

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS:

“Evaluación de la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas-Abancay 2021”

Presentado por:

Bach. JHONATAN TAPIA BLAS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Abancay- Apurímac – Perú

2023

Tesis

“Evaluación de la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Americas-Abancay-2021”

Línea de investigación:

Gestión de la Infraestructura para el
Desarrollo Sostenible

Asesor

Ing. Hugo Virgilio Acosta valer



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES ESTRUCTURALES
Y LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA
ZONA NORTE DE LAS AMERICAS-ABANCAY-2021”**

Presentado por el Bach: **JHONATAN TAPIA BLAS**, Para optar el título profesional
de: **INGENIERO CIVIL**

Sustentado y aprobado el 23 de junio, ante el jurado

Presidente : Mg. Marco Antonio Gálvez Quintana
Primer miembro : Dr. Wilfredo Soto Palomino
Segundo miembro : Mg. Juan Franks Valenzuela Carrasco
Asesor : Ing. Hugo Virgilio Acosta valer

Evaluación de la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas-Abancay 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	2%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a dios por regalarme el don de la vida, a mis padres, por ser quienes me enseñaron el valor de luchar día a día por conseguir nuestros sueños, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia durante mi formación profesional.

A mis hermanos y demás familia en general por estar conmigo y ser un apoyo constante en este trayecto de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a dios, por haberme dado salud y sabiduría para culminar este proyecto de tesis, a mis padres por brindarme su amor, apoyo, comprensión y educación durante esta larga y hermosa etapa de mi vida, al Ing. Hugo V. Acosta Valer, por aceptar la dirección de ésta tesis, también a mis docentes por sus enseñanzas impartidas y a las personas que con su apoyo hicieron posible concluir ésta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
POSPORTADA.....	ii
PÁGINA DEL JURADO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLAN DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Identificación y Formulación del Problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivo específico.....	5
1.5 Delimitaciones de la investigación.....	6

1.5.1	Espacial.....	6
1.5.2	Temporal.....	6
1.5.3	Social	6
1.5.4	Conceptual	6
1.6	Viabilidad de la investigación	6
1.7	Limitaciones de la investigación.....	7
CAPÍTULO II		8
MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1	A nivel Internacional.....	8
2.1.2	A nivel Nacional.....	12
2.1.3	A nivel regional y local.....	17
2.2	Bases teóricas.....	20
2.2.1	Variable Independiente: Factores estructurales de edificaciones.....	20
	La construcción de viviendas informales en el Perú	21
	Defectos de la construcción de viviendas informales.....	22
	Problemas estructurales en las viviendas.....	23
	Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	23
	Inadecuada densidad de muros	24
	Muros sin vigas soleras.....	24
	Sismicidad en el departamento de Apurímac.	24
2.2.2	Variable Dependiente: Vulnerabilidad Sísmica	28
	Sismo Tectónica del Perú.....	29
2.2.3	Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica	30
2.2.4	Metodología escogida para el estudio de tesis realizado.....	31

Análisis de vulnerabilidad sísmica.....	41
2.2.5 Norma E.020 Cargas.....	42
2.2.6 Norma E.030 Diseño Sismorresistente	43
2.2.7 Norma E.060 Concreto Armado.....	56
2.2.8 Norma E.070 Albañilería.....	58
2.3 Marco Conceptual.....	63
CAPÍTULO III.....	73
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	73
3.1 Hipótesis.....	73
3.1.1 Hipótesis General.....	73
3.1.2 Hipótesis Específica.....	73
3.2 Método.....	74
3.3 Tipo de investigación.....	74
3.4 Nivel o alcance de investigación.....	74
3.5 Diseño de la Investigación.....	75
3.6 Operacionalización de variables.....	76
3.7 Población, muestra y muestreo	77
3.7.1 Población	77
3.7.2 Muestra	77
3.7.3 Muestreo	77
3.8 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	78
3.9 Consideraciones éticas.....	80
3.10 Procesamiento de estadísticos	80
CAPÍTULO IV.....	81
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81

4.1 Resultados.....	81
4.1.1 Determinar la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.	81
4.1.2 Determinar la relación entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.....	82
4.1.3 Determinar la relación entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.	84
4.1.4 Determinar la relación entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.	84
4.1.5 Determinar la relación entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.....	87
4.2 Discusión de resultados.....	88
4.3 Prueba de hipótesis	92
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES.....	99
Bibliografía	100
ANEXOS.....	105

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Eventos sísmicos en Apurímac.....	26
Tabla 2 Matriz de calificación de edificaciones de mampostería.....	34
Tabla 3 Matriz de calificación de edificios de hormigón armado.	34
Tabla 4 Escala global de vulnerabilidad adaptada.....	42
Tabla 5 Peso específico de materiales.....	42
Tabla 6 Peso específico de losas aligeradas.....	43
Tabla 7 Factor de Suelo	45
Tabla 8 Periodos	45
Tabla 9 Categorización de las Edificaciones.....	47
Tabla 10 Categoría y regularidad de las edificaciones.....	49
Tabla 11 Sistemas Estructurales	50
Tabla 12 Irregularidades Estructurales en Altura	52
Tabla 13 Irregularidades Estructurales en Planta	54
Tabla 14 Límites para el desplazamiento lateral de entrepiso.....	55
Tabla 15 Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería	59
Tabla 16 Tipos de Mortero.....	61
Tabla 17 Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm ²)	62
Tabla 18 Operacionalización de variables	76
Tabla 19 Prueba de análisis del tamaño (#pisos) del edificio y la vulnerabilidad sísmica.....	93
Tabla 20 Prueba de análisis del tamaño (área) del edificio y la vulnerabilidad sísmica.....	93
Tabla 21 Prueba de análisis del diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica.....	94
Tabla 22 Prueba de análisis de la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica	95
Tabla 23 Prueba de análisis de la ubicación y la vulnerabilidad sísmica.....	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa geológico de la región Apurímac.	25
Figura 2 Sección transversal del proceso tectónico en la zona de subducción.....	29
Figura 3 Metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	31
Figura 4 Ejemplos de configuración en planta.	38
Figura 5 Zonificación Sísmica del Perú	44
Figura 6 Relación factores estructurales y vulnerabilidad.	81
Figura 7 Relación de la vulnerabilidad con el área del terreno.	82
Figura 8 Relación de la vulnerabilidad con cantidad de pisos.....	83
Figura 9 Diseño estructural y su relación con el índice de vulnerabilidad.	84
Figura 10 Antigüedad de la vivienda y su relación con la vulnerabilidad.....	84
Figura 11 Parámetro de la calidad estructural.	85
Figura 12 Parámetro de la calidad estructural (1-10años).	85
Figura 13 Parámetro de la calidad estructural (11-20años).	86
Figura 14 Relación pendiente del terreno y vulnerabilidad.	87

RESUMEN

La presente investigación, Evaluación de la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Americas-Abancay-2021, tiene como objetivo general: determinar la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas, es de tipo descriptiva, de diseño no experimental correlacional con un enfoque cuantitativo. La muestra es de tipo no probabilística y está conformada por 58 viviendas en estudio, para la obtención de datos se utilizó la técnica de encuesta y observación utilizando como instrumentos el cuestionario y la ficha de observación.

Los resultados indican que existe una relación directa entre los factores estructurales y el nivel de vulnerabilidad sísmica. Asimismo, según los resultados obtenidos indican que el 27.59% de las viviendas analizadas presentan alta vulnerabilidad y requieren una intervención inmediata, el 48.28% presentan media vulnerabilidad-alta que requieren una intervención a largo plazo, el 18.97% presentan media vulnerabilidad-baja que requieren una intervención a largo plazo y el 5.17% presentan baja vulnerabilidad y requieren una intervención a largo plazo.

Palabras clave: Factores estructurales, vulnerabilidad sísmica, viviendas autoconstruidas.

ABSTRACT

The present investigation, Evaluation of the relationship between structural factors and the seismic vulnerability of self-built homes in the northern area of Las Americas-Abancay-2021, has the general objective: to determine the relationship between structural factors and the seismic vulnerability of homes self-constructed in the northern area of the Americas, is of a descriptive type, with a non-experimental correlational design with a quantitative approach. The sample is non-probabilistic and is made up of 58 homes under study. To obtain data, the survey and observation technique was used using the questionnaire and the observation sheet as instruments.

The results indicate that there is a direct relationship between structural factors and the level of seismic vulnerability. Likewise, according to the results obtained, they indicate that 27.59% of the homes analyzed have high vulnerability and require immediate intervention, 48.28% have medium-high vulnerability that require long-term intervention, 18.97% have medium-low vulnerability that require a long-term intervention and 5.17% have low vulnerability and require a long-term intervention.

.

Key words: Structural factors, seismic vulnerability, self-built housing.

INTRODUCCIÓN

Se tiene como objetivo principal de esta investigación, conocer la relación existente entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas de la ciudad de Abancay región Apurímac, tomando en cuenta como problema principal la autoconstrucción de las viviendas, siendo estas vulnerables sísmicamente ya que carecieron de asistencia técnica de un ingeniero civil.

Esta investigación consta de cuatro capítulos, El primer capítulo contiene el plan de investigación, desarrollando la descripción de la realidad problemática, identificación y formulación del problema, justificación de la investigación, objetivos de la investigación, delimitaciones de la investigación, viabilidad de la investigación y limitaciones de la investigación; contenido que enfoca el problema de investigación.

El segundo capítulo contiene el marco teórico, desarrollando los antecedentes de la investigación, bases teóricas y marco conceptual; dando a conocer investigaciones aprobadas que se tomaron como apoyo de nuestra investigación y definiendo las variables, dimensiones e indicadores.

El tercer capítulo contiene la metodología de la investigación desarrollando la hipótesis, el método, tipo de investigación, nivel o alcance de investigación, diseño de la investigación, operacionalización de variables, población, muestra y muestreo de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, consideraciones éticas y procesamiento de estadísticos.

El cuarto capítulo contiene resultados y discusión desarrollando los resultados, discusión de resultados y prueba de hipótesis. Posterior a ello se tienen las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I

PLAN DE INVESTIGACIÓN.

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los efectos y consecuencias de los terremotos son variados, pero un problema clave es la relación de los terremotos con las estructuras inseguras (Cuny 1983; Coburn y Spence 1993). Con base en la evidencia de desastres pasados, es claro que muchos países en áreas sísmicas, particularmente en los países en desarrollo, poseen muchas estructuras altamente peligrosas que pueden colapsar bajo fuerzas sísmica extremas (French 1989). En algunos casos pueden ser tan peligrosas que incluso colapsan por si solas sin la asistencia de fuerzas inusuales. (BLAIKIE, TERRY CANNON, IAN DAVID, & BEN WISNER, 1996).

Más del 95% de las muertes en los terremotos son el resultado de fallas en los edificios (Alexander 1985). Seaman ha comentado como sigue la relación entre mortalidad y edificios: “las variaciones de mortalidad entre diferentes países se deben principalmente a diferencias en estilos de construcciones y densidad de los asentamientos. La abrumadora mayoría de personas que mueren en los terremotos lo hacen bajo el colapso de estructuras hechas por el hombre, en particular viviendas domesticas” (Seaman, Leivesle y Hogg 1984: 10-11). (BLAIKIE, TERRY CANNON, IAN DAVID, & BEN WISNER, 1996).

“El proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca (oceánica) por debajo de la Sudamericana (continental) con velocidades promedio del orden de 7-8 centímetros por año, se desarrolla en el borde occidental del Perú”. (Tavera H. , 2014)

A lo largo de los años, el rozamiento entre estas dos placas ha causado sismos de diferentes magnitudes y distintas profundidades, siendo los sismos de mayor magnitud la de Arequipa el 23 de junio de 2001 (Mw=8.2) y en Pisco el 15 de agosto del 2007 (Mw=8.0) que dejaron pérdidas humanas y económicas.

En diferentes partes del Perú se presentó una gran cantidad de movimiento sísmico que, dependiendo de su magnitud, causan fallas, colapsos parciales o totales de las viviendas, trayendo consigo pérdidas sociales (humanas) y económicas (materiales), esto debido a que las viviendas no presentan comportamientos adecuados frente a sismos, el riesgo a colapso de las edificaciones, sobre todo viviendas con sistema de albañilería confinada, principalmente porque son informales, o sea son viviendas autoconstruidas, no fueron supervisados o asesorados por profesionales que garanticen la correcta construcción de la edificación según la Norma Técnica Peruana E030.

