



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa en  
el pabellón “A” de la UCV sede Tarapoto – San Martín 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTORES:**

De la Barra Tuesta, Pedro Luis ([orcid.org/0000-0002-3287-7937](https://orcid.org/0000-0002-3287-7937))

Lopez Otero, Ribaldo ([orcid.org/0000-0003-3830-589X](https://orcid.org/0000-0003-3830-589X))

**ASESOR:**

Dr. Paredes Aguilar, Luis ([orcid.org/0000-0002-1375-179X](https://orcid.org/0000-0002-1375-179X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TARAPOTO – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

Primero que nada, a Dios todo poderoso por iluminarme día a día en mi camino. A mis padres, Yuri Titov de la Barra Guerra y Maritza Tuesta Ríos por otorgarme la vida y siempre estar presente brindándome el apoyo necesario cumplir con todos los objetivos de mi formación personal y profesional como Ingeniero Civil.

Pedro Luis de la Barra Tuesta

En primer lugar, a mis padres, tanto a mi madre Luz Teodocia Otero Valdiviezo, como a mi padre Elidergio López Pinedo por ser los pilares fundamentales en esta formación académica que he tenido, se los dedico por apoyarme tanto en el ámbito psicológico como en el económico. También a mi hermana Luz Angelica López Otero quien, con sus ocurrencias y forma de ser, alegraba los días más grises para mí. Este proyecto de investigación es para ellos.

Ribaldo López Otero

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro señor todo poderoso por darme la sabiduría y la capacidad de enfocarme por el buen camino. A mis queridos padres por su apoyo invaluable, confianza perenne y amor incondicional hacia mi persona. A la Universidad César Vallejo por brindarme tan prestigiosos docentes durante toda mi formación profesional. Al Dr. Luis Paredes Aguilar por asesorarme en este trabajo de investigación por todas las enseñanzas y experiencia compartida.

Pedro Luis de la Barra Tuesta

A mis padres por estar siempre conmigo y alentarme día a día para lograr este gran objetivo. También a aquellos docentes que me formaron y aconsejaron durante esta etapa de mi vida. A mi hermana por ser una de mis motivaciones a seguir adelante y no rendirme. A mis amigos, aquellos que me apoyaron y lograron que este viaje fuera inolvidable. Finalmente, a nuestra prestigiosa universidad por el gran ambiente académico que posee.

Ribaldo López Otero

## Índice de contenidos

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I.INTRODUCCIÓN .....	9
II.MARCO TEÓRICO .....	13
III.METODOLOGÍA .....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y Operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos.....	39
3.6. Método de análisis de datos.....	40
3.7. Aspectos éticos.....	40
IV. RESULTADOS .....	42
V. DISCUSIÓN .....	47
VI. CONCLUSIONES .....	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS .....	53
ANEXOS .....	56

## Índice de tablas

<b>Tabla N° 1.</b> Descripción de la Edificación .....	23
<b>Tabla N° 2.</b> Información primordial de la estructura .....	23
<b>Tabla N° 3.</b> Tipos de edificación según el método FEMA 154.....	24
<b>Tabla N° 4.</b> Índices Básicos según el tipo de estructura .....	26
<b>Tabla N° 5.</b> Factores de ajuste de los índices básicos .....	27
<b>Tabla N° 6.</b> Índice final “S” .....	27
<b>Tabla N° 7.</b> Clasificación de Elementos Estructurales Verticales .....	29
<b>Tabla N° 8.</b> Valores de los Coeficientes $\alpha_i$ .....	30
<b>Tabla 9.</b> Valores de $G_i$ y $R_i$ .....	31
<b>Tabla N°10.</b> Clasificación de Daños Causados por Sismos .....	34
<b>Tabla N°11.</b> Valores del índice “T” para diferentes causas y tipos de deterioro. .	35
<b>Tabla N°12.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
<b>Tabla N°13.</b> Resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos .....	42
<b>Tabla N°14.</b> Resultados de la prueba de rebote elástico por impacto (Esclerómetro).....	43
<b>Tabla N°15.</b> Datos generales del método FEMA 154.....	45
<b>Tabla N°16.</b> Índices básicos, modificadores y puntuación final “S” FEMA 154....	44
<b>Tabla N°17.</b> Resultados método Japones de Hirosawa .....	45
<b>Tabla N°18.</b> Costo de inversión para la aplicación de los Métodos FEMA 154 e Hirosawa. ....	46

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura N°1.</b> Comportamiento de las variables de investigación.....	19
<b>Figura N° 2.</b> Cálculo del Índice $I_s$ .....	28
<b>Figura N° 3.</b> Cálculo de $E_o$ .....	29
<b>Figura N°4:</b> Salientes en Estructuras.....	32
<b>Figura N°5</b> Longitud (L) más grande en edificaciones irregulares.....	32
<b>Figura N°6:</b> Relación de Contracción de Planta.....	33
<b>Figura N° 7.</b> Cálculo del Índice $I_{so}$ .....	36
<b>Figura N° 8.</b> Cálculo el valor de $ESO$ .....	37

## Resumen

El presente estudio titulado “Vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa en el pabellón “A” de la UCV sede Tarapoto – San Martín 2022” tuvo como objetivo aplicar el estudio de vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa para identificar el grado de peligro que está sujeto el pabellón que usamos nosotros como estudiantes y el personal que labora, así mismo, nuestra metodología fue aplicada debido que las habilidades duras adquiridas fueron aplicadas en cada los proceso, además del enfoque cuantitativo descriptivo transversal porque estimó la magnitud de nuestra variable dependiente, para corroborar nuestras hipótesis, por otro lado, nuestro estudio fue de tipo experimental puro debido a la manipulación de la variable independiente “Vulnerabilidad Sísmica” y se estudió como esta afecta a la variable dependiente “Métodos FEMA 154 e Hirosawa”. Obtuvimos como resultados al aplicar el método FEMA una puntuación  $S= 2.7$  y para el método Hirosawa una puntuación de  $I_s = 1.3368$  e  $I_{so}= 1.3125$ . Llegando a la conclusión que, mediante ambos métodos de análisis el pabellón se encuentra seguro ante un evento sísmico inesperado de baja intensidad.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad sísmica, método FEMA 154, método Hirosawa

## **Abstract**

The present study entitled "Seismic vulnerability using the FEMA 154 and Hirosawa methods in pavilion "A" of the UCV headquarters Tarapoto - San Martín 2022" aims to apply the study of seismic vulnerability using the FEMA 154 and Hirosawa methods to identify the degree of danger that the pavilion that we use as students and the staff that works is subject to, likewise, our methodology is applied because the hard skills acquired will be applied in each process, in addition to a transversal descriptive quantitative approach because it estimates the magnitude of our dependent variable, to corroborate our hypotheses, on the other hand, our study is of a pure experimental type due to the manipulation of the independent variable "Seismic Vulnerability" and how it affects the dependent variable "FEMA 154 and Hirosawa Methods" is studied. We obtained as results when applying the FEMA method, a score  $S = 2.7$  and for the Hirosawa method a score of  $I_s = 1.3368$  and  $I_{so} = 1.3125$ . Reaching the conclusion that by means of both methods of analysis of the pavilion it is safe before an unexpected seismic event of low intensity.

**Keywords:** Seismic vulnerability, method FEMA 154, method Hirosawa.



## I. INTRODUCCIÓN

En la realidad problemática, manifestamos a **nivel internacional** que las consecuencias producidas a raíz de los fenómenos naturales hacia las grandes estructuras conlleva a daños irremediables, por lo que la ciencia y la ingeniería antisísmica viene desarrollando mecanismos para hacer frente desde muchos años atrás; por tal razón, las infraestructuras deben ser diseñadas de manera que no se vean afectadas durante cualquier movimiento telúrico, a pesar de que esa es la ley que se debe seguir al momento de construir. Existen edificios importantes como esenciales que a pesar de dichos sucesos deberían seguir operativas durante y posterior a ello, entre estas se encuentran las universidades, las cuales se debe evaluar su desempeño sísmico periódicamente como medida de seguridad. Como lo menciona Zora y Acevedo (2019, p. 25), gran parte de la superficie colombiana está constantemente expuesto a riesgos sísmicos, el 87% de la población que se concentra en áreas urbanas están expuestas a la amenaza sísmica media alta, entre ellas se encuentran las ciudades de Bogotá y Medellín, siendo éstas las que tienen mayor índice de vulnerabilidad con más del 40% del total de habitantes de todo el territorio y presenta una amenaza sísmica de nivel intermedio según el estudio de vulnerabilidad por el método de índice Prioritario. **A nivel nacional** Santos (2019, p. 12) menciona que, al analizar la actividad sísmica a nivel mundial se deduce que los movimientos sísmicos se originan de diferente magnitud e intensidad, de los cuales se relaciona con la liberación de energía manifestada en ondas de sismo que se propagan en toda la corteza terrestre; así mismo las consecuencias que deja en las estructuras siempre será materia de investigación para todo ingeniero civil debido a la enseñanza que deja del proceso constructivo, diseño y la vulnerabilidad estructural. Por otra parte, Aguilar (2021, p. 55) indica lo siguiente: a lo largo de los años la población limeña se incrementó exponencialmente en un 88% entre 2000 y 2015, de hecho, las viviendas principalmente de bajos recursos del AA. HH - El Progreso - distrito de Carabayllo no cuentan con el diseño sísmico robusto, por desconocimiento de la formalización constructiva, además de la vulnerabilidad

estructural y el ahorro de monetario dejan expuestas al colapso de sus viviendas. Por tanto, es necesario abordar un estudio ordenado referente a vulnerabilidad estructural para determinar el antes y después de la investigación a fin de la realización de una comparativa y posterior a ello la aplicación del diseño sísmico. Por otra parte, Ramírez F.M.J, et. al (2022, p. 87) las infraestructuras de este país tienen más de treinta años de antigüedad llegando a ser altamente vulnerables, puesto que fueron diseñadas con el código de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, (1984, p. 29). Así mismo Construir y renovar instalaciones educativas que brinden entornos de aprendizaje seguros para los niños es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para lograr una educación de calidad para todos. En este estudio, el objetivo fue evaluar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas en riesgo sísmico en las provincias del Perú y desarrollar recomendaciones para el fortalecimiento estructural institucional. Para la evaluación se aplicaron los siguientes métodos: FEMA 154 y Benedetti-Petrini e Hiroswawa. Se evaluaron dos instituciones educativas públicas con riesgo sísmico en una provincia del Perú y se encontró que los pabellones de estas instituciones exhibían una clase de no vulnerabilidad, uno de los cuales no cumplía con la resistencia mecánica del hormigón y el otro no cumplía con los requisitos de la Normativa de diseño sísmico apoyado por software Etabs. **A nivel local**, Días (2019, p. 77) señala que Morales, distrito que colinda con Tarapoto, se encuentra incluido en la zona sísmica 3, así que para un estudio más preciso se requiere hacer un análisis de vulnerabilidad para identificar el riesgo ante un posible sismo; del mismo modo estos fenómenos presentados se ocasionan debido al sistema de fallas geológicas del Alto Mayo, estos eventos son superficiales llegando a tener una magnitud moderada con un potencial bastante destructivo. Así mismo, dentro del estudio que se hizo a las instalaciones de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM – Tarapoto, se tuvo que establecer el grado del riesgo, peligro y vulnerabilidad sísmica en tres niveles para así concluir el grado de inseguridad que día a día viven los estudiantes y personal laboral. En ese sentido se tiene la **formulación**

**del problema general:** ¿Es posible determinar la vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa en el pabellón “A” de la UCV sede Tarapoto – San Martín 2022? Como **problemas específicos** se tiene los siguientes: ¿Cuáles son las características mecánicas del terreno donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022?, ¿Cuáles son las características físicas del sistema estructural donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022?, ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022?, ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022? y ¿Cuánto es la inversión necesaria para la implementación de estos métodos en el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022? Como planteamiento de la Justificación tenemos: **Justificación teórica:** El método Hirosawa es un método alternativo de origen japonés que ya se está empleando para una evaluación preliminar de vulnerabilidad sísmica en países como Ecuador, México y Chile. Se basa en la comparación de 2 índices: la resistencia suministrada en toda la vida útil del edificio y su resistencia demandada. El método FEMA 154 es una metodología alternativa que se usa en los Estados Unidos, es un método que incluye el análisis del área de construcción, el año de construcción, la cantidad de niveles e irregularidades. **Justificación práctica:** Ambos métodos tienen un enfoque cuantitativo que nos va a permitir determinar si la estructura que estamos estudiando, va a requerir un análisis antisísmico más a profundidad ya sea lineal o no lineal. **Justificación social:** Gracias al estudio que se realice, las personas que trabajan dentro de la universidad, así como los estudiantes de las diferentes facultades; tendrán la seguridad y certeza que sus vidas no correrán peligro en caso de la llegada de un sismo inesperado. **Justificación Metodológica:** Las metodologías a emplearse serán el método FEMA 154 que está validado por Federal Emergency Management Agency de los EEUU y el método japonés Hirosawa que es oficialmente empleado por el Ministerio de construcción de la evaluación de la seguridad Sísmica de Edificios de Hormigón Armado. Con

respecto al **objetivo general** de la investigación, Aplicar el estudio de vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa en el pabellón “A” de la UCV sede Tarapoto - San Martín 2022. Para el cumplimiento de lo anteriormente descrito se planteará como **objetivos específicos**: Determinar las propiedades mecánicas del suelo donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Determinar las características físicas del sistema estructural donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Determinar el costo de inversión para la implementación de estos métodos de análisis la vulnerabilidad sísmica en el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Así mismo planteamos la **hipótesis general**, utilizando los métodos FEMA 154 e Hirosawa se obtendrá el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022. A continuación, las **hipótesis específicas**, las características mecánicas del terreno nos permitirá conocer las propiedades del suelo donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Las características físicas del sistema estructural permitirán identificar la resistencia a compresión de las columnas típicas del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. La vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 resultará un factor intermedio para el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. La vulnerabilidad sísmica utilizando método Hirosawa nos permite percibir si realmente el factor de Índice de resistencia Provista ( $I_s$ ) será superior al Índice de Resistencia Demandada ( $I_{so}$ ) para el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. La estimación del presupuesto para la implementación de estos innovadores métodos nos permitirá conocer si es viable económicamente su ejecución.

