

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD  
DE LOS RIESGOS SÍSMICOS DE LA IGLESIA SANTA  
ROSA DE LIMA - DISTRITO DE CALLERIA -  
PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO -  
DEPARTAMENTO DE UCAYALI”**

---

**PUCALLPA – PERU**

**2022**

## ÍNDICE

<b>I. GENERALIDADES</b>	4
1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.2. AÑO CRONOLÓGICO	4
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	5
2.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA	5
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
2.2.1. Problema General	8
2.2.2. Problemas Específicos	8
2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.3.1. Objetivo General	9
2.3.2. Objetivos Específicos	9
2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	9
2.5. LIMITACIONES Y ALCANCES	11
2.6. HIPÓTESIS	12
2.6.1. Hipótesis General	12
2.6.2. Hipótesis Específicas	12
2.7. SISTEMA DE VARIABLES DIMENSIONES E INDICADORES	13
2.7.1. Variable Independiente	13
2.7.2. Variable Dependiente	13
2.8. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES	14
<b>III. MARCO TEORICO</b>	17
3.1. ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS	17
3.2. BASES TEÓRICAS	20
3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	32
<b>IV. METODOLOGIA O MARCO METODOLÓGICO</b>	37
4.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	37
4.1.1. Tipo de investigación	37
4.1.2. Nivel de investigación	37
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN – ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN	38
4.3. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN	39
4.4. MUESTRA	39
4.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS	39
4.5.1. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
<b>V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.</b>	43
5.1. POTENCIAL HUMANO	43

5.2. RECURSOS MATERIALES .....	43
5.3. RECURSOS FINANCIEROS .....	43
5.4. CRONOGRAMA DE GANTT.....	44
5.5. PRESUPUESTO .....	44
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>45</b>
6.1. BIBLIOGRAFÍA FÍSICA.....	45
6.2. BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA.....	47
<b>ANEXO.....</b>	<b>48</b>
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	49

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS RIESGOS SÍSMICOS DE LA IGLESIA SANTA ROSA DE LIMA - DISTRITO DE CALLERIA - PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI”

### **1.2. AÑO CRONOLÓGICO**

PUCALLPA – PERÚ 2022

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

Según (LUIS F. RAMOS; PAULO B. LOURENÇO, 2005) en la ciudad de Lisboa – Portugal expreso que el patrimonio arquitectónico es un aspecto clave para las sociedades modernas, debido a los aspectos culturales, económicos y turísticos, ya que son un atractivo clave en cada ciudad o país.

Para la conservación de nuestro importante legado histórico, es necesario reforzar las estructuras más vulnerables ante la acción de futuros eventos sísmicos, lo que implica una acción que puede alterar la originalidad del edificio. Es por esto que se convierte en el objetivo primordial del análisis de ingeniería, encontrar la mejor solución desde el punto de vista de la mínima intervención, para lograr el equilibrio entre la mayor seguridad y el mantenimiento original de la estructura.

Según (SÁNCHEZ CÁRDENAS, 2013) en la ciudad de Valdivia – Chile, expresó lo siguiente: Los países europeos han desarrollado una valiosa experiencia en conservación y restauración; y durante los últimos años se han hecho grandes inversiones en este campo de la investigación que han dado a luz extraordinarios avances en las áreas de inspección, pruebas no destructivas, monitorización y análisis estructurales de construcciones históricas. Estos desarrollos permiten medidas correctivas más seguras, económicas y adecuadas.

Bajo este contexto el análisis de vulnerabilidad para estructuras históricas ha tomado fuerza no solo a nivel nacional, demandando de la ingeniería civil un estudio exhaustivo de prevención de colapso y evaluación de posibles daños ante catástrofes naturales que sirven de base para la generación de planes de restauración.

Según (CARRION GRANJA, 2016) en el país de Ecuador expresó lo siguiente: en situaciones de emergencias y catastróficas son miles de personas las que requieren de refugio y en estos casos todo lugar amplio sirve como albergue temporal (iglesias, bodegas de casas comerciales,

centros de exposición industrial y ganadera, estadios, centros deportivos y centros educativos). Al considerarse este tipo de estructuras como centro de acopio masivo su nivel de importancia es elevado; razón por la cual la evaluación la vulnerabilidad es un parámetro importante a ser determinado.

Según (KUROIWA, 2002) en la ciudad de Lima dijo lo siguiente: El Perú es uno de los países que forma parte del Cinturón de Fuego Circumpacífico, es aquí donde se presenta una mayor intensidad sísmica, ya que el 80% de los sismos que afectan a todo el mundo se presenta en esta zona.

Según el (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2018) en la norma E.030 “Diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, menciona que el Perú se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas, el Departamento de Ucayali, la Provincia de Coronel Portillo y el distrito de Calleria se ubican en la zona 2, con un factor de aceleración máxima ( $Z = 0.25$ ), según el Anexo N°01 de Zonificación Sísmica de la norma E.030 publicada en el 2018.

Según (CHATE PAREJA, 2015) en la ciudad de Huancavelica – Perú indica que: las iglesias, templos o parroquias del Perú son vulnerables debido a su estructura irregular o empírica en la mayoría de ellas, éstas tienden a fallar en no menos del 50% del total de su estructura, tomando en cuenta experiencias obtenidas en sismos de la historia..

La Región Ucayali cuenta con esta problemática ya que ha venido ocurriendo frecuentes eventos sísmicos de magnitudes variables; no se puede obviar el incremento de intensidad sísmica que está ocurriendo en toda la región Ucayali. Nos queda claro entonces que los sismos no se pueden evitar, solo podemos lidiar con sus efectos.

Los sismos más recientes ocurridos en la región Ucayali según los datos del Instituto Nacional de Estadístico e Informática (INEI) fueron:

22/08/2021: Un sismo de 4.9 grados de magnitud en la escala de Richter, a 37 km al noreste de la Ciudad de Pucallpa, Departamento de Ucayali y una profundidad de 152 Km. (INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ, 2022).

20/04/2020: Un sismo de 5.1 grados de magnitud en la escala de Richter a 41 Km al norte de Pucallpa, Provincia de coronel Portillo, Ucayali, Perú. A 168 Km de profundidad. (INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ, 2022).

11/08/2019: Sismo de magnitud 4.9 grados de magnitud en la escala de Richter, a 47 Km al sureste de Pucallpa, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, Perú. A 142 Km de profundidad. (INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ, 2022).

12/06/2018: Sismo de magnitud de 5.1, el epicentro fue a 21 km al este de Pucallpa, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, Perú y tuvo una profundidad de 152 Km. (INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ, 2022).

04/05/2017: Sismo de magnitud de 5.3, el epicentro fue a 83 Km al noreste de Pucallpa, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, Perú y tuvo una profundidad de 10 Km. (INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ, 2022).

La iglesia en estudio fue construida aproximadamente en el año 1937 en la ciudad de Pucallpa, Provincia de Coronel Portillo, Distrito de Callería; y las técnicas utilizadas fueron empíricas, lo que incrementa su vulnerabilidad. Esto puede derivar en daños irrecuperables o incluso en el colapso de partes de la edificación que constituye una porción del patrimonio histórico de la ciudad y del país, y para lo cual, en el presente estudio podremos ampliar mejor los conocimientos en cuanto a prevención y refuerzo estructural de la Iglesia Santa Rosa de Lima ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

## **2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.2.1. Problema General**

¿De qué manera influye la vulnerabilidad ante los riesgos sísmicos de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?

### **2.2.2. Problemas Específicos**

1. ¿Cuáles son los principales resultados del análisis cualitativo por el método de Hirosawa utilizado en la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?
2. ¿Cuál es el resultado del análisis sísmico de la estructura utilizando el método de Pushover mediante el cálculo estático no lineal, en la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?
3. ¿Cuáles son las propuestas de reforzamiento estructural de acuerdo con los resultados obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover y las normas técnicas peruanas en el análisis de vulnerabilidad sísmica en la estructura de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?



## **2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la vulnerabilidad ante los riesgos sísmicos en las estructuras de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

### **2.3.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar el análisis cualitativo de la estructura mediante el método de Hirosawa de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.
2. Analizar por el método de Pushover el cálculo estático no lineal para el análisis sísmico de estructura de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.
3. Determinar las propuestas de reforzamiento de acuerdo con los resultados obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover y las normas técnicas peruanas en el análisis de vulnerabilidad sísmica en la estructura de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

## **2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **2.4.1. Justificación científica**

Según (DÍAZ QUIROZ, 2019) en su estudio realizado en la ciudad de Cajamarca – Perú, dijo que: en los últimos años la ingeniería ha ido desarrollando técnicas innovadoras para la investigación en ingeniería estructural, estas técnicas están basadas en leyes físicas y dinámicas que en conjunto aportan significativamente a la preservación de estructuras frente a la actividad sísmica de la tierra. Existen métodos matemáticos y empíricos desarrollados los cuales son aplicables a la evaluación de estructuras reales para que de esta manera se logre explicar la energía que se transmite en los elementos que en conjunto resisten a la fuerza sísmica, entre los métodos que existen, tenemos el

método de Hirosawa que es un método cualitativo, y el método de elementos finitos que es método cuantitativo.

