

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



#### TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

Estudio de vulnerabilidad sísmica y propuestas de mejora geotécnica de edificaciones antiguas de la ciudad de San Pedro de Lloc – Pacasmayo – La Libertad.

---

Línea de Investigación: Ingeniería Civil

Sub Línea de Investigación: Geotecnia

#### **AUTOR:**

Poémape Calderón, Cristhian Omar

#### **JURADO EVALUADOR:**

**Presidente:** Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

**Secretario:** Sánchez Malpica, Carmen Esperanza

**Vocal:** Farfán Córdova, Marlon Gastón

#### **ASESOR:**

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

**TRUJILLO – PERÚ**

2023

**Fecha sustentación: 2023/12/18**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

Estudio de Vulnerabilidad Sísmica y Propuestas de Mejora Geotécnica de edificaciones antiguas de la ciudad de San Pedro de Lloc – Pacasmayo – La Libertad.

---

Línea de Investigación: Ingeniería Civil

Sub Línea de Investigación: Geotecnia

**AUTOR:**

Poémape Calderón, Cristhian Omar

**JURADO EVALUADOR:**

**Presidente:** Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

**Secretario:** Sánchez Malpica, Carmen Esperanza

**Vocal:** Farfán Córdova, Marlon Gastón

**ASESOR:**

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

**TRUJILLO – PERÚ**

2023

**Fecha sustentación: 2023/12/18**

# Estudio de vulnerabilidad sísmica y propuestas de mejora geotécnica de edificaciones antiguas de San Pedro de Lloc – Pacasmayo – La Libertad.

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

**14%**

INDICE DE SIMILITUD

**14%**

FUENTES DE INTERNET

**1%**

PUBLICACIONES

**6%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

12%

★ [repositorio.upao.edu.pe](http://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

---

Excluir citas      Activo

Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 1%

ing. Merino Martinez Marcelo

### Declaración de originalidad

Yo, **Merino Martínez Marcelo Edmundo** docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada

**“Estudio de vulnerabilidad sísmica y propuestas de mejora geotécnica de edificaciones antiguas de la ciudad de San Pedro de Lloc – Pacasmayo – La Libertad”**, autor **Poémape Calderón Cristhian Omar**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (día, mes y año).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 05 de diciembre del 2023



Poémape Calderón Cristhian Omar  
DNI: 71238219



Merino Martínez Marcelo Edmundo  
DNI: 17983739

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>



## **Dedicatoria**

A mis padres Omar Poémape Valderrama y Yolanda Calderón Tarma por su apoyo incondicional durante mi carrera y más, siendo mi motivación para avanzar y no rendirme en cada paso que doy y daré, me demostraron que con esfuerzo y dedicación se puede lograr cosas increíbles. A mi hermano Omar Poémape Calderón y hermana Xiomara Poémape Calderón por apoyarme con sus consejos, siempre estar en cada momento importante de mi vida y ser mi apoyo incondicional y brindarme su afecto en el día a día, son mi ejemplo y motivación.

**Br. Poémape Calderón, Cristhian Omar.**

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres por incondicional, moral y económico brindado durante todo este trayecto para lograr alcanzar mi meta, de igual manera le agradezco a mis hermanos por siempre formar parte de cada paso que doy.

Al asesor ING. Ms. MERINO MARTINEZ, MARCELO EDMUNDO, por su disponibilidad de tiempo, su apoyo constante transmitiéndome su conocimiento y experiencia durante mi etapa formativa y durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradezco a todas y cada una de las personas que me brindaron su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

**Br. Poémape Calderón, Cristhian Omar.**

## Resumen

Este presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de San Pedro de Lloc con el objetivo de realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica y propuestas de mejora geotécnica en las edificaciones antiguas.

Se coordinaron permisos con los directivos de cada institución para la aplicación del método de Benedetti – Petrini en la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc y Casa Museo Antonio Raimondi, donde mediante las encuestas se pudo obtener mayor información sobre el estado actual de ambas estructuras.

Obtuvimos que la Casa Museo Antonio Raimondi después de encuestarla nos dio como resultado 256.5 de promedio el cual se encuentra en el rango de vulnerabilidad alta

Al igual en la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc se aplico la encuesta la cual nos dio el promedio de 195 encontrándose también dentro del rango de vulnerabilidad alta el cual es de 191.3 a 286.9.

Para la propuesta de solución geológica se utilizó información de ensayos realizados en la I.E. José Sevilla Escajadillo la cual nos pudo brindar información sobre el perfil del suelo con las diferentes calicatas hechas donde se determinó que había 2 metros de capas de relleno con arcilla limosa, grava arenosa y también nos brindó un dato importante el cual fue la existencia de una napa freática estacionaria hallada a 3.4 metros de profundidad.

Finalmente se propuso hacer un cambio de material por material granular como: grava arenosa, bien graduada, limpia a ligeramente arcillosa o limosa y la implementación de un sistema de drenaje pluvial ambas son para que las estructuras tengan un apoyo en casos de lluvia y no se vean tan afectadas como lo vienen siendo normalmente.

Palabras Claves: Metodo de Benedetti – Petrini, Vulnerabilidad Sismica, Perfil de Suelos, Cuenca Hidrográfica, diseño.



## Abstract

This research work was developed in the city of San Pedro de Lloc with the objective of carrying out a seismic vulnerability study and proposals for geotechnical improvement in old buildings.

Permits were coordinated with the directors of each institution for the application of the Benedetti-Petrini method in the Main Church of San Pedro de Lloc and Casa Museo Antonio Raimondi, where through surveys it was possible to obtain more information on the current state of both structures.

We obtained that the Casa Museo Antonio Raimondi, after the survey, gave us an average of 256.5, which is in the high vulnerability range.

The same was done in the Matriz de San Pedro de Lloc Church, which gave us an average of 195, also within the range of high vulnerability, which is vulnerability range, which is from 191.3 to 286.9.

For the proposed geological solution, we used information from tests carried out at the José Sevilla Escajadillo School, which provided us with information on the soil profile with the different test pits where it was determined that there were 2 meters of fill layers with silty clay, sandy gravel and also provided us with an important piece of information which was the existence of a stationary water table found at a depth of 3.4 meters.

Finally, it was proposed to change the material to granular material such as: sandy gravel, well graded, clean to slightly clayey or granular material such as: sandy gravel, well graded, clean to slightly clayey or silty, and the implementation of a storm drainage system and the implementation of a pluvial drainage system, both are to support the structures in case of rain and not be the structures have a support in case of rain and are not as affected as they are normally as they normally are.

Keywords: Benedetti-Petrini Method, Seismic Vulnerability, Soil Profile, Watershed, design.

## Presentación

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ing. Civil, tenemos el agrado de poner a su consideración la presente tesis titulada: **“ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y PROPUESTAS DE MEJORA GEOTÉCNICA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS DE SAN PEDRO DE LLOC – PACASMAYO – LA LIBERTAD”**.

Para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil, así como algunas expectativas para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que, con nuestras sugerencias y recomendaciones, este trabajo puede contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

Los autores.

.....  
Poémape Calderón, Cristhian Omar

## ÍNDICE GENERAL

1. Portada.....	i
2. Página de respeto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3. Contracarátula.....	iii
4. Dedicatoria .....	vi
5. Agradecimiento .....	vii
6. Resumen.....	viii
7. Abstract .....	ix
8. Presentación .....	x
9. Índice de tablas .....	ix
10. Índice de figuras .....	x
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Problema de investigación: <i>Realidad problemática</i> .....	1
1.1.1. Formulación del problema .....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación del estudio .....	3
II. MARCO DE REFERENCIA .....	3
2.1. Antecedentes del estudio .....	3
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	3
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	5
2.1.3. Antecedentes locales .....	7
2.2. Marco Teórico .....	9
2.2.1. Estudios de suelo .....	9
2.2.3. Diseño sismorresistente .....	12
2.2.4. Método de Benedetti - Petrini de vulnerabilidad sísmica .....	13
2.2.3.2. Parámetros del índice de vulnerabilidad.....	13
2.3. Marco Conceptual .....	23

2.3.1. Viviendas de adobe .....	23
2.3.2. Cimientos o sobrecimientos .....	24
2.3.3. Arriostre.....	24
2.3.4. Diafragma horizontal .....	24
2.3.5. Humedad.....	24
2.3.6. Vulnerabilidad.....	24
2.3.7. Clases de vulnerabilidad sísmica .....	25
2.3.7.3. Daños estructurales.....	25
2.3.8. Factores de la vulnerabilidad estructural .....	26
2.4. Hipótesis.....	26
2.4.1. Hipótesis general:.....	26
2.4.2. Operacionalización de variables.....	27
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	27
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	27
3.1.1. Tipo de investigación.....	27
3.1.2. Nivel de investigación.....	27
3.2. Población y muestra de estudio .....	28
3.2.1. Población.....	28
3.2.2. Muestra. ....	28
3.3. Diseño de investigación.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	28
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	28
4.1. Análisis e Interpretación de resultados.....	29
4.1.1. Estudio de suelos .....	29
4.1.2. Investigaciones realizadas .....	29
4.1.3. Ensayos de laboratorio.....	30
4.1.4. Resultados de los 11 parámetros por clase .....	31
4.2. Docimasia de hipótesis.....	39
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	40
CONCLUSIONES.....	43

RECOMENDACIONES .....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXOS .....	48
1. Instrumentos de recolección de datos .....	48
2. Evidencia de ejecución de propuesta .....	54
3. R.D. que aprueba el proyecto de investigación .....	67
4. Constancia de la institución u organización donde se ha desallorado la propuesta de investigación .....	68
5. Constancia del asesor .....	70

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Escala de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini _____	14
<b>Tabla 2:</b> Escala numérica de índice de vulnerabilidad _____	14
<b>Tabla 3:</b> Valores de esfuerzo cortante máximo en mampostería de adobe _____	16
<b>Tabla 4:</b> Valores según tipo de viga de madera _____	17
<b>Tabla 5:</b> Factor Suelo _____	18
<b>Tabla 6:</b> Factor de uso y densidad _____	18
<b>Tabla 7:</b> Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra _____	19
<b>Tabla 8</b> _____ <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Tabla 9:</b> Datos del parámetro 1 _____	32
<b>Tabla 10:</b> Datos del parámetro 2 _____	32
<b>Tabla 11:</b> Datos del parámetro 3 _____	33
<b>Tabla 12:</b> Datos del parámetro 4 _____	33
<b>Tabla 13:</b> Datos del parámetro 5 _____	34
<b>Tabla 14:</b> Datos del parámetro 6 _____	35
<b>Tabla 15:</b> Datos del parámetro 7 _____	35
<b>Tabla 16:</b> Datos del parámetro 8 _____	36
<b>Tabla 17:</b> Datos del parámetro 9 _____	37
<b>Tabla 18:</b> Datos del parámetro 10 _____	37
<b>Tabla 19:</b> Datos del parámetro 11 _____	38

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> .....	10
<b>Figura 2.</b> .....	12
<b>Figura 3.</b> .....	21
<b>Figura 4.</b> .....	48
<b>Figura 5.</b> .....	49
<b>Figura 6.</b> .....	50
<b>Figura 7.</b> .....	55
<b>Figura 8.</b> .....	56
<b>Figura 9.</b> .....	57
<b>Figura 10.</b> .....	57
<b>Figura 11.</b> .....	58
<b>Figura 12.</b> .....	58
<b>Figura 13.</b> .....	59
<b>Figura 14.</b> .....	60
<b>Figura 15.</b> .....	60
<b>Figura 16.</b> .....	61
<b>Figura 17.</b> .....	62
<b>Figura 18.</b> .....	62
<b>Figura 19.</b> .....	63
<b>Figura 20.</b> .....	65
<b>Figura 21.</b> .....	66

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Problema de investigación: *Realidad problemática*

En el verano del 2019 – 2020 el país de Australia específicamente en sus ciudades de Queensland y Nueva Gales del Sur sufrieron fuertes cambios climáticos por el fenómeno de la Niña y Niño los cuales desataron un aumento en las precipitaciones, causando fuertes lluvias que desataron una serie de acontecimientos como desborde de ríos que lo causo que el nivel del agua aumente tanto en la zona que los pobladores tenían que desplazarse en canoas, por estos motivos se tuvieron que evacuar a 40.000 pobladores ya que casas, edificios y espacios públicos de las ciudades quedaron inundados es por estos motivos que toda ciudad debería tener un sistema de drenaje pluvial el cual pueda evitar y reducir el daño en la ciudad que deja este tipo de fenómenos ya que son lluvias torrenciales seguidas y si no hay manera de mitigarla se afectara mucho a las estructuras de las ciudades. (Alba Fernández Candial, 2021)

Algo similar paso en Perú en el año del 2017 entre los meses de enero y marzo afectando a 1,9 millones de personas que perdieron sus propiedades, las ciudades más afectadas fueron en la parte norte del país siendo Lambayeque, La Libertad y Piura. En Piura el rio llego a desbordarse después de sobrepasar sus límites los cuales son de 2500 metros por segundo, pero llego a 3100 metros por segundo lo que ocasiono que más 240 000 personas fueran afectadas y causando daños a las estructuras de las viviendas, edificios, iglesias y espacios públicos de la ciudad a pesar de haber tenido acontecimientos de este tipo simplemente no se proyectaron a mejorar la ciudad y encontrar maneras de mitigar las inundaciones por lluvias, actualmente solo ciertos sectores urbanizados implementaron los drenajes pluviales como es la urbanización de la Quinta Ana María en Piura la cual es una urbanización proyectada, organizada y con sistema de drenaje pluvial implementado. (*Lluvias E Inundaciones: Fenómeno El Niño - 2017, 2022*)



En la ciudad de San Pedro de Lloc existen pozos de agua cada 2.70 m de profundidad a nivel del terreno, esto se refleja en las viviendas y edificaciones antiguas como la Casa Museo Antonio Raimondi y la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc que en su tiempo se abastecieron de estos pozos y hoy en día su uso es para jardines. La presencia de estos pozos de agua afecta las estructuras por efectos de capilaridad el agua sube a las paredes, cimentaciones y pisos de las edificaciones causando que la misma humedad cause agrietamiento en diferentes zonas como en en muros de ventana, cimentaciones de paredes, también causa que las capas de pintura se empiecen a desprender y las paredes se agrietan y en otros casos se denota una inclinación pero esto también no es solo por la presencia del agua es también por el material usado en la construcción de estas edificaciones que por el tiempo en el que se construyeron se usaba adobe, caña, quincha y barro para enlucir las paredes en algunas partes aún se conservan las vigas de medara pero los techos están en un mal estado, inclusive existe un ambiente en el cual ya se desplomo parte del techo y otras en las cuales se nota un intento de cubrir las zonas afectadas con mezclas de cemento pero ese peso del cemento y el mal estado de los techos provoca que se dañe aún más con el peso agregado por las mezclas de cemento usado para cubrir los daños.