El método de Benedetti y Petrini fue aplicada en distintas regiones del país, como también otros métodos, estos permitieron realizar el reforzamiento de edificaciones o dan a conocer lo vulnerable que puede ser una edificación ante un evento sísmico. Algunas de las razones derivan de la negligencia del gobierno de cada región, ya que estos permiten la construcción en zonas vulnerables, como también los pobladores, por realizar invasiones de terrenos inadecuados y ordenar a personas que carecen de conocimientos necesarios que certifiquen una construcción adecuada de sus viviendas.

En referencia a nivel local durante de la crisis económica de los años 80s y 90s muchas familias migraron a la ciudad de Abancay aumentando la expansión demográfica y con ello acudiendo a la autoconstrucción de sus viviendas.

El crecimiento demográfico y migración hacia la ciudad de Abancay ha incrementado considerablemente la necesidad de vivienda de sus habitantes. Esta necesidad se da en todos los niveles socioeconómicos, en las zonas pobres esta necesidad está siendo atenuada por la autoconstrucción de viviendas. (Huashua Huarcaya & Sanchez Contreras, 2017)

Tal es el caso de la zona de estudio, la zona norte de las Américas, donde los habitantes recurren en su mayoría a la autoconstrucción de sus viviendas, teniendo como consecuencia viviendas con mayor índice de vulnerabilidad.

La falta de asesoramiento técnico puede generar muchos problemas, tales como un diseño inadecuado, mala construcción, mala calidad de la mano de obra durante la construcción. Además, es muy usual el uso inadecuado de materiales en la construcción de viviendas, esto conduce a la construcción de viviendas con un mayor índice de vulnerabilidad.

En muchos sectores del Centro Poblado las Américas se muestra que la autoconstrucción es un hecho común, y creemos que es oportuno el análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas y relacionarla con sus factores estructurales.

1.2 Identificación y Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál es la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021?
- ¿Cuál es la relación entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021?
- ¿Cuál es la relación entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021?
- ¿Cuál es la relación entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay- 2021?

1.3 Justificación de la investigación

Hace muchos años atrás como también en la actualidad, muchas familias de migrantes optan por la autoconstrucción de sus viviendas en zonas de expansión. Se da este caso en la zona norte de Las Américas de la ciudad de Abancay - 2021, donde por la informalidad varias familias construyeron sus viviendas, sin asesoría técnica de un profesional. Es por ello que se desarrolló este estudio para analizar la calidad de las viviendas autoconstruidas y conocer la relación entre los factores estructurales y el nivel de vulnerabilidad sísmica

de las viviendas autoconstruidas. Este estudio es teóricamente justificado porque va a permitir el uso y discusión de la NTE y la metodología utilizada para evaluar la vulnerabilidad sísmica y los factores estructurales, se justifica metodológicamente porque podrá ser útil para futuras investigaciones sobre factores estructurales y vulnerabilidad sísmica que se pueden utilizar en otras realidades, y los instrumentos también pueden ser adaptados en otras realidades.

Esta investigación también presenta una justificación práctica, porque se podrá analizar e identificar las diferentes necesidades u errores con respecto a las dimensiones mencionadas en la operacionalización de variables, permitiendo la aplicación de diversas estrategias para mejorar la situación de las viviendas estudiadas.

1.4 Objetivos de la investigación.

1.4.1 Objetivo general.

- Determinar la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

1.4.2 Objetivo específico.

- Determinar la relación entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.
- Identificar cómo se relaciona el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

- Determinar la relación entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.
- Determinar la relación entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

1.5 Delimitaciones de la investigación

1.5.1 Espacial

La investigación se realizó en la zona norte de Las Américas de la ciudad de Abancay -2021., lugar donde se encuentran las urbanizaciones Santa Sebastiana, Miraflores, Rositas y San Agustín.

1.5.2 Temporal

La investigación se limita a realizarse en el año 2021.

1.5.3 Social

Las urbanizaciones: Santa Sebastiana, Miraflores, rositas y San Agustín serán beneficiarios ya que se tendrá un diagnóstico del estado situacional de las viviendas.

1.5.4 Conceptual

Durante la investigación se realizara un estudio de análisis de vulnerabilidad sísmica utilizando el método de Benedetti y Petrini para relacionarla con los factores estructurales, y así conocer el estado situacional de las viviendas autoconstruidas.

1.6 Viabilidad de la investigación

La investigación es viable por las razones siguientes:

- Disponibilidad de recursos económicos, es decir, la investigación se realizó con recursos propios, por lo que el proyecto de investigación no necesita de ningún tipo de financiamiento.
- Disponibilidad de fuentes teóricas; en definitiva, el tema de investigación sobre factores estructurales y vulnerabilidad sísmica, puede acceder a información importante de internet, libros, trabajos académicos, etc.
- Disponibilidad ética; la ejecución de la investigación no perjudicará ni provocará cambios en el medio ambiente ni en la población, por el contrario, se pretende recoger información en un determinado momento, para establecer relaciones entre variables.

1.7 Limitaciones de la investigación

Esta investigación tiene como limitaciones:

- Una limitación durante la investigación fue la obtención de los datos necesarios como son: imágenes fotográficas e información del exterior e interior de las viviendas de la zona de estudio puesto que los propietarios de cada vivienda tendrán que brindar información de sus viviendas, también permitir el acceso a ellos.
- “Los resultados del índice de vulnerabilidad sísmica no certifican el colapso o no de una edificación”. (Hurtado, 2008).
- Carencia de información geotécnica de la zona de estudio.
- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica usando el método de Benedetti y Petrini de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de las Américas limita la investigación.
- Carencia de información de resistencias características de la albañilería en la ciudad de Abancay.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 A nivel Internacional.

Loor, Palma, & Garcia (2021), en su artículo de investigación: *“Vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso Santa Marianita-Manta-Ecuador”*, tuvo como objetivo:

Determinar el índice de vulnerabilidad de viviendas rurales de la parroquia Santa Marianita de la ciudad de Manta-Ecuador, puesto que al estar ubicado en una zona costera de alta sismicidad es importante estudiar este parámetro, analizando las características técnicas de las viviendas, tales como errores arquitectónicos, estructurales y constructivos. La mayoría de estas viviendas carecen de las características antes mencionadas, con materiales de baja calidad y elaboradas por los mismos habitantes de la zona. Para la investigación se trabajó con una muestra de 25 viviendas ubicadas en las zonas abruptas de la parroquia rural, debido a que es la zona de mayor impacto según su morfología. La información de campo se recolectó por medio del formulario FEMA-154, determinando la vulnerabilidad y peligrosidad sísmica de las viviendas encuestadas, los principales daños se encuentran a nivel de mampostería, seguido de la

Cimentación y elementos estructurales como vigas y columnas. Los resultados obtenidos permiten expresar propuestas de restauración de casas rurales con índice S inferior a 2 y sensibilizar a la población a la hora de realizar obras. (Loor, Palma, & Garcia, 2021).

Marcillo Gutierrez (2019), en su tesis de pregrado: *“Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; Fema 154 del edificio carrera de ingeniería agropecuaria-UNESUM”*, se tuvo como objetivo de esta investigación:

Evaluar la vulnerabilidad sísmica del Edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria por medio de las metodologías Benedetti y Petrini y Fema 154, las cuales indican el grado de vulnerabilidad sísmica ante movimientos axiales, además se describió los resultados de manera cualitativa ponderándolo por colores según su importancia. Para la obtención de los resultados se calificaron los parámetros según lo establecido por los métodos propuestos y a su vez se realizó un ensayo de esclerometría el cual nos ayudó a determinar la resistencia del hormigón en columnas, vigas y losas. El resultado de la investigación estableció que por medio de la comparación de ambas metodologías estas definieron en un solo resultado el cual es índice de vulnerabilidad baja. (Marcillo Gutierrez, 2019)

Echeverría Rojas & Monroy Botia (2021), en su tesis de pregrado: *“Aplicación del método de índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama”*, planteo como objetivo de esta investigación:

Conocer el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del barrio Surinama ubicado en la ciudad de Tunja, el cual se desarrollara para

estructuras con sistema estructural en mampostería no reforzada, aplicando el método del índice de vulnerabilidad sísmica de Benedetti y Petrini. (Echeverría Rojas & Monroy Botia, 2021).

Para analizar y determinar las posibles afecciones o lesiones presentes en las estructuras, como proceso inicial, se verifico la cantidad de predios a través del sistema de información geográfica de Tunja (tusig), de manera que se pueda obtener información preliminar del número de estructuras a estudiar, enseguida de esto hacemos uso de la herramienta web Google Maps la cual permite caracterizar y establecer el estado de las viviendas, de igual manera se realiza una visita al barrio para verificar la información obtenida por Google Maps. Con los datos obtenidos en el estudio, se pretende realizar una base de datos en Excel y así establecer el grado de vulnerabilidad sísmica, presente en las estructuras de la zona, de esta manera tener una información más exacta acerca de las condiciones físico-espaciales de las estructuras. (Echeverría Rojas & Monroy Botia, 2021).

Toro Beltran & Rivera Rivera (2021), en su tesis de pregrado: *“Índice de vulnerabilidad en las edificaciones informales en la ciudad de Bogotá localidad de Suba barrio Rincón”*, tuvo como objetivo:

Realizar una investigación con ayuda de la base de datos del SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, para realizar una organización del sismo en el país durante los años 1644 al 2016 para la investigación de los daños en las edificaciones informales en la localidad de SUBA BARRIO EL RINCON en la ciudad de Bogotá. (Toro Beltran & Rivera Rivera, 2021).

Para la evaluación se utilizó un método de identificación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones, donde se realiza una inspección visual para realizar la clasificación de viviendas.

Teniendo en cuenta nuestro análisis estadístico se puede concluir que la magnitud de los sismos presentados en Colombia durante los años 1644 a 2016, el pico más alto fue encontrado con magnitud de 8.8 en la escala de Richter y las regiones con más ocurrencia de sismos se presenta en la región andina, pero los sismos con pico altos en referencia a la magnitud del sismo en escala de Richter. (Toro Beltran & Rivera Rivera, 2021).

Dando respuesta a la pregunta de investigación ¿Cómo se pueden clasificar las viviendas como construcciones informales dependiendo de su tipo de construcción, a partir de la investigación y la inspección visual rápida que se realizara en la localidad de SUBA BARRIO RINCON?, se logra cumplir con el objetivo principal que es reconocimiento y clasificación de las construcciones informales con ayuda del formato FEMA que sa una visualización más clara para entender el sistema estructural de la vivienda. (Toro Beltran & Rivera Rivera, 2021).

A partir de la inspección visual rápida para analizar la vulnerabilidad de las edificaciones se puede afirmar que es un método sencillo, de fácil aplicación, con los datos obtenidos se pueden tomar decisiones in-situ y no requiere de estudios más detallados. (Método cuantitativo). (Toro Beltran & Rivera Rivera, 2021).

Gualoto Guacollante & Querembas Chanatasi (2019), en su tesis de pregrado: *“Análisis de la vulnerabilidad sísmica del barrio Solanda sector 1 en el*

distrito Metropolitano de Quito mediante ensayo con acelerómetro y formato de evaluación estructural”, esta tesis tuvo como objetivo:

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del sector 1 del barrio Solanda ubicado en el sur del DMQ. Tomando una muestra estadística de 95 viviendas, donde se ejecutó un ensayo con acelerómetro para determinar el periodo fundamental de la estructura T , el cual se lo asocio con la altura de la edificación H , obteniendo así una aproximación relativamente sencilla del grado de vulnerabilidad ante un evento sísmico. Además se realizó una inspección visual con el formato de evaluación de vulnerabilidad de estructuras FEMA P-154 y el formato para evaluación rápida estructural de viviendas informales basado en el UTC-20 y CENAPRED. Los resultados de las inspecciones visuales demostraron la presencia de patologías en las viviendas tales como: grietas, humedad, golpeteo, irregularidad torsional, parapetos de mampostería no reforzada y columna corta. Resaltando que el 89.47% de las viviendas poseen grietas; y el 100% tienen golpeteo. Finalmente se determinó el alto grado de vulnerabilidad del sector 1 del barrio Solanda en base a la relación H/T , obteniendo índices de vulnerabilidad menores a 40 que responden a estructuras flexibles y menores a 20 para estructuras muy flexibles, catalogándolas como vulnerables y muy vulnerables. (Gualoto Guacollante & Querembas Chanatasi, 2019)

2.1.2 A nivel Nacional.

Alva Pimentel (2016), en su tesis de pregrado: *“Evaluación de la relación de los factores estructurales en la vulnerabilidad sísmica de viviendas en laderas de la*

urbanización Tahuantinsuyo del distrito de Independencia, Lima”, Esta tesis tuvo como objetivo:

Alva Pimentel (2016) en su tesis contiene, el análisis y evaluación del comportamiento sísmico de las edificaciones en la urbanización Tahuantinsuyo en el distrito de Independencia, a partir de un método correlacional con un enfoque cuantitativo, para la obtención de información se realizaron encuestas a los propietarios de las viviendas, recurriendo también al uso de fichas técnicas y fotografías de las edificaciones para realizar la evaluación técnica de las estructuras mediante el método del índice de vulnerabilidad. La muestra obtenida para el análisis fueron 40 viviendas. Los resultados encontrados mediante el desarrollo de las encuestas y el análisis de vulnerabilidad sísmica arrojaron que más del 50% de las viviendas presentan índices de vulnerabilidad altos y que requieren de intervención necesaria. Los resultados encontrados muestran una relación directa entre la construcción de viviendas en laderas y el aumento de la vulnerabilidad sísmica la cual es aproximadamente de un 30%. Además se presentan recomendaciones que permitan contrarrestar y disminuir los posibles daños que se presenten ante un sismo de gran magnitud.