Según (DÍAZ QUIROZ, 2019) en su estudio realizado en la ciudad de Cajamarca – Perú, dijo que: muchos países han buscado distintos métodos que ayudan a la estimación de la vulnerabilidad sísmica para estructuras ya construidas y muy antiguas, a nivel mundial es muy importante la preservación de la cultura a través de la conservación de los monumentos históricos es por ellos que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en iglesias antiguas son las estructuras más representativas que podemos encontrar en nuestra ciudad siendo ideal la evaluación para la toma de decisiones en la conservación del patrimonio.

#### **2.4.2. Justificación técnica – práctica**

Esta investigación está enfocada netamente en conocer las características sísmicas de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicada en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali, por ello se plantea desarrollar el método de Hirosawa, ya que es un método adecuado para este tipo de estructuras de variedad de propiedades y configuraciones, adicional a ello se realizará la simulación de la estructura mediante el método de Pushover usando el programa de análisis estructural SAP 2000 versión 21, y con la finalidad de obtener conclusiones validas, se aplicó el método propuesto por Mosqueira y Tarque, con la combinación de ambos métodos se podrá conocer cuál es la probabilidad de daño de la estructura frente a acciones sísmicas, dichos resultados pueden aportar en la toma de decisiones para controlar efectos más nocivos y evitar daños en otras edificaciones antiguas; también se planteará los reforzamientos necesarios que se deben hacer a la estructura de la iglesia en las zonas más vulnerables.

Los resultados que se obtendrán serán de utilidad para los ingenieros dedicados a la preservación y conservación del patrimonio, también para la población ya que conservarán la identidad histórica, dicho estudio

servirá como modelo para investigaciones futuras, ampliando su aplicación a la evaluación de otras estructuras antiguas de Pucallpa.

#### **2.4.3. Justificación institucional y personal**

La Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali tiene como finalidad de fomentar, incentivar y capacitar a los alumnos a la investigación Científica y la obtención de resultados que puedan dar respuestas y soluciones válidas a la problemática existentes en la Región de Ucayali, a través de este estudio se podrá analizar la estructura y tener un patrón de evaluación que podrá replicarse en todas las edificaciones antiguas de Pucallpa.

La elaboración de la tesis de pregrado aportará a mi desarrollo profesional, mejorando habilidades y destrezas propias en el campo de la investigación y el conocimiento, así mismo aportará significativamente en aspectos de la realidad para dar solución a problemas, esta investigación dará a conocer la vulnerabilidad de los riesgos sísmicos de la Iglesia Santa Rosa de Lima de Pucallpa, cuyo interés es la preservación del patrimonio histórico y cultural de la ciudad.

### **2.5. LIMITACIONES Y ALCANCES**

#### **2.5.1. Viabilidad**

Este proyecto pretende hacer un estimado del comportamiento estructural de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la Región Ucayali y en base a ello hacer un análisis y determinación del riesgo sísmico en la que se encuentra.

#### **2.5.2. Limitaciones**

La información base de este análisis en un orden primario será la que pueda obtenerse por parte de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa. En este caso no se pudo obtener la información de los planos de todas las especialidades debido a la antigüedad que tiene la iglesia.

El elemento que será objeto de análisis y evaluación corresponde a la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa de acuerdo a su sistema estructural.

Los ensayos destructivos (Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto, Ensayo de Resistencia de la albañilería a la compresión axial, Ensayo de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería) y no destructivos (Estudio de Mecánica de Suelos, Ensayo de esclerometría, Prueba de Diamantina) para la investigación, estarán limitados por la autorización del Obispo del Vicariato Apostólico de Pucallpa y del Párroco (Sacerdote encargado de la Iglesia Santa Rosa de Lima).

## **2.6. HIPÓTESIS.**

### **2.6.1. Hipótesis General**

Influye la vulnerabilidad sísmica, en identificar los riesgos ante un sismo de gran intensidad de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicada en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

### **2.6.2. Hipótesis Específicas**

1. Con los resultados del método cualitativo de Hirosawa, resultará qué zonas son inseguras de la estructura de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.
2. El cálculo estático no lineal por el método de Pushover dará como resultado un alto grado de vulnerabilidad en la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.
3. El reforzamiento estructural será condicional a los resultados

obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover en las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica de la estructura de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

## **2.7. SISTEMA DE VARIABLES DIMENSIONES E INDICADORES.**

### **2.7.1. Variable Independiente**

- Análisis y Evaluación estructural sísmica de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.
- Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.
- Principales técnicas de reforzamiento de estructuras.
- Técnicas de reparación o consolidación.
- Técnicas de restructuración con refuerzos estructurales

**Indicadores:** Desplazamiento entre piso, capacidad portante, resistencia del concreto, vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.

### **2.7.2. Variable Dependiente**

- Comportamiento sísmico de la estructura de la Iglesia.
- Características de los elementos estructurales y suelo de la Iglesia.
- Índice de vulnerabilidad sísmica e índice de daño.

**Indicadores:** Rangos de vulnerabilidad: Baja, media y alta (Según el Método del Hirosawa).

## 2.8.DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA MEDICIÓN O UNIDAD DE MEDIDA
<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b>	<b>Independiente:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características generales de la Iglesia.</li> <li>• Variaciones dimensionales en los elementos estructurales.</li> <li>• Calidad estructural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento de entre pisos.</li> <li>• Capacidad portante del suelo.</li> <li>• Resistencia a la compresión del concreto</li> <li>• Vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m</li> <li>• Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• Tn</li> <li>• %</li> </ul>
Influye la vulnerabilidad sísmica, en identificar los riesgos ante un sismo de gran intensidad de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicada en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y Evaluación estructural sísmica de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> <li>• Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> </ul>			
	<p><b>Dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento sísmico de la estructura de la Iglesia.</li> <li>• Características de los elementos estructurales y suelo de la Iglesia.</li> <li>• Índice de vulnerabilidad sísmica e índice de daño.</li> </ul>			

HIPÓTESIS 1:	Independiente:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características generales de la Iglesia.</li> <li>• Variaciones dimensionales en los elementos estructurales.</li> <li>• Calidad estructural.</li> <li>• Módulo de elasticidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento entre pisos.</li> <li>• Resistencia a la compresión del concreto.</li> <li>• Antigüedad de la Iglesia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m</li> <li>• Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• Años</li> </ul>
<p>Con los resultados del método cualitativo de Hirosawa, resultará qué zonas son inseguras de la estructura de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y Evaluación estructural sísmica de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> <li>• Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> </ul>			
	<p><b>Dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento sísmico de la estructura de la Iglesia.</li> <li>• Características de los elementos estructurales y suelo de la Iglesia.</li> <li>• Índice de vulnerabilidad sísmica e índice de daño.</li> </ul>			

<b>HIPÓTESIS 2:</b>	<b>Independiente:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad estructural.</li> <li>• Resistencia a la compresión.</li> <li>• Variaciones dimensionales en los elementos estructurales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad portante del suelo.</li> <li>• Resistencia a la compresión del concreto.</li> <li>• Antigüedad de la Iglesia.</li> <li>• Rangos de vulnerabilidad (Alta, media, baja)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m</li> <li>• Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• Años</li> <li>• Alto, medio, bajo</li> </ul>
<p>El cálculo estático no lineal por el método de Pushover dará como resultado un alto grado de vulnerabilidad en la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</p>	<b>Dependiente:</b>			
	<p>Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de los elementos estructurales y suelo de la Iglesia.</li> <li>• Índice de vulnerabilidad sísmica e índice de daño.</li> </ul>			
<b>HIPÓTESIS 3</b>	<b>Independiente:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variaciones dimensionales en los elementos estructurales.</li> <li>• Calidad de la mano de obra empleada.</li> <li>• Calidad estructural.</li> <li>• Irregularidades en planta y altura de la edificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vulnerabilidad Sísmica de la estructura.</li> <li>• Índice de vulnerabilidad sísmica de la estructura.</li> <li>• Riesgo sísmico de la estructura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m</li> <li>• Kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• Tn</li> <li>• %</li> </ul>
<p>El reforzamiento estructural será condicional a los resultados obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover en las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica de la estructura de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principales técnicas de reforzamiento de estructuras.</li> <li>• Técnicas de reparación o consolidación.</li> <li>• Técnicas de reestructuración con refuerzos estructurales</li> </ul>			



	<b>Dependiente:</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de los elementos estructurales y suelo de la Iglesia.</li> <li>• Índice de vulnerabilidad sísmica e índice de daño</li> </ul>			

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1. ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

##### 3.1.1. Antecedentes Internacionales

- Según (CARRION GRANJA, 2016) en su tesis: “Análisis de vulnerabilidad sísmica de la Iglesia Nuestra Señora de la Merced, Ubicado en el centro histórico de la ciudad de Quito”; en el país de Ecuador, aprobado por la Universidad de las Fuerzas Armadas, tuvo como resultado lo siguiente: con la aplicación del método italiano de Benedetti y Petrini se obtuvo un valor de Índice de Vulnerabilidad de 134.25 que pertenece al rango de mediana mente vulnerable; resultado no muy conservador asumiendo que el sismo esperado para la iglesia de La Merced es de intensidad IX cuyos daños son de carácter severo.
- Según (SÁNCHEZ CÁRDENAS, 2013) en su tesis: “Vulnerabilidad sísmica de construcciones patrimoniales históricas de mampostería en Chile: Aplicación a los torreones españoles de Valdivia”; en el país de Chile, aprobado por la Universidad Austral de Chile; tuvo como resultado lo siguiente: El hecho de que el Torreón Los Canelos tenga una baja vulnerabilidad sísmica, se condice con los múltiples sismos que ha soportado durante su existencia, incluyendo el de 1960,

encontrándose hoy en día es muy buen estado y sin daños estructurales visibles, con una alta probabilidad de que tenga un muy buen desempeño frente a los futuros eventos sísmicos.