### **1.1.1. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica para conseguir propuestas de mejoras geotécnica para las edificaciones antiguas de San Pedro de Lloc?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Estudiar el nivel de vulnerabilidad sísmica para conseguir propuestas de mejora geotécnica para las edificaciones antiguas de San Pedro de Lloc.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

a) Visualizar el perfil de suelo.

- b) Realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante el método de Benedetti – Petrini.
- c) Realizar recopilación de planos estructurales y consideraciones tomadas para la construcción de las estructuras culturales.
- d) Formular las propuestas de mejora geotécnica de las edificaciones antiguas de San Pedro de Lloc.

### **1.3. Justificación del estudio**

En nuestro país existen diferentes zonas sísmicas y La Libertad se encuentra en una zona altamente sísmica por lo cual las consideraciones sobre el diseño para las edificaciones esenciales deben seguir las normativas vigentes para cada tipo de estudio y diseño que se vaya a realizar teniendo en cuenta la zona.

El Museo Antonio Raimondi y la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc son dos de los establecimientos culturales de la ciudad que cuentan parte de la historia de los inicios de San Pedro de Lloc, por ese motivo se debe tener en cuenta para estudiar y poder mantener estas estructuras culturales y de esa manera conservar la historia de la ciudad.

Se aplicará el método italiano de Benedetti Petrini para determinar el nivel de vulnerabilidad estructural, determinando las características del comportamiento sísmico de los diferentes elementos estructurales que intervienen en la estructura.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

#### ***2.1.1. Antecedentes internacionales***

##### **a) López Cruz Karime Monica (2021)**

Realizo el “Análisis de riesgo sísmico y vulnerabilidad estructural. Estudio de caso: Sismo del 19 de septiembre de 2017 en la alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México”. El evento sísmico que sucedió el día 19 de septiembre de 2017, cuyo epicentro se localizó a tan solo 120 kilómetros de la Ciudad de México, causó grandes daños allí. Conociendo la

vulnerabilidad de las edificaciones estudiadas, se detectó que las oscilaciones causadas por el terremoto dañaban en diferente magnitud a los edificios dependiendo de las características de ellos, por ejemplo altura de los edificios, dimensiones, años, también se pudo interpretar con los resultados que a ondas con un mayor periodo de oscilación vulneran a estructuras altas y los periodos de corta oscilación vulneran a las estructuras consideradas bajas por la cantidad de plantas que tienen y las consecuencias de un terremoto en los edificios, es posible definir, ampliar o ratificar medidas en el campo de la prevención y reducción de riesgos, la ordenación del territorio y la normativa de edificación considerando que se encuentra en una Zona Geotécnica III.

**b) Jeniffer Juliet Echeverría Rojas y Maria Alejandra Monroy Botia (2021)**

Realizo una “Aplicación del método de índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama”. En esta investigación se desarrolló con el método de Benedetti Petrini para evaluar y clasificar a las 254 casas en los barrios de Las Quintas, Parques del Nogal y Surinama de la ciudad de Tunja, todas las casas evaluadas tienen el sistema estructural de mampostería no reforzado el cual al momento de evaluarlo presento un buen comportamiento estructural dando como resultado que las viviendas se encuentran en rangos de vulnerabilidad baja el cual es de 0 a 96 de promedio, también se usó el sistema de información geográfica, google maps y el programa ARGIS de manera que se pudo obtener la distribución y ubicación de las viviendas, estos datos obtenidos se verificaron en campo pero en el método de Benedetti Petrini no se contempla el estado de los elementos no estructurales porque se pudo observar presencia de humedad, corrosión, desprendimientos, erosión y si no se les da un mantenimiento a estos elementos pueden alterar el comportamiento de la estructura ante un sismo.

**c) Marcillo Gutiérrez Guillermo Teodoro (2019)**

Realizo el estudio de “Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; Fema 154 del edificio carrera de ingeniería agropecuaria - UNESUM”. En esta investigación se desarrollaron 2 métodos para poder tener una mayor fiabilidad del grado de vulnerabilidad en el que se encuentra la estructura que en este caso es el edificio de ingeniería agropecuaria, cuando con el método de Benedetti Petrini se halló que el edificio está dividido en 2 bloques de los cuales se obtuvo que la vulnerabilidad sísmica es baja teniendo como resultado un 18,75 y 21,75 entrando en el rango de vulnerabilidad baja el cual es de 0 a 96 de promedio. Se constató este resultado con el método de Fema 154 y el resultado obtenido fue de 4,10 lo cual confirma que el resultado de método de Benedetti Petrini fue correcto, también se tuvo en cuenta que en ambos métodos se coincidió que, en los parámetros de irregularidad en planta y elevación, tipo de suelo limita el estado de conservación de las estructuras.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

#### **a) Criollo Paucar José Alexis y Santisteban Jacinto, Alex Guillermo (2019)**

Realizo el estudio de “Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque”. Esta investigación tuvo lugar en el área comprendida entre la calle Los Cipreces, Brisas del Mar, Cesa Vallejo y Ribera del Mar en la ciudad de San José donde se evaluaron y analizaron 1,982 viviendas, las cuales arrojaron resultados de distintos grados de vulnerabilidad dando el total de 851 viviendas que representa el 43% de las edificaciones, tienen una vulnerabilidad baja, por otro lado las 917 viviendas que representan el 46.34% se encuentran en vulnerabilidad media hasta ahora las viviendas estudiadas representan parte del 90.86% que son las viviendas de adobe y el porcentaje restante que es 10.66% que es representado por la cantidad de 211 viviendas las cuales están en un grado de vulnerabilidad alta, de las

edificaciones estudiadas se pudo notar el mal estado de los materiales, la falta de asesoramiento técnico, muros no confinados y la edad de las edificaciones son características que resaltan en este tipo edificaciones de adobe.

#### **b) Medina Cruzado Jenner y Piminchumo Albites César (2019)**

Realizo el estudio de “Vulnerabilidad Sísmica de la Ciudad de Monsefú aplicando los Índices de Benedetti – Petrini.” Evaluaron la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la ciudad de Monsefú. La vulnerabilidad sísmica es una característica inherente a una estructura, su propio comportamiento ante el impacto de un sismo, el cual está descrito por la ley de causa y efecto, donde el sismo es la causa y el daño la consecuencia. El presente estudio tiene como objetivo principal identificar zonas de vulnerabilidad sísmica alta, media y baja, para lo cual se utilizó el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, el cual identifica once parámetros que influyen en los daños a las edificaciones ocasionados por los eventos sísmicos. Luego de aplicar el método del índice de vulnerabilidad, se crea una base de datos a partir de la información obtenida, como resultado de lo cual obtuvimos como resultado que la mayoría de las viviendas de la ciudad de Monsefú presentan vulnerabilidad sísmica media o alta. Se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) para crear mapas temáticos para visualizar mejor los resultados y zonificar la ciudad de Monsefú según su vulnerabilidad sísmica. Finalmente, se hizo una proyección que es lo que ocasionaría un evento sísmico en la ciudad de Monsefú.

#### **c) Vilca Del Águila Nicole y Violeta Ramos Roberth (2022)**

Realizo un “Análisis de la vulnerabilidad sísmica aplicando un estudio geotécnico en la edificación “Residencial las Palomas 160” del distrito de Surquillo”. El objetivo de esta investigación fue analizar la vulnerabilidad sísmica, tipo de cimentación y profundidad del edificio

“Residencial las Palomas 160” utilizando el software ETABS 18 y SAFE 2016, así como una comparación técnica entre capacidad de carga estática y dinámica. Para analizar la vulnerabilidad de la edificación, se modeló de manera que, en las condiciones existentes de la edificación, el análisis se realiza con los datos del levantamiento de suelo sitio por sitio de acuerdo al nivel de amenaza sísmica. La capacidad de carga estática se calculó utilizando la teoría de Terzagui utilizando coeficientes de capacidad de carga estática, y la capacidad de carga dinámica utilizando la teoría de Richard se utilizó para los coeficientes de capacidad de carga dinámica, estos factores de carga se calculan a partir de datos geotécnicos de parámetros obtenidos de análisis de laboratorio. Por lo tanto, se realiza un cálculo de carga sísmica en el diseño de cimientos, porque ignorar los efectos sísmicos conduce a consecuencias fatales.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

#### **a) Aguilar Marín Erika y Mudarra Abanto Carlos (2018)**

Realizo una “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I. E. Liceo Trujillo-2018.”

En el desarrollo de esta tesis, el objetivo es evaluar la vulnerabilidad sísmica utilizando el método cualitativo de Benedetti y Petrini. De los resultados obtenidos, que definen 11 parámetros de calificación, se pudo concluir que los bloques más antiguos en fase de construcción tienen vulnerabilidad Media - Alta y las que tienen menor antigüedad (relativamente modernas) tienen vulnerabilidad Media - Baja, demolición de bloques antiguos y refuerzo estructural de bloques menos antiguos. También se utilizó un método cuantitativo, una extensión de la Norma Técnica Peruana, que analiza dinámicamente un modelo espacial de elementos finitos de tres grados de libertad con membranas rígidas. El análisis antes mencionado se realizó mediante el programa Etabs. En general, los resultados muestran deficiencias en el diseño y calidad de la construcción, las cuales están relacionadas con el incumplimiento de las normas nacionales de construcción.

**b) Andonaire García Claudio Eduardo (2019)**

Realizo un “Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas con sistema a porticado desde el punto de vista geotécnico-sísmico de la zona poblada de La Esperanza Alta - distrito La Esperanza - provincia de Trujillo.”

El poblado de Esperanza Alta plantea serias dudas sobre esta vulnerabilidad geotécnico-sísmica, pues las viviendas existentes no están construidas según normativa, por lo que no existen. Se brindó orientación técnica profesional calificada durante todo el proceso de construcción. Para evaluar la vulnerabilidad sísmico-geotécnica de la región, la primera tarea fue realizar 8-10 encuestas a propietarios de departamentos en diferentes sectores, cuyo objetivo fue conocer cuál es la realidad de las edificaciones existentes. Como resultado, muchas casas se construyen de manera informal a través de la autoconstrucción. Durante la investigación se estudiaron elementos como la distribución arquitectónica de las casas para conocer su geometría y se pudo constatar la presencia de mano de obra calificada, la calidad de las piezas estructurales utilizadas en la casa y los tipos de materiales construcción. Los resultados del cuestionario permitieron evaluar la calidad del proceso constructivo y los materiales utilizados; Así, se determina que la zona presenta una alta vulnerabilidad sísmica estructural. En cuanto al comportamiento del suelo en la zona de estudio, se basó en el análisis del suelo a través de pruebas de laboratorio a través de la fuente o acceso a la misma, y así poder realizar la microzonificación geotécnica y conocer sus principales características, como la ubicación del agua subterránea, su capacidad portante según la resistencia y la capacidad portante según el asentamiento, de esta manera se determina que el área cuenta con buen suelo para una posible construcción. Y, por último, se implementó la microzonificación del peligro, dando como resultado la creación de áreas alrededor del río León, que afectan en gran medida las viviendas de la urbanización Esperanza Alta. Estos dos estudios, estructural y geotécnico, nos dan el resultado final del grado de vulnerabilidad geotécnico-sísmica.

### **c) Briceño Ruiz Luigi Aderly y Vásquez Hurtado Edwin (2022)**

Se realizó un “Análisis de vulnerabilidad sísmica de edificaciones unifamiliares de la urbanización Monserrate-Trujillo mediante el método AIS”.

El objetivo principal es evaluar el estado de cinco viviendas en la zona de la urbanización Monserrate-Trujillo mediante condiciones AIS. Para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones y clasificarlas en baja, media o alta. Para ello se realizaron ensayos esclerométricos para obtener información de la resistencia a la compresión de las partes estructurales de las viviendas con resistencias superiores a  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, pero este valor no nos garantiza que las viviendas sean los edificios aquí evaluados. Para conocer sus distorsiones en caso de un terremoto, se utilizó el programa Etabs, donde se basó en planos de construcción realizados con la ayuda de mediciones. Durante las visitas de campo se realizó un análisis estático y dinámico de las estructuras, del cual se concluyó que 03 de las viviendas tenían esquinas abuhardilladas correspondientes a los parámetros estándar, pero las estructuras realizadas con cambios o ampliaciones terminaron siendo las más dañadas de manera estructural debido a la falta de rigidez del lado corto de las estructuras, torceduras y derivas entre pisos superiores a lo especificado en la normativa, de esta manera con datos de modelos y análisis de estructuras según el método AIS, que a través de la observación práctica en base a láminas. Se pudo determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones evaluadas concluyendo que la vulnerabilidad de la urbanización Monserrate corresponde a la vulnerabilidad media, debido a que cuenta informalmente, sin soporte técnico, con edificaciones de planta y altura aumentada.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Estudios de suelo**



El suelo es uno de los materiales más antiguos usados en la construcción, es un sustrato con minerales que tienen propiedades físicas y mecánicas las cuales son usadas como bases para todo tipo de cimentación de construcciones.

### 2.2.1.1. Clasificación de suelos

Arthur Casagrande presento el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), que se utiliza para describir la textura y tamaños de las partículas del suelo. Este sistema es aplicable en la mayoría de suelos no consolidados y tamaño de suelo no menores a 3 pulgadas, su codificación es dada por un símbolo de 2 letras como se puede ver en la figura 1.

**Figura 1.**

*Características y uso de los suelos (Grupo del SUCS)*

Grupo	VALORACIÓN ATRIBUTOS				APTITUDES SEGÚN USOS	
GW	+++	++	+++	+++	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.	
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales.	
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua.	
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales.	
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo.	
SP	m	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud.	
SM	m	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas.	
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento	
ML	m	-	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.	
CL	+	--	M	m	Revestimiento de canales, pero es erodable.	
OL	m	-	--	m	No recomendable, máximo si hay agua.	
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)	
CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)	
OH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.	
CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente	+++
					Muy alto	++
					Alto	+
					Moderado	m
					Deficiente	-
					Bajo	--
Muy bajo	---					

*Nota.* El cuadro representa el tipo de características y usos de los suelos clasificándolos. Tomado de "Geomecánica" por Gonzales Duque & Carlos Escobar

### 2.2.2.2. Análisis granulométrico por tamizado

Usamos tamices con diferentes tamaños según la norma ASTM D-422 con el objetivo de determinar los diferentes tamaños de partículas que

podemos hallar utilizando desde el tamiz de 75 mm hasta el tamiz N° 200 en la muestra de suelo obtenida para seguidamente clasificarlos como partículas finas o gruesas

Para el análisis granulométrico tenemos en cuenta que las partículas de diferentes rangos de tamaño:

Grava: Constituida por partículas cuyo tamaño es mayor que 4.76mm.

Arena: Constituida por partículas menores que 4.76 mm y mayores que 0.074 mm.

Limo: Constituido por partículas menores que 0.074 mm y mayores que 0.002 mm.

Arcilla: Constituida por partículas menores que 0.002 mm.