Arana Rabanal & Chavez Vasquez (2019), en su tesis de pregrado: *“Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería en el barrio Urubamba, Cajamarca 2019”*, esta tesis tuvo como objetivo:

Determinar la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería del barrio Urubamba, Cajamarca 2019. Para la realización de la tesis se utilizó: un diseño no experimental-aplicado-transversal; método del índice de vulnerabilidad sísmica propuesto por Benedetti y Petrini, 1984; el muestreo

fue no probabilístico por juicio de autores; la recolección de datos se realizó con técnica de la observación y el instrumento utilizado fue la ficha o guía de observación. (Arana Rabanal & Chavez Vasquez, 2019).

El problema es que en Cajamarca las viviendas de albañilería son construidas con baja asistencia técnica, uso de materiales y agregados de baja calidad y existen zonas de cimentación con pendientes elevadas que influyen en el nivel de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de albañilería. Asimismo, respondiendo a la pregunta de la investigación se determinó que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería en el barrio Urubamba de Cajamarca es; media a baja en un 59%, media a alta en el 39% y alta en 2% de las viviendas. (Arana Rabanal & Chavez Vasquez, 2019).

En conclusión la investigación logro determinar la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería del distrito de Cajamarca, se realizó un mapa de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la zona en estudio que servirá como lineamiento para la toma de decisiones de los habitantes de ese sector y solicitar soporte a instituciones locales para construcciones con asistencia técnica. (Arana Rabanal & Chavez Vasquez, 2019)

Wong Rafael & Wong Rafael (2021), en su tesis de pregrado: *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando los índices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en las edificaciones comunes en la ciudad de Pomalca”*, esta tesis tuvo como objetivo:

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de los sectores de la ciudad de Pomalca. La metodología por el cual se opto es la del método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrtini, que identifica los parámetros más

importantes que controlan el daño en los edificios a causa de terremotos, asignándoles un valor numérico que va aumentando conforme se aprecian mayores fallas y defectos. La aplicación de la metodología permitió crear una base de datos de las edificaciones existentes, donde se obtuvo la conclusión que una gran cantidad de edificaciones poseen niveles de vulnerabilidad en el rango de medio a alto. Mediante el uso del Sistema de información Geográfica (SIG), se elaboran mapas temáticos que permiten visualizar y zonificar la ciudad de Pomalca de acuerdo a su nivel de vulnerabilidad. (Wong Rafael & Wong Rafael, 2021).

Por último se evaluaron los escenarios de daños ante posibles sismos, pero cabe resaltar que no es un objetivo central de la presente tesis, lo cual nos brinda una idea general y aproximada de las consecuencias que atraerían la acción de sismos de diferentes intensidades. (Wong Rafael & Wong Rafael, 2021)

Abal Benancio (2019), en su tesis de pregrado: *“Evaluación de la relación de los factores estructurales en la vulnerabilidad sísmica de viviendas del asentamiento humano comité 2, vista alegre de Aparicio pomares- Huánuco 2018”*, La investigación tuvo como objetivo:

Conocer la relación entre los factores estructurales y el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas estudiadas.

Esta tesis es de tipo descriptiva, de diseño no experimental correlacional-transversal y de enfoque cuantitativo. La muestra es de tipo no probabilística y está conformada por 20 viviendas del comité 2 de Aparicio Pomares. La técnica para la toma de datos fue la encuesta, observación y como instrumentos el cuestionario y la ficha de observación que fueron aplicadas

a los propietarios de las viviendas. Para la prueba de hipótesis se realizó mediante el método de Benedetti y Petrini por ser este un método recomendado internacionalmente; se usó fichas y cálculos matemáticos. (Abal Benancio, 2019)

Los resultados indican que sí existe una relación significativa entre los factores estructurales y el nivel de vulnerabilidad sísmica; ya que fue medido por el índice de vulnerabilidad que presentan las viviendas informales en el comité 2, Vista Alegre de Aparicio Pomares -Huánuco. Asimismo, se evidencia que el resultado obtenido del análisis indica que la vulnerabilidad es alta pues más del 55% de las viviendas analizadas necesitan algún tipo de mejora estructural. Se localizó que 35% de las viviendas encuestadas presentan vulnerabilidad sísmica media a alta y que necesitan una intervención a mediano plazo ya sea en el reforzamiento o mejora de sus elementos estructurales, mientras que un 20% de viviendas presentan vulnerabilidad alta y que necesita atención inmediata; también, el 20% de viviendas presentan vulnerabilidad baja y un 25% de viviendas presentan vulnerabilidad media a baja. (Abal Benancio, 2019)

Enriquez Castillo & Granda Charahua (2018), en su tesis de pregrado: *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de la vivienda del distrito de Vitor de la Región Arequipa”*, esta tesis tiene como objetivo:

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Vitor de la región Arequipa, a través de la metodología del Índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, identificando los principales parámetros que influyen en las construcciones de albañilería del área de estudio a fin de establecer medidas de mitigación a la vulnerabilidad estructural, este

conocimiento permitirá disminuir el riesgo por sismo en el distrito de Vitor. (Enriquez Castillo & Granda Charahua, 2018).

Se tuvo como resultado, 48% de las presentes una vulnerabilidad alta, 34% vulnerabilidad media y solo el 18% vulnerabilidad baja de un total de 210 viviendas evaluadas según el método de Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini adaptado al Reglamento Nacional de Edificaciones en Perú. (pág. 176)

Esta investigación se divide en tres partes principales; la primera es referida a conceptos básicos y conocimientos que se tienen al día de hoy necesarios para la concepción del estudio, lo cual será la base para realizar el trabajo; en una segunda parte se desarrolla la aplicación de la metodología elegida para hallar el índice de vulnerabilidad de la zona de estudio. Finalmente, en la tercera parte, obtendremos los resultados a fin de dar a conocer las medidas de mitigación en la zona de estudio. (Enriquez Castillo & Granda Charahua, 2018).

2.1.3 A nivel regional y local.

Huashua Huarcaya & Sanchez Contreras (2017), sustenta en su tesis: *“Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la urbanización Bellavista de la ciudad de Abancay-Apurímac”*, como objetivo principal:

la evaluación de la vulnerabilidad y el daño sísmico de viviendas autoconstruidas en la Urbanización de Bella Vista de la ciudad de Abancay a partir de un método cualitativo denominado índice de vulnerabilidad, donde se realizó una inspección visual y detallada mediante encuestas, mediciones y levantamiento de viviendas, comprendiendo de esta forma una

investigación de tipo descriptivo. Para este trabajo de tesis se encuestaron 48 viviendas en 02 Urbanizaciones de Bella Vista Alta y Baja de la ciudad de Abancay, que se seleccionaron por sus características morfológicas, por la presencia de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada. La información de campo se recolecto en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción necesarios para la evaluación de vulnerabilidad sísmica. (Huashua Huarcaya & Sanchez Contreras, 2017, pág. 5)

Se tuvo como resultado: El 2% de las viviendas evaluadas se encuentran con un índice de vulnerabilidad baja entre (0 a 20%), el 46% con vulnerabilidad media entre (20% a 40%) y el 52% con vulnerabilidad alta entre (40% a 100%). (Huashua Huarcaya & Sanchez Contreras, 2017, pág. 227)

Llamccaya Huamani (2018), en su tesis de pregrado: *“Evaluación de las viviendas autoconstruidas para determinar la vulnerabilidad sísmica en la urbanización Patibamba Baja- Abancay-Apurímac-2018”*, esta tesis tuvo como objetivo:

Evaluar viviendas autoconstruidas en la urbanización Patibamba baja en la ciudad de Abancay-Apurímac en el año 2018, para conocer su vulnerabilidad sísmica.

Para el desarrollo de la investigación se emplearon métodos cualitativos y cuantitativos del tipo descriptivo ya que la investigación fue real, tangible, medible y se recogieron los datos a través de las entrevistas, la observación y el levantamiento de las viviendas de albañilería. (Llamccaya Huamani, 2018)

“La urbanización de Patibamba baja de la ciudad de Abancay está conformada por 624 viviendas de albañilería, las cuales fueron consideradas como población. Se encuestaron a 16 viviendas las cuales fueron consideradas como muestras”. (Llamccaya Huamani, 2018)

Para evaluar y calcular la vulnerabilidad sísmica se emplearon instrumentos como al ficha de encuesta, donde se anotaron aquellas características arquitectónicas, constructivas y estructurales de viviendas encuestadas. También se empleó la ficha de reporte donde se realizó el análisis sísmico, se verifico la densidad de muros y también se verifico la estabilidad de los tabiques, cercos y parapetos por volteo. Asimismo, se calificó el nivel de vulnerabilidad en la que se encuentra cada vivienda encuestada. (Llamccaya Huamani, 2018)

De los resultados obtenidos, se determinó que el 56.00% presentan vulnerabilidad sísmica alta, el 25% presentan vulnerabilidad sísmica media y el 19% presentan vulnerabilidad sísmica baja, siendo los principales factores influyentes la densidad de muros, la calidad de la mano de obra y materiales durante el proceso constructivo. En conclusión, las viviendas que han sido evaluadas en la Urbanización Patibamba baja de la ciudad de Abancay Apurímac en el año 2018, presentan vulnerabilidad sísmica alta. Por lo tanto, se demuestra que la hipótesis planteada para la presente investigación es verdadera. (Llamccaya Huamani, 2018)

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Variable Independiente: Factores estructurales de edificaciones

“Es la información y característica que presenta, cada edificación necesaria para comprender la calidad resistente”. (CIGIR, 2009)

Estructura

“La estructura recibe, soporta y transmite las cargas a través de sus elementos, hasta el suelo”. (CIGIR, 2009),

También indica que una estructura debe tener la capacidad de transmitir cargas soportando su incidencia sin perder la estabilidad. Y dan a conocer que los elementos que se encuentran por debajo del nivel del terreno, se denominan subestructura, y los que están por encima de este nivel se llaman superestructura.

Tipos de estructuras

Según el CIGIR indica que una estructura está conformada por:

Elementos estructurales

Son aquellos elementos que deben soportar las cargas para las cuales fueron diseñados, incluyendo el peso propio de sus materiales y el de las personas, muebles y elementos arquitectónicos de contendor. Conforman el esqueleto de las estructuras, y comprende elementos como columnas, vigas, losas y muros portantes. (CIGIR, 2009)

Elementos no estructurales

No cumplen una función estructural, es decir no están diseñados para soportar cargas; su propósito es suministrar funciones complementarias a las edificaciones, como cerrar y delimitar espacios (paredes, techos, puertas y ventanas), proporcionar comodidades (servicios de iluminación, ventilación, tuberías), servir como ornamento, entre otros. (CIGIR, 2009)

Edificaciones informales

Son construcciones que carecen de registro y concesión de licencia, carecen de asistencia técnica que conllevan a malas prácticas. Como el mal uso de los aceros en los elementos estructurales, mala calidad de concreto, malas instalaciones sanitarias y eléctricas, deficientes construcciones en laderas de los cerros, inadecuada construcción sobre rellenos sanitarios,

Existen dos tipos de viviendas informales que se da en nuestro país. La primera se denomina construcción por autogestión, mediante la cual se contrata personas con conocimientos empíricos, más no técnicos, para que diseñe y construya la vivienda. Y la segunda modalidad de informalidad es la autoconstrucción, mediante la cual la propia familia se encarga de construirla. (Larureano Porras, 2020, pág. 14)

La construcción de viviendas informales en el Perú

Algunas cifras permiten graficar el impacto y las consecuencias de la informalidad en el sector construcción. En primer lugar, a partir de los datos de los censos nacionales y de las mediciones anuales que CAPECO realiza sobre el mercado habitacional formal, se estimó que el 68.5% de las viviendas construidas entre el año 2007 y el 2014 en Lima Metropolitana fueron edificadas informalmente. Aunque no ha sido posible efectuar un cálculo a nivel nacional, y a pesar de que en este periodo se ha producido un incremento visible de la oferta formal de vivienda, puede presumirse que en el resto del país la proporción de la construcción informal es mayor que en la capital. (CAPECO).