- Según (GODED MILLÁN, 2010) en su tesis: "Evaluación del riesgo sísmico en la Ciudad de Málaga"; en el país de España , aprobado por la Universidad Complutense de Madrid; tuvo como resultado lo siguiente: De los 19 monumentos estudiados, 13 presentan unos grados de daño esperados de 3 y 4, correspondientes a daños graves o muy graves. Considerando las incertidumbres en los índices de vulnerabilidad, aparecen altas probabilidades de sufrir colapso total en 6 de los 19 monumentos estudiados. Las iglesias de San Juan, Santos Mártires, los Capuchinos, el Carmen y la Compañía de Jesús presentan los mayores grados de daño esperados, en torno a grado 4.

### **3.1.2. Antecedentes Nacionales**

- Según (CHATE PAREJA, 2015) en su tesis: "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la iglesia San Juan Bautista del barrio pueblo viejo Acobamba- Huancavelica"; en el país de Perú, aprobado por la Universidad Nacional de Huancavelica; indica lo siguiente: La forma de falla de las probetas sometidas a compresión es típicamente por tracción en dirección transversal. Al aplicar esfuerzos relativamente bajos, del orden de 30% a 50% de la resistencia, se observan las primeras fisuras longitudinales. Éstas se propagan a medida que se incrementan los esfuerzos, dando lugar a un incremento de grietas en la dirección axial y la posterior apertura de las grietas por las tracciones transversales.
- Según (OLIVA CABANILLAS, 2019) en su tesis: "Vulnerabilidad sísmica de la Iglesia San José de la Ciudad de Cajamarca"; en el país de Perú, aprobado por la Universidad Privada del Norte; indica lo siguiente: los resultados obtenidos al usar la metodología de evaluación del monumento histórico, se determinó que la Iglesia San José de la

Ciudad de Cajamarca, tiene alta vulnerabilidad sísmica, por lo que su hipótesis cumple.

- (J. OLARTE, R. PROAÑO, H. SCALETTI, C. ZAVALA, 2001) en su investigación realizada con el apoyo del CISMID titulada: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral del Cusco”, en el país de Perú. El estudio tuvo como objetivo evaluar la estructura de la catedral frente a un evento sísmico, dicha investigación comprendió una evaluación de materiales utilizados, levantamiento de dimensiones de elementos estructurales con fines de evaluación estructural, evaluación cualitativa por el método de Pushover, el análisis dinámico e ingeniería del modelamiento. El análisis se realizó mediante el software SAP 2000 v.21. Las conclusiones fueron que la estructura de la Catedral no es tan eficiente para soportar acciones de sismo; así mismo sus elementos estructurales son muy vulnerables ante la aplicación de un sismo.

### **3.1.3. Antecedentes Locales**

- (BRYAN ALEJANDRO CRUZ JIMENEZ, MARVIN MARTIN RIOS RENGIGO, 2019) en su tesis titulada: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones de aulas N°1 y N°2 de la Universidad Nacional de Ucayali”, en el país de Perú, aprobado por la Universidad Nacional de Ucayali; se concluyó que ambos pabellones de aulas en las direcciones “y” (tipología de albañilería) y “x” (tipología de concreto armado) tienen vulnerabilidad sísmica alta.
- (RAÚL IVÁN CARTAGENA PINEDO, ITALO ANTONIO DEL ÁGUILA VÁSQUEZ, 2018) en su tesis titulada: “Análisis y evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Hospital II de Pucallpa – ESSALUD”, en el país de Perú, aprobado por la Universidad Nacional de Ucayali; se concluyó lo siguiente: Con respecto a los valores de vulnerabilidad sísmica; por el método cualitativo de Hirosawa modificado y el Método del Índice de Vulnerabilidad la edificación A – Administración, Esterilización Central, Radiología, Internamiento y la edificación E –

Usos Múltiples I; presentan vulnerabilidad sísmica alta con valores de 46.88% y 40.63%, en cuanto a los valores de riesgo sísmico las siguientes edificaciones presentan un alto riesgo sísmico con sus respectivos valores (A: 46.88%, B: 30.94%, C: 30.94%, E: 33.52%, F: 30.94%).

### **3.2. BASES TEÓRICAS**

#### **3.2.1. Estructuras religiosas históricas y su importancia**

Una de las más grandes construcciones que se heredó a lo largo de la historia que ha pasado de generación en generación, son los Monumentos Históricos de tipo religioso que en la actualidad forman parte del patrimonio histórico; pero, a medida que pasan los años, los factores ambientales, los sismos y el poco mantenimiento y conservación, hacen que se presente serios problemas estructurales, convirtiéndolos en elementos débiles ante los efectos perjudiciales de los terremotos, por ello podrían colapsar fácilmente, sin opciones a reparaciones y lamentablemente se perdería un valioso legado arquitectónico y puede originar la pérdida de vidas humanas.

Es importante reconocer que a partir de la construcción de la catedral de San Pedro en Roma, las edificaciones del tipo religiosas comenzaron a extenderse por todas las regiones importantes de Europa después del siglo XV, en dicha época se edificaron elevadas torres con cúpulas y ventanales, debido al desarrollo de la ideología cristiana, se introdujo en las edificaciones de tipo religiosas, espaciosa nave interior, altares y coros muy bien equipados; la arquitectura de dicha época se engalanó con lo mejor de las creaciones artísticas del Renacimiento, Gótico y Barroco. (MENDOZA, 2005)

A nivel mundial podemos observar el legado heredado de los antepasados, a través de los monumentos históricos de bella arquitectura que representa la identidad de una ciudad; son elementos y símbolos

tangibles, importantes de la historia de un pueblo, donde queda la huella de una serie de eventos que constituyen las memorias del nacimiento de una sociedad, que sobreviven en medio del ambiente urbano y las construcciones, convirtiéndolas en un gran atractivo turístico para los visitantes y propios. Muchas veces al visitar una ciudad hemos podido observar sus edificaciones y hemos percibido características variadas, esto según la zona y la cantidad de recursos. Las estructuras históricas tienen gran variedad de materiales empleados, la configuración y forma también es diferente. (SÁNCHEZ CÁRDENAS, 2013)

Es evidente que la arquitectura religiosa tiene una gran importancia en los distintos países, pero son las catedrales de las ciudades de México, de Lima, del Cusco, de Chuquisaca, de Buenos Aires, de Córdoba, de Quito, las que atesoran lo mejor de la Arquitectura Colonial, están también en estas catedrales y en las principales iglesias como las de la Merced, San Francisco, Santo Domingo, San Agustín y San Pedro de Lima, la suntuosidad del arte del tallado y del enlucido en pan de oro de los altares, de los retablos tanto externa como internamente, y de las hornacinas que caracterizan a las construcciones religiosas en América. (MENDOZA, 2005)

La iglesia Santa Rosa de Lima ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali ha sido construido aproximadamente en el año 1937 y un evento sísmico de gran magnitud podría ocasionar graves daños en su estructura, ya que cuenta con un conjunto de bienes inmuebles de alto valor arquitectónico y artístico que varían de acuerdo al rango de peligro ante fenómenos sísmicos.

### **3.2.2. Elementos estructurales de una iglesia colonial**

Las iglesias coloniales que se extendieron por todo el territorio peruano en el proceso de colonización, cuentan con una arquitectura de características muy similares en muchos casos, pues los elementos estructurales de las iglesias según (V. HURTADO, A. LEON, 2008) son por lo general columnas, muros, vigas, arcos, bóvedas, cupulas,

contrafuertes, techos y cimentación, dichas estructuras son un claro ejemplo de la inspiración española la cual se adaptó al medio, influenciadas por el arte barroco:

#### **3.2.2.2. Muros de mampostería de ladrillo**

Los muros son contruidos de ladrillo macizo o ladrillo hueco ligados mediante mortero. Cuando los ladrillos tengan una misión estructural deberán ser colocados con algún tipo de aparejo que garantice la trabazón entre las piezas de ladrillo.

Los muros se pueden distinguir por su espesor y por la función que cumplen. En una estructura que no cuenta con columnas, los muros cumplen una función estructural, de tal forma que estos reciben y transmiten las cargas de toda la estructura hacia los cimientos corridos. (INGENIERÍA CIVIL, s.f.)