### **2.2.2.3. Contenido de humedad**

Es el contenido de humedad que está presente en la muestra extraída y ensayada, se expresa como una relación entre el porcentaje de agua en la muestra y el peso de las partículas presentes en la muestra.

Este ensayo nos permite conocer en qué medida afecta la humedad al suelo del que se está estudiando.

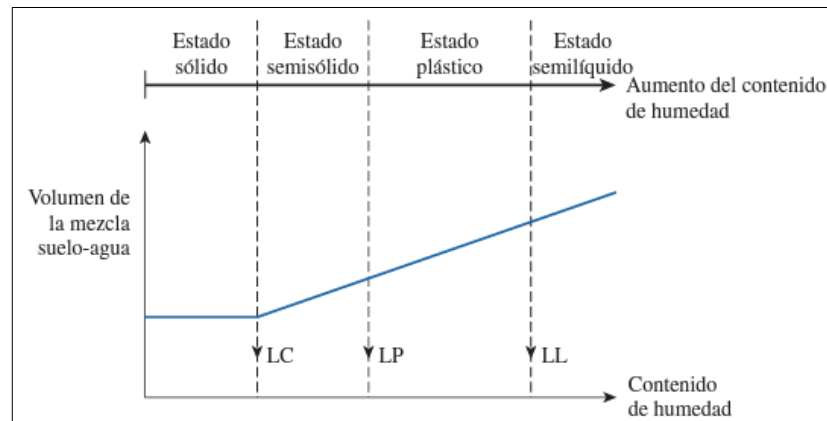
### **2.2.2.4. Límites de atterberg**

Con este ensayo de laboratorio podemos obtener el límite líquido y a su vez el límite plástico de la muestra. Según (Duque & Escobar, 2016), el límite líquido (LL) se define como el contenido de humedad de la muestra del artefacto de Casagrande cerrando una ranura de ½ pulgada de ancho luego de 25 golpes entregados en una cápsula de bronce a razón de 2 golpes por segundo. Sin embargo, el límite plástico se define con bajo contenido de humedad por lo que el suelo puede ser moldeado en forma de un rollo de 3.18 mm de diámetro (ensayo según la ASTM D-4318).

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots (1\text{era ecuación})$$

**Figura 2.**

*Definición de los límites de atterberg*



*Nota.* Gráfico de definición límites de atterberg. Tomado de "Geomecánica", por Gonzales Duque & Carlos Escobar

### **2.2.3. Diseño sismorresistente**

Es una propiedad de la estructura que por finalidad proteger a la edificación de eventos telúricos y a las personas que utilicen la estructura.

Consideramos un diseño de edificación adecuado cuando la configuración estructural cuenta con componentes de dimensiones optimas y materiales adecuados para el diseño con el objetivo de conseguir la resistencia suficiente para soportar las fuerzas de los eventos telúricos.

#### **2.2.3.1. Principios**

- Forma regular:
 

Una forma geométrica adecuada en planta y elevación favorece que la estructura no sufra algún tipo de deformación por torsión o por intensa concentración de fuerzas.
- Buena estabilidad:
 

Todo tipo de estructuras colindantes deben tener una separación mínima para que durante el evento sísmico puedan conservar equilibrio.
- Cimentación:
 

La cimentación debe ser diseñada de manera adecuada para las edificaciones de manera que permita la correcta transferencia de cargas al suelo.
- Materiales competentes:

Los materiales empleados deben seguir las consideraciones del diseño para garantizar una óptima resistencia y correcta absorción y disipación de energía.

- Capacidad de disipación de energía:  
Es cuando la estructura es capaz de absorber y disipar correctamente la energía del evento telúrico de manera en la que los elementos no se vean vulnerados.
- Fijación de acabados e instalaciones  
Los componentes no estructurales de las estructuras deben estar correctamente conectados a la estructura de manera en la que no se pueda desprender y causar daños a la misma edificación o a la gente dentro de ella.

#### **2.2.4. Método de Benedetti - Petrini de vulnerabilidad sísmica**

El objetivo de este método es hallar la vulnerabilidad de una estructura mediante parámetros ya establecidos, como observar los daños en un edificio causado por un evento sísmico y nos guiamos del diseño y tipo de construcción sismo resistente de la edificación, estos datos nos dan como resultado el índice de vulnerabilidad.

##### **2.2.3.1. Ficha de datos del método de Benedetti - Petrini**

Los parámetros ya establecidos le dan un valor y peso para el cálculo del índice de vulnerabilidad de la edificación y su análisis.

##### **2.2.3.2. Parámetros del índice de vulnerabilidad**

Al evaluar los parámetros se usa una escala numérica la cual indica en una manera de escala la medida de vulnerabilidad en la que se encuentra la estructura. "K" es la calidad de la estructura y sus medidas van de A que es Optimo a D que es desfavorable, "W" es el valor asignado a cada parámetro.

$$I_V = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

**Tabla 1:** Escala de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini

Parámetros	CLASIFICACION				PESO
	Ki				
	A	B	C	D	
Organización del Sistema Resistente	0	5	20	45	1.00
Calidad del Sistema Resistente	0	5	25	45	0.25
Resistencia Convencional	0	5	25	45	1.50
Posición del Edificio y Cimentación	0	5	25	45	0.75
Diafragmas Horizontales	0	5	15	45	1.00
Configuración en Planta	0	5	25	45	0.50
Configuración en Elevación	0	5	25	45	1.00
Distancia Máxima entre columnas	0	5	25	45	0.25
Tipo de Cubierta	0	15	25	45	1.00
Elementos no Estructurales	0	0	25	45	0.25
Estado de Conservación	0	5	25	45	1.00

*Nota:* Yépez (1998, p. 249).

Los resultados totales después de la suma parcial en la encuesta nos dan a conocer en que rango de vulnerabilidad se encuentra la edificación:

**Tabla 2.** Escala numérica de índice de vulnerabilidad

INTERVALO	INDICE DE VULNERABILIDAD
0 – 96	Baja
96 – 191.3	Media
191.3 – 286.9	Alta
286.9 – 382.5	Muy Alta

*Nota.* Barboza (2018).

### 2.2.3.3. Los 11 parámetros del método de Benedetti - Petrini

a) Parámetro 1: Organización del sistema resistente

En este parámetro evaluamos el grado de organización que tienen los elementos que conforman la estructura, las cuales están conectadas entre si para obtener un mejor comportamiento de la estructura. Para esto se asignarán las clases A, B, C y D. (Tuco, 2018)

Rango:

Clase A: La edificación de adobe sigue la Norma E-080.

Clase B: La edificación de adobe cuenta con elementos de arriostre verticales y horizontales; pero sin asesoría profesional.

Clase C: La edificación no cuenta con elementos de arriostre en sus 4 lados, sin asesoría profesional; presenta una distribución de muros adecuada y regular.

Clase D: La edificación de adobe no cuenta con elementos de arriostre en sus 4 lados, sin asesoría profesional y presenta una distribución de muros inadecuada e irregular.

Edificación de quincha y tapial.

#### b) Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

En este parámetro consiste en evaluar los materiales utilizados para el proceso constructivo en la obra, los evalúa el personal supervisor de la obra ejecutada. (Tuco, 2018)

Rango:

Clase A: En esta clasificación el sistema resistente del edificio presenta 3 características:

1. El adobe utilizado tiene la misma dimensión en cada ladrillo y tiene dimensiones constantes.
2. Verticalidad entre cada ladrillo de adobe.
3. Morteros con espesores homogéneos de juntas entre 1.0 a 1.5 cm

Clase B: No muestra una característica de la clase A.

Clase C: No muestra dos características de la clase A.

Clase D: No tiene ninguna característica de la clase A.

#### c) Parámetro 3: Resistencia convencional

En este parámetro se basa en el peso de la edificación, la resistencia de los muros y a la fuerza cortante, estableciéndose una relación con el coeficiente sísmico resistente (CSR), coeficiente de amplificación sísmica y coeficiente sísmico exigido (Saavedra, 2021).

Desarrollo:

1. Determinar las áreas en  $A_x$  y  $A_y$  de los muros en  $m^2$  (Tuco, 2018).
2. Determinar la resistencia al cortante menos desfavorable (Tuco, 2018)

Resistencia a la fuerza cortante.

$$VR = \min (A_x, A_y) * V \dots\dots\dots (2da \text{ ecuación})$$

Donde:

VR= Cortante menos favorable.

V= Valor de la resistencia a cortante de los muros.

**Tabla 3:** Valores de esfuerzo cortante máximo en mampostería de adobe

Propiedades mecánicas de algunos tipos de mampostería de edificios históricos				
Material	Peso Volumétrico	Resistencia a compresión $kg/cm^2$	Resistencia a cortante $Kg/cm^2$	Módulo de elasticidad
Adobe	1.8	2 - 5	0.5	3000
Ladrillo con Mortero de Lodo	1.6	5 - 10	1	5000

Nota: Yépez (1996).

3. Calcular el peso de las edificaciones, lo cual incluye el peso del muro y de la cubierta. (Tuco, 2018).

Peso de las edificaciones.

$$W = N. (A_x, A_y). h. P_m + M. P_s. A_t + A_c. P_c \dots\dots\dots (3era \text{ ecuación})$$

Donde:

W = peso de la estructura.

$A_t$  = área total construida en planta ( $m^2$ ).

$A_x$  = área total resistente de muros ( $m^2$ ), en la dirección X.  
 $A_y$  = área total resistente de muros ( $m^2$ ), en la dirección Y.  
 $H$  = altura promedio de entrepiso (m).  
 $N$  = número de pisos de la edificación.  
 $P_m$  = peso específico de la mampostería ( $tn/m^3$ ).  
 $P_s$  = peso por unidad de área del diafragma horizontal ( $tn/m^2$ )  
 $M$  = número de diafragmas horizontales.  
 $A_c$  = área total de la cubierta.  
 $P_c$  = peso por unidad de área de la cubierta.

Para estos cálculos se tomará los valores de:

Valores para  $P_m$ : Se utilizará  $1.6 \text{ tn}/m^3$  según la norma E.020

Valores para  $P_s$ : Se asumió  $0.055 \text{ tn}/m^2$  para entablado sobre vigas de madera de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 4:** Valores según tipo de viga de madera

Descripción del Forjado	Rango	Promedio Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
Vigas de madera y entarimado.	40 – 70	55
Vigas de madera y bovedilla de yeso.	100 – 160	130
Viguetas de madera y tablero de ladrillo.	60 – 140	100
Viguetas metálicas y bovedillas de ladrillo	130 – 280	205
Viguetas metálicas y mortero ligero	160 – 390	275

*Nota:* Fuente: Tucto (2018).

Valores tomados para el cálculo de  $P_c$ : Para coberturas de teja y barro se usa  $0.16 \text{ tn}/m^2$ , para coberturas de eternit se usa  $0.030 \text{ Ton}/m^2$ . Considerando un 20% más del área de cobertura en caso no se puede medir.

4. Calcular el coeficiente de resistencia sísmica (CSR), el porcentaje del peso de la edificación y la cortante desfavorable (Tucto, 2018).

Coeficiente sísmico resistente



$$CSR = \frac{VR}{W} \dots \dots \dots (4ta \text{ ecuación})$$

Donde:

CSR = Coeficiente sísmico resistente.

VR = Cortante.

W = Peso de la estructura.

5. Se evalúa el coeficiente sísmico exigido considerando los parámetros dados como el tipo de suelo, el factor de uso y el factor dinámico de la estructura.

Coeficiente sísmico exigido para viviendas de adobe

$$CSE = S.U.C \dots \dots \dots (5ta \text{ ecuación})$$

Donde:

CSE = Coeficiente sísmico exigido.

S = Factor de suelo.

U = Factor de Uso.

C = Factor dinámico de la estructura.

**Tabla 5: Factor Suelo**

Tipo	Descripción	Factor de Suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 Kg.f/cm <sup>2</sup>	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 MPa ó 1.02 Kg.f/cm <sup>2</sup>	1,4

*Nota.* Fuente: Norma E.080 (2017).

**Tabla 6: Factor de uso y densidad**

Tipo de Edificación	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A0.30 Hospedaje	1,4	
NT A0.40 Educación	1,4	15%
NT A0.50 Salud	1,4	
NT A0.90 Servicios comunales	1,4	

NT A0.100 Recreación y deportes	1,4	
NT A0.110 Transporte y comunicaciones	1,4	
NT A0.60 Industria	1,4	
NT A0.70 Comercio	1,4	12%
NT A0.80 Oficinas	1,4	
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

*Nota.* Fuente: No *Nota.* Fuente: Norma E.080 (2017).

**Tabla 7:** Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

*Nota.* Fuente: Norma E.080 (2017).

6. Calcular la demanda de ductilidad, con la relación  
Demanda de ductilidad

$$DD = \frac{CSE}{CSR} \dots\dots\dots (6\text{ta ecuación})$$

Donde:

CSE = Coeficiente sísmico exigido.

CSR = Coeficiente sísmico resistente.

DD = Demanda de ductilidad.

7. Características para la elección del tipo de clase:

A:  $DD < 0.50$

B:  $0.5 \leq DD < 1.0$

C:  $1.0 \leq DD < 1.5$

D:  $DD \geq 1.5$

- d) Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación

Es la evaluación del comportamiento de la estructura ante un evento sísmico, luego se hace la inspección visual del terreno. Teniendo como prioridad la pendiente, resistencia del terreno y la presencia de humedad en la zona.

Rango:

Clase A: Cimentación de edificio sobre suelo flexible, siguiendo la norma E-030 de diseño de sismo resistencia.

Clase B: Cimentación de la edificación sobre suelo flexible con presencia de humedad, siguiendo la norma E-030 de diseño de sismo resistencia.

Clase C: Edificación con cimentación construida sin asesoría profesional y sin aprobación de permisos de construcción, además de contar con presencia de humedad, sales y pendiente elevada.

Clase D: Cimentación de edificio sobre suelo flexible con pendiente elevada.

e) Parámetro 5: Diafragmas horizontales

Consiste en la evaluación de la calidad del sistema de sismo resistencia y el diafragma para obtener una correcta distribución de la fuerza sísmica durante el momento del evento sísmico.

Clase A: El diafragma de la edificación está compuesto por una losa aligerada y apoyada sobre vigas de concreto armado.

Clase B: La losa de la edificación tiene vigas de madera en buen estado.

Clase C: La losa de la edificación tiene vigas de madera en estado defectuoso.