## II. MARCO TEÓRICO

Nuestra investigación recopila antecedentes de tesis y artículos científicos que previamente fueron estudiados respecto a la vulnerabilidad sísmica en edificaciones con el método FEMA 154 e Hirosawa. **Antecedentes Internacionales**, según: Hernández, Miguel (2016) "*Fragilidad sísmica de edificaciones de la sede Mocambo de la UV*" (Tesis Postgrado). Universidad Veracruzana - México. Tuvo como objetivo fue establecer aquel puntaje de fragilidad sísmica de edificaciones de la sede Mocambo de la UV – México; realizando un diseño No experimental transversal donde la demostración fue determinada por conveniencia y una demostración no probabilística, por lo cual, esa muestra estará formada por las edificaciones de la sede Mocambo de la Universidad Veracruzana. En sus resultados, se obtuvieron que mediante el método Hirosawa el índice  $I_s > I_{so}$ ; concluyendo que, el Edificio A de la facultad de contraloría se considera seguro ante eventos sísmicos. También: Paredes Iván y Pachar Byron (2019) "*Evaluación de la fragilidad sísmica de 8 infraestructuras del Midena, a través del método FEMA 154 y propuesta de mejoramiento estructural de la infraestructura más frágil*" (Tesis de Pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas - Ecuador. El cual tuvo como objetivo, analizar la fragilidad sísmica de 8 infraestructuras del Midena, a través del método FEMA 154 para proponer un mejoramiento estructural de la infraestructura más frágil - Ecuador; utilizando método de observación, donde la muestra fue determinada por muestreo no probabilístico y por conveniencia, dicha muestra estará conformada por las 8 infraestructuras del Midena. Llegando a la conclusión que el edificio de la Comandancia general de la marina tuvo una puntuación de  $S=-1.2$ , por tanto, es la edificación más vulnerable y frágil. Así mismo: Ludeña (2017) "*Evaluación fragilidad sísmica del colegio 9 de octubre utilizando la NEC mediante el método FEMA 154*" (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Machala - Ecuador. Con la finalidad de valorar la fragilidad sísmica de los pabellones de salones del colegio 9 de octubre usando la normativa NEC-SE-RE 2015 y siguiendo la metodología FEMA 154; esta investigación tiene un diseño no experimental transversal de carácter aplicada,

donde la muestra fue determinada por conveniencia y muestreo no probabilístico, la muestra fue conformada por el Colegio 9 de octubre. Como resultado se obtuvo que el índice  $S=0.70$ ; concluyendo que, las estructuras presentan una alta vulnerabilidad antes sismos. **Dentro de los Antecedentes nacionales:** Efraín Janampa y Gabriel Rojas (2020) “*Diagnóstico de fragilidad sísmica para reforzamiento de la estructura del establecimiento educativo 1248 5 de abril, Huaycán – Ate*” (Tesis de Pregrado). UCV - Perú. Tuvieron como objetivo diagnosticar la fragilidad sísmica para reforzamiento de la estructura del establecimiento educativo 1248 5 de abril, Huaycán – Ate; realizando un diseño No experimental transversal con un tipo de investigación aplicada donde la muestra se determinó por muestreo no probabilístico y por conveniencia, dicha muestra estará conformada por la estructura del colegio 1248 5 de abril. En sus resultados, se obtuvieron puntuaciones de  $S=1.4$  y  $S=0.9$ ; concluyendo que, el edificio tiene una alta fragilidad ante sismos, indicando que se debe realizar una evaluación aún más detallada. Por otra parte, Elizabeth (2018) “*Comparativa entre los métodos Demanda-resistencia, FEMA 154 e Hirosawa para diagnosticar fragilidad sísmica en la estructura educativa – Baños del Inca, Cajamarca*” (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte - Perú. Se formuló el objetivo de comparar los métodos Demanda Resistencia, FEMA 154 e Hirosawa y determinar cuál es más moderado para diagnosticar vulnerabilidad sísmica en la estructura educativa – Baños del Inca, Cajamarca; realizando una investigación no experimental descriptiva, transversal donde la muestra determinó por conveniencia y muestreo no probabilístico, la muestra antes mencionada estará formada por la estructura educativa de Baños del Inca. En sus resultados, en el método FEMA 154 se obtuvieron puntajes de  $S=4$ , el método Hirosawa resultó que  $I_s=0.41$  e  $I_{so}=0.16$  y en el método Demanda-Resistencia se tiene que la resistencia del concreto demandado si cumple con lo existente y la cantidad de acero de refuerzo existente no cumple con lo demandado; concluyendo que, por el método FEMA 154 e Hirosawa la estructura no es sísmicamente vulnerable y por el método Demanda-Resistencia si es vulnerable ante sismos. Así mismo: Quispe y Mamani (2021)

*“Prueba sísmica observacional veloz a través del método FEMA 154 de los pabellones del establecimiento Capanique 1 de la UPT”* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada de Tacna - Perú. Se formuló el objetivo general de realizar una prueba sísmica observacional veloz a través del método FEMA 154 de los pabellones del establecimiento Capanique 1 de la UPT; realizando una investigación de tipo explicativo y descriptivo, comprensivo y aprehensivo y de nivel evaluativo donde la muestra se obtuvo por conveniencia y muestreo no probabilístico, la muestra anteriormente mencionada estará conformada por los pabellones del campus Capanique. En sus resultados, la prueba sísmica ejecutada a la infraestructura de las áreas A, B, C, F, G teniendo como puntaje “S” de acuerdo con el Método FEMA 154 son de 1.3; 1.3; 0.9; 1.3; 0.8 correspondientemente, indicando ser menores de dos, concluye que los pabellones son vulnerables ante un movimiento telúrico y que necesita un análisis más especializado. **Antecedentes Locales:** Manrique (2018) *“Repercusión de la fragilidad sísmica en los elementos estructurales de la I.E N° 080 del Distrito de Morales – 2018”* (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo - Perú. Planteó como objetivo general determinar la repercusión de la fragilidad sísmica en los elementos estructurales de la I.E N° 080 del Distrito de Morales; realizando una investigación No experimental del tipo Transversal Correlacional donde la muestra se generó por conveniencia y muestreo no probabilístico, dicha muestra estará conformada por la I.E N° 080. En sus resultados, los módulos uno y dos que se analizó de la institución educativa y el pasadizo presentan un grado de vulnerabilidad Regular y mala respectivamente, se pudo percatar que dentro del diseño no se cumplió con la NTP E - 030 del R.N.E., concluye que, ante un fuerte evento sísmico presentará altas probabilidades de sufrir daños severos hasta llegar al colapso. Así mismo: Días (2019) *“Vulnerabilidad sísmica en la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – UNSM -Tarapoto”* (Tesis de pregrado). UNSM - Perú. Tiene como objetivo determinar vulnerabilidad sísmica de la infraestructura en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – UNSM - Tarapoto; realizando una investigación de tipo aplicada de nivel descriptivo,

explicativo y aplicativo donde la muestra se obtuvo por conveniencia y muestreo no probabilístico, dicha muestra estará conformada por la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Como resultados, el Bloque 1, Laboratorios, Servicio higiénicos, presentan vulnerabilidad sísmica alta; el Bloque 2, pasadizo 1, 2 y departamentos administrativos presentan un rango de vulnerabilidad sísmica de nivel intermedio, concluyendo que la estructura de la Facultad de Ing. Civil y Arquitectura de la UNSM – Tarapoto, debido a su vulnerabilidad alta a baja, exhiben un índice moderadamente alto, así mismo riesgo de sismo de categoría media. En cuanto a la variable independiente cuantitativa: Vulnerabilidad sísmica, como **definición conceptual**, Buendía (2016, p. 55) menciona que la vulnerabilidad sísmica se manifiesta por la susceptibilidad de la estructura ante el desgaste de sus propiedades portantes, así como el aumento de la probabilidad del colapso. Para la **definición operacional**, según Miguel Mosqueira (2018, p. 145) los factores determinantes para realizar una evaluación de vulnerabilidad se basan en aspectos relacionados a las características de la estructura, su resistencia de sus elementos su comportamiento. En cuanto a las dimensiones, **dimensión N°01**, para la determinación de las características mecánicas del terreno, tal como nos señala nuestro reglamento, se hará en base a la norma E.050 de suelos y cimentaciones; se extraerá la calicata de la zona de estudio a una profundidad de 1.50 m y 3m. **dimensión N°02**, para determinar las características físicas del sistema estructural se solicitó el permiso del uso de las instalaciones de la UCV – sede Tarapoto, los planos referentes a la ubicación, estructura, arquitectura y perfil longitudinal para el desarrollo correspondiente. Finalmente, como **Dimensión N°05**, fueron los costos y presupuestos, el cual nos informará el monto de la ejecución del proyecto. Como **indicadores** se presenta la **Dimensión N°01**, para nuestro estudio de mecánica de suelos, tendremos información referente al límite líquido y plástico y el perfil estratigráfico que nos indicará el espesor, así como el nivel de cada estrato obtenido del laboratorio. **Dimensión N°02**, con lo que respecta a la determinación de la resistencia a compresión de los elementos estructurales, tendremos los planos de



estructuras y los ensayos rebote elástico. **Dimensión N°05**, para el presupuesto tendremos el costo directo total que corresponde a los materiales, equipos, mano obrera y/o herramientas. **Escala de medición** para cada dimensión de la variable independiente será de razón debido a que posee un punto cero que representa ninguna cualidad. Continuando con la **operacionalización de variables**, se tiene a la variable dependiente cuantitativa: Método FEMA 154 e Hirosawa, se presenta como **definición conceptual** para FEMA 154, según Herrera. (2019, p. 102) es la Agencia Federal de Manejo de Emergencias Americanas y su principal labor es la de apoyar en la elaboración de situaciones de seguridad para las personas frente a desastres naturales que puedan ocurrir. Así mismo, como definición conceptual para Hirosawa, según Soto (2018, p. 16) es una nueva metodología de segundo orden que se creó en base a la experiencia Japones. Por consiguiente, se tiene la **definición operacional** de la variable, en este caso se estudiará tanto el método FEMA 154 e Hirosawa. Según Soto (2018, p. 63). Es el conjunto de procesos que nos van a permitir determinar el estado de vulnerabilidad sísmica de la estructura. Así como también en las **Dimensiones**, **dimensión N°03**, corresponde al estudio de vulnerabilidad sísmica mediante el método FEMA 154, se respetará los procesos e indicaciones de acuerdo con su reglamento americano. **dimensión N°04**, corresponde al estudio de vulnerabilidad sísmica mediante Hirosawa, se respetará la norma japonesa validada por la institución que lo aprobó. **Indicadores**, **dimensión N°03**, tenemos al sistema de puntuación "S" el cual se estimará a partir del tipo de suelo, el uso del edificio, la ocupación y el tipo de estructura. **dimensión N°04**, fué el índice de resistencia Provista (Is) e Índice de Resistencia Demandada (Iso). Según corresponda, la **Escala de medición** será de razón.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Es aquel instrumento que permitirá identificar la estrategia de cómo se desarrollará la investigación y a su vez evaluar la información seleccionada. En este proceso se podrá definir el estudio de investigación ya sea descriptivo, exploratorio, correlacional o explicativo según Hernández, et, al. (2014, p. 31).