#### **3.2.2.3. Vigas y arcos**

Por lo general en estructuras de mampostería, las vigas cuentan con una geometría circular a la distribución de las piedras acuñándolas unas con otras, formando un arco circular, lo que permite que las cargas que se transmiten a los apoyos mediante esfuerzos de compresión, sean resistidas eficazmente por los elementos verticales de mampostería. Los arcos son la forma más eficaz de cubrir claros de mampostería. (V. HURTADO, A. LEON, 2008)

#### **3.2.2.4. Bóvedas**

Las bóvedas de mampostería de piedra son las estructuras que forman el techo completo y tienen forma de arco, por lo general, se puede visualizar como una sucesión de arcos adosados, un aspecto crítico en las bóvedas de las estructuras antiguas son la rigidez de sus apoyos, debido a la insuficiente capacidad de la mampostería de piedra para resistir esfuerzos de tensión, no es común que la bóveda trabaje como viga, para rigidizar el elemento se tiene especial concentración en los apoyos y en los ángulos de inclinación. (V. HURTADO, A. LEON, 2008)

#### **3.2.2.5. Cúpulas**

Las cupulas en las iglesias coloniales son muy comunes, están constituidos por anillos circulares, cuyas piedras son proyectadas hacia adentro de la hilada anterior, hasta cerrar el claro, en la construcción de este tipo de elementos se emplearon piedras de geometría compleja, además se emplearon cimbras y apuntalamientos ya sean totales o parciales. Estructuralmente las cupulas son consideradas como cascarones o estructuras espaciales que transmiten cargas producidas por su propio peso, presentan esfuerzos de compresión en dos direcciones. El daño producido de este tipo de elementos se debe principalmente a los esfuerzos tangenciales y en la parte superior por compresión, dichos esfuerzos generan agotamientos, los elementos de apoyo de la cúpula son de gran utilidad, para absorber tensiones y evitar los agrietamientos. (V. HURTADO, A. LEON, 2008)

#### **3.2.2.6. Cimborio**

Es el elemento que se eleva en el crucero de un templo, y pueden presentar diversas formas y acabados, cumple dos funciones importantes, la de iluminar el interior del edificio y realza el eje central del espacio religioso, donde se cruzan los dos brazos de la cruz latina que forma una especie de crucero. (GARCIA, s.f.)

#### **3.2.2.7. Pechina**

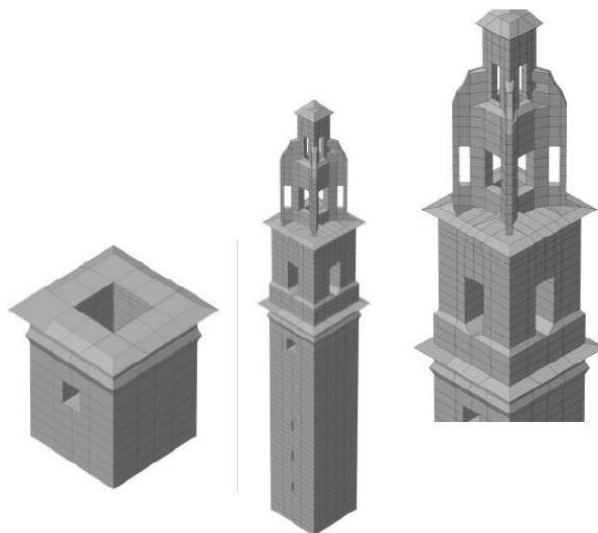
Surge de la solución constructiva a partir de triángulos curvilíneos que son la base en la que se apoya la cúpula de forma que ésta puede superponerse a una base cuadrangular. Estos elementos permiten el paso del cuadrado de la planta al círculo en altura. (MASARTES, 2017)

#### **3.2.2.9. Torre**

Es habitual colocar una torre en el exterior unida a la iglesia o separada, que servía para llamar a la oración o como torre de vigía, las torres campanario son elementos que dominan todo el paisaje convirtiéndose en el lugar más alto de la población, en la construcción de estas torres por lo general de forma cuadrada, las torres, con sus múltiples funciones

y significados, constituyen una estructura arquitectónica con una entidad propia perfectamente definida, independiente al edificio al que quedan adosadas, su emplazamiento varía, casi siempre se ubican al pie de un templo unidas por un lado meridional. (AZANZA, 2012)

**Figura N°01: Torres**



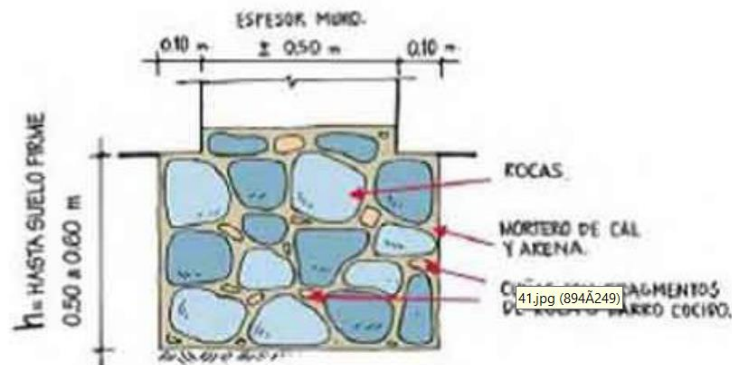
**Nota:** JOSÉ JAVIER AZANZA LÓPEZ (2012), “Tipología de las torres campanario barrocas en Navarra”.

### **3.2.2.10. Cimentación**

Es ampliamente conocido que los cimientos en las estructuras han sido consolidados con el único objetivo de transmitir las cargas de los elementos estructurales al suelo, por lo general su resistencia es menor que los elementos estructurales resistentes, para la construcción de las estructuras antiguas de piedra se buscó un lugar en donde la roca estuviera a la vista, así evitar la cimentación y propiamente dicha, en todo caso el suelo debería ser de buena de calidad y la cimentación con un mayor espesor que los muros y columnas. (V. HURTADO, A. LEON, 2008)

**Figura N°02: Cimentaciones Corridas**





**Nota:** J. C. PEREZ SÁNCHEZ (2015), “Cúpulas de crucero en templos de la provincia de alicante (s. XVII – XIX): construcción y geometría”

### 3.2.2.11. Cobertura liviana

Es la estructura que forma el que forma el último diafragma de la construcción. Se realiza en la parte superior y exterior de una edificación. Tiene como misión proteger la construcción y a los habitantes de las inclemencias del clima. (PAZ TAVARA, 2017)

### 3.2.3. Materiales de una iglesia colonial

Los materiales que se emplearon en la construcción de las iglesias de la época colonial, fueron resistentes y se encontraban cercanos a la zona de trabajo, en la iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa se emplearon materiales, tales como: elementos pétreos, ladrillos artesanales, tierra, madera, metales, cal, arena, etc., a continuación, se detalla los de mayor uso e importancia en las iglesias, según la tipología en estudio.

#### 3.2.3.1. Piedra

En las iglesias de estilo barroco predomina el uso de piedra, ya que es considerado como el material más resistente y duradero para ser utilizado como mampostería en las edificaciones de dicha época, la piedra es considerada como un elemento estructural la cual era extraída de las canteras de la zona, las que serían labradas para obtener

elementos similares y poder formar estructuras con la superposición de estos. Según (CORTEZ, 2002) en una de sus investigaciones, desarrolló una metodología para la evaluación sismorresistente, donde menciona que el tipo de piedra usada en los elementos estructurales, de los edificios se ha escogido conforme a sus propiedades: la durabilidad y la facilidad de ser trabajada para darle la forma deseada, siendo la durabilidad más importante, ya que la resistencia es un factor crítico al momento de la elección de la piedra.

En la construcción de este tipo de edificaciones religiosas, las rocas a emplear se dividían en tres categorías: ígneas, sedimentarias y metamórficas, las rocas tienen una resistencia a la compresión que puede variar entre 100 kg/cm<sup>2</sup> y 1000 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia a la tensión está en el orden del 10% de compresión y el módulo de elasticidad es cercano a 1000 veces la resistencia a la compresión, dependiendo del origen de la roca. (V. HURTADO, A. LEON, 2008)

#### **3.2.3.2. Mortero**

En las estructuras históricas, el mortero es sumamente importante para poder estabilizar los muros como el elemento de pega entre los bloques de piedra, según (SÁNCHEZ CÁRDENAS, 2013), menciona que el mortero cumple tres funciones, rellenar las juntas impidiendo el paso del agua, regulariza el asiento entre bloques y reparte las cargas uniformemente, colabora a reducir las solicitaciones horizontales hacia la cimentación.

(V. HURTADO, A. LEON, 2008) indica que el material más utilizado es el barro, sin embargo, presenta problemas de debilidad y degradación por su exposición, su composición está formada por la adición de materia orgánica y en algunos casos cal, fue muy utilizada en las edificaciones de américa latina, sobre todo en la época colonial.

(LOPEZ L; TORRES J; MONTUFAR A, 2003) menciona que otro tipo de mortero muy comúnmente utilizado en iglesias, son los morteros de cal

y arena, además de ser empleados en la unión de los bloques para formar los muros, lo cual los hacía más resistentes y durables, se empleó en enlucidos y en estucos que cubren pisos, escalinatas, fachadas, por lo general las arenas utilizadas eran de origen volcánico.