Clase D: La edificación no tiene diafragma y en su lugar tiene Eternit.

f) Parámetro 6: Configuración de planta

El comportamiento de un edificio ante un evento sísmico depende de la distribución en planta que este tenga, si es rectangular entonces

$\beta_1 = \frac{a}{L}$  entre las dimensiones de mayor a menor en planta. También

si existen irregularidades del cuerpo principal usando la relación

$$\beta_2 = \frac{b}{L}. \text{ (Tucto, 2018)}$$

Clase A: Edificación con  $\beta_1 \geq 0.8$  ó  $\beta_2 \leq 0.1$

Clase B: Edificación con  $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$  ó  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$

Clase C: Edificación con  $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$  ó  $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$

Clase D: Edificación con  $0.4 > \beta_1$  ó  $0.3 < \beta_2$

g) Parámetro 7: Configuración en elevación

Se obtiene la variación de masa entre dos pisos en porcentaje

mediante la fórmula de  $\pm \frac{\Delta M}{M}$ , donde M es la masa del piso inferior y

el signo de (+) significa crecimiento y (-) significa reducción de masa

en lo vertical. Se puede reemplazar con variaciones de área  $\pm \frac{\Delta A}{A}$ . La

calificación desfavorable se da cuando se presenta relación entre valores asignados para la altura mínima (H-T) y altura máxima de la estructura (H). (Tucto, 2018)

Rango:

Clase A: Si  $\frac{T}{H} > 0.75$

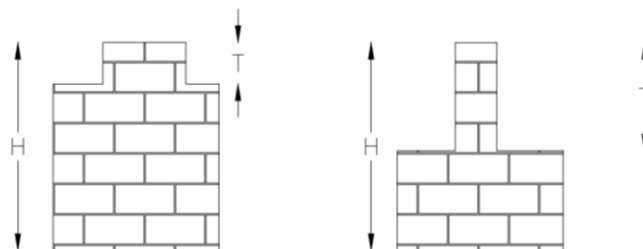
Clase B: Si  $0.5 < \frac{T}{H} \leq 0.75$

Clase C: Si  $0.25 < \frac{T}{H} \leq 0.50$

Clase D: Si  $\frac{T}{H} > 0.25$

**Figura 3.**

*Configuración en Elevación*



*Nota.* Representaciones de alturas de muro según su tipo. "Evaluación del riesgo sísmico utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca". Por Tucto, 2018, UNC.

## h) Parámetro 8: Distancia máxima entre muros

En este parámetro definimos la función de  $L/S$ , donde  $S$  es el espesor y  $L$  es el espaciamiento de los muros en la edificación.

(Tuco, 2018)

Rango:

Clase A: Si  $\frac{L}{S} \leq 15$

Clase B: Si  $15 < \frac{L}{S} \leq 18$

Clase C: Si  $18 < \frac{L}{S} \leq 25$

Clase D: Si  $25 < \frac{L}{S}$

## i) Parámetro 9: Tipo de cubierta

Se evalúa la resistencia ante eventos sísmicos de la cubierta de la edificación.

Rango:

Clase A: Cubierta estable con amarre entre muros y vigas adecuados y usando material liviano. Edificio con cubierta plana.

Clase B: Cubierta inestable, pero en buenas condiciones y con construido con material liviano.

Clase C: Cubierta Inestable en malas condiciones y con material liviano.

Clase D: Cubierta inestable en mal estado y con desniveles.

## j) Parámetro 10: Elementos no estructurales

Se evalúan los elementos no estructurales con mala unión del edificio que puedan causar daños mediante una inspección visual.

Rango:

Clase A: La edificación no cuenta con elementos no estructurales mal unidos al sistema resistente.

Clase B: Los elementos no estructurales de la edificación se encuentran en buen estado y debidamente conectados al sistema resistente.

Clase C: Los elementos no estructurales se encuentran en un estado deteriorado por antigüedad lo cual hace que produzcan daños a la estructura.

Clase D: Se presentan elementos no estructurales unidos incorrectamente al sistema resistente y además se encuentran en mal estado.

k) **Parámetro 11: Estado de conservación**

Para la evaluación de este parámetro usamos la evaluación visual del edificio para evidenciar las fallas que han ocurrido por el proceso constructivo usado y el deterioro de la edificación por la antigüedad.

Rango:

Clase A: La edificación se encuentra en óptimas condiciones sin presencia de fisuras.

Clase B: La edificación se encuentra con una presencia inicial de deterioros, pero sin presencia de fisuras.

Clase C: La edificación tiene presencia de fisuras y deterioro en la estructura.

Clase D: Los muros de la edificación se encuentran en deterioro, además de la existencia de agrietamiento por flexión, momento y corte en el sistema resistente.

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Viviendas de adobe**

Son viviendas que están construidas con adobe que es un material compuesto por arcilla, arena y pajilla de arroz, siendo considerado como un material ecológico, una de las principales características de este material es que permite la absorción, retención y restitución de calor, es muy útil en lugares de climas fríos porque permite que la temperatura interna de la vivienda aumente. (Laureano, 2021)

### **2.3.2. Cimientos o sobrecimientos**

Vienen a ser la base de apoyo de las estructuras. La mala elaboración de un sistema de cimentación puede generar la ocurrencia de asentamiento diferencial causando que los muros pierdan su capacidad de resistencia ante las fuerzas externas e internas. (AIS,2006).

### **2.3.3. Arriostre**

Son los elementos de la edificación que impiden el desplazamiento o deformación de los muros estabilizando o rigidizando la estructura limitando su movimiento. (Laureano, 2021)

### **2.3.4. Diafragma horizontal**

Es la capacidad de los elementos de la estructura de poder transmitir y distribuir las cargas dentro a los elementos verticales como los muros.

### **2.3.5. Humedad**

Es un tipo de humedad que tiene presencia gracias a la porosidad de los materiales de construcción por lo que estos absorben el agua del terreno o del subsuelo sobre el cual se ubica la edificación, esta se absorbe por los capilares propios de los cimientos y muros.

### **2.3.6. Vulnerabilidad**

Según Sandi (2018), es el impacto que tiene un evento sísmico frente a una estructura, esto es fundamental para determinar si una estructura es seguro o no. Es una propiedad inherente de la estructura descrita por la ley de causa y efecto, donde la causa es un terremoto y la consecuencia es el daño.

Según Barbat (1998), la naturaleza y alcance a un estudio de vulnerabilidad sísmica debe depender del tipo de choque o daño nivel evaluable y existente de amenaza. Caracterización en ese sentido de la vulnerabilidad sísmica de la estructura está estrechamente relacionada probablemente daño causado por el movimiento sísmico básicamente tres

factores; dificultad de movimiento al moverse, características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica.

### **2.3.7. Clases de vulnerabilidad sísmica**

#### **2.3.7.1. Vulnerabilidad sísmica estructural**

Esto se refiere a qué tan susceptibles son los elementos a ser dañados estructuralmente por causa de fuerzas sísmicas y trabaja en conjunto con dichos otras cargas estructurales. Los elementos estructurales son las partes que soportan la estructura el edificio responsable de la resistencia y de llegar a los cimientos y más allá, el piso, fuerzas causadas por la masa del edificio y su contenido y cargas provocadas por sismos. Estos elementos incluyen, por ejemplo: columnas, vigas, losas de hormigón, muros cortados de mampostería.

Las uniones entre las partes estructurales normalmente son los puntos más críticos. La unión de viga-columna tiene por nombre nudos es habitual observar fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas por efecto de esfuerzos excesivos de flexión. (OPS, 2004)

#### **2.3.7.2. Vulnerabilidad sísmica no estructural**

Es el daño que puede recibir una edificación después de un movimiento telúrico y quedar intacto en lo que es estructura, pero no en elementos arquitectónicos, equipo y mobiliarios.

Ejemplo de elementos arquitectónicos son los muros no portantes que están en la parte exterior de las edificaciones, los muros divisorios, ventanas, cielo raso, sistema de alumbrado, etc.

Ejemplo de equipos y mobiliario son equipos industriales en fábricas, equipos médicos en hospitales, muebles y estantes en oficinas, etc.

#### **2.3.7.3. Daños estructurales**

Se produce un daño grave o desplome en la estructura debido a grandes terremotos los cuales suelen ser resultado directo de una falla del elemento estructural o de un conjunto de elementos con la resistencia insuficiente.



Los puntos donde existe una unión de elementos suele ser la parte más crítica y esto se puede observar en los nudos, ya que es frecuente ver fallas por adherencia y anclaje de refuerzos longitudinales usados en las vigas por efecto de fuerzas de flexión excesivas. (Aguila & Ramos, 2020, p. 21-22)

### **2.3.8. Factores de la vulnerabilidad estructural**

#### **2.3.8.1. Factores geológicos**

Características geotécnicas que tiene el terreno en el cual se ha construido, que tipo de zona es, asentamiento del terreno, inestabilidad de taludes, comportamiento del terreno con la estructura. (Echevarría & Monroy, 2021, p. 42)

#### **2.3.8.2. Factores estructurales**

Tipo de estructura, tipo de material que se usó para la construcción (acero, madera, albañilería, etc), mal cálculo de cargas actuantes sobre la estructura, irregularidades y distribución asimétrica por rigidez y masa en la estructura, mal refuerzo entre columnas y vigas (nudos). (Echevarría & Monroy, 2021, p. 42)

#### **2.3.8.3. Factores constructivos**

Mal encofrado de elementos verticales, no respetar la calidad de los materiales que fueron descritos en el proyecto, mano de obra deficiente en su labor, las uniones entre los elementos estructurales y prefabricados no son las correctas, soldado defectuoso de estructuras metálicas, el no curado del concreto, falta de recubrimiento anticorrosión al acero, etc. (Echevarría & Monroy, 2021, p. 42)

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general:**

La propuesta de mejora geotécnica de las edificaciones antiguas ayudara en el estudio de la vulnerabilidad sísmica.

### 2.4.2. Operacionalización de variables.

**Tabla 8.**

*Operacionalización de variable dependiente*

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Dimensión	Definición Operacional	Indicadores	Instrumento de investigación
<b>Vulnerabilidad Estructural</b>	Es un método para hallar la posible deformación o la deformación en los suelos, estructuras, teniendo en cuenta los movimientos telúricos	Índice de vulnerabilidad  Peligro Sísmico	El objetivo es determinar el daño ocasionado en la estructura por los eventos sísmicos.  Es la posibilidad de que ocurra un fenómeno físico como efecto de un terremoto.	Sistema Constructivo.  Estado de la Edificación.  Clasificación y perfil de suelo  Historial de sismicidad	Análisis Bibliográfico  Encuesta de Benedetti - Petri  Ensayos de Mecánica de Suelos

## III. METODOLOGÍA EMPLEADA

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

Aplicada

#### 3.1.2. Nivel de investigación

Descriptiva

### **3.2. Población y muestra de estudio**

#### **3.2.1. Población.**

Estructuras culturales antiguas de San Pedro de Lloc

#### **3.2.2. Muestra.**

La Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc años atrás se reportó que su estructura se estaba abriendo por motivo que los muros se separaban cada vez más, por otro lado, la Casa Museo Antonio Raimondi se vio afectada por las lluvias y la constante presencia de humedad que hay en la estructura provocan el deterioro y en otros casos el desplome de partes de la estructura cultural.

### **3.3. Diseño de investigación**

In situ, porque se basó de una recopilación de información mediante encuestas, entrevistas y observaciones los cuales son provenientes de la realidad.

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

Aplicación de la ficha técnica de Benedetti – Petrini, investigación documental y observación directa.

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Después de apoyarnos de las encuestas, analizamos los datos obtenidos de las muestras, el estado en el que se encuentra la edificación y que problemas destacan a simple vista en el edificio, por otro lado, utilizamos la geotecnia para obtener las propiedades mecánicas con las cuales podremos darle algún tipo de refuerzo al suelo o simplemente dar a conocer que la estructura es la que está en condiciones no aptas para su uso.

## **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

## **4.1. Análisis e Interpretación de resultados**

### **4.1.1. Estudio de suelos**

Para esta parte de resultados me tuve que apoyar de estudios de suelo ya realizados en la zona de San Pedro de Lloc por lo que estas edificaciones son propiedad del ministerio de cultura y no está permitido hacer estudios que dañen a la estructura de la edificación por este motivo me he apoyado de un estudio realizado a un colegio de la misma zona y cercano a estas edificaciones estudiadas, también es una edificación con el mismo rango de edad que las estudiadas.

### **4.1.2. Investigaciones realizadas**

#### **4.1.2.1. Calicatas o pozos de exploración**

Se observo los resultados de los pozos de exploración “a cielo abierto” designadas como CA-1 y CA-2. Este tipo de exploración nos permite poder reconocer y diferenciar los estratos que existen en la zona de estudio para tener un conocimiento de que material predomina y como mejorarlo o estabilizarlo.

#### **4.1.2.2. Calicatas y perforación**

El perfil de suelo encontrado en la perforación (P-1) y las calicatas (CA-1 y CA-2) están conformados por una capa superior de relleno a predominantemente por arcilla limosa de plasticidad baja a media, con restos de desmonte, se puede observar en la figura 5 y 6.

Se encontraron estratos intercalados de arena fina, gravosa, con contenido variable de limo y arcilla, medianamente densa a muy densa; y grava arenosa, con piedras y bolones redondeados y sub redondeados de hasta 12 pulgadas de tamaño máximo. En la profundidad de 2.40 m a 2.70 m existen capas de arcilla limosa, de plasticidad baja, compacta, de 0.10 a 0.50 m de espesor.

También se realizó un pozo de exploración denominado P-1 el cual fue una perforación en el cual se encontró que la napa freática a 3.40 m de

profundidad con respecto al nivel del terreno. Se considero que la napa freática fluctúa con respecto a las estaciones climáticas.

Durante la visualización del perfil de suelos se observó que existen diferentes materiales, en la calicata CA-1 y CA-2 se encontró que los primeros 0.30 m hay una capa de relleno afirmado y grava arenosa, de los 0.30 a 1.40 m hay arcilla medianamente densa, del 1.40 a 1.70 m existe grava arenosa, ligeramente arcillosa se puede ver que encontraron piedras de 4 pulg, finos con plasticidad baja, de los 1.70 a 2.40 m de profundidad hay arena fina, gravosa, arcillosa, limosa, con gravas angulares de 3.5 pulg tamaño máximo, de 2.40 a 2.70 m de profundidad se visualiza arcilla limosa, de plasticidad baja y en los últimos 2.70 a 3.00 m de profundidad hay grava arenosa medianamente densa y grava sub redondeada de 3 pulg. de tamaño máximo cada resaltar que se ve que hallaron humedad durante toda la excavación. (ESTUDIO DE SUELO COMPLEMENTARIO IE JOSE SEVILLA ESCAJADILLO – REGIÓN LA LIBERTAD, 2022)

#### **4.1.3. Ensayos de laboratorio**

Estos ensayos de laboratorio estándar, fueron realizados por la M&M Consultores S.R.L. siguiendo las normas NPT respectivas, para mi trabajo de investigación tome los siguientes ensayos de laboratorio, ya que el resto de ensayos realizados por la empresa son realizados con el objetivo de un diseño de cimientos.