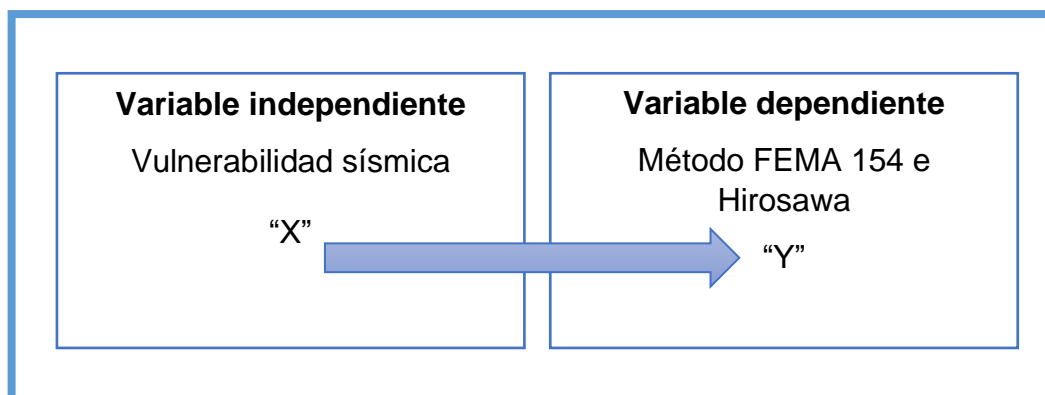
##### 3.1.1. Tipo de Investigación

Nuestro proyecto fue de tipo **aplicada** porque todas las habilidades duras adquiridas fueron de gran importancia para posteriormente poner en funcionamiento y llevar a cabo los procesos aplicativos Baena, et, al. (2017). Por otro lado, el tipo de enfoque fue **cuantitativo descriptivo transversal** dado que, estimó la magnitud de la variable dependiente y además se midió una sola vez en función de la población y la muestra. Mencionar también que, al emplear las herramientas para recolectar datos y así plantear las hipótesis con base cuantitativa se pudo comprobar el recojo de información según Hernández, et, al. (2014, p. 108).

##### 3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación fue de tipo **no experimental** debido a que no se manipuló deliberadamente las variables estudiadas, así mismo se analizó su incidencia de estos mediante la observación directa. Además de ello, se tuvo un enfoque **transversal** a razón de que se experimentó una muestra representativa en una situación determinada. Borja, (2016, p. 15). A continuación, se manipuló la variable independiente: Vulnerabilidad Sísmica y la variable dependiente: Métodos FEMA 154 e Hirosawa, lo que resulta una relación **correlacional**.

**Figura N°1.** Comportamiento de las variables de investigación



**Fuente:** Elaboración propia de los investigadores

### 3.2. Variables y Operacionalización

En cuanto a la variable independiente cuantitativa: Vulnerabilidad sísmica se tiene lo siguiente:

- **Definición conceptual**, Buendía (2016, p. 46) indica que la vulnerabilidad sísmica se manifiesta a raíz de la susceptibilidad del edificio y en consecuencia puede producir el desgaste de sus propiedades portantes, así como el aumento de la probabilidad del colapso.
- **Definición operacional** de la variable, según Miguel Mosqueira (2018, p. 50) Los factores determinantes para realizar una evaluación de vulnerabilidad se basan en aspectos relacionados a los tipos de estructuras, la resistencia de los elementos y el comportamiento al suscitarse un movimiento telúrico.
- **Dimensiones, dimensión N°01**, Corresponde al estudio de mecánica de suelos. **dimensión N°02**, es la Prueba de Esclerometría. Como **dimensión N°05**, nos hace referencia a los costos y presupuestos de la implementación y ejecución del proyecto.
- **Indicadores, dimensión N°01**, la obtención del límite líquido, límite plástico y el perfil estratigráfico. **dimensión N°02**, Prueba de esclerometría. **dimensión N°05**, es el costo directo, gastos generales y el presupuesto total.

- **Escala de medición** para cada dimensión de la Variable independiente será de razón.

Continuando con la Operacionalización de variables, se tiene a la variable dependiente cuantitativa: Método FEMA 154 e Hirosawa, se presenta lo siguiente:

- **Definición conceptual** para FEMA 154, según Herrera. (2019, p. 131) es la Agencia Federal de Manejo de Emergencias Americanas y su principal labor es la de apoyar en la elaboración de situaciones de seguridad para las personas frente a desastres naturales que puedan ocurrir. Así mismo, como definición conceptual para Hirosawa, según Soto (2018) es una nueva metodología de segundo orden que se creó en base a la experiencia en eventos de sismo en Japón.
- **Definición operacional** de la variable, en este caso se estudiará tanto el método FEMA 154 e Hirosawa. Según Soto (2018, p. 45). Es el conjunto de procesos que nos van a permitir establecer el estado de vulnerabilidad sísmica de la estructura.
- **Dimensiones: dimensión N°03**, corresponde al estudio de vulnerabilidad sísmica mediante el método Fema 154. **Dimensión N°04**, corresponde al estudio de vulnerabilidad sísmica mediante el Hirosawa.
- **Indicadores** para la **dimensión N°03**, tenemos al sistema de puntuación “S” el cual se estimará a partir del tipo de suelo, el uso del edificio, la ocupación y el tipo de estructura. **dimensión N°04**, comprende determinar el índice de resistencia Provista ( $I_s$ ) e Índice de Resistencia Demandada ( $I_{so}$ )
- **Escala de medición** será de razón según corresponda.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Es aquel elemento o sucesos que poseen una lista de características comunes que se ubican en un lugar específico Baena, et, al. (2017, p. 17). Para nuestro trabajo de investigación de indagación cuantitativa descriptiva transversal, nuestra población estará conformada por toda la estructura de la UCV sede Tarapoto.

- **Criterio de inclusión:** Pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto, donde se ejecutan las clases de la escuela de Ingeniería Civil.
- **Criterio de exclusión:** Pabellón “B” de la UCV – sede Tarapoto, laboratorios y edificios aledaños.

#### 3.3.2. Muestra

Es la categoría de la población que analizaremos, es decir, la muestra va a recolectar y evaluar los datos más representativos recogidos de la población a partir de la metodología que se está aplicando Baena, et, al. (2017, p. 40). En el proyecto de investigación se tendrá de muestra a la UCV sede Tarapoto. Así mismo, se utilizó como muestra representativa al pabellón “A” de la propia infraestructura.

#### 3.3.3. Muestreo

En nuestro proyecto se aplicó un muestreo no probabilístico porque dentro de los procesos no dependen de la probabilidad de elección, más bien fue dirigida por la peculiaridad de la investigación a partir de técnicas científicas logrando generar nuevas hipótesis según Martínez, J. et al. (2016, p. 97). Para lograr el propósito de la investigación se empleó el método FEMA 154 e Hirosawa.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnica**

Con un conjunto de procesos los cuales tendrán el objetivo de recolectar los datos necesarios para el cumplimiento del propósito del proyecto, las técnicas empleadas nos van a dar posibles respuestas al problema en discusión. Ávila, (2006, p. 14). En relación con nuestro proyecto se aplicarán diferentes técnicas que se basarán en la observación directa y pruebas estandarizadas para la recolección de datos. Para el primer punto se visitará el lugar de trabajo realizando la inspección para el posterior desarrollo de cada uno de los formatos elaborados por las fichas técnicas de cada uno de los métodos de análisis de vulnerabilidad. Cada dato obtenido se basará en tesis, libros y artículos científicos. Así como también la normativa técnica peruana E.030 Diseño sismo resistente, el manual FEMA 154 e Hirosawa.

##### **3.4.1.1. Método FEMA 154:**

Este método es observacional y tiene como base un sistema de puntuación cuya variable es "S", dicha puntuación precisa de ciertos elementos a considerar, tales como: el tipo de suelo, ocupación de la estructura, uso y tipo de estructura. La puntuación de dicha variable se considera como límite para un valor de 2, lo que indica que si la variable "S" > 2 la estructura tendrá un desempeño óptimo ante un movimiento telúrico, por otro lado, si "S" < 2 se deberá realizar un análisis más especializado porque la edificación tendría un desempeño dudoso ante un sismo. (Soto, 2018, p. 103). A su vez, este método funciona a base de un formulario, como primera parte se tiene una descripción de la edificación, donde se incluye la siguiente información: año de construcción, nombre de la edificación, localización, área de construcción, foto de la edificación, uso, número de pisos y un espacio para esquematizar las irregularidades en planta y altura en caso se posea, y no necesariamente en ese orden (Ver Tabla N°1).

**Tabla N° 1.** Descripción de la Edificación

---

<b>Requerimientos</b>
Localización
Número de Pisos
Año de Construcción
Área de Construcción
Nombre de la edificación
Uso
Irregularidades en Planta
Irregularidades en Altura
Fotografía Referencial

---

Fuente: Benjamín, J. (2011).

Como segunda parte se tienen cuadros donde se debe señalar lo siguiente: la cantidad de ocupantes promedio, el tipo de suelo, el uso de la edificación y los tipos de elementos no estructurales (Ver Tabla N°2).

**Tabla N° 2.** Información primordial de la estructura

---

<b>Ocupación</b>	<b>N° de Ocupantes</b>	<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Elementos No Estructurales</b>
Asamblea	0 – 10	Roca Dura	Parapetos
Educacional	11 – 100	Roca Común	Revestimiento
Comercial	101 – 1000	Suelo Denso	Otros
Gubernamental	Más de 1000	Suelo Rigido	

---

Servicios de Emergencia	Suelo Blando
Historica	
Oficinas	Suelo
Industrial	Pobre
Residencial	

Fuente: Benjamín, J. (2011).

Como tercera parte, se tiene el eje del formulario, el cual definirá la mayoría de puntajes que se asignen, y es el tipo de estructura (Ver Tabla N°3), donde según el tipo de estructura se asignarán puntajes definidos como índices básicos de acuerdo al riesgo sísmico de la localidad (Ver Tabla N°4).

**Tabla N° 3.** Tipos de edificación según el método FEMA 154

N° de Item	Identificador	Descripción
1	W1	Estructura de madera tipo 1.
2	W2	Estructura de madera tipo 2.
3	S1 (MRF)	Pórtico de acero resistente a momentos.
4	S2 (BR)	Estructura de acero arriostrada.
5	S3 (LM)	Estructura de metal ligero.



6	S4 (RC SW)	Estructura de acero con muros
7	S5 (URM INF)	portantes.
8	C1 (MRF)	Estructura de acero con muros de
9	C2 (SW)	albañilería no portantes.
10	C3 (URM INF)	Pórtico de concreto resistente a
11	PC1 (TU)	momentos. Edificio con muros portantes de
12	PC2	concreto. Estructura de concreto con muros de
13	RM1 (FD)	albañilería no portantes.
14	RM2 (RD)	Estructuras pre – fabricados con
15	URM	estructuras inclinadas, columnas en forma de T y H y muros. Estructuras de concreto pre-fabricado Mampostería reforzada con losa de diafragma flexible. Mampostería reforzada con losa de diafragma no flexible. Edificios de mampostería que no fueron reforzados.

---

Fuente: Benjamín, J. (2011).

**Tabla N° 4.** Índices Básicos según el tipo de estructura

Índices Básicos, Modificadores y Puntaje Final	
Tipo de edificación	Índices Básicos
W1	4.4
W2	3.8
S1 (MRF)	2.8
S2 (BR)	3.0
S3 (LM)	3.2
S4 (RC SW)	2.8
S5 (URM INF)	2.0
C1 (MRF)	2.5
C2 (MRF)	2.8
C3 (URM INF)	1.6
PC1 (TU)	2.6
PC2	2.4
RM1 (FD)	2.8
RM2 (RD)	2.8
URM	1.8

Fuente: Benjamín, J. (2011).

A continuación se presenta los índices básicos de reajuste con sus parámetros correspondientes: altura media (de 4 a 7 niveles), gran altura ( $\geq$  8 niveles), irregularidades en altura, irregularidades en planta, ajuste por la construcción de la edificación antes del uso de la primera normativa en cuanto a diseño sísmico, ajuste por la construcción de la edificación después del uso de la primera normativa en cuanto a diseño sísmico y las características del suelo según corresponda (Ver Tabla N°5).

**Tabla N° 5.** Factores de ajuste de los índices básicos

Media Altura (de 7 a 4 pisos)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4
Gran Altura (Mas de 7 pisos)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8
Irregularidad en Altura	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Antes de una Nueva Norma	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8
Después de una Nueva Norma	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6
Suelo Tipo C	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2
Suelo Tipo E						

Fuente: Benjamín, J. (2011).

Y como última parte se calcula la variable “S” por medio de una suma de los valores respectivos. (Ver Tabla N°6).

**Tabla N° 6.** Índice final “S”

Puntaje Final		
Comentarios	Evaluación	
	Detallada	
	Si	No

Fuente: Benjamín, J. (2011).