Los morteros de cal y arena son de fraguado lento y puede durar muchos años, lo que permite que los elementos se deformen y se acomoden a cambios de forma, este tipo de morteros alcanzan resistencia entre 5 y 20 kg/cm<sup>2</sup>, son muy durables, sin embargo, también son afectados por la intemperie, presentan problemas de carbonatación, los romanos mejoraron su consistencia incorporando puzolana al mortero, la cual agregó muchos beneficios como la reducción del tiempo de endurecimiento, mejora la resistencia, la permeabilidad y la durabilidad. (V. HURTADO, A. LEON, 2008)

#### **3.2.4. Aspectos generales de los sismos**

(ZELAYA, 2007) define el sismo como *“un movimiento o la vibración del suelo, causado por la energía mecánica emitida de los mantos superiores de la corteza terrestre, en una repentina liberación de la deformación acumulada en un volumen limitado”*. El desencadenamiento de una vibración puede originarse por el paso de un vehículo ubicándolo como un movimiento leve (microsismo) o por una erupción volcánica y los movimientos de la corteza terrestre que puede ser intensos (macrosismo).

##### **3.2.4.1. Características del sismo**

Tras la aparición de este fenómeno de origen natural tenemos dos elementos que son claves a la hora de estudiar los daños producidos por un sismo, el hipocentro y el epicentro.

**Hipocentro:** Un sismo en un pequeño volumen, debajo de la tierra, el cual puede ser representado como un punto es denominado hipocentro, para fines de estudio. (ZELAYA, 2007)

**Epicentro:** La proyección vertical, sobre la superficie de la tierra, del punto que representa el hipocentro, se denomina epicentro. La propagación del sismo presenta características diferentes en función al tipo de onda con la que hace el recorrido por la superficie terrestre, entre las existentes se presenta las ondas primarias, y el tipo de ondas superficiales, la cual tiene otra subdivisión según las vibraciones. (ZELAYA, 2007) hace mención a los siguientes tipos de ondas.

**Ondas primarias (P):** Son ondas de tipo corporales, que hacen que las partículas vibren en la dirección de propagación de las ondas produciendo solo compresión y dilatación. Estas ondas pueden transmitirse a través de medios, Sólidos, Líquidos y Gaseoso. Estas ondas son de tipo sonoro y su velocidad de propagación varía entre 1Km/seg, para suelos blandos no consolidados y 14 Km/seg, para la parte más profunda del manto. (ZELAYA, 2007)

**Ondas secundarias o de corte (S):** Al igual que las ondas primarias, este tipo de ondas son corporales, hace que las partículas vibren perpendicularmente a su dirección de propagación de las ondas produciendo sólo compresión y dilatación. Estas ondas son de tipo sonoro y su velocidad de propagación varía entre 1Km/seg, para suelos blandos no consolidados y 14Km/seg, para la parte más profunda del manto. (ZELAYA, 2007)

**Ondas Love (L):** Este tipo de onda superficial, son un tipo de ondas de corte horizontal, que produce vibraciones perpendiculares a la dirección de transmisión de la energía. (ZELAYA, 2007)

**Ondas Rayleigh (R):** Al igual que las ondas love este tipo de ondas son superficiales, hacen que las partículas vibran en un plano vertical. Las ondas sísmicas recorren grandes distancias, los sismos pueden ser registrados por unos aparatos llamados Sismógrafos, situados generalmente muy lejos del epicentro. La onda Rayleigh se mueve a lo

largo del terreno como una ola que viaja a través de un lago u océano. Mientras avanza, mueve al terreno de arriba abajo. (ZELAYA, 2007)

### **3.2.5. Vulnerabilidad sísmica en estructuras históricas tipo religioso**

La mayor cantidad de monumentos históricos religiosos fueron construidas en la época colonial, por órdenes de los españoles, quienes impusieron sus creencias religiosas, este tipo de elementos históricos son representativos en muchos países de América, los cuales han sido seriamente afectados por los eventos sísmicos ocurridos en la historia, muchos de ellos se han perdido y otros se encuentran susceptibles ante la presencia de un nuevo evento sísmico.

Según datos históricos relatados por (MENDOZA, 2005), en la revista antropológica de su autoría, la mayoría de las iglesias construidas en los siglos XVI y XVII han resistido con remociones en sus estructuras y escaso mantenimiento, han llegado hasta nuestros días como huellas evidentes de la implementación de la nueva religión europea en la parte rural del Perú, frente al deterioro de las paredes, de los techos y de las torres de los campanarios, los mismos campesinos de las poblaciones andinas se han encargado de reforzarlo y reparar dichas estructuras. Sólo cuando los fenómenos naturales destructivos han hecho sentir sus efectos, la reparación de estos monumentos de la religiosidad cristiana no ha tenido respuesta inmediata, por lo que se vienen reconstruyendo lentamente. El devastador terremoto de 1970, que asoló buena parte del departamento de Ancash, destruyó a la mayoría de las iglesias coloniales de estos pueblos de la región. Este movimiento telúrico dejó sólo polvo y escombros en poblaciones íntegras: Huaraz, Yungay, Llanganuco y muchas otras poblaciones de todo el territorio de este inmenso departamento centro andino fue afectado duramente. Sin embargo, no todas las edificaciones se vinieron abajo, junto con las típicas casas de adobe y tejas que caracterizan a estos pueblos.

Algunas iglesias como la iglesia de Chacas fueron afectadas considerablemente, sin embargo, se mantuvo de pie, pero tuvo trabajo de reconstrucción, que se extendieron desde 1981 a 1985, otro de los templos que fue reconstruido después del terremoto fue la iglesia de la soledad de Huaraz la cual fue construida además de las también viviendas familiares, resistieron y siguen en pie. (PERU.com, 2016)

Es indiscutible que la mayor amenaza para una estructura antigua, sobre todo para las iglesias de mampostería de piedra son los fenómenos naturales, como los sismos, adicional a ello están los factores ambientales y la indiferencia de la sociedad que no ha sabido cuidar el patrimonio histórico de la ciudad, las autoridades no han concentrado sus fuerzas para dar una adecuada conservación y mantenimiento que de alguna manera evitará serios daños estructurales de presentarse un sismo catastrófico que arrebatase a los pucallpinos la belleza de su iglesia más antigua.

(CAICEDO, BARBAT , CANAS , & AGUILAR, 1994) define a la vulnerabilidad sísmica como una característica intrínseca de cada estructura, que depende del criterio que se empleó para su diseño, pero es independiente del peligro sísmico de la ubicación de la estructura. Además, hace mención de que *“las estructuras o tipo de estructuras, tiene su propia función de vulnerabilidad y la determinación de ésta es variada para comportamientos estructurales distintos”*.

Existen dos tipos de vulnerabilidad en estructuras históricas, la cual está dividida por la **vulnerabilidad estructural**, la que se asocia a la susceptibilidad de los elementos estructurales que pueden sufrir daño debido a un sismo, se llama daño estructural a la que comprende el deterioro físico de aquellos elementos que forman la parte resistente. (SAFINA, 2002)

El segundo tipo es la **vulnerabilidad no estructural**, asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes no estructurales que

pueden sufrir daño debido a un sismo, lo que se llama daño sísmico no estructural, entre los elementos no estructurales presentes en la estructura están las tabiquerías, puertas, ventanas, etc. (CARDONA, 1999)

Se ha observado en experiencias pasadas que las estructuras dentro de una misma tipología estructural experimentan un daño más severo que otras, a pesar de estar ubicadas en la misma zona, el grado de daño que sufre una estructura ocasionada por un sismo se denomina vulnerabilidad y se puede calificar los edificios en más vulnerables o menos vulnerables frente a un evento sísmico, (YEPEZ, 1996). Por ello es muy importante realizar el estudio de la Iglesia Santa Rosa, ya que posee características propias, las que definirán el nivel de vulnerabilidad.

### **3.2.6. Tipos de daños en iglesias**

Las iglesias de mampostería de piedra y las de ladrillos artesanales se encuentran dentro de las estructuras más vulnerables, debido principalmente a su antigüedad, y daños acumulados, esto sin considerar la falta de conservación y mantenimiento, al presentarse un sismo genera daños a la estructura las cuales deberán ser reforzadas evitando que estas causen variaciones en la configuración inicial, así se evitará que futuros sismos sigan afectando la estructura.

Según (MARTINEZ, 2007), en el país España, en su tesis doctoral hace mención de los daños más comunes que se producen luego de un terremoto en las iglesias.

- ✓ Daños en torres.
- ✓ Separación de los muros perimetrales principales, por rotación en la relación a la línea de cimentación.
- ✓ Agrietamiento de los muros perimetrales producido por las fuerzas cortantes en el plano y grandes aberturas.
- ✓ Colapso total y parcial en esquinas.
- ✓ Aplastamiento de elementos verticales debidos a cargas axiales altas.

- ✓ Daños en regiones localizadas fuera de la estructura principal.