En segundo término, un estudio del Ministerio de Vivienda del año 2012, reveló que, en las 79 ciudades más pobladas del país, existían 8,900 barrios urbano marginales asentados cuyo origen fue la invasión de terrenos, donde residía el 40% de la población urbana (7 millones 600 mil habitantes) y en las que las condiciones de vida y las oportunidades de desarrollo de las familias que habitan en estos barrios son mínimas. El 84% de estos barrios presentaba pistas de tierra o afirmadas, el 70% no contaba con áreas verdes, el 41% no tenía alcantarillado, el 37% carecía de agua potable y el 74% estaba en condición de vulnerabilidad frente a desastres naturales. (CAPECO).

Los expertos recomiendan a los ciudadanos pedir la licencia de construcción de los inmuebles que compran y que un ingeniero supervise las obras por lo menos una vez a la semana para garantizar su construcción según las normas peruanas. Se descartan que el costo del servicio sea inalcanzable. (Tavera, 2010).

Defectos de la construcción de viviendas informales

Problemas de ubicación de vivienda

“Generalmente en la construcción de las viviendas informales no se tiene en cuenta las características del suelo”. (CIGIR, 2009)

Viviendas sobre relleno de nivel

“Los rellenos de nivel son depósitos de tierra artificiales. Se clasifican en rellenos controlados o de ingeniería y en rellenos no controlados”. (Minke, 2005).

“Los rellenos no controlados son los más comunes, pues se realizan con cualquier material y sin una adecuada compactación”. (Minke, 2005).

Viviendas sobre suelo no consolidado

Los suelos no consolidados son suelos granulares de baja resistencia, que algunas veces debido a la poca capacidad portante del suelo, las viviendas sufren asentamientos diferenciales que producen fisuras en los pisos, muros y losas. Una solución práctica es colocarle un sobre cimiento armado por que minimiza en gran parte el efecto de los asentamientos diferenciales. (Minke, 2005).

Viviendas sobre terrenos con pendiente

Las viviendas ubicadas en zona de pendiente, se encuentran generalmente construidas en la parte alta de los cerros. Los muros de algunas viviendas ubicadas en las faldas del cerro están enterrados, soportando el empuje lateral del terreno. (Minke, 2005).

Eflorescencia

La eflorescencia se presenta se presenta como manchas blancas en ladrillos o hormigón, producidos por la cristalización de sales solubles en agua. Este fenómeno ocurre por la falta de impermeabilización de los materiales en zonas donde existe mucha humedad o donde existe infiltración de agua. (Minke, 2005).

Problemas estructurales en las viviendas

Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta

Los muros deben tener una adecuada resistencia y no deben fallar de forma frágil. Por lo tanto, deben estar constituidas de unidades de albañilería solida o maciza mas no del tipo tubular, porque los muros construidos de ladrillo pandereta (Tipo Tubular) presentan un tipo de falla frágil y repentina. (PUCP & SENCICO, 2005).

Inadecuada densidad de muros

La resistencia sísmica de las viviendas de albañilería confinada, está relacionada con la capacidad que tienen sus muros de soportar el cortante sísmico, esto significa que para una estructura tenga un buen desempeño ante un movimiento sísmico, debe tener adecuada densidad de muros en sus dos direcciones (paralela perpendicular a la fachada o calle). (PUCP & SENCICO, 2005).

Muros sin vigas soleras

Muchas veces los constructores de viviendas informales (como los albañiles y los maestros de obra) no tienen un buen concepto de confinamiento y omiten la construcción de vigas soleras sobre los muros resistentes a los sismos. (PUCP & SENCICO, 2005).

Sismicidad en el departamento de Apurímac.

Antecedentes sísmicos en el departamento de Apurímac.

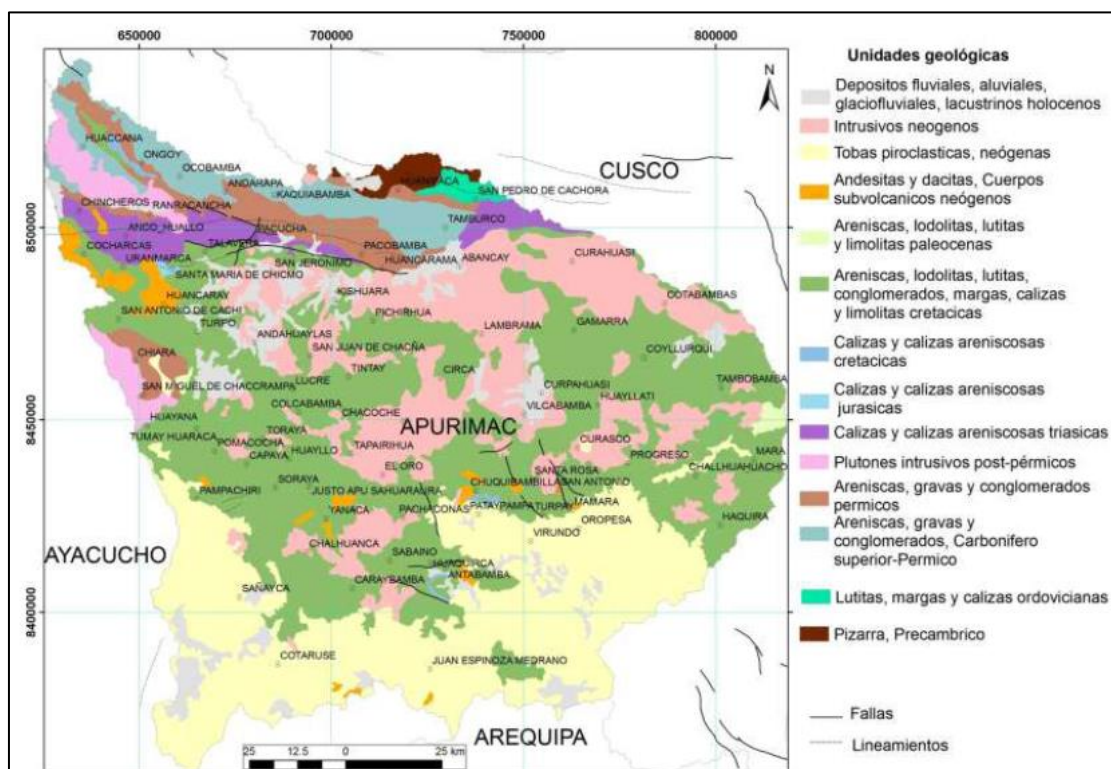
“La actividad sísmica de la región es registrada por la estación sísmica de Chalhuanca a 2,900 m.s.n.m a 110 km al sur oeste de Abancay, las coordenadas geográficas son” (INDECI-Abancay, 2007, pág. 42).

- “14°17'40” Latitud Sur
- 73°14'64” Longitud Oeste”. (INDECI-Abancay, 2007, pág. 42).

“Estructuralmente, en la región se observan zonas de fallas de orientación E-O en la parte septentrional representadas por el sistema de fallas Abancay-Andahuaylas-Chincheros y NE-SO constituidas por el sistema de fallas Patacancha – Tamburco”. (INGEMMET, 2013, pág. 7)

Figura 1

Mapa geológico de la región Apurímac.



Fuente: INGEMMET

En el año 1995 produjeron fallas considerables en las viviendas recién inauguradas del complejo habitacional de FONAVI, esto se toma como una fecha de inicio del fenómeno pero más bien debe ser entendida como la fecha en que se detecta el movimiento, la ladera pudo estar desplazándose mucho antes pero no existía obras sensibles que hagan visible el movimiento de masa. (INDECI, MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE ABANCAY, 2007, pág. 158).

Tabla 1*Eventos sísmicos en Apurímac.*

FECHA	DESCRIPCIÓN
01/01/1847	Terremoto destruye el pueblo de Huancarama al oeste de Abancay.
10/07/1870	Sismo de regular intensidad en la Provincia Cotabambas destruye algunas viviendas y pérdidas de daños materiales.
05/12/1875	Fuerte sismo en Abancay a las 31:30 produciendo averías en muchas edificaciones con 27 réplicas hasta las 6:00 am del día siguiente, fue percibido en forma notoria en Curahuasi.
20/01/1905	Terremoto ocasionado en Huamanmarca, al SW de Abancay, cuyo pueblo quedo desolado a consecuencia de este fenómeno.
04/11/1913	Violento sismo en la provincia de Aymaraes, puente Huayquipa, Sañayca, con daños en Colcabamba, Amoray, murieron más de 150 personas con replicas en Chalhuanca, Abancay con daños en las construcciones.
05/01/1925	Sismo de intensidad VI MM causa extensos daños en la ciudad de Abancay.
01/07/1964	Terremoto de intensidad (5.3) MM afectó las viviendas de las comunidades en toda la zona de Aymaraes.
12/06/1969	Fuerte temblor de intensidad (5.2) MM es sentido en la población de Chuquibambilla y alrededores.
14/10/1971	“Sismo destructor en Soraya, Mosecco, Sañayca, Toraya: ubicados al margen izquierdo del río Pachachaca. Los deslizamientos destruyeron diversos tramos en la carretera Abancay Chalhuanca”. (Huashua Huarcaya & Sanchez Contreras, 2017)
16/06/1994	Sismo de regular intensidad (4.4) MM afecta las construcciones de viviendas en Cotaruse - Aymaraes.
08/08/2001	Antabamba, “Sismo de 6.2 en la escala de Richter con daños materiales en construcciones de viviendas”. (Huashua Huarcaya & Sanchez Contreras, 2017)
20/09/2012	Según reportó el Instituto Geofísico del Perú (IGP), se registra un sismo de 4.3 grados en la ciudad de Abancay a 67 kilómetros al suroeste de Abancay,

	<p>el movimiento telúrico tuvo una profundidad de 100 kilómetros por lo que no fue advertido por la población ni causó daños materiales.</p>
21/05/2013	<p>Según reporto el Instituto Geofísico del Perú (IGP) se registró un sismo de 5.7 grados en la escala de Richter en la Región de Apurímac. El epicentro de este movimiento telúrico Se ubicó a 32 kilómetros al sureste de Abancay, a una profundidad de 90 kilómetros.</p>
16/05/2016	<p>Según reporto el Instituto Geofísico del Perú (IGP) se registró un sismo de intensidad de nivel II y III en Abancay. El epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 22 kilómetros al suroeste de Abancay a 20 kilómetros de profundidad, no se registraron daños personales ni materiales.</p>
19/09/2017	<p>Según reporto el Instituto Geofísico del Perú (IGP) se registró un sismo de magnitud de 3.4 grados, el epicentro tuvo una profundidad de 7 kilómetros. El temblor alcanzo una intensidad II en la zona de Pampamarca y fue percibido levemente por la población.</p>
02/09/2019	<p>Según reporto el Instituto Geofísico del Perú (IGP) se registró un sismo de magnitud de 4.8 grados el epicentro del movimiento telúrico se ubicó a 14 kilómetros al suroeste del distrito de Chuquibambilla Grau, a una profundidad de 98 kilómetros, no se registraron daños personales ni materiales.</p>
23/09/2021	<p>Según reporto el Instituto Geofísico del Perú (IGP) se registró un sismo de magnitud 3.4 con intensidad III, el epicentro del movimiento telúrico se ubicó a 9 kilómetros al suroeste del distrito de Abancay, a una profundidad de 9 kilómetros, no se registraron daños personales ni materiales.</p>

Fuente: Recopilaciones.

2.2.2 Variable Dependiente: Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza, a sufrir daño o pérdidas (Wong et al, 1997). Además es una característica dependiente de la forma como haya sido diseñada y construida la edificación, e independiente de la amenaza sísmica del sitio donde esté ubicada. (Llanos Lopez & Vidal Gomez, 2003, pág. 38).

Clases de vulnerabilidad

A.- Vulnerabilidad estructural

Este componente de la vulnerabilidad también se conoce como vulnerabilidad física, hace referencia al grado de afectación que pueden sufrir los elementos estructurales de una edificación y está relacionada con la capacidad que tiene una estructura para soportar las sollicitaciones a las que se ve sometida en el momento de un sismo. (Llanos Lopez & Vidal Gomez, 2003, pág. 39).