#### 3.4.1.2. Método Hirosawa:

Como método siguiente, está el denominado “Método Hirosawa”, dicho método fue elaborado en base a la experiencia de Japón ante los eventos sísmicos que ha registrado a lo largo de los años. Se estima la resistencia última asumiendo para el sistema estructural un comportamiento de edificio cortante, por tal razón es un método de segundo orden. Además, se contempla el caso que, a causa de la existencia de un diafragma rígido, al

momento de alcanzar su capacidad máxima las columnas sedan y esto ocasiona colapso en cadena; mencionar que el sistema fallaría aun habiéndose realizado un análisis espectral. Para complementar, el método toma en cuenta varios elementos: nivel de daño efectivo, la geología, morfología y el deterioro de la estructura en relación al tiempo (Soto, 2018, p. 04).

La vulnerabilidad sísmica funciona en base la siguiente relación de los valores:

- Si  $I_s \geq I_{so}$  presentará un desempeño óptimo ante sismos.
- Si  $I_s < I_{so}$  presentará un comportamiento incierto e inseguro ante sismos.

Donde:

- $I_s$ : Índice de Resistencia Provista.
- $I_{so}$ : Índice de Resistencia Demandada.

Para determinar dichos índices, se detallará a continuación el proceso de cálculo correspondiente:

#### 3.4.1.2.1. Cálculo del Índice $I_s$ :

El siguiente índice funciona en base a 3 valores que son evaluados dentro de las características básicas de la infraestructura, a través de la siguiente ecuación:

**Figura N° 2.** Cálculo del Índice  $I_s$

$$I_s = (E_o)(S_D)(T)$$

Fuente: Benjamín, J. (2011).

Dónde:

- $E_o$ : Índice Sísmico básico de comportamiento estructural.
- $S_D$ : Índice de configuración estructural.
- $T$ : Índice de deterioro de la edificación.

### 3.4.1.2.1.1. Cálculo de $E_0$ :

Para determinar este factor es necesario calcular la resistencia última de cada nivel para cada dirección horizontal (X; Y), esto se logra sumando los productos del área de sección transversal de una columna o muro, y de su resistencia para los esfuerzos cortantes, logrando aplicar un factor de reducción ( $\alpha_i$ ) a dicho producto, además se considera la presencia de elementos que alcancen su firmeza y que tenga un grado de deformidad inferior que los elementos restantes. El índice  $E_0$  es proporcional al producto del coeficiente de resistencia (C) y al de ductilidad (F) (Soto, 2018, p. 31):

**Figura N° 3.** Cálculo de  $E_0$ .

$$E_0 = (\alpha)(C)(F)$$

Fuente: Soto, 2018

**Tabla N° 7.** Clasificación de Elementos Estructurales Verticales

N° Item	Elemento	Descripción
1	Columnas Cortas de Hormigón Armado	Son todas las columnas cuya relación $h_0$ (altura libre)/D (Ancho de la sección transversal) es igual o menor que 2.
2	Columnas de Hormigón Armado	Son todas las columnas cuya relación $h_0$ /D es mayor que 2.
3	Muros de Hormigón Armado	Son los elementos de hormigón armado con una sección transversal en que la relación entre el lado mayor y el lado menor de la sección transversal es mayor que 3.
4	Muros de Relleno de Manpostería	Son aquellos muros de albañilería, normalmente con escaso o ningún refuerzo, ubicados en el interior de los vanos de la subestructura resistente (pórticos) sin aislarlos de ella.

5	Muros de Manposteria Confinada o Armada	Son aquellos muros de albañilería armada o confinada con elementos de concreto armado.
---	---	--

Fuente: Soto, 2018.

La clasificación recién mencionada se elabora para calcular la capacidad de disipación de energía, deformación inelástica y resistencia de algunos elementos verticales.

**Tabla N° 8.** Valores de los Coeficientes  $\alpha_i$

Tipo	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	Módulo de Falla
A (Elementos mas Frágiles)	1.0	0.7	0.5	Muros de rellenos de albañilería o columnas cortas o muros de albañilería no reforzada y parcialmente confinada o muros de albañilería confinada controlan la falla.
B (Elementos menos Frágiles)	0.0	1.0	0.7	Muros de hormigón armado controlan la falla.
C (Elementos Dúctiles)	0.0	0.0	1.0	Columnas de hormigón armado controlan la falla.

Fuente: Lezama, 2015.

#### 3.4.1.2.1.2. Cálculo de $S_D$ :

Esta variable mide el rendimiento sísmico de la estructura, la incidencia de la distribución de rigideces y masas, las irregularidades en altura y planta de la configuración estructural. Para poder calcular el valor, se debe realizar una visita de campo como complemento, en razón de que principalmente la información es facilitada gracias a los planos estructurales. Las características se consideran en la determinación de esta variable con respecto a la edificación son las siguientes: irregularidades en altura, irregularidades en planta,

distribución masas y rigideces de entrepiso, largo - ancho, rotaciones, existencia de subterráneo, espesor de las juntas antisísmicas, y ubicación de espacios interiores, etc.

**Tabla 9.** Valores de  $G_i$  y  $R_i$

N° Item	Descripción	$G_i = 1.0$	$G_i = 0.9$	$G_i = 0.8$	$R_i$
1	Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1.0
2	Relación Largo - Ancho	$0.8 \leq c$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5
3	Contracción de Planta	$R_{ap} = 0.1$	$0.5 \leq c \leq 0.8$	$c < 0.5$	0.5
4	Atrio o Patio Interior	$f_1 = 0.4$ $f_2 = 0.1$	$0.1 < R_{ap} \leq$ 0.3	$0.3 <$ $R_{ap}$	0.5
5	Excentricidad de Atrio o Patio Inferior	$1.0 \leq R_{as}$	$f_1 \leq 0.4$ $0.1 < f_2 \leq$ 0.3	$0.4 < f_1$ $0.3 < f_2$	0.2 5
6	Subterráneo	$0.01 \leq s$	$0.5 \leq R_{as} <$ 1.0	$R_{as} <$ 0.5	0.2 5
7	Junta de Dilatación	$0.8 \leq R_h$	$0.005 \leq s <$ 0.01	$s <$ 0.005	0.5
8	Uniformidad de Altura de Piso		$0.7 \leq R_h <$ 0.8	$R_h < 0.7$	0.5

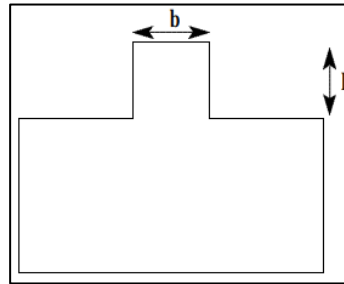
Fuente: Lezama, 2015.

La descripción de las características son las siguientes:

#### 3.4.1.2.1.2.1. Regularidad (a<sub>i</sub>):

- a<sub>1</sub>: La planta cuenta con simetría en planta (X; Y), y el área de salientes  $\leq$  10% (área total). Las salientes deben ser estimadas en caso que  $L/B \geq 0,5$  (Ver Figura N°2).

**Figura N°4: Salientes en Estructuras**



Fuente: Lezama, 2015.

- a<sub>2</sub>: La planta es irregular, y el área de salientes  $\leq 30\%$  (área total de la planta). Se tienen a las plantas tipo L, T, U entre otras.
- a<sub>3</sub>: La planta es más irregular que el caso a<sub>2</sub> y el área de salientes  $> 30\%$  (área total de la planta).

3.4.1.2.1.2.2. Relación Largo – Ancho (B):

Se presenta la razón entre la dimensión menor y mayor de la planta. En las plantas tipo L, U, T u otras se considera el lado mayor como 2(L), para L. Ver Figura N°3.

**Figura N°5 Longitud (L) más grande en edificaciones irregulares**



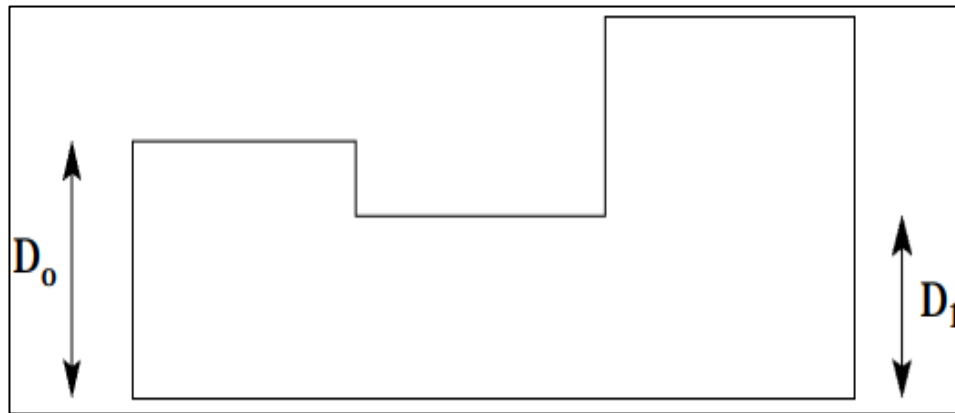
Fuente: Lezama, 2015.

3.4.1.2.1.2.3. Contracción de Planta (c):

Se presenta la Figura N°4 donde se aplica la relación  $c = \frac{D_1}{D_0}$ :



**Figura N°6:** Relación de Contracción de Planta



Fuente: Lezama, 2015.

3.4.1.2.1.2.4. Atrio o Patio Interior ( $R_{ap}$ ):

Relación presentada entre la superficie del patio y la superficie total, incluyendo la superficie del patio. Las escaleras de concreto armado no son consideradas dentro del proceso de cálculos.

3.4.1.2.1.2.5. Excentricidad de Atrio o Patio Interior ( $f_1$  y  $f_2$ ):

Se tienen los siguientes casos:

- $f_1$ : Razón de la longitud del centro de la planta al centro del patio, y la distancia más reducida del espacio.
- $f_2$ : Razón de la longitud del centro de la planta al centro del patio, y la distancia mayor.

3.4.1.2.1.2.6. Subterráneo ( $R_{as}$ ):

Razón entre la superficie resultante de piso para sótanos y la superficie resultante de la planta.

3.4.1.2.1.2.7. Junta de Dilatación (s):

Si en caso se presenten edificios con junta de dilatación, el valor se representa como la razón entre la separación de junta antisísmica y altura del nivel de la junta.

### 3.4.1.2.1.2.8. Uniformidad de Altura de Piso ( $R_h$ ):

Para el caso que el piso posterior sea el último se reemplaza por el piso inferior. Mencionar también que, según Hirosawa (2002) se debe asumir un valor representativo para toda la edificación y para ello el valor de “ $S_D$ ” se determina haciendo uso del valor más desfavorable entre los determinados.

### 3.4.1.2.1.3. Cálculo de “ $T$ ”:

El cálculo del valor “ $T$ ” se logra a través de la información obtenida visualmente del edificio, así como también de la proporcionada por el propietario de la estructura; mencionar también, que dicho valor mide los efectos el paso del tiempo entre eventos pasados que hayan afectado a la estructura (Lezama, 2015, p. 11). Se debe considerar el uso de un solo valor para “ $T$ ” y además este debe ser el menor de los presentados en la Tabla N°11:

**Tabla N°10.** Clasificación de Daños Causados por Sismos

<b>Tipo de Daño</b>	<b>Descripción</b>
No estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales.
Estructural ligero	Grietas de menos de 0.5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0.5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de hormigón armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1 % de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Fuente: Lezama, 2015.

**Tabla N°11.** Valores del índice “T” para diferentes causas y tipos de deterioro.

<b>Deformación Permanente (T<sub>1</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>1</sub></b>
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Visible deformación de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0
<b>Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T<sub>2</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>2</sub></b>
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0
<b>Incendios (T<sub>3</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>3</sub></b>
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio.	1.0
<b>Uso del cuerpo o bloque (T<sub>4</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>4</sub></b>
Almacena sustancias químicas.	0.8

No contiene sustancias químicas.	1.0
<b>Tipo de daño estructural (T<sub>5</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>5</sub></b>
Daño estructural grave.	0.8
Daño estructural fuerte.	0.9
Daño estructural ligero o no estructural.	1.0

Fuente: Lezama, 2015.

#### 3.4.1.2.2. Cálculo del Índice I<sub>SO</sub>:

Para calcular dicho índice, se emplea la siguiente fórmula:

#### **Figura N° 7.** Cálculo del Índice Iso

$$I_{SO} = (E_{SO})(Z)(G)(U)$$

Fuente: Lezama, 2015.

Dónde:

- $E_{SO}$ : Resistencia Sísmica Básica Requerida.
- $Z$ : Factor de Zona Sísmica, su valor depende del peligro sísmico del lugar donde está ubicada la edificación  $0.1 \leq Z \leq 0.45$
- $G$ : Factor de Influencia de las Condiciones Topográficas y Geotécnicas. Se considera igual a 1.0 para condiciones topográficas sin pendiente e igual a 1.1 para zonas con pendiente.
- $U$ : Factor de Importancia del Edificio por su Uso. Se considera igual a 1.0 dado que las condiciones demandadas por el uso del edificio se consideran al establecer el valor de  $E_{SO}$ .