- Análisis Granulométrico por tamizado
- Contenido de humedad
- Límites de Atterberg

En el cuadro de la figura 7 se muestran los resultados de los ensayos realizados a las calicatas CA-1 y CA2, en el caso de P-1 fue una perforación rotativa a la cual menciono porque se encontró la existencia de una napa freática a los 3.40 m de profundidad con respecto al nivel del terreno, se determinó que la napa freática puede sufrir fluctuaciones estacionalmente. (ESTUDIO DE SUELO COMPLEMENTARIO IE JOSE SEVILLA ESCAJADILLO – REGION LA LIBERTAD, 2022)

Por lo observado del estudio de suelos realizado en la zona, en el ensayo granulométrico que se les hizo a las calicatas respectivas por cada cierto tramo en todas coincide que pasa mínimo el 1% por la malla N° 200 lo cual indica la presencia de finos.

Para el ensayo de humedad en los tramos de profundidad en los que se encontraba arcilla con baja plasticidad la humedad era más alta que en los suelos donde encontramos grava arcillosa, arena arcillosa, arenas limosas, pero según el registro en todas las excavaciones se pudieron notar que la presencia de humedad era constante en los pozos de exploración.

El porcentaje de humedad más alto que se encontró fue entre 1.20 a 1.40 m de profundidad de la calicata CA-1 la cual también tiene el mayor número de finos según el ensayo de granulometría. Los resultados observados podemos decir que la humedad es un factor muy presente en la zona, ya que se encuentra muchas napas freáticas en todo el pueblo por eso para mejorar el terreno de la zona se pide implementar mejora en los suelos a la hora de construir o rehabilitar estructuras, se pide usar suelos granulares para reducir el porcentaje de humedad en los terrenos.

#### **4.1.4. Resultados de los 11 parámetros por clase**

Para obtener los índices de vulnerabilidad de la casa museo Raimondi y de la iglesia matriz de San Pedro de Lloc, se realizaron visitas de campo para analizar cada parámetro de la metodología del índice de vulnerabilidad, para luego asignar la calificación obtenida según la aplicación de la fórmula que caracteriza al método.

Para evaluar las edificaciones se utilizó la encuesta de Benedetti Petrini, en donde se describen cada uno de los 11 parámetros evaluados y cuyos resultados se detallan a continuación:

##### **PARÁMETRO 1 - Organización del sistema resistente.**

La asignación de las clases A, B, C, y D en este parámetro ha sido en base al año de construcción de la edificación y visualización de elementos resistentes, así como su proceso constructivo. Además, se hace

un especial énfasis en el uso de la norma sismorresistente para la construcción del edificio.

Durante la inspección visual realizada en ambas estructuras pudimos denotar que:

En la Casa Museo Antonio Raimondi no existen elementos de arriostre en sus cuatro lados, son puros continuos que se interceptan entre si generando una apariencia como de columna en las esquinas, también según los datos recolectados, en lugar de columnas se usó troncos de algarrobo.

En la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc los elementos de arriostre no están presentes, por lo que como columnas usan adobes apilados pero no cuentan con vigas de apoyo de ningún tipo.

**Tabla 9:** Datos del parámetro 1

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	D
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	D

### **Parámetro 2 – Calidad del sistema resistente**

Por la época en la que se construyeron no se contaba con profesionales que puedan estar supervisando el proceso constructivo por lo que se recurría a la construcción informal con mano de obra no calificada.

Se le asigno la “Clase B” para ambos por motivos de que al ser una construcción con mano de obra no calificada pueden haber tenido algún error.

**Tabla 10:** Datos del parámetro 2

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	B
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	B

### **Parámetro 3 – Resistencia convencional**

La asignación de las clases A, B, C, D en este parámetro estuvo en medida del nivel de resistencia de una edificación y la probable fuerza a la que está sometida la misma.

En este parámetro se le considerara el puntaje mínimo ya que durante la investigación las personas que dirigen estas instituciones comentaron que estas estructuras son de adobe, enlucidas con barro, techos de caña con vigas de madera, Eternit y no cuentan con elementos estructurales, un ejemplo es que en lugar de columnas cuentan con troncos de algarrobo y este cumple la función de columna como se observa en la figura 13.

**Tabla 11:** Datos del parámetro 3

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	A
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	A

#### **Parámetro 4 - Posición del edificio y cimentación**

La asignación de las clases A, B, C y D en este parámetro se ha determinado mediante la inspección visual en campo de los elementos resistentes, a la aplicación de la norma vigente (E.080 2017 - Construcción con tierra reforzada).

Para estas edificaciones antiguas se les asignaron la clase “C” ya que hay presencia de humedad constante lo que causa la aparición de sales y el terreno en el que están construidas se denota una pendiente que es mínima en la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc pero en el caso de la Casa Museo si se denota más por lo que tiene gradas que conducen a un nivel diferente del terreno y en la figura 14 se observa la cimentación de muros afectada por el agua.

**Tabla 12:** Datos del parámetro 4

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	C



Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	C
-------------------------------------	---

### Parámetro 5 - Diafragma horizontales

La ejecución de un proyecto sin previo diseño se convierte en una construcción deficiente lo que ocasiona deficiencias por las malas prácticas constructivas.

La Casa Museo Raimondi se le asignó la clasificación "D", ya que en su mayoría poseen techos flexibles con vigas de madera y caña, por otro bien tienen únicamente una cobertura liviana (calamina o eternit) las cuales tapan algunas partes de techo muy dañadas, por ciertos sectores las lluvias ocasionaron un desplome como se puede observar en la figura 13.

En la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc se le asignó la clasificación "C", por lo que en las torres del campanario se pueden apreciar vigas de madera que se encuentran en un estado regular.

En ningún caso se comporta como diafragma rígido, los muros, en caso de sollicitación sísmica, actuarán como si estuvieran en voladizo.

*Tabla 13: Datos del parámetro 5*

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	D
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	C

### Parámetro 6 - Configuración de Planta

En este parámetro se evalúa la simetría de la planta de la edificación donde se proponen los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones se asemejan a un cuadrado sin tener protuberancias las cuales al ser demasiado grandes pueden generar torsiones en la planta y concentraciones de esfuerzos en los elementos estructurales y de su centro de gravedad.

En el caso de la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc se clasifica “C”, se puede apreciar una pendiente no muy pronunciada, pero en el caso de la casa museo Antonio Raimondi tiene su pendiente pronunciada y en forma de L (figura 17) es el terreno por ello se le clasifico con “D”.

**Tabla 14:** Datos del parámetro 6

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	D
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	C

### **Parámetro 7 – Configuración de elevación**

En el caso de la Casa Museo Raimondi presenta una forma de L irregular con pendiente y altura de muros irregulares, se puede observar en la figura 17.

En el caso de la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc, la forma irregular que presenta y su terreno tiene una pendiente poco pronunciada.

**Tabla 15:** Datos del parámetro 7

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	D
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	C

### **Parámetro 8 – Distancia máxima entre muros**

Se evaluó la distancia máxima entre muros (L) y espesor (S) para estas edificaciones de adobe.

Donde la distancia máxima entre muros es 29.42 m y el ancho de muros es 1.80 m, estos datos son obtenidos de los planos y se pueden observar en la figura 17.

$$\frac{L}{S} = \frac{29.42}{1.8} = 16.34$$

En este parámetro se le asigno la clase "B" a la Iglesia Matriz por presenta una separación de muros homogénea en la mayor parte de su estructura.

La distancia máxima entre muros es 13.55 m y el espesor es 0.60 m, datos obtenidos del plano y se puede observar en la figura 18.

$$\frac{L}{S} = \frac{13.55}{0.6} = 22.56$$

En el caso de la Casa Museo Raimondi se le asigno "C", por lo que no cuenta con separación entre muros.

**Tabla 16:** Datos del parámetro 8

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	C
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	B

### Parámetro 9 – Tipo de Cubierta

En este parámetro se clasificaron los diferentes tipos de cubierta encontrados según la capacidad que tengan para resistir la fuerza sísmica. La evaluación se realizó en campo utilizando la información obtenida de la construcción como lo son la edad de la edificación y el tipo de material utilizado para su construcción que en este caso es el adobe. Cuando estas cubiertas no son lo suficientemente estables, fallaran, y los muros sobre los que se apoya actuaran en voladizo, siendo vulnerable ante terremotos.

En este caso la vivienda que es la casa museo Raimondi está construida de adobe, pero cuenta con reparaciones superficiales, la construcción en su mayor parte es de adobe y quincha por ello se le asigno la clasificación "C"

En cambio, la iglesia tiene partes construidas con adobe y partes que están recubiertas con ladrillo, pero ambas construcciones no cuentan con columnas o vigas por lo que se puede decir que no cuenta con elementos estructurales conectados entre sí por ello se le asigno la clasificación "C".

**Tabla 17:** Datos del parámetro 9

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	C
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	C

### **Parámetro 10 – Elemento no Estructural**

En este parámetro se evalúan los elementos no estructurales que puedan causar a la larga un daño en la estructura como algún desplome, entre estos elementos se encuentran parapetos, cornisas, balcones o elementos que sobresalgan de la estructura.

La Casa Museo Raimondi es una construcción adobe presenta en algunos casos parapetos, estos son enmarcados dentro de la clase "C".

Para el caso de la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc tiene elementos no estructurales como son barandas deterioradas y en un ángulo no apto para su uso que constituyen un peligro, en la parte del templo tienen algunos santos y elementos arquitectónicos que por se han deteriorado por el tiempo y se nota el intento de resane en ellos, por ello se le ha situado dentro de la clase "D", se puede observar en la imagen 19.

**Tabla 18:** Datos del parámetro 10

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	C

Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	D
-------------------------------------	---

### Parámetro 11 – Estado de Conservación

En este parámetro se evalúa el tiempo de vida que tiene la edificación y el estado en el que se encuentran sus elementos, ya que el tiempo produce un deterioro en la resistencia de los materiales lo cual es inevitable.

Para ambas edificaciones se les asignó la clasificación “C” ya que ambas tienen presencia de fisuras, deterioro en los materiales y presencia de humedad la que provoca desprendimiento de partes de la pared como pintura y el enlucido en barro como se puede observar en la imagen 20.

**Tabla 19:** Datos del parámetro 11

Nombre	Clasificación
Casa Museo Raimondi	C
Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc	C

---

 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION IN SITU

## DATOS GENERALES

Propietario: Estado Peruano	Resultado:
Ubicación: Calle 2 de Mayo 432, distrito de San Pedro de Lloc	264
Fecha: 01/07/2023	
Edificación: Casa Museo Antonio Raimondi	

Descripción:	Clases				Ponderado	Parcial
	A	B	C	D		
Parámetro 1 Organización del sistema resistente				X	1.00	45
Parámetro 2 Calidad del Sistema resistente		X			0.25	1.25
Parámetro 3 Resistencia Convencional		X			1.50	7.5
Parámetro 4 Posición del edificio			X		0.75	18.75
Parámetro 5 Diafragmas Horizontal				X	1.00	45
Parámetro 6 Configuración en Planta				X	0.50	22.5
Parámetro 7 Configuración en Elevación				X	1.00	45
Parámetro 8 Distancia máxima Entre muros				X	0.25	22.5
Parámetro 9 Tipo de Cubierta			X		1.00	25
Parámetro 10 Elementos no Estructurales				X	0.25	11.25
Parámetro 11 Estado de Conservación			X		1.00	25
					<b>Σ Total lv</b>	<b>264</b>

---

---

 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION IN SITU

## DATOS GENERALES

Propietario: Estado Peruano	Resultado:
Ubicación: C. Andrés Razuri 329, San Pedro de Lloc	202.5
Fecha: 21/08/2023	
Edificación: Parroquia San Pedro de Lloc	

Descripción:	Clases				Ponderado	Parcial
	A	B	C	D		
Parámetro 1 Organización del sistema resistente				X	1.00	45
Parámetro 2 Calidad del Sistema resistente		X			0.25	1.25
Parámetro 3 Resistencia Convencional		X			1.50	7.5
Parámetro 4 Posición del edificio			X		0.75	18.75
Parámetro 5 Diafragmas Horizontal			X		1.00	25
Parámetro 6 Configuración en Planta			X		0.50	12.5
Parámetro 7 Configuración en Elevación			X		1.00	25
Parámetro 8 Distancia máxima Entre muros			X		0.25	6.25
Parámetro 9 Tipo de Cubierta			X		1.00	25
Parámetro 10 Elementos no Estructurales				X	0.25	11.25
Parámetro 11 Estado de Conservación			X		1.00	25
					<b>Σ Total Iv</b>	<b>202.5</b>

---

#### **4.2. Docimasia de hipótesis**

Después de realizar la recopilación de información sobre sus diseños de estructurales y la evaluación mediante el método de Benedetti – Petrini, podemos obtener como resultado que el grado de vulnerabilidad que presentan ambos edificios se encuentra entre el rango de vulnerabilidad alta que es de 191.3 a 286.9.

La información obtenida de los ensayos de suelos realizados en la zona permitió conocer el tipo de material y realizar una propuesta de mejoramiento de suelo con material granular y la implementación de un sistema de drenaje pluvial que ayude a la edificación y sumado al tipo de material a implementar se puede obtener un menor grado de presencia de humedad por las estructuras.

Por lo que se cumplió en su totalidad la hipótesis de acuerdo al análisis previo realizado en la investigación.



## V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- En el presente estudio identificamos un antecedente internacional llamada “Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; Fema 154 del edificio carrera de ingeniería agropecuaria - UNESUM”. En esta investigación se desarrollaron 2 métodos los cuales fueron el método de Benedetti – Petrini y el método de Fema 154 los cuales sirven para hallar el grado de vulnerabilidad de las estructuras y en este caso se hizo una comparación entre los resultados de ambos métodos de manera en la que en el que se encuentra la estructura que en este caso es el edificio de ingeniería agropecuaria, hallando con el método de Benedetti Petrini que el edificio tiene una vulnerabilidad sísmica baja teniendo como resultado un 18,75 y 21,75 entrando en el rango de vulnerabilidad baja el cual es de 0 a 96 de promedio. Se constato este resultado con el método de Fema 154 y el resultado obtenido fue de 4,10 lo cual confirma que el resultado de método de Benedetti Petrini fue correcto, esto parte también de que las estructuras no tienen mucho tiempo de antigüedad por lo que se puede confirmar que hubo asesoría técnica pero también se tuvo en cuenta que en ambos métodos se coincidió que, en los parámetros de irregularidad en planta y elevación, tipo de suelo limita el estado de conservación de las estructuras lo que también se ve reflejado en mi caso donde el agua después de las lluvias no tiene un como mitigarse, por otra parte la falta de elementos estructurales en mis edificaciones culturales y la mala distribución de muros causan que edificaciones no tengan como absorber y disipar la energía causada por los eventos telúricos, provocando un mayor daño dentro de las estructuras.
- En el presente estudio identificamos un antecedente nacional, llamado “Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque”, la cual al estudiar el índice de vulnerabilidad obtuvo que los siguientes aspectos afectan a la estructura: aspectos

geométricos, de edificación, estructural , de suelo y medio ambiente, lo cual puede darnos a comprobar que las edificaciones son afectadas por el medio ambiente, dejando en claro que la humedad es uno de los factores que afecta a todo tipo de estructura y deteriora el material de la edificación más la edad estas estructuras las vuelven vulnerables teniendo que considerarlas de vulnerabilidad alta al igual que en mi caso de estudio entrando en el rango de 191.3 a 286.9 de promedio.