B.- Vulnerabilidad no estructural

“Está asociada a los daños que pueden tener los sistemas arquitectónicos de una edificación que, en términos económicos y de vidas humanas, pueden ser tan importantes como los daños estructurales”. (Llanos Lopez & Vidal Gomez, 2003, pág. 39).

C.- Vulnerabilidad funcional

“Se define en términos de los efectos de un desastre en el buen funcionamiento y desempeño de una edificación de acuerdo con su función”. (Llanos Lopez & Vidal Gomez, 2003, pág. 39).

Sismo Tectónica del Perú

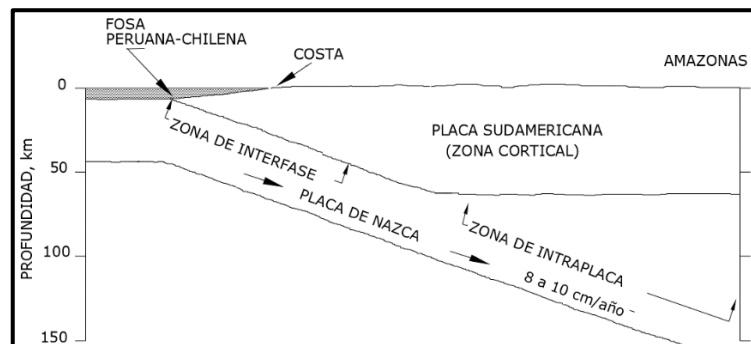
Principales aspectos tectónicos

El movimiento sísmico en el Perú está dominado por la interacción de las placas tectónicas de nazca y sudamericana, como también los cambios que se dan en la corteza terrestre. La alta convergencia entre las placas provoco la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana una velocidad de 8-10 cm/año a una profundidad de al menos 200 km en el Perú Central (Bolaños & Monroy, 2004).

El proceso de subducción de la placa de nazca presenta tres rasgos tectónicos fundamentales, cada uno con particularidades distintas con relación a los eventos sísmicos que producen y las fallas que muestran. Ver figura 2.

Figura 2

Sección transversal del proceso tectónico en la zona de subducción.



Fuente: (Bolaños & Monroy, 2004)

Mesta (2014), indica que la zona de subducción somera se caracteriza por la convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana y presenta canales bajo condiciones de presión. Muchos terremotos en el mundo ocurren en esta área a una profundidad de 40 a 50 kilómetros con una magnitud de M_w inclusive de 9,0. (pág. 16).

“La zona de subducción de intraplaca está caracterizada por eventos tensionales que ocurren en la zona descendente de la placa de Nazca, donde los sismos son por fallas normales, con magnitudes hasta 8,0 Mw”. (Mesta, 2014).

La zona de la corteza continental de la placa Sudamericana está sujeta a esfuerzos tectónicos compresionales debido al contacto con la placa de Nazca. Esto provocó el arrugamiento y levantamiento del margen continental durante un periodo muy difícil, cuyo resultado final fue la formación de la cordillera de los Andes. La zona de la corteza está caracterizada por eventos moderados, con fallas con ángulo de buzamiento pequeño y con magnitudes Mw entre 6,0 y 7,5; que se muestran en el borde occidental y oriental de la cordillera de los Andes (Mesta, 2014, pág. 16).

2.2.3 Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica

“Los métodos se agrupan en dos categorías generales (figura 3), los de Vulnerabilidad calculada y de vulnerabilidad observada”. (Caicedo et al, 1994).

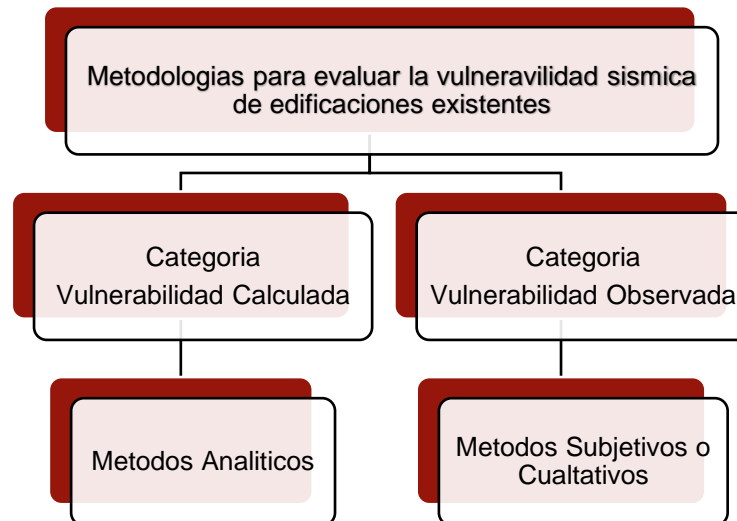
“En la primera se utilizan técnicas de modelación estructural para simular el comportamiento sísmico bajo cargas dinámicas y resultados de ensayos de Materiales en el laboratorio, que sirven para determinar el índice global de daño que puede presentar la edificación, y se calibra a partir del daño real observado de las estructuras sometidas a movimientos telúricos anteriores. Dentro de esta categoría se encuentran los métodos analíticos”. (Peralta Buritica, 2002, pág. 185)

Los métodos de la segunda categoría se fundamentan en la observación del daño ocurrido en estructuras durante terremotos, mediante el levantamiento en campo de índices de vulnerabilidad o la opinión subjetiva de expertos sobre el comportamiento sísmico de diferentes tipologías constructivas.

Dentro de esta categoría se encuentran los métodos subjetivos o cualitativos. (Peralta Buritica, 2002, pág. 186)

Figura 3

Metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica.



Fuente: (Peralta Buritica, 2002).

A continuación, se muestra la metodología escogida para el estudio:

2.2.4 Metodología escogida para el estudio de tesis realizado

“La vulnerabilidad sísmica nos permite clasificar las edificaciones según sus características y calidad estructural, considerando de un rango muy vulnerable a nada vulnerable, ante un sismo. Para realizar una evaluación a nivel urbano, el método utilizado debe ser lo suficientemente simple para ser utilizado en grades áreas. Existen diferentes métodos, por lo que debe utilizar el que mejor se adapte al propósito del estudio”. (Maldonado Rondon & Chio Cho, 2009). La vulnerabilidad refleja la falta de resistencia de una edificación frente a los sismos y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción. Para poder conocer el daño que puede sufrir una estructura sometida a un

sismo de un determinado nivel es necesario determinar una función de vulnerabilidad lo cual es una relación matemática generada mediante la recopilación de datos de daños observados en sismos previos o calculadas debido a la falta de información, se evalúa el daño de la estructura simulando las características de las edificaciones. (Maldonado Rondon & Chio Cho, 2009).

Este método puede aplicarse en las edificaciones de manera rápida y muy sencilla, con los conocimientos básicos que se tiene sobre el tema se puede llenar la ficha de encuesta y hoja de observaciones para el posterior análisis de cada edificación.

Las razones del uso de esta metodología en la Zona norte de Las Américas son las siguientes:

- “Esta metodología se ha aplicado con buenos resultados en los terremotos de Almería en 1993-94 y Murcia en 1999, por Yépez y Mena, respectivamente”. (Serrano Lanzarote & Temes Cordovez, 2015)
- Esta metodología ha sido aplicada en diferentes lugares de nuestro país (Lima, Huánuco, Cusco, etc.).
- Esta metodología fue utilizada en Italia, en sus diferentes ciudades logrando buenos resultados y a causa de ello se adoptó oficialmente por un Organismo Gubernamental de Protección Civil.
- Se requiere conocimientos básicos sobre el tema para poder llenar la ficha de encuesta y hoja de observaciones.
- Es aplicable en investigaciones a nivel urbano.
- La metodología “Índice de Vulnerabilidad” cumple con las exigencias del RNE.

MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Según (Peralta Buritica, 2002), “El método del índice de vulnerabilidad propuesto por estos autores considera 11 parámetros para definir la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería no reforzada (MNR) y de hormigón armado (HA). Éstos son el tipo y calidad de organización del sistema resistente, la resistencia convencional, la posición del edificio y la cimentación, los entrepisos, la configuración en planta, la configuración en elevación, la separación máxima entre muros, el tipo de cubierta, los elementos no estructurales y el estado de conservación”. (pág. 195).

Según (Peralta Buritica, 2002), “Los parámetros son calificados en base a una escala numérica creada por los autores del método, donde se le asigna una calificación K_i a cada valor de la escala de gradación, desde A hasta D, donde A es óptimo y D es pésimo (ver tabla 2). Después de obtener las calificaciones parciales (A, B, C, D), de cada parámetro analizado, estas son afectadas por un factor de peso según el grado de importancia de cada parámetro en relación con los demás. En base a los valores obtenidos, se cuantifica la vulnerabilidad global de la edificación mediante una suma ponderada, a este valor se lo conoce como Índice de Vulnerabilidad (I_v), según la expresión”: (pág. 195).

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i * W_i)$$

Donde:

K_i = Coeficiente de calificación.

W_i = Coeficiente de peso.

I_v = Índice de vulnerabilidad total acumulado.

Tabla 2*Matriz de calificación de edificaciones de mampostería.*

Nº	Parámetro	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.0
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.0
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.0
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.0

Calificación y pesos de los ítems de vulnerabilidad para edificaciones MNR (Petrini y Benedetti (1984), en Jiménez 2000).

Tabla 3*Matriz de calificación de edificios de hormigón armado.*

Nº	Parámetro	Ki A	Ki B	Ki C	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1.0
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
6	Configuración en planta	0	1	2	1.0
7	Configuración en elevación	0	1	3	2.0
8	Separación máxima entre muros	0	1	2	1.0
9	Tipo de cubierta	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	2.0

Calificación y pesos de los ítems de vulnerabilidad en HA (Petrini y Benedetti (1984), en Jiménez 2000).

Parámetro 1. Organización del sistema resistente.

“Con este parámetro se busca determinar la eficacia de la estructura existente evaluando las uniones entre vigas, columnas y el confinamiento de muros”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “Edificación en albañilería confinada en todas las plantas”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

B. “Edificación en albañilería solo con vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o vigas con columnas de confinamiento pero no en todas las plantas”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

C. “Edificación en albañilería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas y que está conformado por paredes ortogonales bien ligadas”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

D. “Edificación en albañilería que no posee vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas, con paredes ortogonales no ligadas o mal ligadas”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Parámetro 2. Calidad del sistema resistente.

“Este parámetro busca determinar el tipo de albañilería según su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento de la estructura”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “Albañilería y mortero de buena calidad”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

B. “Albañilería de buena calidad con mortero pero con unidades de albañilería no muy homogéneas a lo largo de todo el elemento”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

C. “Albañilería de baja calidad con poco mortero, no homogéneas pero bien trabadas”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

D. “Albañilería de baja calidad con baja o sin presencia de mortero, con unidades de albañilería no homogénea y mal trabada”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Parámetro 3. Resistencia convencional.

“Este parámetro relaciona el cortante resistente de los muros (V_R) y la fuerza basal actuante (V_A)”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “ $F_s \geq 1.0$ ”

B. $1.0 > F_s \geq 0.6$

C. $0.6 > F_s \geq 0.4$

D. $0.4 > F_s$ ” (Hurtado O. & León M., 2008).

Parámetro 4. Posición del edificio y cimentación.

“Este parámetro analiza la relación entre el tipo de terreno y la cimentación con el comportamiento sísmico de la edificación, para lo cual se tiene en cuenta la capacidad y la pendiente del terreno, la ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “Edificación cimentada sobre terreno estable o roca con pendiente inferior al 10%, el cimiento está a la misma cota. No hay empuje de tierra a causa de un terraplén”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

B. “Edificación cimentada sobre terreno estable o roca con pendiente entre 10% y 30%, la diferencia de las cotas del cimiento no es mayor a 1 metro. No hay empuje de tierra a causa de un terraplén”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

C. “Edificación cimentada sobre terreno blando o suelto con pendiente entre 10% y 30% o sobre terreno estable o roca con pendiente entre 30% y 50%. La diferencia de las cotas del cimiento no es mayor a 1 metro. Hay empuje de tierra a causa de un terraplén”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

D. “Edificación cimentada sobre terreno blando o suelto con pendiente mayor al 30% o terreno estable o roca con pendiente mayor al 50%. La diferencia de cotas del cimiento es mayor a 1 metro. Hay empuje de tierra a causa de un terraplén”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Parámetro 5. Diafragmas horizontales.