### 3.2.7. Normas

- Norma Técnica E.020 Cargas
- Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente
- Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones
- Norma Técnica E.060 Concreto Armado
- Norma Técnica E.070 Albañilería

### 3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Daño sísmico:** Corresponde al daño físico de los diferentes elementos o el impacto económico asociado a una estructura, en ese sentido es común referirse a daño físico y daño económico. (YEPEZ, 1996)
- **Diastrofismo:** Distorsión o cambio de forma que sufre constantemente la corteza terrestre debido al movimiento natural que realizan las fuerzas internas sobre placas tectónicas que la componen. (WETTO, s.f.)
- **Monumento:** Creación arquitectónica aislada, así como el sitio urbano o rural que expresa el testimonio de una civilización determinada, de una evolución significativa, o de un acontecimiento histórico. (BEMBIBRE, 2009)
- **Mampostería:** Se llama mampostería al sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen como ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras, talladas en formas regulares o no. (SOGESTONE, 2015)
- **Nave:** Arquitectónicamente es el espacio central abierto de una iglesia, al lado oeste del coro o presbiterio, y separado de éste por una pared baja o cancel. Los pasillos laterales a este elemento, cuenta con



columnas, postes o pilares; entre sus materiales más usado esta la madera y la albañilería de piedra y usualmente se eleva sobre el nivel de los techos de los pasillos para proveer ventanas para la iluminación. (TESOUROS, 2018)

- **Arcada:** Serie de arcos soportados por columnas o pilastras que conforman parte de la estructura de un edificio o bien separados de la misma. También llamada soportales. (PARRO, 2018)
- **Dovela:** Cada una de las piezas de albañilería con forma de cuña empleadas para construir un arco, cuyos lados son radios del centro de curvatura del arco. (PARRO, 2018)
- **Coro:** Parte de la iglesia donde se sitúan los monjes o sacerdotes para cantar el oficio divino, su ubicación dentro del templo ha sufrido diversas variaciones, si se sitúa en la nave central se aísla mediante un cerramiento. (RICARDO, s.f.)

Los siguientes conceptos son los más frecuentes en sismología:

- **Terremoto:** Vibración de la corteza terrestre inducidas por el paso de las ondas sísmicas provenientes de un lugar o zona donde han ocurrido movimientos súbitos de la corteza terrestre. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
- **Sismología:** Es la ciencia y estudio de los sismos, sus causas, efectos y fenómenos asociados. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
- **Sismicidad:** Es la frecuencia de ocurrencia de sismos por unidad de área en una región dada. A menudo esta definición es empleada inadecuadamente, por lo que se define en forma más general como "la actividad sísmica de una región dada", esta última definición implica que la sismicidad se refiere a la cantidad de energía liberada en un área en particular. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)

- **Amenaza sísmica:** “Es el valor esperado de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno esperada, que tiene una probabilidad de excedencia dada en un lapso de tiempo predeterminado. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
  
- **Microzonificación sísmica:** División de una región o de un área urbana en zonas más pequeñas, que presentan un cierto grado de similitud en la forma como se ven afectadas por los movimientos sísmicos, dadas las características de los estratos de suelo subyacente (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
  
- **Fallas geológicas:** Ruptura, o zona de ruptura, en la roca de la corteza terrestre cuyos lados han tenido movimientos paralelos al plano de ruptura. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
  
- **Ondas sísmicas:** Son vibraciones que se propagan a través de la corteza terrestre causadas por la repentina liberación de energía en el foco. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
  
- **Acelerograma:** Descripción en el tiempo de las aceleraciones a que estuvo sometido el terreno durante la ocurrencia de un sismo real. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
  
- **Sismograma:** Es un registro de movimiento sísmico y mide la magnitud de los sismos. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
  
- **Aceleración pico del suelo:** Es la aceleración máxima de un punto en la superficie alcanzada durante un sismo, expresada como fracción de la gravedad. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)

- **Licuación:** Respuesta de los suelos sometidos a vibraciones, en la cual estos se comportan como un fluido denso y no como una masa de suelo húmeda. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
- **Sismo de diseño:** Es la caracterización de los movimientos sísmicos en un sitio dado que deben utilizarse en la realización del diseño sismorresistente. (GOYTIA TORREZ & VILLANUEVA INCA, 2001)
- **Esclerómetro:** Es un instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones ya sea pilares, muros, pavimentos, etc. (RAÚL IVÁN CARTAGENA PINEDO, ITALO ANTONIO DEL ÁGUILA VÁSQUEZ, 2018)
- **Ensayo de esclerometría:** Este ensayo permite determinar la resistencia de un elemento de concreto a partir del número de rebotes del esclerómetro en el concreto endurecido, sin embargo, se debe tomar en cuenta que este método de prueba no es conveniente como la base para la aceptación o el rechazo del concreto. (Resistencia del concreto con esclerómetro de seis puntos)
- **Prueba de Diamantina:** es un tipo de ensayo no destructivo del concreto, si se confirma la posibilidad de que éste sea de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de carga se redujo. (PLUS, s.f.)
- **Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto:** La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (CEMEX, 2019)
- **Método de Hirosawa:** El método Hirosawa es de origen japonés y es un análisis cualitativo que consiste en la comparación del índice de

vulnerabilidad estructural (Is) con el índice de juicio estructural (Iso).  
(HANAMPA , 2020)

- **Método de Pushover:** El análisis Pushover involucra un análisis inelástico de la estructura considerada, bajo un incremento gradual de vectores de fuerza o desplazamientos, representando el patrón de fuerzas de inercia o desplazamientos de respuesta en la estructura. Tiene la habilidad de modelar la formación, y rotación plástica de rótulas plásticas en la estructura, y por lo tanto puede ser de gran valor en la verificación del diseño.
- **Software ETABS 2018 y SAP 2000 v. 21:** Programas donde realizaremos el análisis estático no lineal y todo el análisis estructural correspondiente a la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.
- **Ms Excel y Mathcad Prime 7.0:** Programas de cálculo.
- **Autocad 2020 y Revit 2020:** Programas donde dibujaremos los planos.
- **Parámetros estructurales:** Según la Norma E.030 Diseño sismorresistente.

## IV. METODOLOGIA O MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo a los tipos de datos que se analizarán, la investigación será Mixta (cualitativa y cuantitativa) porque para evaluar la vulnerabilidad sísmica se realizará mediante el método Hirosawa y mediante un análisis estático no lineal por el método de Pushover, que consiste en la determinación de la capacidad estructural, contribuyendo así en la gestión de riesgo de desastres ocasionados por movimientos sísmicos.

#### 4.1.2. Nivel de investigación

**Aplicativa**, los conocimientos que se obtienen a partir del método del Índice de Vulnerabilidad de las estructuras de la Iglesia Santa Rosa de Lima, el ensayo del concreto endurecidos combinados con los datos obtenidos del modelamiento para obtener los elementos resistentes de la Unidad considerada para el análisis.

**Experimental**, para determinar las características de fallas de las estructuras de la Iglesia Santa Rosa de Lima, se realizará ensayo no destructivo (Esclerometría), el estudio de mecánica de suelos y el ensayo de la Resistencia a la compresión axial de la albañilería.

#### **Estrategias para demostrar la hipótesis:**

- Investigación Bibliográfica sobre evaluación sísmica en edificaciones.
- Identificación de las características de los materiales y elementos estructurales y decidir la opción adecuada.
- Conocer el proceso de modelamiento.
- Realizar el análisis sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali utilizando los métodos de Pushover e Hirosawa.
- Conclusiones y recomendaciones.

- Elaboración del informe final.

## 4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN – ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

- Investigación bibliográfica sobre análisis de vulnerabilidad y evaluación estructural de Iglesias.
- Identificación de la Iglesia Santa Rosa de Lima, para determinar las características estructurales y arquitectónicas elementales.
- Visita a la Iglesia Santa Rosa de Lima para observar y analizar las diferentes características primordiales como: Distribución interna de los muros y dimensiones de las vigas y las columnas, tipo de ladrillo a usar (macizo, tubular, industrial, artesanal, etc.).
- Modelo matemático de diseño de la investigación:

O1 -----> M1 -----> O2 -----> M2

Donde:

O1 = Objeto de estudio o unidad de análisis.

M1 = Medición de la variable independiente.

O2 = Observación relevante.

M2 = Resultados.

- Realizar ensayos de laboratorio para la tipología de suelo y ensayos con el esclerómetro para la estimación de la resistencia a la compresión de los elementos estructurales.
- Realizar el análisis de la vulnerabilidad de los riesgos sísmicos de la Iglesia Santa Rosa de Lima y evaluación estructural sísmico en un programa de cómputo basado en elementos finitos (ETABS V.18)
- Realizar la propuesta para el reforzamiento de las estructuras más vulnerables de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa
- Realizar un presupuesto referencial sobre el reforzamiento de las estructuras vulnerables.

- j) Elaborar las conclusiones y recomendaciones.
- k) Elaboración del informe Final.

#### 4.3. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN

La población de estudio está constituida por una edificación que es el Templo principal y el torreón, aquella edificación puede servir de refugio después de un desastre. Tanto el templo principal como el torreón tienen características comunes, en su mayoría son edificaciones de un nivel con un sistema estructural de muros de mampostería.

