE FINAL								0.9								
Comentarios:													REQUIERE UNA EVALUACIÓN DETALLADA			
													SI			
													NO			
BR= Con armistres			MR= Portico Momento Resistente			SW= Pared de Corte										
FD= Diagrama Flexible			RC= Concreto Reforzado			TU= Tilt Up										
LM= Metal Ligero			RD= Diafragma Rígido			URM INF = Relleno de alabñiteria no reforzada										