“Este parámetro busca primordialmente la evaluación de dos aspectos, que la rigidez del diafragma en el plano sea suficiente y que las conexiones entre el diafragma y los elementos verticales, sean de carácter adecuado”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “Cuando no se cumple ninguna de las siguientes condiciones: hay desniveles, el porcentaje de abertura en el diafragma es mayor de 30% y la conexión entre el diafragma y los muros es deficiente”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

B. “Cuando no se cumple alguna de las condiciones de la clase A”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

C. “Cuando no se cumplen dos de las condiciones en la clase A”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

D. “Cuando no se cumple ninguna de las condiciones en la clase A”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

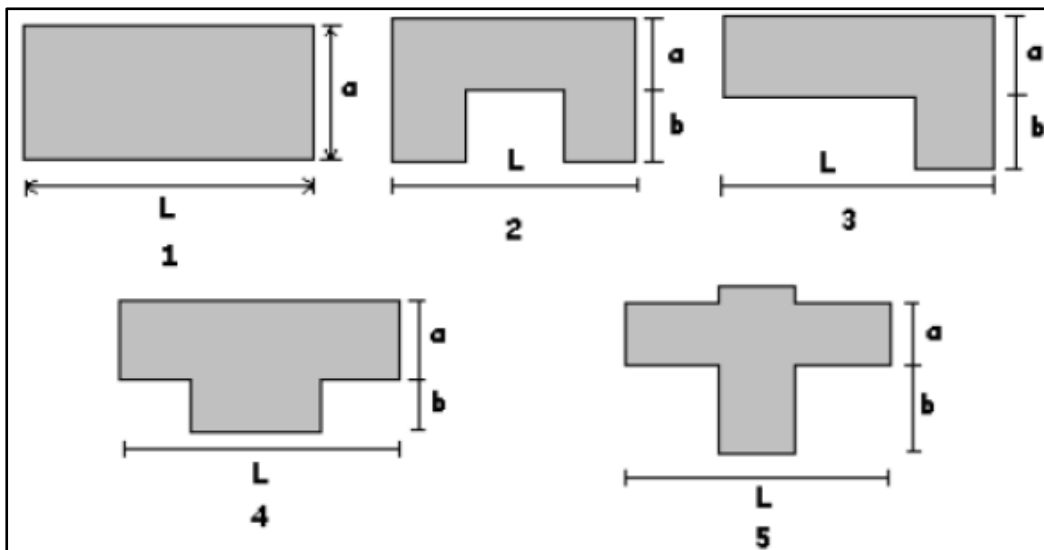
Parámetro 6. Configuración en planta.

“Se considera la relación a/L entre el ancho y el largo en planta, además se toma en cuenta las protuberancias que se presentan en el cuerpo principal de la estructura b/L , ya que pueden causar efectos de torsión no deseados”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

- A. “ $a/L \geq 0.8$ o $b/L \leq 0.1$ ”
- B. $0.6 \leq a/L < 0.8$ o $0.1 < b/L \leq 0.2$
- C. $0.4 \leq a/L < 0.6$ o $0.2 < b/L \leq 0.3$
- D. $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$ ” (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Figura 4

Ejemplos de configuración en planta.



Fuente: (Hurtado O. & León M., 2008)

Parámetro 7. Configuración en elevación.

“Se determina la irregularidad con la variación de masa en porcentaje $\pm \Delta M/M$ entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y el signo (+) se usa

si se presenta aumento o el (-) si se presenta disminución de masa hacia lo alto del edificio”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “ $-\Delta M/M < 10\%$

B. $10\% \leq -\Delta M/M < 20\%$

C. $-\Delta M/M > 20\%$

D. $+\Delta M/M > 0$ ”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Parámetro 8. Separación máxima entre muros.

“La evaluación de éste parámetro se trata de la presencia de muros transversales que interceptan muros portantes y se realiza con el factor L/S, donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S es el espesor del muro portante. Se evaluará el caso más desfavorable”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. “ $L/S < 15$

B. $15 \leq L/S < 18$

C. $18 \leq L/S < 25$

D. $25 \leq L/S$ ”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Parámetro 9. Tipo de cubierta.

“Este parámetro evalúa la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas, de acuerdo con la estabilidad de la cubierta y la existencia de vigas corona”. (Llanos Lopez & Vidal Gomez, 2003)

A. “El edificio presenta las siguientes características:

- Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas como tornillo o alambres, que garanticen un comportamiento de diafragma rígido”. (Castro P, 2011)
 - “Provisto de arriostamiento en las vigas y distancia entre vigas no muy grande”. (Castro P, 2011)
 - “Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada”. (Castro P, 2011)
- B. “Edificio que no cumple una de las características presentadas en la clase A”. (Castro P, 2011)
- C. “Edificio que no cumple con dos de las características presentadas en la clase A”. (Castro P, 2011)
- D. “Edificio que no cumple ninguna de las características presentadas en la clase A”. (Castro P, 2011)

Parámetro 10. Elementos no estructurales.

“Este parámetro mide la cantidad de elementos no estructurales en la edificación”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

- A.** “Estructura con elementos no estructurales, de pequeña dimensión y bien conectados a la estructura principal”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).
- B.** “Estructura con elementos no estructurales, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).
- C.** “Estructura con demasiados elementos no estructurales de peso considerable y mal conectados a la estructura principal, que pueden caer en caso de terremoto”. (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

D. "Estructura con elementos no estructurales sin conexión o elementos montados en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello una unión deficiente de dichos elementos a los muros". (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Parámetro 11. Estado de conservación.

"Este parámetro evalúa los deterioros que se encuentran en las edificaciones y que pueden arriesgar la capacidad del sistema resistente vertical y lateral". (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

A. "Muros, columnas y techo en buena condición y sin daño visible". (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

B. "Muros, columnas y techo con agrietamiento que no ha sido provocado por terremotos". (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

C. "Muros y columnas con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm de espesor) o con grietas causadas por sismo. Estructuras que no presentan agrietamiento pero que tienen un estado de conservación mediocre". (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

D. "Muros y columnas con gran deterioro en los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm. Techos muy dañados cercanos al colapso" (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008).

Análisis de vulnerabilidad sísmica.

Con la escala global de vulnerabilidad adaptada por (Hurtado Ortiz & Leon Meza, 2008), el tipo de intervención puede asumirse por el índice de vulnerabilidad que va de 0 a 337,5, tomando este último como el valor más crítico o desfavorable y asumiendo la presencia de daños graves ante un probable sismo.

Tabla 4

Escala global de vulnerabilidad adaptada.

Valor de índice de vulnerabilidad I_v	Interpretación del índice de vulnerabilidad I_v	Tipo de intervención
0-52.5	Baja vulnerabilidad	A largo plazo
52.5-125	Media vulnerabilidad-baja	A largo plazo
125-162.5	Media vulnerabilidad-alta	Necesario
162.5-337.5	Alta vulnerabilidad	Urgente

Fuente: Hurtado O. & León M., 2008

2.2.5 Norma E.020 Cargas

“Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 Cargas, 2019).

- **Carga muerta**

“Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 Cargas, 2019).

Tabla 5

Peso específico de materiales.

MATERIALES	PESO (Kg/m ³)
Albañilería	
Unidades de arcilla cocida solidas	1800
Unidades de arcilla cocida huecas	1350
Concreto simple	
Grava	2300
Concreto armado	Añadir 100 al peso del concreto simple

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 Cargas, 2019).

Tabla 6*Peso específico de losas aligeradas.*

Losas aligeradas armadas en una sola dirección de concreto armado		
Con vigueta 0.10m de ancho y 0.40m entre ejes		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m ²)
0.17	0.05	2.8(280)
0.20	0.05	3.0(300)
0.25	0.05	3.5(350)
0.30	0.05	4.2(420)

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 Cargas, 2019).

- **Carga viva.**

“Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 Cargas, 2019).

2.2.6 Norma E.030 Diseño Sismorresistente

“Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

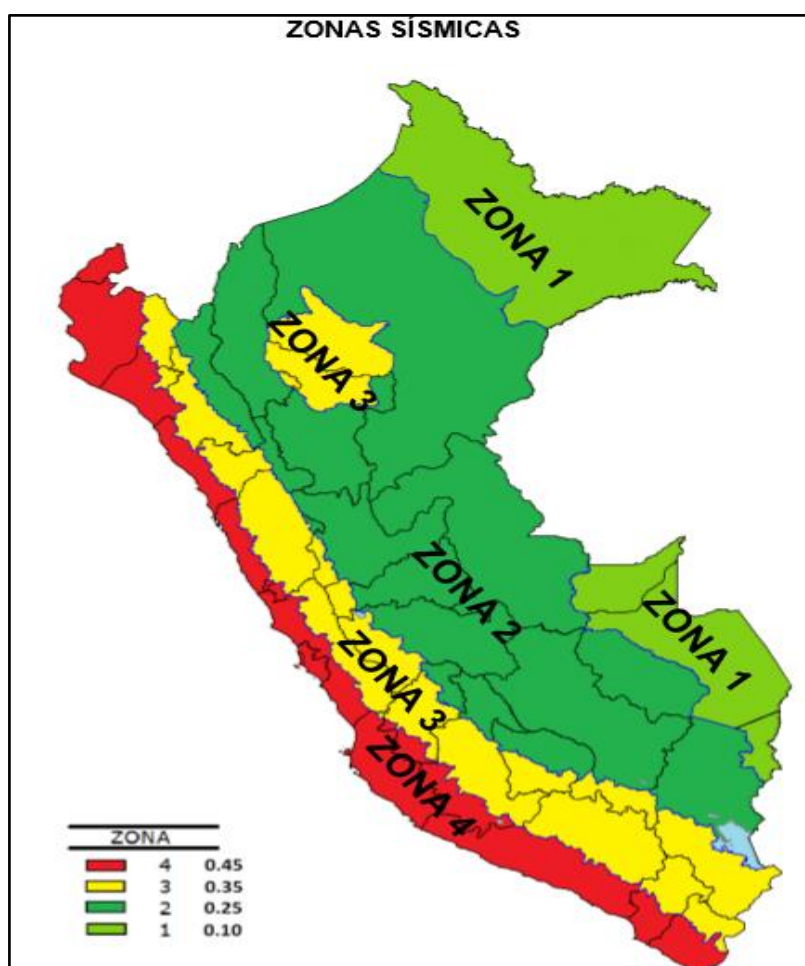
“No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento. Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Zonificación**

“El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica”.
(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Figura 5

Zonificación Sísmica del Perú



Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente, 2019)

Tomando en cuenta en RNE, nuestra área de estudio se encuentra en el departamento de Apurímac, provincia de Abancay se considera en la zona 2, asumiendo como factor de zona ($Z=0.25$).

- **Parámetros de sitio (S , T_p y T_L)**

“Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos T_p y T_L dados en la tablas N° 7 y N°8”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 7

Factor de Suelo

FACTOR DE SUELO "S"					
ZONA	SUELO	S0	S1	S2	S3
	Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
	Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
	Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
	Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 8

Periodos

PERIODOS "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	So	S1	S2	S3
T_p (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

En la investigación se considera un Perfil tipo S2: Suelos intermedios, asumiendo como parámetros de suelo $S = 1.20$ de este se considera los periodos $T_p(s) = 0.6$, y $T_L(S) = 2.0$ según la Tabla 7 y 8.

- **Factor de amplificación sísmica (C)**

“De acuerdo a las características del sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión”: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p T_L}{T}\right)$$

Donde:

C= Factor de amplificación

T= periodo

T_p = Periodo que define la plataforma del factor C

T_L =Periodo que define el inicio de la zona del factor C, con desplazamiento constante.

- **Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones**

- a) Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)**

La importancia o factor de uso (U), de acuerdo a las tablas N°9 según la norma E.030, para la investigación se considerara categoría C (edificaciones comunes), este es definido como “Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018), siendo así el factor de uso 1.0

Tabla 9*Categorización de las Edificaciones*

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones esenciales	<p>"A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud". (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	Ver nota 1
	<p>"A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1". (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). - "Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía". (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). - "Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua". (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). <p>"Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades". (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p> <p>"Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos". (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	1.5

	“Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).	
B Edificaciones importantes	“Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). “También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).	1.3
C Edificaciones comunes	“Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).	1
D edificaciones temporales	“Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).	Ver nota 2

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Nota 1: las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decir si usa o no aislamiento sísmico si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1.5”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

“**Nota 2:** en estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuada para acciones laterales, a criterio del proyectista”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Categoría de la Edificación e Irregularidad.**

La tabla N° 10 indica que se consideró a las viviendas evaluadas como edificaciones comunes, de categoría C, y la restricción será que “no se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 10

Categoría y regularidad de las edificaciones.

CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la edificación	Zona	Restricción
A1 y A2	4,3 Y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3 Y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
	4 Y 3	No se permiten irregularidades extremas
C	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Sistemas estructurales.**

“Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección de análisis, tal como se indica en la tabla 11”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 11*Sistemas Estructurales*

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
 Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
 Albañilería Armada o Confinada	 3
Madera (Por esfuerzos Admisibles)	7

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

En la investigación, se considera el coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica (R) igual a 3, debido a que se analizó viviendas autoconstruidas de albañilería armada o confinada.

- **Regularidad estructural**

“las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- Cumplir las restricciones de la tabla N°10
- Establecer los procedimientos de análisis

- Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

a) Estructuras regulares

“Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

b) Estructuras irregulares

Se definen como estructuras irregulares aquellas que presentan una o más irregularidades estructurales en altura o en planta. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Factores de Irregularidad (I_a , I_p)**

“El factor I_a se determinara como el menor de los valores de la Tabla N°12 correspondiente a la irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor I_p se determinara como el menor de los valores de la Tabla N° 13 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

“Si al aplicar las Tablas N° 12 y 13 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las dos direcciones de análisis se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 12*Irregularidades Estructurales en Altura*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Irregularidad <i>I_a</i>
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	
<p>“Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	
<p>“Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	
<p>Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	0,50
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	
<p>“Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	

Irregularidad de Masa o Peso

“Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

0,90

Irregularidad Geométrica Vertical

“La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

0,90

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

“Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

0,80

Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver

Tabla N° 10)

0,60

“Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total”.
(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 13*Irregularidades Estructurales en Planta*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
<p>Irregularidad Torsional</p> <p>“Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio solo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y solos si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema</p> <p>“Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{CM}), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio solo se aplica en edificios con diafragma rígido y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes</p> <p>“La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma</p> <p>“La estructura se califica como regular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que</p>	

50% del área bruta del diafragma” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). 0,85

“También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta de resistencia menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Sistemas no Paralelos

“Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). 0,90

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Desplazamientos laterales permisibles**

“El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la tabla 14”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 14

Límites para el desplazamiento lateral de entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTOSION DEL ENTREPISO	
Material predominante	Δ_i/h_{ei}
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

La investigación toma en cuenta un desplazamiento lateral máximo de 0.005 por trabajar con viviendas de albañilería.

- **Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes**

“El presente método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

- **Fuerza cortante en la base**

“la fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

2.2.7 Norma E.060 Concreto Armado

- **Requisitos generales**

“Esta norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, preesforzado y simple”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“La construcción deberá ser ejecutada e inspeccionada por ingenieros civiles colegiados, los cuales serán responsables del cumplimiento de lo indicado en los planos y especificaciones técnicas”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Ensayos de materiales**

“La supervisión o autoridad competente podrá ordenar, en cualquier etapa de ejecución del proyecto, el ensayo de cualquier material empleado en las obras

de concreto, con el fin de determinar si corresponde a la calidad especificada”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“El muestreo y los ensayos de materiales y del concreto deben hacerse de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas - NTP correspondientes o las Normas ASTM si no hubiera una Norma Técnica Peruana”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Frecuencia de los ensayos**

“las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 50 m³ de concreto, ni menos de una vez por cada 300 m² de superficie de losas o muros. No deberá tomarse menos de una muestra de ensayo por cada cinco camiones cuando se trate de concreto premezclado”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Mezclado del concreto**

“Todo concreto debe mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales. La mezcladora debe descargarse completamente antes de volverla a cargar”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Transporte del concreto**

“El concreto debe ser transportado desde la mezcladora hasta el sitio final de colocación empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de material”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Tuberías y ductos embebidos en el concreto**

“Los ductos, tuberías e insertos que pasan a través de losas, muros o vigas, no deben debilitar significativamente la resistencia de la estructura ni la protección

del refuerzo contra el fuego y la corrosión”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“Los ductos y tuberías, Junto con sus conexiones, embebidas en una columna, no deben ocupar más del 4% del área de la sección transversal que se empleó para calcular su resistencia, o de la requerida para la protección contra el fuego”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Juntas de construcción**

“Es importante, para la integridad de la estructura, que todas las juntas de construcción estén cuidadosamente definidas en los documentos de construcción y que se construyan según lo especificado. Cualquier variación debe ser aprobada por la supervisión”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

2.2.8 Norma E.070 Albañilería

- **Criterios generales**

“Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales para obtener el objetivo de la seguridad estructural en cuanto a criterios de resistencia, rigidez, estabilidad y servicio de las construcciones”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Limitaciones en su aplicación**

El uso de elementos de albañilería se realiza de acuerdo a las condiciones dadas en la tabla 15.

Tabla 15*Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería*

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES				
		ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
TIPO		Muro portante en edificio de 4 pisos a mas	Muro portante en edificio de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	Solido	No	Si, hasta dos pisos	Si
	industrial	Si	Si	Si
		Si	Si	Si
	Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
		No	No	Si
	Hueca	Si		
		No	No	Si, hasta 2 pisos
	Tubular	Si		

Fuente: (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Pruebas a la unidad de albañilería**

- a) **Muestreo.-** “el muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionara al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuaran las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayaran a compresión y las otras cinco a absorción”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Aceptación de la unidad**

“La absorción de las unidades de arcilla y silico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentara vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

“la unidad de albañilería de arcilla no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Mortero**

“El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 16*Tipos de Mortero*

COMPONENTES				
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	USOS
P1	1	0 a $\frac{1}{4}$	3 a $3\frac{1}{2}$	Muros portantes
P2	1	0 a $\frac{1}{2}$	4 a 5	Muros portantes
NP	1		Hasta 6	Muros no portantes

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Muros portantes**

“Los muros portantes deben tener:

- a) Una sección transversal preferentemente simétrica”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).
- b) “Continuidad vertical hasta la cimentación”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).
- c) “Una longitud mayor o igual a 1.20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).
- d) “Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).
- e) “La distancia máxima entre juntas de control es de 8m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Espesor efectivo**

“El espesor efectivo ‘t’ mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ Para las zonas sísmicas 2 y 3.}$$

$$T \geq \frac{h}{25} \text{ Para las zonas sísmicas 1.}$$

Donde ‘h’ es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Densidad mínima de muros reforzados**

“La densidad mínima de muros portantes a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Acero de corte de los muros reforzados}}{\text{Area de la planta típica}} = \frac{\sum L*t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N,}{56}$$

(Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Donde:

“Z, U y S corresponden a los factores de zona sísmica.

N.- Número de pisos del edificio.

L.- Longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen).

t.- Espesor efectivo del muro”. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Resistencias características de la albañilería MPa (kg/cm²)**

Tabla 17

Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm²)

RESISTENCIAS CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA Mpa (Kg/cm²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD fh	PILA fm	MURETES Vm
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0.5 (5,1)

	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
Sílice-cal	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P(*)		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

2.3 Marco Conceptual

Factores estructurales.

“Es la información y características físicas que presenta cada edificación, necesario para poder comprender su calidad resistente”. (CIGIR, 2009)

Vulnerabilidad Sísmica.

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza, a sufrir daño o pérdidas (Wong et al, 1997). Además es una característica dependiente de la forma como haya sido diseñada y construida la edificación, e independiente de la amenaza sísmica del sitio donde esté ubicada. (Llanos Lopez & Vidal Gomez, 2003, pág. 38).

Peligro.

“Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente”. (Indeci, 2006).

Desastre.

Es una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico). (Indeci, 2006).

Vulnerabilidad.

“Se entiende por vulnerabilidad la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos a un determinado peligro”. (Indeci, 2006).

Riesgo.

“Se entiende por riesgo la probabilidad de daños sociales, ambientales y económicos por un peligro o evento natural, en un lugar y durante un tiempo de exposición determinada”. (Indeci, 2006).

Sismo.

“Son movimientos en el interior de la tierra y que generan una liberación repentina de energía que se propaga en forma de ondas provocando en movimiento del terreno”. (Indeci, 2006).

Mitigación.

Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientadas a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos. (Indeci, 2006).

Autoconstrucción

Es llamada así a la construcción de viviendas en las cuales no existe asesoramiento técnico de ingenieros, y en la que la construcción se lleva a cabo por albañiles o maestros de obra que no conocen la normatividad requerida para construir una vivienda especificada en el Reglamento Nacional de Edificaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS, 2014).

Albañilería o Mampostería

“Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Albañilería Armada

Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas verticalmente y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de albañilería armada también se les denomina muros armados. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Albañilería confinada

“Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considera como confinamiento horizontal para los muros de primer nivel”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Albañilería no reforzada

“Albañilería sin refuerzo (albañilería simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Albañilería reforzada o albañilería estructural

“Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de la norma E.070”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Altura efectiva

“Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostre en su parte superior, la altura efectiva se considera como el doble de su altura real”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Arriostre

“Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Borde libre

“Extremo horizontal o vertical no arriestrado de un muro”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Concreto líquido o Grout

“Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Confinamiento

“Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Espesor efectivo

Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de las bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellanos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Muro arriostrado

“Muro provisto de elementos de arriostre”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Muro de arriostre

“Muro portante transversal al muro al que no provee estabilidad y resistencia lateral”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Muro no portante

“Muro diseñado y construido en forma tal que solo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y cercos”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Muro portante

“Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros

componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Mortero

“Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Placa

“Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Tabique

“Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Viga solera

“Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Unidad de Albañilería

“Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Unidad de Albañilería Apilable

“Es la unidad de albañilería alveolar que se asienta sin mortero”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Unidad de Albañilería Hueca

“Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% de área bruta en el mismo plano”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Unidad de Albañilería Solida (o Maciza)

“Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% de la rea bruta en el mismo plano”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta)

“Unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería).

Carga

“Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.20 Cargas).

Carga Muerta.

“Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.20 Cargas).

Carga Viva

“Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.20 Cargas).

Concreto

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Concreto estructural

“Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Concreto simple

“Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Concreto armado o reforzado

“Se le llama armado porque la colocación de armaduras de acero es diseñada para soportar los esfuerzos de corte y tracción en los elementos estructurales”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Concreto ciclópeo

“Es el concreto simple en cuya masa se incorporan piedras grandes”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Concreto premezclado

“Es el concreto que se dosifica en planta que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Concreto preesforzado

“Concreto estructural al que se le han introducido esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado).

Elementos estructurales

“Son los elementos que soportan los esfuerzos y deformaciones que tiene una determinada estructura, son parte de la estructura”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS).

Cimentación

“Es el elemento estructural que transmite las cargas de la estructura al terreno de fundación”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS).

Columna

“Elementos de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS).

Muros

“Elementos estructurales que transmiten fundamentalmente cargas verticales y que permiten el cierre de los espacios”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS).

Vigas

“Resisten cargas transversales en ángulo recto con respecto al eje longitudinal de la viga. Trabaja a flexión. Recibe las cargas de las losas transmitiéndolas a las columnas y/o muros. Sus apoyos se encuentran en los extremos”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS).

Losas

“Elemento estructural plano cargado con fuerzas perpendiculares a su plano (cargas vivas y muertas). Separa horizontalmente un nivel o piso de otro, la cual sirve de techo para el primer nivel y de piso para el segundo”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis.

3.1.1 Hipótesis General.

- Existe una relación directa entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

3.1.2 Hipótesis Específica.

- Existe una relación directa entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas-Abancay-2021.
- Existe una relación directa entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.
- Existe una relación directa entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.
- Existe una relación directa entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

3.2 Método

Se empleó el método Hipotético deductivo porque se inició afirmando una hipótesis, en el proceso con el uso del conocimiento teórico y experiencia se llega a refutar o no la hipótesis.

“Se caracteriza por partir de hipótesis iniciales y a través de sucesivas etapas deductivas llegar al contacto con la realidad (la experiencia), etapa que tras sucesivas contrastaciones, permite refutar o corroborar las hipótesis”. (Lopez Roldan & Fachelli, 2015)

3.3 Tipo de investigación.

El tipo de investigación que se considero es de **enfoque cuantitativo**, pues se realizara la recopilación de datos que se utilizaran para aplicar los conocimientos teóricos de factores estructurales y de vulnerabilidad sísmica implantados en la realidad del estudio, teniendo en cuenta la interpretación y comprensión de cualquier problema que pueda presentarse, y constituirán la base para futuras investigaciones en la prestación de asistencia a los involucrados en el tema de la investigación humana.

“El **enfoque cuantitativo** utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, pág. 4).