#### 4.4. MUESTRA

Los datos serán tomados de la infraestructura y arquitectura de la iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa con la fórmula de modelos matemáticos. La muestra será no probabilística, se sacarán 3 muestras por cada elemento estructural.

**Tabla N°01:** Número de muestras

ELEMENTO ESTRUCTURAL	NUMÉRO DE ELEMENTOS	NUMERO DE MUESTRAS	TOTAL DE MUESTRAS
COLUMNA	18	3	54
VIGA	6	3	18
MURO LADRILLO	8	3	24
<b>TOTAL</b>			<b>96</b>

#### 4.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

- **Métodos Utilizados**

**Mecanismos para el procesamiento y presentación de datos.**

Los datos serán presentados en tablas, figuras y gráficos, analizados con los conceptos que se encuentran el Reglamento Nacional de Edificaciones. Para el procesamiento de datos se utilizarán herramientas informáticas como: ETABS 2018, SAP 2000 v. 21, Ms

Excel, AutoCAD 2020 y Revit 2020, presentándose los resultados en cuadros, conclusiones, cálculos de los elementos estructurales como vigas, columnas, placas, losas aligeradas, entre otros, teniendo en cuenta las variables de la investigación.

Para realizar el proceso y posterior presentación de los datos recolectados de las fuentes secundarias, se recurre a las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones, para realizar un análisis e interpretación clara y obtener un resultado preciso de los datos estudiados.

### **Mecanismos para el análisis e interpretación de resultados.**

En esta parte se usará el análisis lógico como los conocimientos que nos brinda el estudio de la carrera de Ingeniería Civil sobre el diseño de estructuras para comprobar la hipótesis, teniendo en cuenta siempre la confiabilidad y veracidad de los datos obtenidos y procesados con anterioridad.

Para la verificación de la hipótesis se aplicará diferentes métodos para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica y estimación para la evaluación estructural.

**Crítica:** Se examinará los datos obtenidos a fin de descubrir errores u omisiones y proceder a su corrección o eliminación del proceso.

**Codificación:** Se asignará claves numéricas o códigos a la información recogida, de manera que permita el procesamiento electrónico de la información.

**Digitación:** Se introducirá los datos obtenidos, criticados y codificados, a una computadora para su respectivo procesamiento. Hoja de cálculo utilizada Microsoft Excel y Mathcad Prime.

En el análisis e interpretación se han utilizado:

✓ Tablas



- ✓ Estadísticas.
- ✓ Indicadores Estadísticos Descriptivos como promedio,
- ✓ Desviación estándar.
- ✓ Gráficas estadísticas

#### 4.5.1. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

**a) Fuentes Primarias:** Datos recopilados de las visitas a la Iglesia, que permiten registrar características externas de la edificación y los datos determinados para uso en los ensayos de laboratorio.

**b) Fuentes Secundarias:** Libros, revistas, tesis, material electrónico. Estudios de vulnerabilidad y riesgo sísmico en Ucayali y Reglamentos de diseño. Información de planos de la Iglesia Santa Rosa de Lima y demás recolección de datos a obtener.

**c) Instrumentos:**

**Fichas de Pushover:** Comparación de la curva de capacidad o pushover y el espectro de diseño, representados ambos en formato aceleración-desplazamiento espectral (formato ADRS), para determinar el punto de desempeño de una estructura bajo la acción sísmica.

**Fichas de Hirosawa:** Método de la comparación calculando dos índices y estableciendo que la edificación es segura sísmicamente cuando el índice correspondiente a la resistencia provista por el edificio ( $I_s$ ) es mayor que la resistencia demandada ( $I_{so}$ ).

**Ficha esclerométrico:** Registro de las muestras que se obtienen en la aplicación del esclerómetro en los distintos elementos estructurales para su posterior cálculo de la resistencia a la compresión.

**Fichas de Mecánica de suelos:** Registro de los datos y posteriores cálculos obtenidos en las calicatas donde se da a conocer la tipología y calidad del suelo bajo distintos ensayos aplicativos.

#### **4.5.2. Procesamiento y presentación de datos**

Lo que se realiza en la tesis es el análisis y la evaluación de la vulnerabilidad de los riesgos sísmicos de todos los sectores de edificación de la Iglesia Santa Rosa de Lima, con la finalidad de comparar sus resultados con los requisitos que indica tanto en la Norma E-030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú; y además verificar el índice de vulnerabilidad sísmica en la que se encuentra la Iglesia bajo el método de Hirosawa (Cualitativo) en primer nivel de evaluación y el método de Pushover (cuantitativo).

##### **Identificación y sectorización de las edificaciones:**

Se identifica la edificación que se va a evaluar:

- Templo
- Torreón

##### **Evaluación del Daño Estructural:**

Conforme se calcula el índice de vulnerabilidad sísmica se procede a hacer una evaluación de los elementos estructurales de los ambientes de la Iglesia por sectores, para posteriormente establecer los índices de daño estructural de la Iglesia.

##### **Ensayos en Campo y Laboratorio:**

Mientras se realiza el cálculo de índice de vulnerabilidad e índice de daño estructural se procederá a hacer el ensayo esclerométrico para obtener la resistencia a la compresión de los elementos estructurales.

Por otro lado, también se extrajo material del suelo para su posterior ensayo en laboratorio y verificar la calidad y característica del suelo.

##### **Análisis de los resultados obtenidos:**

Una vez obtenido los resultados a todos los cálculos y ensayos realizados a los sectores de la Iglesia, se procede a hacer un análisis estadístico para determinar el riesgo sísmico y vulnerabilidad sísmica en la que se encuentra actualmente la Iglesia Santa Rosa de Lima; según lo Establecido en el RNE.

## **V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.**

### **5.1. POTENCIAL HUMANO**

Tesistas (2).

### **5.2. RECURSOS MATERIALES**

Entre ellos contamos con material Bibliográfico e Internet. Para su procesamiento en gabinete, contamos con laptops, impresoras, papel, útiles de escritorio. Y los diferentes ensayos necesarios se van a desarrollar en el laboratorio de ensayo de materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali y en laboratorios particulares de la capital del Perú.

### **5.3. RECURSOS FINANCIEROS**

Los gastos ocasionados por la investigación estarán a cargo de los tesistas y con apoyo de la escuela de Ingeniería Civil de la UNU para ensayos en laboratorio.

#### 5.4. CRONOGRAMA DE GANTT

Nº	DENOMINACIÓN	TIEMPO EN MESES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Investigación bibliográfica sobre vulnerabilidad sísmica en iglesias	X							
2	Identificación de zonas vulnerables de la Iglesia.		X						
3	Visitas de campo y tomas de muestra			X					
4	Realizar ensayos de laboratorio			X	X	X	X		
5	Realizar análisis estructural				X	X	X		
6	Proponer el reforzamiento de las estructuras más vulnerables					X	X	X	
7	Realizar el presupuesto para el reforzamiento de las estructuras más vulnerables						X	X	X
8	Conclusiones							X	
9	Recomendaciones							X	
10	Elaboración del informe final								X

#### 5.5. PRESUPUESTO

<b>Bienes:</b>	<b>S/.3000</b>
Adquisición Software informático	1500
Compra de bibliografía	1500
<b>Servicios:</b>	<b>S/.3000</b>
Trabajo de campo	1000
Pruebas de laboratorio	1000
Digitador	500
Alquiler de equipos para la toma de muestra	500
<b>Imprevistos:</b>	<b>S/.4000</b>
<b>Total general</b>	<b>S/.10000</b>

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### 6.1. BIBLIOGRAFÍA FÍSICA

AZANZA, J. (2012). *Tipología de las torres campanario barrocas en Navara*.  
Universidad de Navarra.

BRYAN ALEJANDRO CRUZ JIMENEZ, MARVIN MARTIN RIOS RENGIGO.  
(2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones de  
aulas N°1 y N°2 de la Universidad Nacional de Ucayali*. Pucallpa, Perú.

CAICEDO, A., BARBAT , J., CANAS , R., & AGUILAR, R. (1994).  
*Vulnerabilidad Sísmica de Edificios, Monografías de Ingeniería Sísmica*.  
Barcelona: Centro Internacional de Metodos Numericos de ingenieria.

CARDONA, O. (1999). *Vulnerabilidad Sísmica de Hospitales - Fundamentos  
para ingeniero y arquitectos. Monografías de Ingeniería Sísmica*.  
Barcelona: Centro Internacional de Metodos Numericos en Ingenieria.

CARRION GRANJA, J. P. (2016). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de la  
Iglesia "Nuestra Señora de la Merced", ubicada en el centro histórico de  
la ciudad de Quito*. Sangolquí, Ecuador.

CHATE PAREJA, A. (2015). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la  
Iglesia San Juan Bautista del barrio pueblo viejo Acobamba -  
Huancavelica*. Huancavelica, Perú.

CORTEZ, W. (2002). *Metodología para la evaluación sismoresistente de  
edificaciones antiguas en tapia pisada y adobe*. Bucaramanga.

DÍAZ QUIROZ, A. Y. (2019). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la  
Iglesia Belén de la ciudad de Cajamarca - 2017*. Cajamarca, Perú.