Para el valor de “Eso” es recomendado establecer el valor de resistencia elástica para la zona de mayor riesgo sísmico, donde además se le debe reducir por un factor (R), donde, dicho valor debe ser determinado haciendo una

consideración del daño que pudiera producir en la edificación que lo dejaría inservible.

**Figura N° 8.** Cálculo el valor de  $E_{SO}$

$$E_{SO} = \frac{C}{R}$$

Fuente: Lezama, 2015.

Dónde:

- C: Coeficiente de ampliación dinámica =  $\frac{T_p}{T}$  cuyo valor debe ser  $\leq 2.5$ .
- R: Factor de respuesta para un valor de ductilidad.
- $T_p$ : Periodo predominante de vibración del suelo.
- T: Periodo de vibración de la estructura (1° Modo).

### 3.4.2. Instrumentos

Fueron los recursos, dispositivos, maquinaria especializada con certificación, así como los formatos que nos permitirá obtener la información requerida para sustentar el problema a investigar. Arias, (2006, p. 46). Los equipos que utilizaremos en las diferentes pruebas para estudiar las variables de estudio fueron de equipos certificados y calibrados del laboratorio Consultores E&F Amazónicos S.A.C. sede Tarapoto en función a nuestra norma técnica peruana, el ACI y la norma ASTM. Todos los resultados fueron registrados en la ficha de registro y sellados respectivamente. Para el proyecto se tuvo los siguientes instrumentos: **Observación** para la evaluación de las características estructurales y el estado situacional de la estructura de la universidad. **Estudio de Mecánica de Suelos** para conocer con certeza el terreno en el cual se edificó la universidad. **Prueba de Esclerometría** para tener conocimiento de la resistencia a la compresión del concreto. **Ficha de verificación** del método FEMA 154 concretamente, con esta ficha nos permitió determinar la vulnerabilidad sísmica y los daños existentes, así como también para el método Hiroswa, se consideró sus respectivos parámetros de análisis de

vulnerabilidad según el tipo y uso de la edificación. **Norma de Diseño Sismorresistente E-030** que nos va a facilitar la obtención del factor de uso, zona, categoría, coeficientes para la amplificación, factor de irregularidades, etc.

**Tabla N°12.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Fuente</b>
Ensayo de contenido de humedad	Ficha de registro	ASTM D-2216
Ensayo de granulometría	Ficha de registro	ASTM C 33-83
Ensayo de Peso específico y absorción del agregado fino	Ficha de registro	ASTM C-127
Ensayo de resistencia a la compresión	Ficha de registro	ASTM C-39
Ensayo altimétrico	Ficha de registro	NTP339.035

**Fuente:** Elaboración propia de los investigadores

## **Validez y Confiabilidad**

### **Validez**

La validez es el valor el cual nuestro instrumento medirá realmente a la variable que estamos estudiando, esta técnica de medición deberá ser apropiada para tener la certeza de los resultados según Sampieri et al (2013, p. 27). En nuestro proyecto las fichas de registro, así como los formatos técnicos para el método FEMA 154 está validado por el Federal Emergency Management Agency de los Estados Unidos y el método japonés Hirosawa está certificado por el Ministerio de Construcción de la evaluación de la seguridad Sísmica de edificios de hormigón Armado. Del mismo modo se empleará la Norma ASTM y el sustento de nuestra norma técnica peruana (NTP). Además, cada uno de los ensayos se ejecutará por especialistas en la materia para así poder generar resultados óptimos.

## **Confiabilidad**

La confiabilidad es el grado de la aplicación repetitiva en diferentes instrumentos de medición producirá resultados parecidos o cercanos según Gallardo, (2017, p. 72). Para el presente proyecto que se pretende realizar, cada equipo e instrumento dentro del laboratorio de la Universidad César Vallejo estará en adecuado funcionamiento y serán bien calibrados de acuerdo a los parámetros que rige la normativa. Además de ello, todos los equipos están normados por instituciones legales que nos garantiza la calidad en cada uno de los procesos con el fin de reducir riesgos y desperfectos que alteren los resultados de la investigación.

### **3.5. Procedimientos**

Para el procedimiento de la evaluación sísmica por el método FEMA 154 e Hirosawa se estableció los siguientes procesos:

Trabajo de Pre-campo: Para la primera fase del trabajo consistirá en la elaboración de los formatos respectivos que se necesitará para la aplicación tanto del método FEMA 154 así como el método de Hirosawa.

Trabajo de campo: En la segunda fase se hará el estudio topográfico en la infraestructura de la Universidad César Vallejo – sede Tarapoto, con ayuda de los instrumentos que vamos a adquirir del laboratorio haremos el estudio de altimetría de la zona. Además de ello, con la extracción de la calicata se desarrollará el estudio de suelo para identificar su clasificación mediante la norma AASHTO.

Trabajo de gabinete: Se procesará la información de los resultados de campo con la aplicación correspondiente a la metodología, se realizará la interpretación de vulnerabilidad y las conclusiones finales.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Consistirá en dividir los elementos primordiales en el estudio y procesarlo con el fin de contestar las diferentes preguntas planteadas dentro del trabajo de investigación Gallardo, (2017, p. 20). Se comenzará con la extracción de la calicata, se desarrollará el estudio de suelo para identificar su clasificación

mediante la norma AASHTO. La información del estudio del suelo nos permitirá clasificar la tipología; por otro lado, todos los datos extraídos con ayuda de la estación total a través de la observación visual nos van a servir para el procesamiento y la organización de los resultados. Para cada uno de los métodos de análisis de vulnerabilidad se empleará la normativa correspondiente aplicando sus propios parámetros. Emplearemos programas como Microsoft Excel y AutoCAD 2022, los cuales nos permitirán generar los resultados con poco margen de error y poder sustentarlo. Para finalizar, en la elaboración del costo directo dentro del presupuesto se utilizará el S10 presupuestos versión 2005.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para el desarrollo de los métodos de vulnerabilidad se respetó los lineamientos, así como criterios de la norma E. 030 Diseño Sismorresistente y la norma E.050 Suelos y cimentaciones. Se aplicará las referencias según la norma ISO para garantizar que toda la información extraída tenga derecho de autor y se respetará la Guía de Productos Observables de Investigación la UCV, (2022) con el propósito que cada proceso se desarrolle de manera transparente, honesta y responsable que nos permita conservar la integridad de la Universidad. Con la siguiente investigación, no solo se buscará generar nueva metodología de análisis antisísmico con normas acreditadas internacionalmente, sino que será de gran beneficio para todo el personal administrativo, técnico y estudiantil que día a día transitan por la infraestructura del pabellón "A" de la UCV ya que tendrán la certeza y seguridad de seguir frecuentando dicho pabellón. Así mismo, la investigación se desarrollará según recomendaciones de Sampieri et al (2013, p. 18) el cual nos plasma en su libro los procesos de producción de una tesis de pregrado. Finalmente, la investigación será aplicada en la indagación haciendo referencia al modelo de originalidad el cual busca que las dificultades comunes dentro del proceso del proyecto sean resueltas. Salazar, et al. (2018, p. 44).



#### IV. RESULTADOS

4.1. Se ha logrado determinar las propiedades mecánicas del suelo donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022.

Tabla N°13. Resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos

PROPIEDADES DEL SUELO - CLASIFICACIÓN							
CALICATA	Prof. de la muestra (m)	PROPIEDADES INDICE			HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACION	
		LIMITES DE ATTERBERG		SU		AASHTO	
		L.L. (%)	L.P. (%)		IP (%)		
C-01	0.00-	26.	17.	10.	11.6	CL	A-4 (5)
	1.50	16	28	88			
C-02	1.50-	25.	15.	10.	15.6	SM	A-6 (9)
	3.00	43	25	18			

Fuente: Laboratorio CONSULTORES T&F AMAZÓNICOS SAC, 2022.

**Interpretación:** Según los resultados obtenidos en la Tabla N°13 se obtuvo para primera calicata los siguientes resultados: un LL = 26.16%, LP = 17.28% y IP = 10.88 % así como una humedad natural = 11.6 % y tipo de suelo A-4 (5) para la clasificación AASHTO y CL según la clasificación SUCS. Así mismo para la segunda calicata resultó los siguientes valores: LL = 25.43%, LP = 15.25%, IP = 10.18 % humedad natural = 15.6 % y resultó un tipo de suelo A-6 (9) para la clasificación AASHTO y SM - SC según la clasificación SUCS. Cabe mencionar que, al no encontrarse napa freática durante el proceso de excavación, los resultados obtenidos son válidos para el espacio analizado y para la evaluación de vulnerabilidad por ambos métodos.

**4.2. Se ha logrado determinar las características físicas del sistema estructural donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022.**

**Tabla N°14.** Resultados de la prueba de rebote elástico por impacto (Esclerómetro).

PRUEBA DE REBOTE ELASTICO					
Impacto N°	Descripción	Lectura Inicial	Lectura Final	Lectura Resistencia Kg/cm2	Angulo de impacto
01	Columna Universidad Cesar Vallejo	0	36	290	0°
02	Columna Universidad Cesar Vallejo	0	36	290	0°
03	Columna Universidad Cesar Vallejo	0	37	310	0°
04	Columna Universidad Cesar Vallejo	0	36	290	0°
05	Columna Universidad César Vallejo	0	36	290	0°
<b>Promedio</b>				<b>294</b>	

Fuente: Laboratorio CONSULTORES T&F AMAZÓNICOS SAC, 2022.

**Interpretación:** Según la Tabla N°14 se observa los resultados de las pruebas de rebote elástico utilizando el esclerómetro donde para el primer, segundo, cuarto y quinto impacto se obtuvo 36 rebotes dando 290 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión respectivamente, así mismo para el tercer impacto se obtuvo 37 rebotes que representa a una resistencia de 310 Kg/cm<sup>2</sup>. Cada uno de estos impactos obtenidos fueron medidos perpendicularmente a la columna con un ángulo de 0 grados.

**4.3. Se ha logrado determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022.**

**Tabla N°15.** Datos generales del método FEMA 154

<b>DATOS GENERALES UCV – SEDE TARAPOTO</b>	
Localización:	Cacatachi
Número de Pisos:	3 pisos
Año de la Construcción:	2005
Área de la construcción:	2085 m2
Uso:	Educación Superior
Irregularidad en Planta:	No
Irregularidad en Altura:	No
Ocupación:	Educacional
N° de Personas Ocupantes:	Mas de 1000
Tipo de suelo:	Suelo Blando

Fuente: Elaboración propia, 2022

**Interpretación:** A partir de la Tabla N°15 se determinó las características generales que fueron empleadas en los parámetros según en requerimiento del método FEMA 154, logrando así, destacar la localización, el número de pisos, el año de la construcción, área que se vino analizando, el uso según la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, Irregularidad en planta, Irregularidad en altura, la ocupación, el número de personas Ocupantes y el tipo de suelo que se obtuvo de los ensayos previos.

**Tabla N°16.** Índices básicos, modificadores y puntuación final “S” FEMA 154

<b>ÍNDICES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTUACIÓN FINAL “S”</b>	
Tipo de edificación:	C1 - MRF
Índice básico:	2.5
Media altura (de 7 a 4 pisos)	0
Gran Altura (Mas de 7 pisos)	0
Irregularidad en Altura	0
Irregularidad en planta	0
Antes de una Nueva Norma	0
Después de una Nueva Norma	1.4
Suelo Tipo C	0
Suelo Tipo D	0
Suelo Tipo E	-1.2
<b>Puntuación Final:</b>	<b>2.7</b>

Fuente: Elaboración propia, 2022

**Interpretación:** A partir de la evaluación por el método FEMA 154 se concluyó que el tipo de edificación es C1-MRF, un índice básico de 2.5, una puntuación de 1.4 debido a la aplicación de la nueva normativa y un Suelo Tipo E resultando un puntaje de -1.4. Finalmente, el puntaje final obtenido fue de  $S = 2.7$  significando según la normativa americana del FEMA 154 que la estructura tiene un adecuado desempeño antisísmico.

**4.4. Se ha logrado determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto**

**Tabla N°17.** Resultados método Japones de Hirosawa

<b>RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN HIROSAWA EN LA UCV – SEDE TARAPOTO</b>	
Is	Iso
1.3368	1.3125

Fuente: Elaboración propia, 2022

**Interpretación:** A partir de los resultados obtenido por la evaluación del método Japones en el Pabellón “A” se pudo constatar que los coeficientes de Is (Índice de vulnerabilidad estructural) igual a 1.3368 es mayor al Iso (Índice de juicio estructural) que fue 1.3125 significando según la normativa japonesa que la estructura no sufrirá daños severos ante un sísmico.