- En el presente estudio identificamos un antecedente local llamado “Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas con sistema aporcado desde el punto de vista geotécnico-sísmico de la zona poblada de La Esperanza Alta - distrito La Esperanza - provincia de Trujillo.”, en la cual se obtuvo que después del estudio de suelos, se observó que los departamentos encuestados se encontraban en zona sísmica muy alta y al realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica se pudo notar la falta de asesoramiento en la construcción, sumándole la mala calidad de los materiales utilizados en la construcción y la mala distribución arquitectónica confirmando que estos factores se pueden hallar mediante el método de Benedetti Petrini siendo los mismos factores hallados en mi estudio.
- En el presente estudio identificamos un antecedente Internacional llamado “Aplicación del método de índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama”. En esta investigación se desarrolló con el método de Benedetti Petrini para evaluar y clasificar a las 254 casas en los barrios de Las Quintas, Parques del Nogal y Surinama de la ciudad de Tunja, donde se evaluaron las viviendas con herramientas digitales y mediante el método de Benedetti petrini en campo donde se pudo conocer que estas viviendas estas construidas con el método de mampostería no reforzada, gracias al uso de los planos brindados por la municipalidad y los datos manejados con Google maps y ARGIS se pudo conocer la distribución de estas casas de manera en la que se vio en campo que no tenían daños o presentaban un mal estado en sus materiales empleados pero lo que si se pudo notar es que los elementos no estructurales estaban en

comienzo de desgaste, corrosión, erosión y desprendimiento todo esto causado por la humedad de la zona en la que se encuentran estas viviendas, por lo que se puede también explicar en mi caso es que la presencia de humedad y el mal diseño o la ejecución sin asesoría profesional termina causando daños a largo o corto plazo, a pesar de que en la encuesta se determinó que la vulnerabilidad que presentan estas estructuras es baja la cual está comprendida entre 0 a 96 de promedio se puede ver perjudicada por no dar un correcto mantenimiento a los elementos no estructurales y al resto de las viviendas.

## CONCLUSIONES

El desarrollo del estudio de estas edificaciones mediante la metodología aplicada en esta investigación nos dio lugar a las siguientes conclusiones:

- Se logro validar parcialmente la hipótesis propuesta, ya que se pudo determinar mediante el método del índice de vulnerabilidad (inspección visual), dándonos como resultado que las estructuras están en un rango de 191.3 a 286.9 que es Vulnerabilidad Alta (AV).
- Los datos obtenidos de las calicatas nos dan que el tipo de material identificado debe ser cambiado por material granular como: grava arenosa, bien graduada, limpia a ligeramente arcillosa o limosa, o por grava arenosa, mal graduada, limpia a ligeramente arcillosa o limosa, la cual será sana y libre de materia orgánica u otros elementos deletéreos.
- El material de terreno que existe en San Pedro de Lloc no es el más favorable en caso de lluvias por lo que con el objetivo de mantener las estructuras se propone una implementación de un sistema de drenaje pluvial el cual ayudaría a que gran parte del agua deje de filtrarse por la estructura y sea llevada a puntos donde ya no afecte a este tipo de edificaciones.
- Según lo analizado de los planos estructurales e información obtenida de las edificaciones culturales estas no cuentan elementos estructurales lo cuales les permitan absorber y disipar la energía lo cual causa que el resto de la estructura vaya perdiendo resistencia.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para una futura rehabilitación o algún tipo de cambio en la estructura hacer un estudio micro trepidación y zonificación de San Pedro de Lloc con el objetivo de tener mayor información del comportamiento del suelo.
- Se recomienda a las entidades ya sea, la Municipalidad Provincial o Dirección de Cultura, que promuevan el estudio estructural de los diferentes monumentos históricos de nuestra zona con el objetivo de obtener una base de datos que permita realizar rehabilitaciones o restauraciones dependiendo del grado de vulnerabilidad en el que este dicho monumento.
- Se recomienda realizar estudios de suelo en los monumentos con el objetivo de mejorar las cimentaciones para futuras rehabilitaciones.
- Se recomienda reconocer los posibles daños y reforzarlos, a fin de evitar significativas pérdidas económicas, humanas y culturales.
- Se recomienda a las entidades gubernamentales de la zona como lo es la municipalidad provincial de San Pedro de Lloc un proyecto de implementación de drenajes en la ciudad para evitar inundaciones y mayores daños a este tipo de estructuras culturales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba Fernández Candial. (2021, March 23). *Inundaciones en Australia*. La Vanguardia; La Vanguardia.  
<https://www.lavanguardia.com/vida/juniorreport/20210323/6603917/inundaciones-australia.html>
- Alexis, & Alex, J. (2019). Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque. Unprg.edu.pe.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/3153>
- Alexander, & Enrique, J. (2018). Estudio de patología, análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural: proyecto Villa de los Ángeles B. Usta.edu.co.  
<http://repository.usta.edu.co/handle/11634/12807>
- Águila D., & Ramos, V. (2020). Análisis de la vulnerabilidad sísmica aplicando un estudio geotécnico en la edificación “Residencial las Palomas 160” del distrito de Surquillo. Urp.edu.pe. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3855>
- Cruzado, M., & Augusto, C. (2019). Vulnerabilidad Sísmica de la Ciudad de Monsefú aplicando los Índices de Benedetti – Petrini. Unprg.edu.pe.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/3143>
- Erika, A., & Manuel, C. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I. E. Liceo Trujillo-2018. Upn.edu.pe.  
<https://doi.org/624.1762%20AGUI%202018>
- Eduardo, C. (2019). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas con sistema aporticado desde el punto de vista geotécnico-sísmico de la zona poblada de La Esperanza Alta -

distrito La Esperanza - provincia de Trujillo. Upao.edu.pe.

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/5643>

Gutiérrez, J. A. (2018). Vulnerabilidad sísmica en estructuras de edificaciones indispensables en Santiago de Cali. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/17952>.

Laureano, C. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe del Asentamiento Humano Virgen del Socorro II Mz. 1, 2, 3 del distrito de La Esperanza – La Libertad, 2021. *Upn.edu.pe*. <https://doi.org/624.1762%20CARH%202021>

Pompeyo, M., & Lázaro, N. (2019). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural Considerando el Efecto de Columna Corta UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA.  
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/3514118>

Mononobe, N. and Matsuo, H. (1929) On the Determination of Earth Pressure during Earthquakes. Proceedings of the World Engineering Conference, 9, 176. - References - Scientific Research Publishing. (2017). Scirp.org.  
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2025489](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2025489)

Milton. (2017, March 28). *Niño costero: río se desborda e inunda ciudad de Piura y alrededores*. Noticias Ambientales. <https://es.mongabay.com/2017/03/peru-rios-inundacion-nino-costero-piura/>

S.R.L., M & M CONSULTORES (2021). ESTUDIO DE SUELO COMPLEMENTARIO. SAN PEDRO DE LLOC

Repositorio de Tesis DGBSDI: Análisis de riesgo sísmico y vulnerabilidad estructural: estudio de caso; sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México. (2017). Unam.mx.

[https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000820751](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000820751)

Eduardo, E., Linares, B., & Rojas, Q. (2015). Análisis de vulnerabilidad sísmica estructural caso asentamiento subnormal barrio Hacienda Los Molinos localidad Rafael Uribe Uribe de Bogotá D.C. *Ugc.edu.co*. <http://hdl.handle.net/11396/3480>



# ANEXOS

## 1. Instrumentos de recolección de datos

Figura 4.

Plano de ubicacion de la Casa Museo Antonio Raimondi

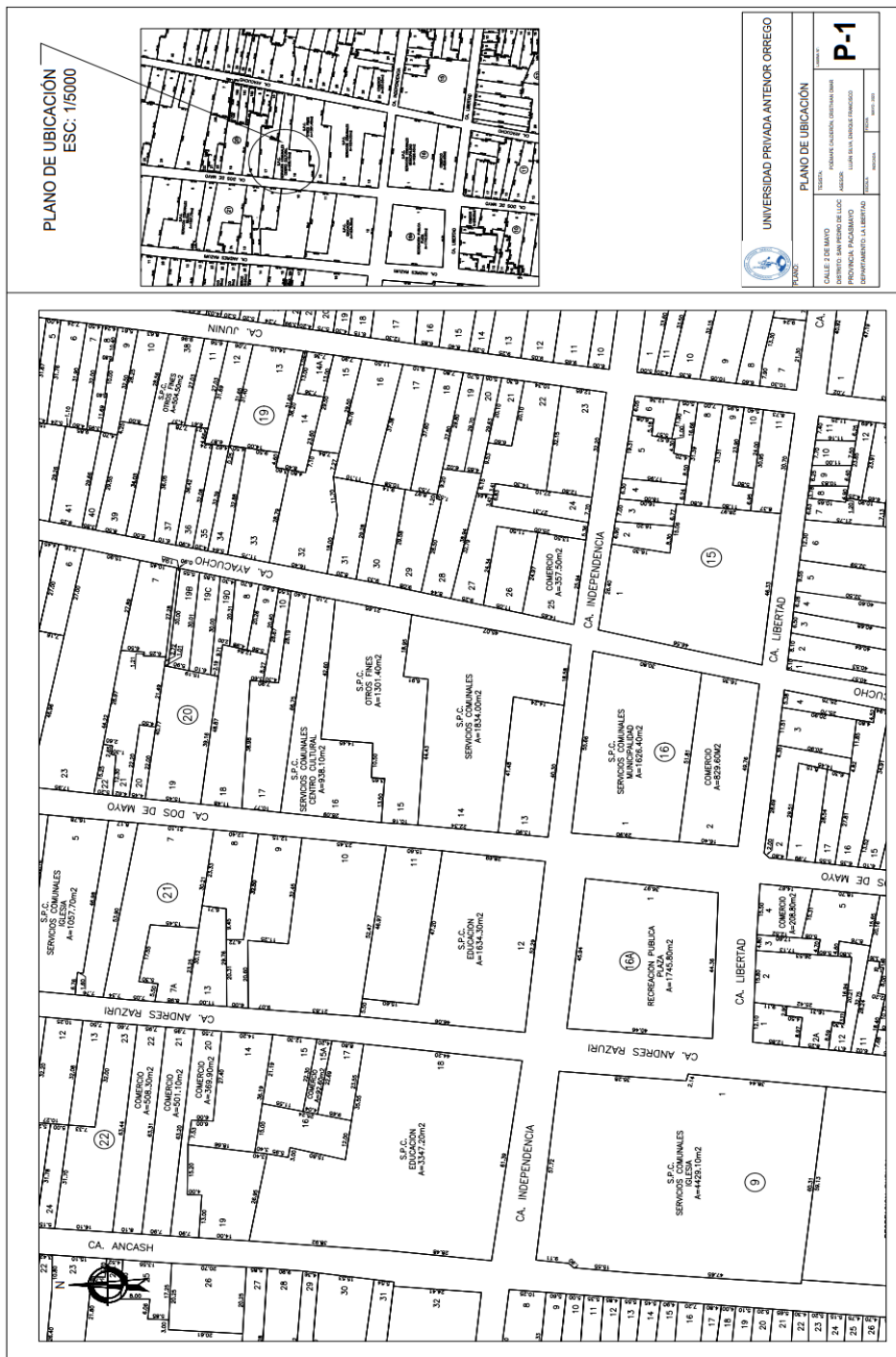

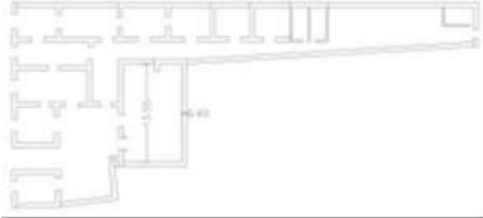




Figura 6.


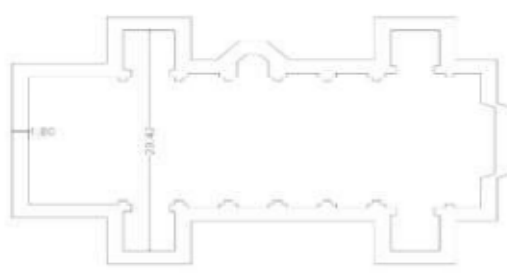
Encuesta de Benedetti - Petrini aplicada

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR FICHA DE EVALUACION PARA ESTRUCTURA DE ADOBE (METODO DE BENEDETTI - PETRINI)				
Nombre o número de edificios: Casa Museo Antonio Raimondi				
Ubicación del edificio: Calle 2 de mayo #432				
Fecha: 03/08/2023				
N°	PARAMETROS	INDICACIONES	ELEMENTOS DE INSPECCION	CLASE
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Completar y marcar según lo constatado	Año de la construcción: <input type="text" value="1886"/> Asesoría técnica: <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	D
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado	Estado del material: <input type="text" value="Bueno"/> <input type="text" value="Malo"/> Proceso Constructivo: <input type="text" value="Mampostería"/>	B
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Completar según lo observado en la estructura	Número de pisos (N°) : <input type="text" value="1"/> Ax: Área de muros en X : <input type="text"/> Ay: Área de muros en Y : <input type="text"/> Área de columnas : <input type="text" value="0"/> Altura promedio entre piso: <input type="text" value="4.8 m"/> Área cubierta : <input type="text"/>	A
4	POSICION DEL EDIFICIO Y CIMENTACION	Marcar según lo observado	Pendiente pronunciada : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Presencia de sales : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Presencia de filtraciones: <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	C
5	DIAFRAGMA HORIZONTAL	Marcar según lo observado	Pendiente pronunciada : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Buena conexión diafragma con elementos verticales : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Conexión del diafragma: <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	D
6	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros		D
7	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros	Aumento o reducción de área: <input type="text" value="0"/> RL : <input type="text"/> Piso Blando : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Irregularidad del S.A. : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Columna Corta : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	D
8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE COLUMNAS	Especificar según lo planos	Espaciamiento máx entre columnas: <input type="text" value="13.55 m"/> Espesor máx entre columnas : <input type="text" value="0.6 m"/> Factor L/S : <input type="text" value="22.56"/>	D

9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según las características de estructura	Cubierta estable Conexión cubierta elemento vertical: Cubierta plana: Material liviano	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	C
10	ELEMENTO NO ESTRUCTURAL	Considerar B (bueno), R (regular), M (malo) según conexión	Cornisa y parapetos Tanques de agua prefabricado: Balcones y volados: Pequeños elementos Sin elemento vinculado	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/>	D
11	ESTADO DE CONSERVACION	Marcar según lo observado en las estructuras	Buen estado Ligeramente dañado Mal estado de conservación	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	C

Figura 7.