GODED MILLÁN, T. (2010). *Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de  
Málaga*. Madrid, España.

GOYTIA TORREZ, I. R., & VILLANUEVA INCA, R. (2001). *Texto Guía de  
Ingeniería Antisísmica*.

HANAMPA , M. J. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del  
método de Hirosawa*.

J. OLARTE, R. PROAÑO, H. SCALETTI, C. ZAVALA. (2001). *Evaluación de la  
vulnerabilidad sísmica de la catedral del Cusco*. Lima, Perú.

KUROIWA, J. (2002). *REDUCCIÓN DE DESASTRES, Viviendo en armonía  
con la naturaleza* (Primera ed.). Lima, Perú: Quebecor World Perú S.A.

- LOPEZ L; TORRES J; MONTUFAR A. (2003). *Los Materiales Constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlan*. México.
- LUIS F. RAMOS; PAULO B. LOURENÇO. (2005). *Seismic Analysis of one Heritage Compound Building of the Old Lisbon Town*. (LNEC, Ed.) Lisboa, Portugal.
- MARTINEZ, G. (2007). *Vulnerabilidad sismica para edificios historicos de obra de fabrica de mediana y gran luz*. Cataluña.
- MENDOZA, R. (2005). *Revista Antropologica*.
- MINISTERIO DE VIVIENDA. (2018). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Lima, Perú: El Peruano.
- OLIVA CABANILLAS, F. G. (2019).
- PEREZ. (2015). Cúpulas de crucero en templos de la provincia de Alicante (s. XVII - XIX): construcción y geometría.
- PERU.com. (01 de Junio de 2016). *PERU.com*.
- RAÚL IVÁN CARTAGENA PINEDO, ITALO ANTONIO DEL ÁGUILA VÁSQUEZ. (2018). *Análisis y evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Hospital II de Pucallpa - ESSALUD*. Pucallpa, Perú.
- Resistencia del concreto con esclerómetro de seis puntos*. (s.f.).
- SAFINA, S. (2002). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Esenciales - Analisis de la contribucion al riesgo sismico*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- SÁNCHEZ CÁRDENAS, M. I. (2013). *Vulnerabilidad Sísmica de construcciones patrimoniales históricas de mapostería en Chile: Aplicación a los Torreones españoles de Valdivia*. Valdivia, Chile.
- V. HURTADO, A. LEON. (2008). *Implementación del Método de Índice de Vulnerabilidad ajustado a una edificación histórica con estructura de varios materiales*. Bucaramanga.
- YEPEZ, F. (1996). *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación*. Barcelona.
- ZELAYA, V. (2007). *Estudio sobre Diseño Sísmico en Construcciones de Adobe y su Incidencia en la Reducción de Desastres*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.

## 6.2. BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- BEMBIBRE, C. (09 de Diciembre de 2009). DefinicionABC. Obtenido de DefinicionABC: <https://www.definicionabc.com/?s=Monumento>.
- CEMEX. (5 de Abril de 2019). Cemex. Obtenido de Cemex: [https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20\(psi\)](https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20(psi).).
- GARCIA, A. (s.f.). Obtenido de <http://www.arquivoltas.com/presentacion/presentacion29.htm>.
- INGENIERÍA CIVIL. (s.f.). Ingeniería Civil. Obtenido de Ingeniería Civil: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/02/mamposteria-de-ladrillo.html>
- INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ. (2022). INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ. Obtenido de <https://ultimosismo.igp.gob.pe/ultimo-sismo/sismos-reportados>
- MASARTES, G. (2017). Blog sobre arquitectura, pintura y escultura. Conceptos, definiciones, estilos y corrientes artísticas. Obtenido de <http://masartes.portalfree.net/2017/09/09/pechina-bizantina/>.
- PARRO. (2018). Parro. Obtenido de <http://www.parro.com.ar/index.php>.
- PAZ TAVARA, L. S. (Mayo de 2017). Slideshare. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/jhonzapata19/materiales-coberturas-livianas-2>
- PERU.com. (01 de Junio de 2016). PERU.com.
- PLUS, M. (s.f.). Ensayos de Diamantina y curado del concreto. Obtenido de Ensayos de Diamantina y curado del concreto: [https://www.monografias.com/docs/Ensayos-de-Diamantina-y-Curado-del-concreto-PK3WLTHVPNAX#:~:text=La%20prueba%20de%20diamantina%20es,d e%20carga%20se%20redujo%20significativamente](https://www.monografias.com/docs/Ensayos-de-Diamantina-y-Curado-del-concreto-PK3WLTHVPNAX#:~:text=La%20prueba%20de%20diamantina%20es,d e%20carga%20se%20redujo%20significativamente.).
- RICARDO. (s.f.). Academia. Obtenido de Academia: [http://www.academia.edu/4069858/Diccionario\\_Arquitectonico.\\_arquitectura](http://www.academia.edu/4069858/Diccionario_Arquitectonico._arquitectura).
- SOGESTONE. (2015). Sogestone. Obtenido de Sogestone:

*<https://sogestone.com/tecnicas-piedra/mamposteria-de-la-piedra/>.*

*TESOUROS. (2018). Tesouros. Obtenido de Tesouros:  
<http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1002007.html>.*

*WETTO, M. (s.f.). Lifeder.com. Obtenido de Lifeder.com:  
<https://www.lifeder.com/author/milena-wetto/>.*

## **ANEXO**



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO/DIMENSIONES/IND.	METODOLOGÍA
“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS RIESGOS SÍSMICOS DE LA IGLESIA SANTA ROSA DE LIMA - DISTRITO DE CALLERIA - PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI”	<p><b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL:</b> ¿De qué manera influye la vulnerabilidad ante los riesgos sísmicos de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?</p> <p><b>FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles son los principales resultados del análisis cualitativo por el método de Hirosawa utilizado en la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?</li> <li>¿Cuál es el resultado del análisis sísmico de la estructura utilizando el método de Pushover mediante el cálculo estático no lineal, en la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?</li> <li>¿Cuáles son las propuestas de reforzamiento estructural de acuerdo con los resultados obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover y las normas técnicas peruanas en el análisis de vulnerabilidad sísmica en la estructura de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la influencia de la vulnerabilidad ante los riesgos sísmicos en las estructuras de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el análisis cualitativo de la estructura mediante el método de Hirosawa de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</li> <li>Analizar por el método de Pushover el cálculo estático no lineal para el análisis sísmico de estructura de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</li> <li>Determinar una propuesta de reforzamiento de acuerdo con los resultados obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover y las normas técnicas peruanas en el análisis de vulnerabilidad sísmica en la estructura de la Iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b> Influye la vulnerabilidad sísmica, en identificar los riesgos ante un sismo de gran intensidad de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicada en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Con los resultados del método cualitativo de Hirosawa, resultará que zonas son inseguras de la estructura de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</li> <li>El cálculo estático no lineal por el método de Pushover dará como resultado un alto grado de vulnerabilidad en la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</li> <li>El reforzamiento estructural será condicional a los resultados obtenidos por los métodos de Hirosawa y Pushover en las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica de la estructura de la iglesia Santa Rosa de Lima, ubicado en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.</li> </ul>	<p><b>Variables Independientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis y Evaluación estructural sísmica de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> <li>Evaluación de la tipología del suelo y resistencia a la compresión del concreto de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> <li>Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa.</li> <li>Principales técnicas de reforzamiento de estructuras antiguas.</li> <li>Técnicas de reparación o consolidación.</li> <li>Técnicas de restructuración con refuerzos estructurales.</li> </ul> <p><b>Variables Dependientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comportamiento sísmico de la estructura de la Iglesia.</li> <li>Características de los elementos estructurales y suelo de la Iglesia.</li> <li>Índice de vulnerabilidad sísmica e índice de daño.</li> </ul> <p><b>Dimensiones/Indicadores.</b> X1: Desplazamiento de entre pisos. X2: Capacidad portante del suelo. X3: Resistencia a la compresión del concreto. X4: Vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico de la Iglesia. X5: Desplazamiento entre pisos. X6: Resistencia a la compresión del concreto. X7: Antigüedad de la Iglesia.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Mixta (Cuantitativa y Cualitativa)</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Aplicativa y Experimental.</p> <p><b>Método:</b> Inductivo – Deductivo Recolección de información: Fuente: Primaria y secundaria.</p> <p><b>Técnica</b> Laboratorio y Modelamiento. Procesamiento de la Información: Categorización de Variables. Software: ETABS 2018, SAP 2000 v.21, Excel y Mathcad Prime 7.0.</p> <p><b>Población:</b> La población de estudio está constituida por una edificación que es el Templo principal y el torreón, aquella edificación puede servir de refugio después de un desastre. Tanto el templo principal como el torreón tienen características comunes, en su mayoría son edificaciones de un nivel con un sistema estructural de muros de mampostería de ladrillo.</p> <p><b>Muestra:</b> Los datos fueron tomados de la infraestructura y arquitectura de la iglesia Santa Rosa de Lima de la ciudad de Pucallpa con la fórmula de modelos matemáticos.</p> <p><b>Modelo matemático de diseño:</b></p> <p style="text-align: center;">O1 ---- M1 ----- O2 -----M2</p>