**4.5. Se ha logrado determinar el costo de inversión para la implementación de estos métodos de análisis la vulnerabilidad sísmica en el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022.**

**Tabla N°18.** Costo de inversión para la aplicación de los Métodos FEMA 154 e Hirosawa.

<b>INVERSIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS</b>			
<b>Método FEMA 154</b>		<b>Método Hirosawa</b>	
Estudio de mecánica de suelos	S/.300	Estudio de mecánica de suelos	S/.300
Prueba de esclerometría en columnas	0	Prueba de esclerometría en columnas	S/.200
Alquiler de equipos	S/.200	Alquiler de equipos	S/.300
Gastos varios	S/.100	Gastos varios	S/.100
<b>Total:</b>	<b>S/.750</b>	<b>Total:</b>	<b>S/.1050</b>

Fuente: Elaboración propia, 2022

**Interpretación:** De la Tabla N°19 se presenta el costo de la aplicación de ambos métodos dentro de las instalaciones de la Universidad Cesar Vallejo en el pabellón “A” de la sede Tarapoto; en el margen izquierdo se muestra el costo de aplicación del método FEMA 154 el cual resultó S/.750 de inversión, por otra parte, en el margen derecho presentamos el costo para la ejecución de la metodología Japonesa el cual ascendió a S/.1050, esto debido a la prueba adicional de esclerometría que se tiene que realizar a los elementos estructurales como columnas.

## V. DISCUSIÓN

En relación con el primer objetivo específico, “Determinar las propiedades mecánicas del suelo donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022”, Efraín Janampa y Gabriel Rojas (2020) obtuvieron como resultado que dicho suelo donde fue edificada la estructura, no presenta napa freática por consiguiente no existe licuefacción en el terreno analizado, de manera que la clasificación del suelo mediante SUCS es de tipo SM, y en la clasificación AASHTO se presenta un tipo A-1-b; indicando que el terreno presenta un suelo granulado de grava o arena de granulometría media con un importante porcentaje de finos, por lo que respecta al proyecto presentado, el suelo es de tipo A-6 (9) según AASHTO y de tipo SM - SC según la clasificación SUCS. Cabe indicar que, al no encontrarse napa freática durante la excavación de las calicatas, se valida que las características mecánicas del terreno nos permitieron conocer las propiedades del suelo donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Con respecto al segundo objetivo específico “Determinar las características físicas del sistema estructural donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022” Efraín Janampa y Gabriel Rojas (2020), obtuvieron como resultado de los ensayos de rebote elástico que la resistencia a la compresión del concreto no cumplieron los parámetro necesarios, establecido en la norma E.060 puesto resultó valores inferiores a la resistencia mínima de  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , los resultados fueron una media de  $f'c = 170\text{kg/cm}^2$ , de manera que para el proyecto se obtuvieron resultados óptimos del ensayo, donde la resistencia a la compresión del concreto media fue de  $f'c = 294\text{kg/cm}^2$ , es así que las características físicas del sistema estructural permitieron identificar la resistencia a compresión de las columnas típicas del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Para el tercer objetivo específico “Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022” Iván y Pachar Byron (2019) concluyen que el edificio de la Comandancia general de la marina tuvo una puntuación de  $S = -1.2$ , por tanto es la edificación más vulnerable y frágil, de manera que para el presente proyecto el puntaje final obtenido fue de  $S = 2.7$  significando según la normativa americana del FEMA 154 que la estructura tiene un adecuado desempeño antisísmico ya que la

vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 resulto de un factor intermedio para el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Continuando con el cuarto objetivo específico “Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto” Elizabeth (2018) concluyó que el método Hirosawa resultó que  $I_s=0.41$  e  $I_{so}=0.16$  por lo cual, la estructura no es sísmicamente vulnerable, a su vez, para el presente proyecto los coeficientes de  $I_s$  igual a 1.3368 es mayor al  $I_{so}$  que fue 1.3125 significando según la normativa japonesa que la estructura no sufrirá daños severos ante un sísmico, por ello se valida la tesis que la vulnerabilidad sísmica utilizando método Hirosawa nos permitió percibir si realmente el factor de Índice de resistencia Provista ( $I_s$ ) es superior al Índice de Resistencia Demandada ( $I_{so}$ ) para el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022. Finalizando con el quinto objetivo específico “Determinar el costo de inversión para la implementación de estos métodos de análisis la vulnerabilidad sísmica en el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022” Hernández Ávila (2016), realizó una inversión de S/. 1250 para el método Hirosawa y para el Método FEMA 154 se invirtió S/. 900, de manera que para el proyecto se realizaron inversiones de S/. 1050 para el método Hirosawa y para el Método FEMA 154 se invirtió S/. 750, esta estimación del presupuesto fue de vital importancia para la implementación de estos innovadores métodos que nos permitió conocer si es viable económicamente su ejecución.



## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se logró determinar las propiedades mecánicas del suelo donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022, donde se extrajeron 2 muestras de 1 calicata realizada según el reglamento E.050 Suelos y cimentaciones en un espacio estratégico, se determinó que el suelo al interior de la universidad es arcillosos y arenoso de baja plasticidad de color marrón oscuro según la clasificación del sistema AASHTO. También indicar que no se encontró napa freática en la zona de estudio.
- 6.2. Se logró determinar las características físicas del sistema estructural donde se encuentra el pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022, el cual con ayuda de la prueba de rebote elástico por impacto se obtuvo una resistencia a la compresión de  $f'c=294 \text{ kg/cm}^2$ . Por tanto, según las pruebas realizadas en la columna, cumplen con las especificaciones técnicas de certificación ITINTEC ASDM – 400 – 037C – 33.
- 6.3. Se logró determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto - San Martín 2022, el cual se respetó la Norma E.030 Diseño Sismorresistente y la normativa americana FEMA 154 logrando así una puntuación  $S=2.7$  significando que la estructura del pabellón en estudio tiene un adecuado desempeño antisísmico.
- 6.4. Se logró determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón “A” de la UCV – sede Tarapoto, logrando constatar a partir de los resultados de los coeficientes de Índice de vulnerabilidad estructural e Índice de juicio estructural que según la normativa japonesa de Hirosawa que la estructura no sufrirá daños severos ante un movimiento telúrico de baja intensidad.
- 6.5. Se determinó el costo de la aplicación de estos métodos de vulnerabilidad el cual asciende a un monto de S/. 750 para el método FEMA 154 y un costo directo de S/. 1050 para el método de vulnerabilidad sísmica de Hirosawa, el cual se tiene de inversión total S/. 1800 (Mil ochocientos soles)

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 7.1. En relación a los estudios de mecánica de suelos, se recomienda en su defecto se debe tratar de abarcar toda la zona del proyecto, puesto que, al ser el lugar de estudio, una Universidad prestigiada, al momento de ampliar el Campus se deben considerar nuevas zonas para los estudios, puesto que anteriormente esos lugares estaban destinados a la cosecha de arroz.
- 7.2. En cuanto a las características físicas del sistema estructural haciendo uso del Esclerómetro, se recomienda realizar mediciones de varios puntos para así generar una lectura de resultados más exacta y precisa, además de realizar mediciones de prueba para comprobar el funcionamiento del equipo.
- 7.3. En relación al Método FEMA154, se recomienda tomar en cuenta hacer uso de las Normas vigentes para realizar el análisis, dichas normas son las siguientes: Norma E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA (22/10/2018)) y la Norma E.060 CONCRETO ARMADO (Decreto Supremo N° 010-2009 - VIVIENDA (08-05-2009)).
- 7.4. En relación al Método HIROSAWA, si la estructura presenta vulnerabilidad sísmica, se recomienda realizar un análisis sísmico dinámico; en caso se vuelva a presentar vulnerabilidad sísmica, se deberá proceder con el proceso para rigidizar la estructura y el mantenimiento de la misma.
- 7.5. En relación al presupuesto necesario para la aplicación de los métodos, se recomienda realizar una cotización en varios laboratorios, para obtener mejores propuestas por el servicio, puesto que la inversión necesaria para aplicar dichos métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica no es tan alta, sin embargo, los resultados son eficientes.

## REFERENCIAS

- Anderson, J. 2019. *Grado de vulnerabilidad sísmica según características constructivas de viviendas de albañilería confinada, bajo enfoque de la metodología AIS, AA.HH en el progreso del distrito de Carabayllo*. Tesis pregrado. Universidad Nacional Federico Villarreal. Perú. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24357>.
- Ávila, H. 2006. *Introducción a la metodología de la investigación*. Revista Científica. (En línea). Obtenido en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
- Benjamín, J. 2011. *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente*. Artículo del Instituto Tecnológico de Santo Domingo. (En línea). Vol. 36, No. 02, pp. 256-275. ISSN: 0378-7680. Obtenido en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757004>
- Borja, M. 2016. *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Revista Científica. (En línea). Obtenido en: [https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)
- Cucho, H. y Núñez, K. 2018. *Evaluación de la vulnerabilidad estructural aplicando el método Hirosawa para determinar la seguridad sísmica del Hospital Regional de Lambayeque*. Tesis pregrado. Universidad de San Martín de Porres. Perú. Obtenido de: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4238>

- Díaz, J. 2019. *Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto*. Tesis pregrado. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto. Obtenido de: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3283?show=full>
- Flores, E. 2017. *Proponer una metodología que permita la determinación de escenarios de riesgo de sismo, mediante el uso del sistema de información geográfica en la ciudad de Moyobamba, 2015*. Tesis pregrado. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto. Obtenido de: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3451>
- Gorky, L. 2017. *Estudio de vulnerabilidad sísmica del Colegio 9 de octubre aplicando la norma ecuatoriana de construcción mediante metodología FEMA 154*. Tesis pregrado. Universidad Técnica de Machala. Machala. Obtenido de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11080>
- Harirchian, et, al. 2020. *Earthquake Safety Assessment of Buildings through Rapid Visual Screening* Article. Institute of Structural Mechanics. doi:10.3390, Obtenido de: <https://www.mdpi.com/2075-5309/10/3/51>
- Hernández, M. 2016. *Vulnerabilidad sísmica de edificios del campus Mocambo de la Universidad Veracruzana*. Tesis de postgrado. Universidad Veracruzana. Veracruz. Obtenido de: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/687632>
- Hernández, R. 2016. *Metodología de la investigación*. Revista Científica. (En línea). Obtenido en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

- Horta, I. 2019. *Estudio de Vulnerabilidad sísmica de estructuras altas en sector Norponiente de San Tiago empleando métodos de identificación de estructuras*. Tesis pregrado. Universidad de Chile. Chile. Obtenido de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170977>
- Janampa, E. y Rojas, G. 2020. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para reforzamiento del sistema estructural de la Institución Educativa 1248 5 de abril, Huaycán – Ate*. Tesis pregrado. Universidad César Vallejo. Ate. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72228>
- Muñoz, S. 2020. *Análisis de la vulnerabilidad sísmica para propuesta de reforzamiento estructural de la I.E. Pedro Abel Labarthe Durand - Chiclayo*. Tesis pregrado. Universidad Señor de Sipán. Perú. Obtenido de: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USSS\\_0ae1a529ddacadc063bbeb006bbc0927/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USSS_0ae1a529ddacadc063bbeb006bbc0927/Details)
- Mahoney, et al. 2015. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. Federal Emergency Management Agency. Obtenido de: [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_earthquakes\\_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf)
- NTP E030. 2018. *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, Vivienda y Saneamiento Ministerio de Construcción*. Lima: El Peruano, 2018. Obtenido de: <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>
- Oliveira, C.F. y Estrela, P. 2012. *Seismic Vulnerability Assessment: An Elementary School Case Study in Barreiro*. Portugal. Obtenido de: [https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012\\_2741.pdf](https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_2741.pdf)

- Paredes, I. y Pachar, B. 2019. *Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las ocho estructuras del Midená, mediante la metodología FEMA P-154, Y propuesta de reforzamiento estructural de la edificación más vulnerable*. Tesis pregrado. Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí. Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/21367>
- Ramírez F.M.J., et, al. 2022. *Seismic vulnerability and structural reinforcement of public educational institutions in a Peruvian province with seismic risk* Tesis de postgrado. Universidad César Vallejo (UCV), Huaraz. Perú. Obtenido en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85139987292&doi=10.18687%2fLACCEI2022.1.1.493&partnerID=40&md5=0ee1a9ffa553d05940846fd27d003c97>
- Romero, A. 2016. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Azogues*. Tesis de postgrado. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Obtenido de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15154?mode=full>
- Salazar, M. 2017. *La importancia de la ética en la investigación*. Revista Científica. (En línea). Obtenido en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/798>
- Santos, D. 2019. *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017*. Tesis pregrado. Universidad Continental, Huancayo. Obtenido de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6924>
- Soto, E. 2018. *Comparación de los métodos: FEMA 154, Hirosawa Y Demanda - Resistencia para evaluar vulnerabilidad sísmica en infraestructura educativa – Baños del Inca*. Tesis pregrado. Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13477>