Encuesta de Benedetti - Petrini aplicada a la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc

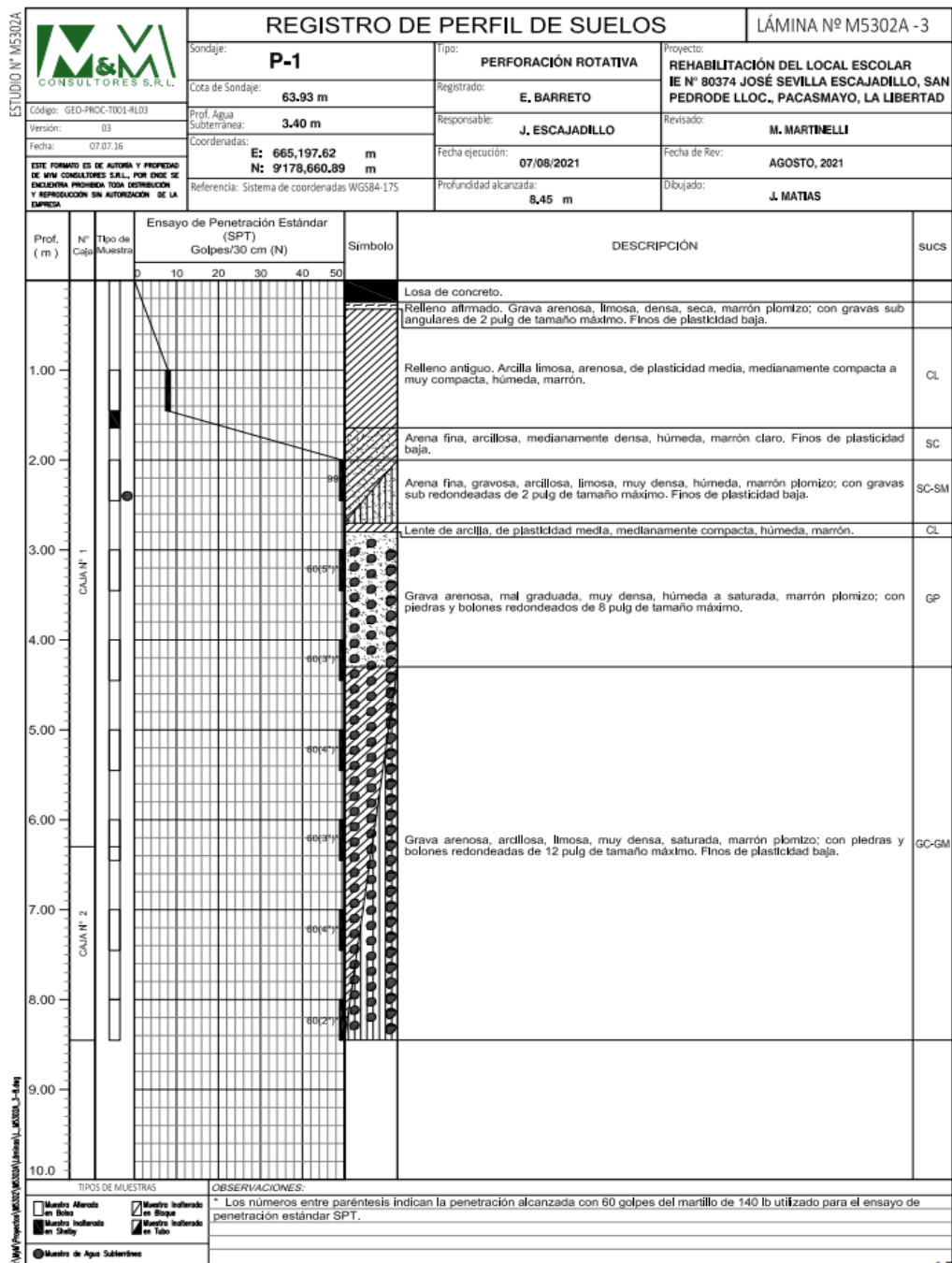
EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR FICHA DE EVALUACION PARA ESTRUCTURA DE ADOBE (METODO DE BENEDETTI - PETRINI)				
Nombre o número de edificios: Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc				
Ubicación del edificio: Calle Razuri #525				
Fecha: 21/09/2023				
N°	PARAMETROS	INDICACIONES	ELEMENTOS DE INSPECCION	CLASE
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Completar y marcar según lo constatado	Año de la construcción: <input type="text" value="1849"/> Asesoría técnica: <input type="text" value="SI"/> <input checked="" type="text" value="NO"/>	D
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado	Estado del material: <input type="text" value="Bueno"/> <input checked="" type="text" value="Malo"/> Proceso Constructivo: <input type="text" value="Mampostería"/>	B
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Completar según lo observado en la estructura	Número de pisos (N°) : <input type="text" value="1"/> Ax: Área de muros en X : <input type="text"/> Ay: Área de muros en Y : <input type="text"/> Área de columnas : <input type="text" value="0"/> Altura promedio entre piso: <input type="text" value="10.20"/> Área cubierta : <input type="text"/>	A
4	POSICION DEL EDIFICIO Y CIMENTACION	Marcar según lo observado	Pendiente pronunciada : <input type="text" value="SI"/> <input checked="" type="text" value="NO"/> Presencia de sales : <input checked="" type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Presencia de filtraciones: <input checked="" type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	C
5	DIAFRAGMA HORIZONTAL	Marcar según lo observado	Pendiente pronunciada : <input type="text" value="SI"/> <input checked="" type="text" value="NO"/> Buena conexión diafragma con elementos verticales : <input type="text" value="SI"/> <input checked="" type="text" value="NO"/> Conexión del diafragma: <input checked="" type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	C
6	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros		C
7	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros	Aumento o reducción de área: <input type="text" value="0"/> RL : <input type="text"/> Piso Blando : <input checked="" type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Irregularidad del S.A. : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> Columna Corta : <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/>	C

8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE COLUMNAS	Especificar según lo planos	Espaciamiento máx entre columnas: 29.42 m Espesor máx entre columnas : 1.8 m Factor L/S : 16.34	C
9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según las características de estructura	Cubierta estable <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Conexión cubierta elemento vertical: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Cubierta plana: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Material liviano <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	C
10	ELEMENTO NO ESTRUCTURAL	Considerar B (bueno), R (regular), M (malo) según conexión	Cornisa y parapetos <input type="checkbox"/> R Tanques de agua prefabricado: <input type="checkbox"/> Balcones y volados: <input type="checkbox"/> M Pequeños elementos <input type="checkbox"/> R Sin elemento vinculado <input type="checkbox"/>	D
11	ESTADO DE CONSERVACION	Marcar según lo observado en las estructuras	Buen estado <input type="checkbox"/> Ligeramente dañado <input type="checkbox"/> Mal estado de conservación <input checked="" type="checkbox"/>	C

## 2. Evidencia de ejecución de propuesta

Figura 8.

Registro de perfil de suelo de calicata P-1

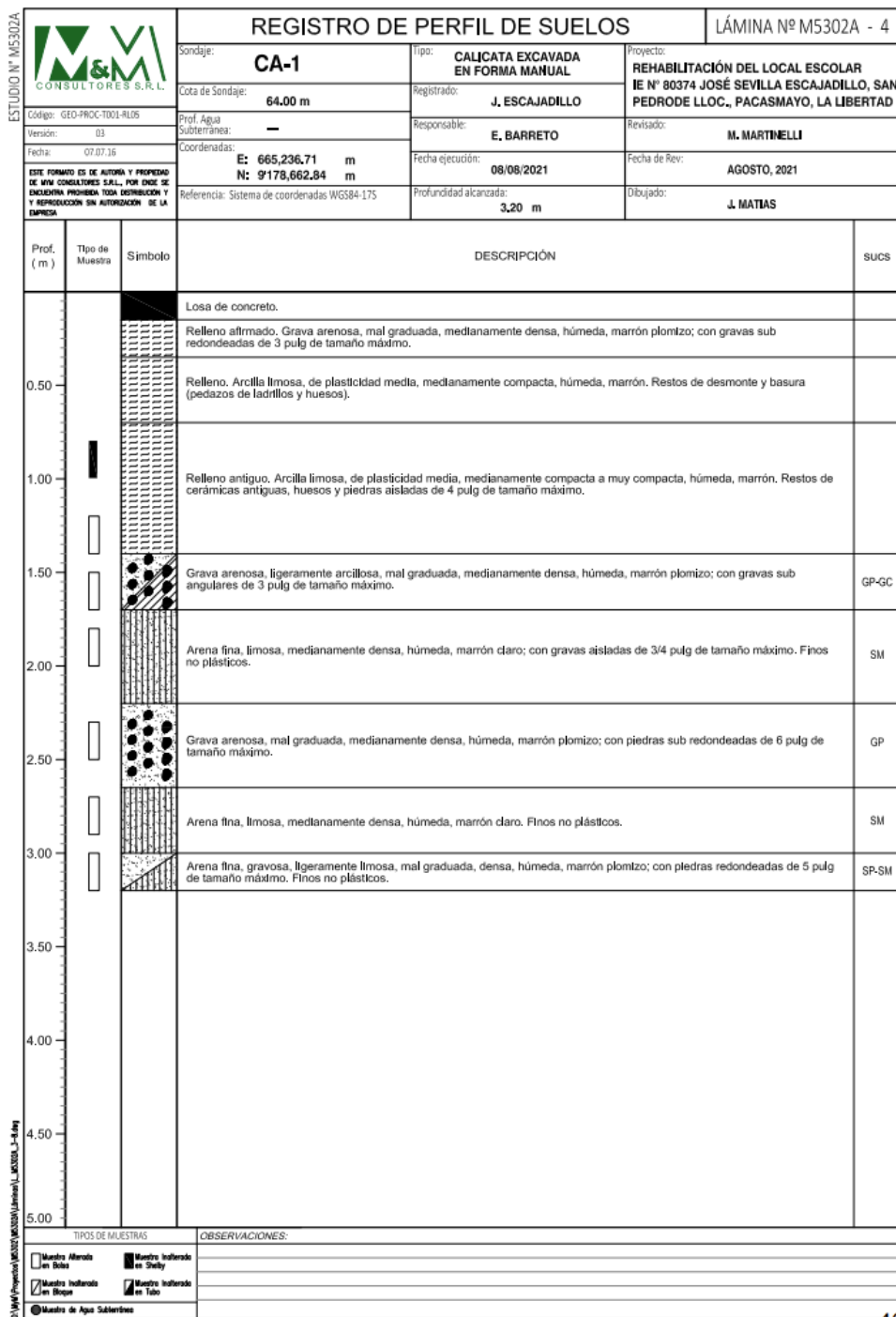


45

Nota. Adaptado de Registro de perfil de suelos (P-1), M&M Consultores, 2022, "ESTUDIO DE SUELOS COMPLEMENTARIO IE JOSE SEVILLA ESCAJADILLO – REGION LA LIBERTAD".  
CC BY 2.0

Figura 9.

Registro de perfil de suelos CA-1



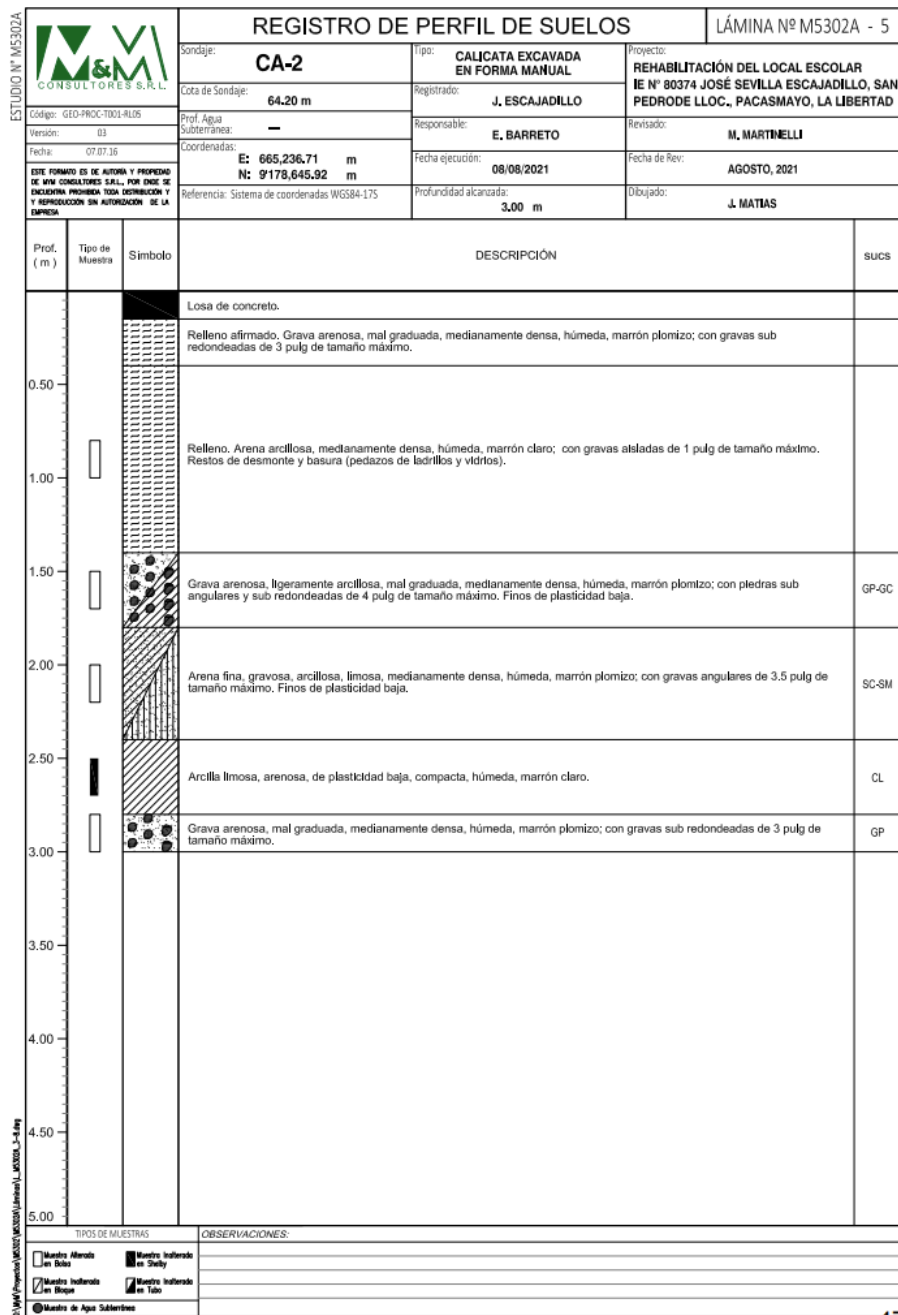
Nota. Adaptado de Registro de perfil de suelos (CA-1), M&M Consultores, 2022, "ESTUDIO DE SUELOS COMPLEMENTARIO IE JOSE SEVILLA ESCAJADILLO – REGION LA LIBERTAD".

CC BY 2.0



Figura 10.