Zora, F. 2019. *Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del Área Metropolitana de Medellín, Colombia*. Revista de Universidad Eafit, Medellín. Colombia. (En línea). Vol. 16, No. 32, pp. 195-207. ISSN: 1794-1237. Obtenido en: <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1035>

## ANEXOS

### Matriz de Operacionalización

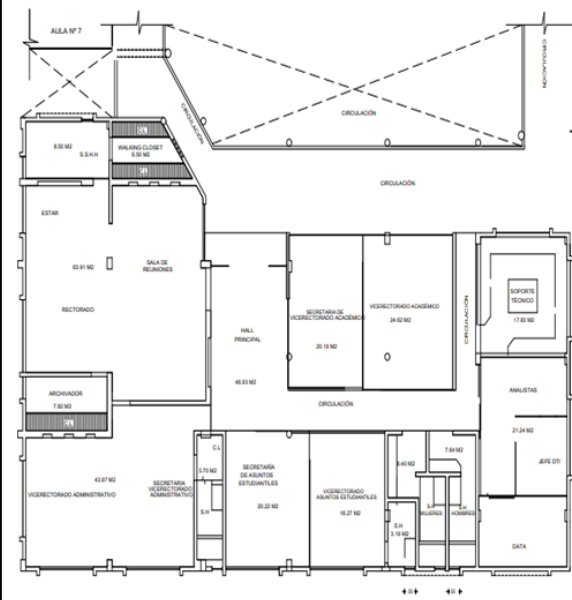

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Variable independiente:</b> "Vulnerabilidad Sísmica"	Buendía (2016) menciona que la vulnerabilidad sísmica se manifiesta por la afección excesiva de la estructura que en consecuencia puede producir el desgaste de sus propiedades portantes, así como el aumento de la probabilidad de colapso.	La evaluación del sistema estructural a través de los métodos fema 154 e hirosawa, realización de la Prueba de Esclerometría, estudio de mecánica de suelos y pruebas de esclerometría.	Fema 154	Factor "S"	Intervalo
			Hirosawa	Índice de Resistencia provista (Is)	Intervalo
				Índice de Resistencia demandada (Iso)	Intervalo
<b>Variable dependiente:</b> "Métodos FEMA 154 e Hirosawa"	Para FEMA 154, según Herrera. (2019) es la Agencia Federal de Manejo de Emergencias Americanas y su principal labor es de apoyar en la elaboración de situaciones de seguridad para las personas frente a desastres naturales que puedan ocurrir. para Hirosawa, según Soto (2018) es una nueva metodología de segundo orden que se creó a base de la experiencia japonesa a raíz de su experiencia en eventos de sismo.	Se estudiará tanto el método Fema 154 e Hirosawa. Según Soto (2018). Es el conjunto de procesos que nos van a permitir determinar el estado de vulnerabilidad sísmica de la estructura.	Factor "S"	Irregularidades estructurales	Intervalo
				Edad de la estructura	Intervalo
				Zona Sísmica	Nominal
			Índice de Resistencia provista (Is)	Tipo de Suelo	Nominal
				Prueba de Esclerometría	Nominal
				Tipo de edificación	Nominal
			Índice de Resistencia demandada (Iso)	Resistencia del concreto	Razón
				Números de elementos estructurales	Intervalo
				Aspecto de diseño de la edificación	Nominal



## Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
¿Es posible determinar la vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa en el pabellón "A" de la UCV sede Tarapoto - San Martín 2022?	Aplicar el estudio de vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa en el pabellón "A" de la UCV sede Tarapoto - San Martín 2022.	Utilizando los métodos FEMA 154 e Hirosawa se obtendrá el grado de vulnerabilidad sísmica del pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	Variable independiente: "Vulnerabilidad Sísmica"	FEMA 154	<p><b>Tipo de investigación:</b> El tipo de investigación es aplicada, el tipo de enfoque que posee es cuantitativo descriptivo transversal y presenta un diseño de tipo experimental puro.</p> <p><b>Población y Muestreo:</b> La población estará conformada por la infraestructura de la Universidad César Vallejo - sede Tarapoto, se tendrá de muestra a la UCV sede Tarapoto. Así mismo, se utilizó como muestra representativa al pabellón "A" de la propia infraestructura. Además, se estará aplicando un muestreo no probabilístico.</p>
<b>PROBLEMA ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>		HIROSAWA	
¿Cuáles son las características mecánicas del terreno donde se encuentra el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022?	Determinar las características mecánicas del terreno donde se encuentra el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	Las características mecánicas del terreno nos permitirán conocer las propiedades del suelo donde se encuentra el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.			
¿Cuáles son las características físicas del sistema estructural donde se encuentra el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022?	Determinar las propiedades mecánicas del suelo donde se encuentra el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	Las características físicas del sistema estructural permitirán identificar la resistencia a compresión de las columnas típicas del pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	Variable dependiente: "Métodos FEMA 154 e Hirosawa"	FACTOR "S"	<p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b> Se aplicarán diferentes técnicas que se basarán en la observación directa y pruebas estandarizadas para la recolección de información. Se emplearán los siguientes instrumentos: Observación, ensayos de resistencia a la compresión de elementos estructurales, ensayos de Mecánica de Suelos, Prueba de Esclerometría, ficha de verificación del método FEMA 154 y la norma de Diseño Sismorresistente E-030.</p>
¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022?	Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 del pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	La vulnerabilidad sísmica utilizando el método FEMA 154 resultará un factor intermedio para el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.		ÍNDICE DE RESISTENCIA PROVISTA (Is)	
¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022?	Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método Hirosawa del pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	La vulnerabilidad sísmica utilizando método Hirosawa nos permitirá conocer si el factor de Índice de resistencia Provista (Is) es mayor al Índice de Resistencia Demandada (Iso) para el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.		ÍNDICE DE RESISTENCIA DEMANDADA (Iso)	
¿Cuánto es la inversión necesaria para la implementación de estos métodos en el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022?	Determinar el costo de inversión para la implementación de estos métodos de análisis de la vulnerabilidad sísmica en el pabellón "A" de la UCV - sede Tarapoto - San Martín 2022.	La estimación del presupuesto para la implementación de estos innovadores métodos nos permitirá conocer si es viable económicamente su ejecución.			

## Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica Mediante el Método FEMA154

Esquema		Localización: Cacatachi Número de Pisos: 2 Año de Construcción: 2005 Área de Construcción: 2085 m2 Nombre del Edificio: Pabellon A UCV Uso: Educación Superior Irregularidades en Planta: No Irregularidades en Altura: No																	
		Fotografía Referencial																	
																			
OCUPACIÓN		N° de Personas Ocupantes			Tipo de Suelo						Elementos No Estructurales								
a) Asamblea <b>b) Educacional</b> c) Comercial d) Gubernamental e) Servicios de Emergencia		f) Historica g) Oficinas h) Industrial i) Residencial			a) 0 - 10 b) 11 - 100 c) 101 - 1000 <b>e) Más de 1000</b>			A		B		C		D		E		F	
					Roca Dura		Roca Comun		Suelo denso		Suelo Rigido		<b>Suelo Blando</b>		Suelo Pobre		Parapetos Revestimientos Otros		
Indices Básicos, Modificadores y Puntaje Final "S"																			
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	URM				
<b>Indices Básicos</b>	<b>4.4</b>	<b>3.8</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>2.8</b>	<b>2.0</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>	<b>1.6</b>	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>	<b>2.8</b>	<b>2.8</b>	<b>1.8</b>				
Media Altura (de 7 a 4 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 (Mas de 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 en Altura	-2.5	-2.0	-1.0	-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 en 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				
Antes de una Nueva Norma	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2				
Después de una Nueva Norma	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	<b>+1.4</b>	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A				
Suelo Tipo C	0.0	-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	-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	-0.6				
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	<b>-1.2</b>	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8				
<b>Puntaje Final</b>								<b>+2.7</b>											
Comentarios															<b>LA EDIFICACIÓN TENDRÁ UN BUEN DESEMPEÑO SISMICO</b>			Evaluación Detallada SI <b>NO</b>	

En esta metodología, para determinar si la estructura es sísmicamente vulnerable o no, se debe identificar el Tipo de Edificación, de ese punto de determinaran los otros puntajes pendientes para obtener el resultado final.

N° Item	Identificador	Descripción
1	W1	Estructura de madera tipo 1.
2	W2	Estructura de madera tipo 2.
3	S1 (MRF)	Pórtico de acero resistente a momentos.
4	S2 (BR)	Estructura de acero arriostrada.
5	S3 (LM)	Estructura de metal ligero.
6	S4 (RC SW)	Estructura de acero con muros portantes.
7	S5 (URM INF)	Estructura de acero con muros de albañilería no portantes.
8	C1 (MRF)	Pórtico de concreto resistente a momentos.
9	C2 (SW)	Edificio con muros portantes de concreto.
10	C3 (URM INF)	Estructura de concreto con muros de albañilería no portantes.
11	PC1 (TU)	Estructuras pre – fabricados con estructuras inclinadas en su parte superior como tijerales, coberturas metálicas livianas, vigas de madera. Columnas pre-fabricadas en sitio de forma T, H. Muros metálicos soldados.
12	PC2	Estructuras de concreto pre-fabricado (Paneles de concreto pre-fabricado, paneles de metal o vidrio, paneles superboard, drywall, columnas y vigas pre-fabricadas, losas de concreto con secciones T, etc.
13	RM1 (FD)	Mampostería reforzada con losa de diafragma flexible.
14	RM2 (RD)	Mampostería reforzada con losa de diafragma no flexible.
15	URM	Edificios de mampostería no reforzada.

Una vez identificado dicho tipo de edificación, se procede a asignar los puntajes según la información que se tenga de la estructura. Se muestra la asignación de puntajes:

- Índices Básicos: 2.5
- Media Altura: No presenta.
- Gran Altura: No presenta.
- Irregularidad en Altura: No presenta.
- Irregularidad en Planta: No presenta.
- Antes de una Nueva Norma: No presenta.
- Después de una nueva Normal: 1.4 (La edificación Fue construida luego de actualizada la Norma E.060 mediante el Decreto Supremo N° 010-2009 - VIVIENDA (08-05-2009))
- Suelo Tipo C: No presenta.
- Suelo Tipo D: No presenta.

- Suelo Tipo E: -1.2 (Suelo Blando, determinado en el estudio de mecánica de suelos, este tipo de suelo se debe a que la universidad fue construida sobre una plantación de arrozales)

Una vez determinado los puntajes, se procede a realizar una suma aritmética, dando como resultado:

$$S = 2.5 + 1.4 - 1.2$$

$$S = 2.7$$

Al ser  $S > 2$  se determina que el Pabellón A de la Universidad Cesar Vallejo **NO es vulnerable a movimientos sísmicos.**

## Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica Mediante el Método HIROSAWA

Cálculo de los Índices de Resistencia Provista ( $I_s$ ) y Resistencia Demandada ( $I_{sd}$ ) para el método evaluativo de Vulnerabilidad Sísmica "Hirosawa":

### a. Metrado de Cargas de la Edificación:

Uno de los muchos datos que el método Hirosawa toma en cuenta para determinar si una estructura es vulnerable sísmicamente o no, es el peso de la edificación, para ello se realizó el siguiente metrado de cargas.

CARGAS MUERTAS			
Zona	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor de Losa (m)	Peso (Kg)
Zona Académica	159.93	0.20	76766.40
Zona Administrativa	134.30		64464.00
Aula N°1	58.33		27998.40
Aula N°2	59.21		28420.80
Aula N°3	55.27		26529.60
Aula N°4	55.27		26529.60
S.H Hombres	23.19		11131.20
S.H Mujeres	13.77		6609.60
Lab. Computo	60.38		28982.40
Aula N°5	59.37		28497.60
Laboratorio	32.73		15710.40
Pasillo	330.95		158856.00

CARGAS MUERTAS			
Columnas	Cantidad	Altura (m)/2	Peso (Kg)
40x25 cm	62	1.75	26040.00
d = 25 cm	31	1.75	6391.18

CARGAS MUERTAS			
Vigas	Cantidad	Longitud (m)	Peso (Kg)
VP 101 (0.25x0.50 m)	15	15.00	67500.00
VS1 (0.25x0.30)	30	4.10	22140.00
VS2 (0.40x0.20)	15	4.10	11808.00

CARGAS MUERTAS			
Zona	Área (m <sup>2</sup> )	Carga Repartida (Kg/m <sup>2</sup> )	Peso (Kg)
Aulas	287.45	250	71862.50
Laboratorios	93.11	300	27933.00
Corredores	330.95	400	132380.00
Oficina	294.23	250	73557.50

Como resumen del Metrado de Cargas se tiene lo siguiente:

$$\text{Peso Total} = \text{Cargas Muertas} + \text{Cargas Vivas}$$

$$\text{Peso Total} = 634375.18 \text{ Kg} + 305733.00 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso Total} = 940108.18 \text{ Kg}$$

Como peso total de la estructura, el metrado de cargas indica que el Pabellón B de la Universidad Cede Cacatachi pesa 940.19 Ton, dicho peso es elevado por ser una Edificación Tipo A (Edificación Esencial).

b. Cálculo de  $E_o$ :

Para determinar dicha variable, se considera el tipo de elementos verticales que tenga la estructura, la edificación tiene los siguientes elementos verticales:

N° Item	Elemento	Descripción
1	Columnas Cortas de Hormigón Armado	Son todas las columnas cuya relación $h_o$ (altura libre)/D (Ancho de la sección transversal) es igual o menor que 2.
2	Columnas de Hormigón Armado	Son todas las columnas cuya relación $h_o/D$ es mayor que 2.
3	Muros de Hormigón Armado	Son los elementos de hormigón armado con una sección transversal en que la relación entre el lado mayor y el lado menor de la sección transversal es mayor que 3.
4	Muros de Relleno de Manpostería	Son aquellos muros de albañilería, normalmente con escaso o ningún refuerzo, ubicados en el interior de los vanos de la subestructura resistente (pórticos) sin aislarlos de ella.
5	Muros de Manpostería Confinada o Armada	Son aquellos muros de albañilería armada o confinada con elementos de concreto armado.

b.1. Para determinar el Índice de Resistencia Proporcionalada por los muros de relleno de albañilería se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_{mar} = \frac{(0.6)(0.85)(\tau_0)(\sum A_{mar})}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j}$$

Dónde:

$\tau_0 = 56 \text{ kg/cm}^2$  (Dato Obtenido de la Ficha Técnica de los Ladrillos de Arcilla Utilizados)

$\sum A_{mar} = 30080 \text{ cm}^2$  (Suma del Área de los Muros de Albañilería)

Entonces:

b.2. Para determinar el Índice de Resistencia Proporcionalada por las columnas de hormigón armado se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_{mar} = \frac{(0.6)(0.85)(56)(30080)}{940108.18} = 0.91$$

$$C_c = \left( \frac{f_c}{200} \right) \left[ \frac{(10)(\Sigma A_{c1}) + (7)(\Sigma A_{c2})}{\Sigma_{j=i}^{n_p} W_j} \right]$$

Dónde:

$f_c = 294 \text{ kg/cm}^2$  (Dato Obtenido de la prueba de Esclerometría)

$\Sigma A_{c1} = 0$  (Suma de las áreas de las columnas si la relación entre altura libre y ancho es menor que 6. No cumple)

$\Sigma A_{c2} = 77217.09 \text{ cm}^2$  (Suma de las áreas de las columnas si la relación entre altura libre y ancho es mayor que 6. Si cumple)

Entonces:

$$C_c = \left( \frac{294}{200} \right) \left[ \frac{(7)(77217.09)}{940108.18} \right] = 0.85$$

Continuando con el cálculo de  $E_o$ , se reemplazan los datos hallados recientemente:

$$E_o = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} \{ \alpha_1 (C_{mar} + C_{SC} + C_a + C_m) + (\alpha_2)(C_W) + (\alpha_3)(C_C) \} (F)$$

Dónde:

$\alpha_1 = 1$  (Factor de Reducción proporcionado por los elementos de albañilería)

$\alpha_3 = 1$  (Factor de Reducción proporcionado por los elementos verticales de concreto armado)

$n_p = 2$  (Número de Pisos de la Edificación)

$F = 0.80$  (Porque  $C_{mar} \neq 0$ )

$i = 1$  (El primer Nivel es el que se Evalúa, por ser el que absorbe más peso y fuerzas cortantes)



Entonces:

$$E_o = \frac{(2 + 1)}{(2 + 1)} \{1(0.91) + 1(0.85)\}0.80 = 1.41$$

c. Cálculo de Sd:

Para determinar la variable se mide el rendimiento sísmico de la estructura, la incidencia de la distribución de rigideces y masas, las irregularidades en altura y planta de la configuración estructural. Por lo que se necesitan las siguientes variables:

c.1. Valor "qi":

$$q_i = [1.0 - (1 - G_i)(R_i)] \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, 5, 7 \text{ y } 8$$

Dónde:

$i = 1$  (Nivel Evaluado)

$G_i = 0.90$  (La irregularidad hallada es la de Uniformidad de Altura de Piso, porque el segundo nivel tiene un muro más alto que otro, en forma de triangulo rectángulo)

$R_i = 0.50$  (La irregularidad hallada es la de Uniformidad de Altura de Piso, porque el segundo nivel tiene un muro más alto que otro, en forma de triangulo rectángulo)

N° Item	Descripción	G <sub>i</sub>			R <sub>i</sub>
		1.0	0.9	0.8	
1	Regularidad	Regular (a <sub>1</sub> )	Mediano (a <sub>2</sub> )	Irregular (a <sub>3</sub> )	1.0
2	Relación Largo - Ancho	B ≤ 5	5 < B ≤ 8	B > 8	0.5
3	Contracción de Planta	0.8 ≤ c	0.5 ≤ c ≤ 0.8	c < 0.5	0.5
4	Atrio o Patio Interior	R <sub>ap</sub> = 0.1	0.1 < R <sub>ap</sub> ≤ 0.3	0.3 < R <sub>ap</sub>	0.5
5	Excentricidad de Atrio o Patio Inferior	f <sub>1</sub> = 0.4 f <sub>2</sub> = 0.1	f <sub>1</sub> ≤ 0.4 0.1 < f <sub>2</sub> ≤ 0.3	0.4 < f <sub>1</sub> 0.3 < f <sub>2</sub>	0.25
6	Subterráneo	1.0 ≤ R <sub>as</sub>	0.5 ≤ R <sub>as</sub> < 1.0	R <sub>as</sub> < 0.5	1.0
7	Junta de Dilatación	0.01 ≤ s	0.005 ≤ s < 0.01	s < 0.005	0.5
8	Uniformidad de Altura de Piso	0.8 ≤ R <sub>h</sub>	0.7 ≤ R <sub>h</sub> < 0.8	R <sub>h</sub> < 0.7	0.5

Entonces:

$$q_i = 1.0 - (1 - 0.90)(0.50) = 0.95$$

Continuando con el cálculo de S<sub>d</sub>, se reemplazan los datos hallados recientemente:

$$S_d = \prod_{i=1}^{1=8} q_i = \prod_{i=1}^{1=8} 0.95 = 0.95$$

d. Cálculo de "T":

Este valor está representado por las causas externas que hayan podido aumentar el deterioro de la edificación a través de los años. Por lo cual, se tiene lo siguiente:

$$T = 1.0$$

Deformación Permanente (T <sub>1</sub> )	
Característica	T <sub>1</sub>
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Visible deformación de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0
Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T <sub>2</sub> )	
Característica	T <sub>2</sub>
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0
Incendios (T <sub>3</sub> )	
Característica	T <sub>3</sub>
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio.	1.0
Uso del cuerpo o bloque (T <sub>4</sub> )	
Característica	T <sub>4</sub>
Almacena sustancias químicas.	0.8
No contiene sustancias químicas.	1.0
Tipo de daño estructural (T <sub>5</sub> )	
Característica	T <sub>5</sub>
Daño estructural grave.	0.8
Daño estructural fuerte.	0.9
Daño estructural ligero o no estructural.	1.0

e. Cálculo de Índice de Resistencia Provista “I<sub>s</sub>”

Dicho valor indica el índice de resistencia que tiene la estructura, por lo que se tiene lo siguiente:

$$I_s = (E_o)(S_D)(T)$$

$$I_s = (1.41)(0.95)(1)$$

$$I_s = 1.3368$$

f. Cálculo de "C":

Donde el Coeficiente de ampliación dinámica depende de la división de los periodos de vibración, de manera que no debe ser mayor que 2.5, por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Para el valor  $T_p$  la Norma técnica peruana E.030 lo define como la división del número de niveles entre 4, dando  $T_p = 2/4 = 0.5$  seg. Para el valor de  $T$ , la norma técnica peruana E.030 indica lo siguiente:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Dónde:

$h_n = 6$  (Altura de la Edificación)

$C_t = 35$  (Valor para edificios con sistema estructural tipo Pórtico)

Entonces:

$$T = \frac{6}{35} = 0.1714 \text{ seg}$$

Continuando con el Cálculo de "C", se reemplazan las variables determinadas recientemente:

$$C = \frac{0.5}{0.1714} \leq 2.5$$

$$C = 2.92 \leq 2.5$$

$$C = 2.5$$

g. Cálculo de “R”:

Dicho valor, representa como un porcentaje el desempeño dúctil de la edificación, y al ser la edificación una estructura tipo pórtico, se llega a lo siguiente:

$$R = 1$$

h. Cálculo de “ $E_{SO}$ ”:

Representa la Resistencia Sísmica Básica Requerida de la edificación, por lo tanto:

$$E_{SO} = \frac{C}{R}$$

$$E_{SO} = \frac{2.5}{1} = 2.5$$

i. Cálculo de “Z”, “G” y “U”:

Estos valores representan indicadores sísmicos básicos, sus valores son los siguientes:

Z = 0.35 (Este valor representa la Zona Sísmica N°3 según la Norma TP E030.)

G = 1 (Es el valor que se asigna para las zonas sin pendiente)

U = 1.5 (Factor de Uso indicado por la Norma E.030 para Universidades)

j. Cálculo de “ $I_{SO}$ ”:

Representa el Índice de Resistencia Demandada por la ubicación de la estructura y su uso. Se determina de la siguiente manera:

$$I_{SO} = (E_{SO})(Z)(G)(U)$$

$$I_{SO} = (2.5)(0.35)(1)(1.5)$$

$$I_{SO} = 1.3125$$

k. Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica mediante el método Hirosawa:

Se presenta la siguiente relación:

*Si:  $I_S > I_{SO}$  (La estructura NO es Vulnerable)*

*Si:  $I_S < I_{SO}$  (La estructura SI es Vulnerable)*

Entonces:

**1.3368 > 1.3125 (La estructura NO es Vulnerable)**

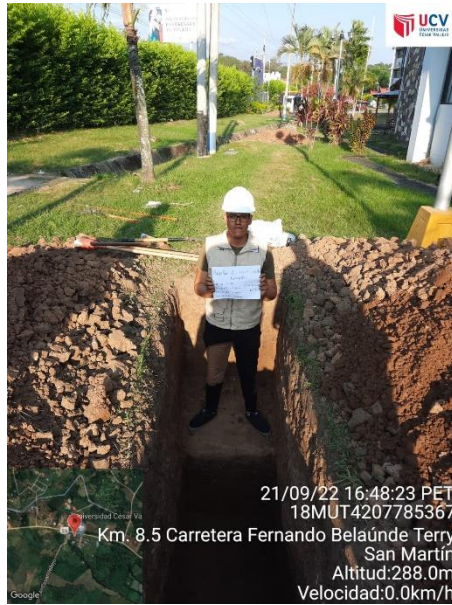
## Panel Fotográfico



ANEXO N°1: Excavación de la Calicata en el Zona de Investigación.



ANEXO N°2: Excavación de la Calicata en el Zona de Investigación.



ANEXO N°3: Excavación de la Calicata en el Zona de Investigación.



ANEXO N°4: Excavación de la Calicata en el Zona de Investigación.





ANEXO N°5: Verificación de la Calicata.



ANEXO N°6: Verificación de la Calicata.



ANEXO N°7: Ensayo de Contenido de Humedad.



ANEXO N°8: Ensayo de Contenido de Humedad.



ANEXO N°9: Granulometría.



ANEXO N°10: Granulometría.



ANEXO N°11: Ensayo de Límite Líquido.



ANEXO N°12: Ensayo de Límite Plástico.



ANEXO N°13: Asignación de Puntos de Golpe para prueba con Esclerómetro.



ANEXO N°14: Prueba de Esclerometría.



ANEXO N°15: Prueba de Esclerometría.



ANEXO N°16: Puntos de Golpe para Prueba de Esclerometría.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PAREDES AGUILAR LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis Completa titulada: "Vulnerabilidad sísmica mediante los métodos FEMA 154 e Hirosawa

en el pabellón "A" de la UCV sede Tarapoto – San Martín 2022", cuyos autores son LOPEZ OTERO RIBALDO, DE LA BARRA TUESTA PEDRO LUIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TARAPOTO, 17 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PAREDES AGUILAR LUIS <b>DNI:</b> 01158952 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1375-179X	Firmado electrónicamente por: LUPAREDESA el 20- 12-2022 09:24:48

Código documento Trilce: TRI - 0493612