## Registro de perfil de suelos CA-2



47

Nota. Adaptado de Registro de perfil de suelos (CA-2), M&M Consultores, 2022, "ESTUDIO DE SUELOS COMPLEMENTARIO IE JOSE SEVILLA ESCAJADILLO – REGION LA LIBERTAD". CC BY 2.0

**Figura 11.***Resultado de ensayos de suelo*

MUESTRA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO												LÍMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD	SUCS	
Sondaje	Profundidad (m)	% QUE PASA LA MALLA Nº												L.L	L.P	I.P	(w) %		
		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº140						Nº200
P-1	1.45 - 1.65							100	98	95	93	87	63	60	37	18	19	18.3	CL
P-1	2.00 - 2.45				100	89	77	67	57	51	46	40	23	20	19	12	7	6.9	SC-SM
P-1	3.00 - 3.50	100	87	68	48	34	28	28	28	25	19	13	2	1	-	NP	NP	4.9	GP
P-1	5.50 - 6.00		100	81	51	42	34	31	29	28	26	23	15	14	19	12	7	4.3	GC-GM
CA-1	1.20 - 1.40								100	99	98	92	74	71	36	19	17	19.7	CL
CA-1	1.80 - 2.00					100	99	98	95	91	85	75	29	20	-	NP	NP	7.7	SM
CA.1	3.00 - 3.20		100	97	90	84	77	72	66	56	43	31	9	7	-	NP	NP	3.4	SP-SM
CA-2	1.50 - 1.70	100	98	92	80	69	50	42	35	29	23	18	6	5	18	14	4	1.5	GP-GC
CA-2	2.50 - 2.70							100	95	92	90	87	67	61	29	15	14	16.6	CL

*Nota.* Adaptado de Ensayos de laboratorio, M&M Consultores, 2022, de "ESTUDIO DE SUELOS COMPLEMENTARIO IE JOSE SEVILLA ESCAJADILLO – REGION LA LIBERTAD". CC BY 2.0

**Figura 12.***Edificación de adobe sin arriostamiento horizontal y vertical.*

**Figura 13.**

*Edificación de adobe sin arriostramiento horizontal y vertical Museo*



**Figura 14.**

*Vigas de madera y techo de caña*



**Figura 15.**

*Humedad en cimentación de muros*



**Figura 16.**

*Grietas por humedad en la edificación*



**Figura 17.**

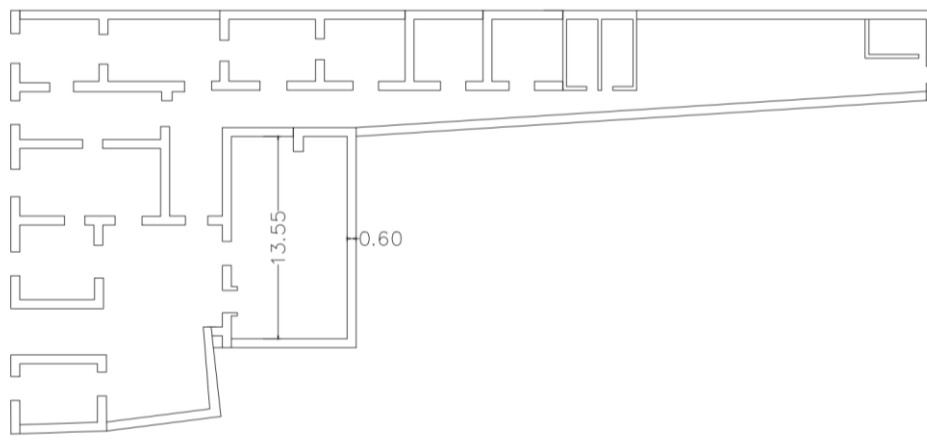
*Techo de caña con vigas de madera desplomado*





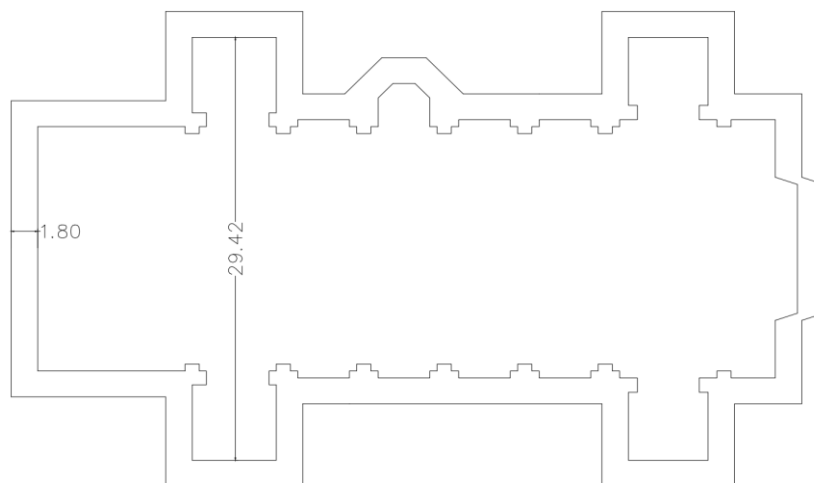
**Figura 18.**

*Plano de separación máxima de muros Casa Museo Antonio Raimondi*

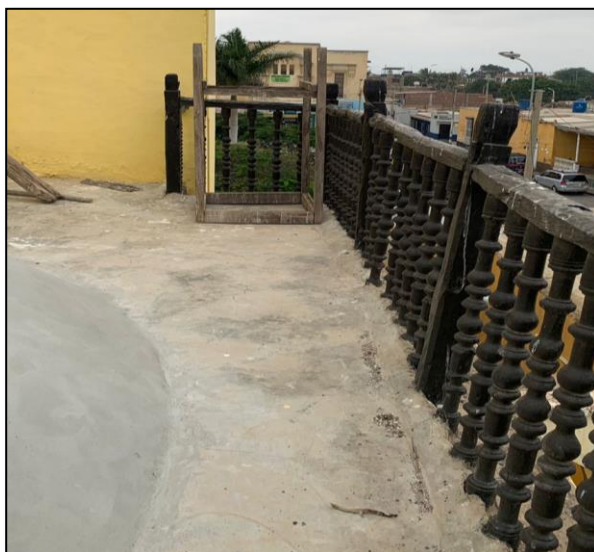


**Figura 19.**

*Plano de separación máxima de muros en Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc*

**Figura 20.**

*Elementos no estructurales en mal estado*



**Figura 21.**

*Fachada en mal estado de la Casa Museo Antonio Raimondi - Calle Ayacucho*



**Figura 22.**

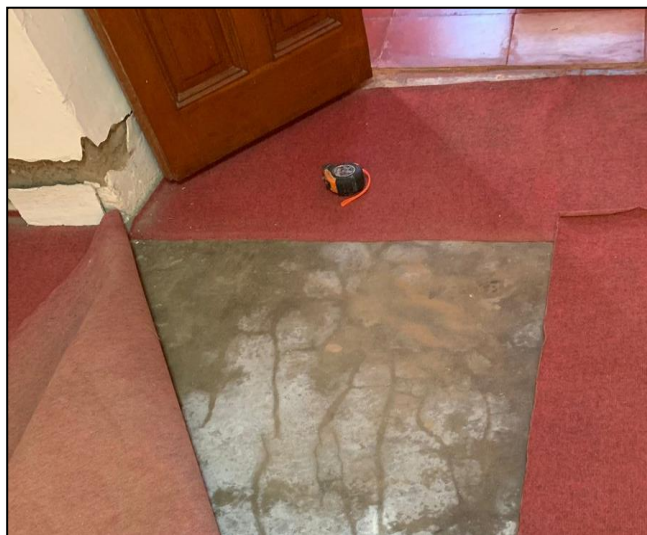
*Daños en paredes y desprendimientos de pintura por presencia de humedad*





**Figura 23.**

*Presencia de humedad en losa de concreto*



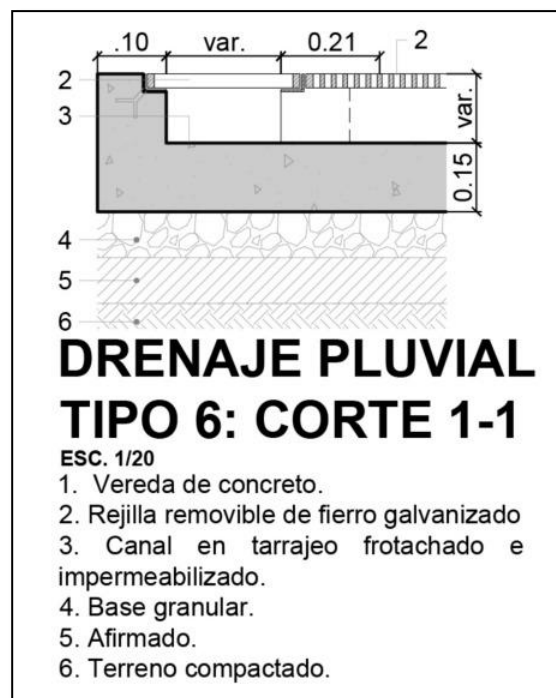
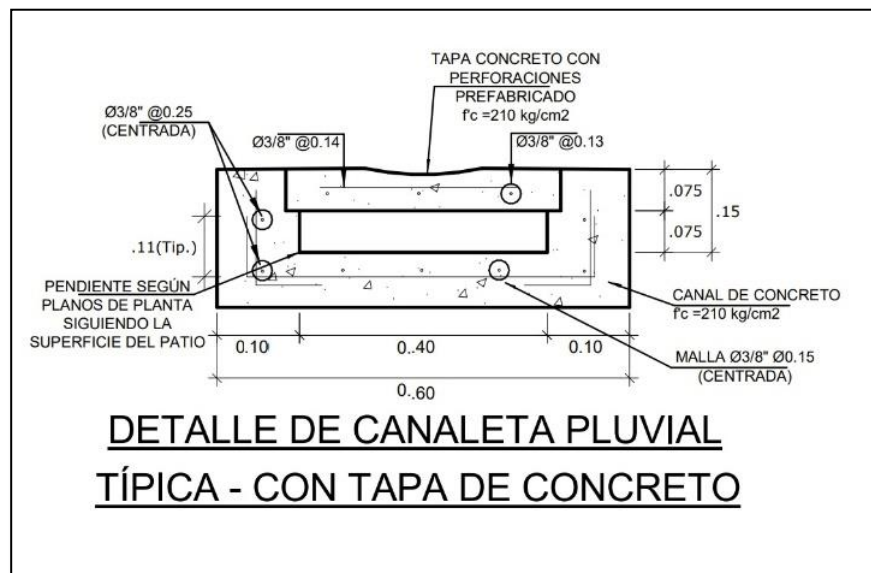
**Figura 24.**

*Tensores agregados para evitar mayor separación de muros.*



Figura 25.

Diseño de canaleta pluvial.



**Figura 26.**

*Aplicación del diseño de canaletas pluviales*



### 3. R.D. que aprueba el proyecto de investigación



**UPAO** | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 25 de julio del 2023

#### RESOLUCIÓN N° 1432-2023-FI-UPAO

**VISTO**, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado "**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA Y PROPUESTAS DE MEJORA GEOTÉCNICA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE LLOC - PACASMAYO - LA LIBERTAD**", del Bachiller: **POÉMAPE CALDERÓN, CRISTHIAN OMAR**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

#### **CONSIDERANDO:**

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA**, Presidente; **Ing. CARMEN SANCHEZ MALPICA**, Secretario; **Ing. MARLON FARFAN CORDOVA**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

#### **SE RESUELVE:**

**PRIMERO: APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por el Bachiller: **POÉMAPE CALDERÓN, CRISTHIAN OMAR**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**SEGUNDO: APROBAR y DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: "**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA Y PROPUESTAS DE MEJORA GEOTÉCNICA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE LLOC - PACASMAYO - LA LIBERTAD**".

**TERCERO: COMUNICAR** al Bachiller que tiene un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y sustentar su Tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.**



Dr. Ángel Alánca Quenta  
DECANO

#### 4. Constancia de la institución u organización donde se ha desarrollado la propuesta de investigación

Figura 1.

Permiso para realizar trabajo de investigación en la Iglesia Matriz de San Pedro de Lloc

SOLICITO: Permiso para realizar Trabajo de Investigación

PADRE JAVIER EDUARDO SAMPEN ZUÑIGA  
PARROCO DE LA PARROQUIA "SAN PEDRO" DE SAN PEDRO DE LLOC

Yo, Cristhian Poémape Calderón,  
identificado con el DNI N° 71238219, con  
domicilio en Manuel Pastor Ríos N° 645.  
Ante Ud. respetuosamente me presento y  
expongo:

Que habiendo culminado la carrera profesional de INGENIERIA CIVIL en la  
Universidad Privada Antenor Orrego, solicito a Ud. Permiso para realizar trabajo de  
Investigación en su Institución sobre **"ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA Y  
PROPUESTA DE MEJORA GEOTECNICA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS DE SAN  
PEDRO DE LLOC – PACASMAYO – LA LIBERTAD"** para optar por el grado de  
Ingeniero Civil.

POR LO EXPUESTO:  
Ruego a usted acceder a mi solicitud.

21 de agosto del 2023

  
CRISTHIAN POEMAPE CALDERON  
DNI N° 71238219

PARROQUIA "SAN PEDRO"  
**RECEPCIONADO**  
FECHA: 21 / 08 / 23  
HORA: 10:06 am

**Figura 2.**

*Permiso para realizar trabajo de investigación en la Casa Museo Antonio Raimondi*

SOLICITO: Permiso para realizar Trabajo de Investigación

SEÑOR JUAN PABLO BUCHELLI

DIRECTOR DE LA CASA MUSEO ANTONIO RAIMONDI

Yo, Cristhian Poémape Calderón,  
identificado con el DNI N° 71238219, con  
domicilio en Manuel Pastor Ríos N° 645.  
Ante Ud. respetuosamente me presento y  
expongo:

Que habiendo culminado la carrera profesional de INGENIERIA CIVIL en la  
Universidad Privada Antenor Orrego, solicito a Ud. Permiso para realizar trabajo de  
Investigación en su Institución sobre "ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA Y  
**PROPUESTA DE MEJORA GEOTECNICA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS DE SAN  
PEDRO DE LLOC – PACASMAYO – LA LIBERTAD**" para optar por el grado de  
Ingeniero Civil.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

01 de agosto del 2023

  
CRISTHIAN POEMAPE CALDERON  
DNI N° 71238219



## 5. Constancia del asesor



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

### Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Jorge A. Vega Benites  
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil  
Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis  
Fecha : Trujillo, 06 de Noviembre del 2023

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la Resolución de Facultad N° 1432-2023, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada:

*Estudio de Vulnerabilidad sísmica y Propuestas de Reforzamiento Geotécnico de Edificaciones Antiguas de la ciudad de San Pedro de Macoris - La Libertad* del bachiller *Cristhian Omar Páez Calderón*;

cumplo con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informe que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Anti plagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
DOCENTE ASESOR  
Ms. Marisa Martínez Marcelo  
Registro CIP: 77113