3.4 Nivel o alcance de investigación

Para la investigación, se considera **correlacional-descriptivo**, el cual se define a continuación:

Correlacional, “su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto específico”. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio).

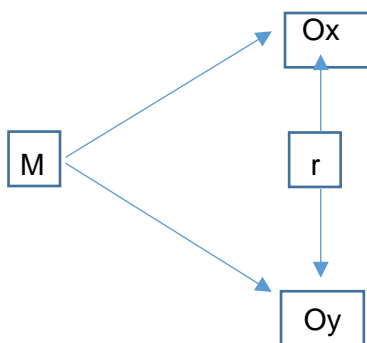
Descriptivo, “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio).

3.5 Diseño de la Investigación.

Para la investigación se consideró el diseño no experimental-transeccional o transversal, puesto que no hubo alteración intencional de ninguna variable, se evaluó el estado actual de las viviendas autoconstruidas.

Diseño no experimental, “la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables”. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, pág. 152).

Diseño transeccional o transversal, “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, pág. 154).



Dónde:

M = Muestra

Ox = Factores estructurales

r = Relación entre las variables

Oy = Vulnerabilidad sísmica

3.6 Operacionalización de variables

Tabla 18

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Factores estructurales de la vivienda	Tamaño	Área
		Cantidad de pisos
	Diseño Estructural	Configuración Estructural
		Resistencia convencional
		Diafragmas horizontales
		Elementos no estructurales
		Sistema estructural
	Calidad Estructural	Materiales de construcción
		Estado de conservación
		Tiempo de vida de la vivienda
	Ubicación	Pendiente del terreno
		Tipo de terreno
		Calidad del suelo
		Cimentación
Nivel de vulnerabilidad sísmica de la vivienda	Vulnerabilidad sísmica	Índice de vulnerabilidad

Fuente: Elaboración Propia

3.7 Población, muestra y muestreo

3.7.1 Población

La población es “la totalidad de todos los elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia”. (Bernal Torres, 2010)

Para la presente investigación se considera a las 136 viviendas autoconstruidas pertenecientes a las urbanizaciones de: Santa Sebastiana, San Agustín, Rositas y Miraflores, urbanizaciones que son parte de la zona norte de Las Americas-Abancay-2021.

3.7.2 Muestra

“Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio”. (Bernal Torres, 2010)

Para la presente investigación que cuenta con una población de 136 viviendas autoconstruidas se obtuvo una muestra de 58 viviendas autoconstruidas que forman parte de la zona norte de Las Américas.

3.7.3 Muestreo

El estudio utilizó muestreo probabilístico porque todos los elementos de la población poseen las mismas posibilidades de ser incluidos en el estudio.

Muestreo probabilístico, “todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo”. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, pág. 175). Para obtener el número

de viviendas que serán estudiadas para el proyecto de investigación se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

Donde:

N.- Tamaño de la población o universo

k.- Constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean lo más verídico posible.

e.- error de estimación

p.- es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$, que es la opción más segura.

q.- es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n.- tamaño total de la muestra

El resultado se encuentra en el anexo N°5

3.8 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

Para la investigación se consideró a la encuesta como técnica de recolección de información.

La encuesta, “se fundamenta en un cuestionario o conjunto de preguntas que se preparan con el propósito de obtener información de las personas”. (Bernal Torres, 2010, pág. 194)

Descripción de instrumentos

- **Ficha de encuestas**

Se entrevistó a los dueños/encargados de cada vivienda para tener las informaciones necesarias de las viviendas, especificadas en el cuestionario, por ejemplo: nombre del propietario, ubicación, superficie construida, número de pisos, vida útil de la edificación, consultas técnicas, existencia de planos.

Las preguntas de la ficha de encuesta reúnen información fundamental de cada vivienda con el fin de conocer si es autoconstruida o no. (Ver anexo N° 2).

- **Ficha de observación**

Las fichas de observación reúnen importante información para una evaluación adecuada, conteniendo datos muy importantes como: ubicación haciendo referencia a la pendiente y cimentación, como también sus características estructurales. (Ver anexo N° 3).

- **Ficha de reporte o de gabinete**

En esta ficha se analiza la información de cada vivienda recopilada en las demás fichas, este formato toma en cuenta los 11 parámetros de la metodología de Benedetti y Petrini, el formato nos facilitara obtener el valor del índice de vulnerabilidad sísmica, dato que nos permitirá conocer el estado y tipo de intervención de la vivienda.

Validez

Se refiere a la medida en que el instrumento mide la variable en estudio.

En el estudio se empleó instrumento de evaluación (Fichas de encuesta y de reporte), se apoyaron en estos como modelo del investigador Laucata luna 2013 de la PUCP, que desarrollo investigaciones parecidas, teniendo buenos resultados, certificando que los instrumentos son confiables y válidos.

Ficha de encuesta y reporte, fueron utilizados en investigaciones similares por el investigador Laucata luna e investigadores de la Pontificia Católica del Perú, por consiguiente tales instrumentos se consideran válidos y confiables.

3.9 Consideraciones éticas.

En relación a los aspectos éticos, esta investigación protege principalmente la propiedad intelectual de los autores mencionados, citándolas correctamente e indicando las fuentes bibliográficas. Para la recolección de los datos, se tuvo en consentimiento de los propietarios de las viviendas.

Con respecto a los datos recolectados y utilizados en la investigación, son verídicos y analizados correctamente.

3.10 Procesamiento de estadísticos

Para obtener resultados válidos y fiables se utilizó el método estadístico.

El procesamiento y análisis de la información de la muestra se realizarán por procedimientos de Estadística y Probabilidades.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

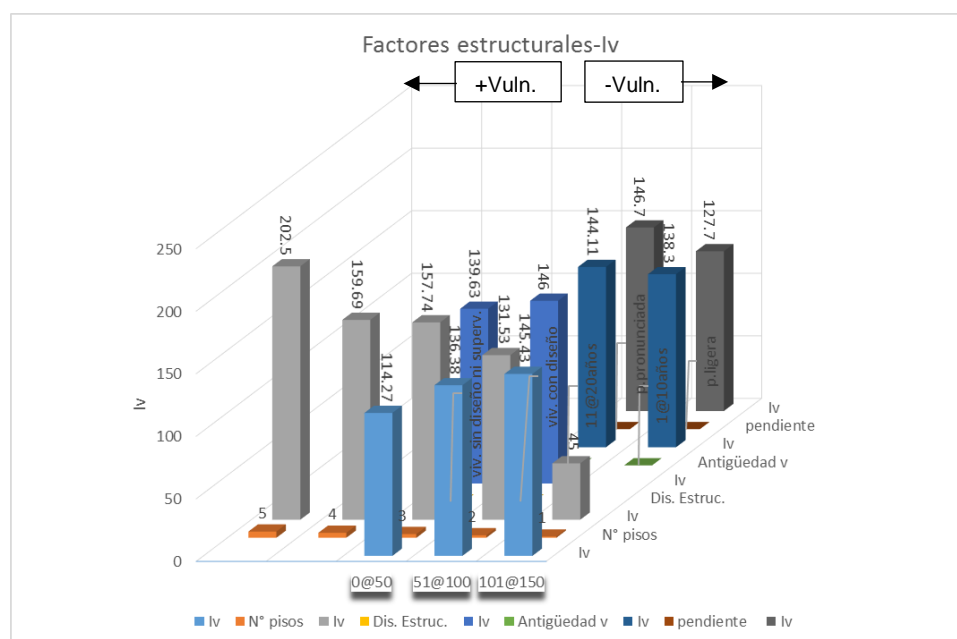
4.1 Resultados

Esta investigación tiene un enfoque en la evaluación de las viviendas autoconstruidas de la zona norte de Las Américas, con el fin de conocer la relación existente entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica que presentan.

4.1.1 Determinar la relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.

Figura 6

Relación factores estructurales y vulnerabilidad.



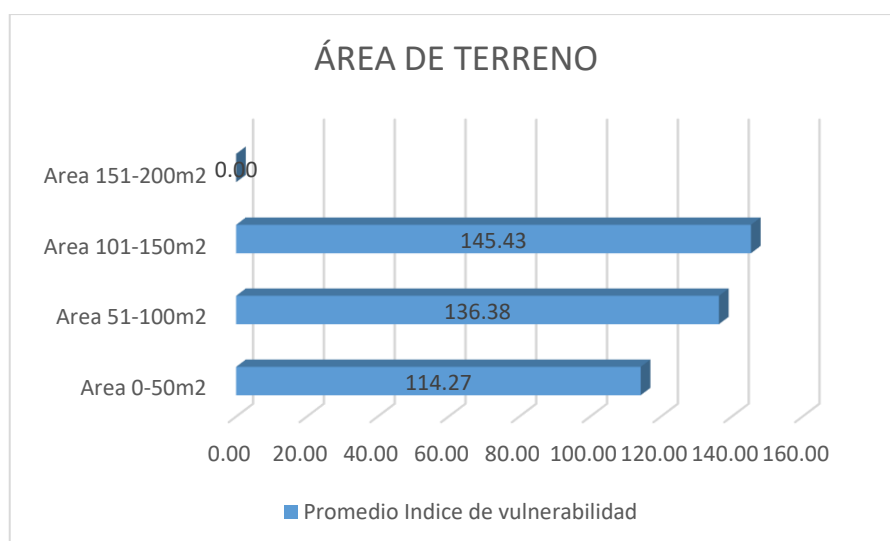
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se aprecia que los promedios de Iv por factor estructural, ascienden en diferentes sentidos, en cuanto al área construida de viviendas, indican ser menos vulnerables viviendas con áreas de 0@50 m² y más vulnerables viviendas con áreas de 101@150 m², con respecto al número de pisos indican ser más vulnerables las edificaciones con mayor cantidad de pisos y menos vulnerables las edificaciones con menor cantidad de pisos, con respecto al diseño estructural indican que las viviendas sin diseño ni supervisión son menos vulnerables que viviendas solo con diseño, según la calidad estructural indican que las viviendas con antigüedad de 11@20 años son más vulnerables que viviendas con antigüedad de 1@10 años y según la ubicación indican que las viviendas ubicadas sobre terrenos con pendiente pronunciada son más vulnerables que viviendas ubicadas en terrenos con pendiente ligera.

4.1.2 Determinar la relación entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.

Figura 7

Relación de la vulnerabilidad con el área del terreno.

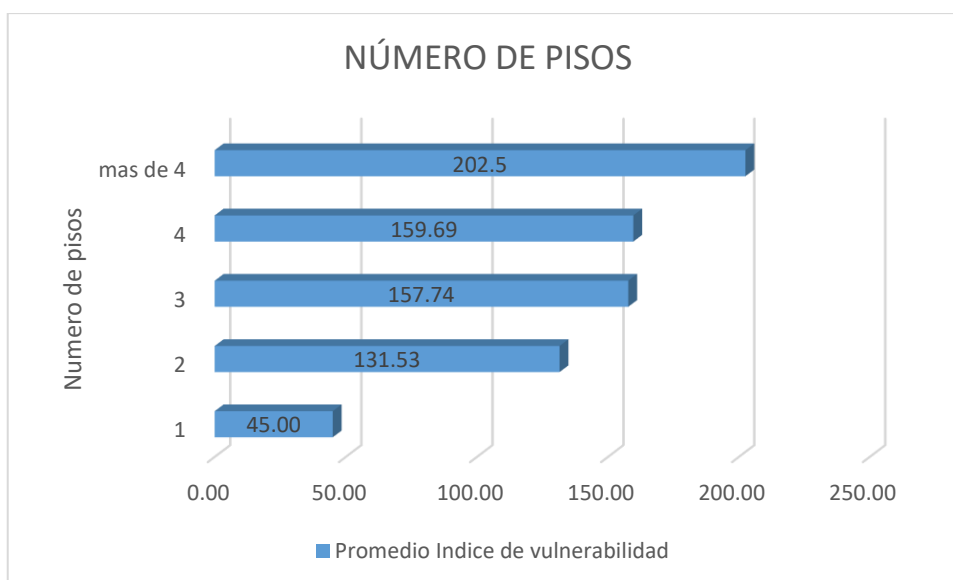


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo a las diferentes áreas de terreno, la figura muestra que viviendas con áreas entre 101-150 m² tienen el Iv promedio mayor, debido a que estas edificaciones tienen mayor número de pisos y están construidas sobre terrenos con pendiente pronunciada. El Iv promedio en viviendas con áreas de 50-100 m² es menor, debido a que estas viviendas tienen menos cantidad de pisos y están ubicadas sobre terrenos con pendiente ligera.

Figura 8

Relación de la vulnerabilidad con cantidad de pisos.



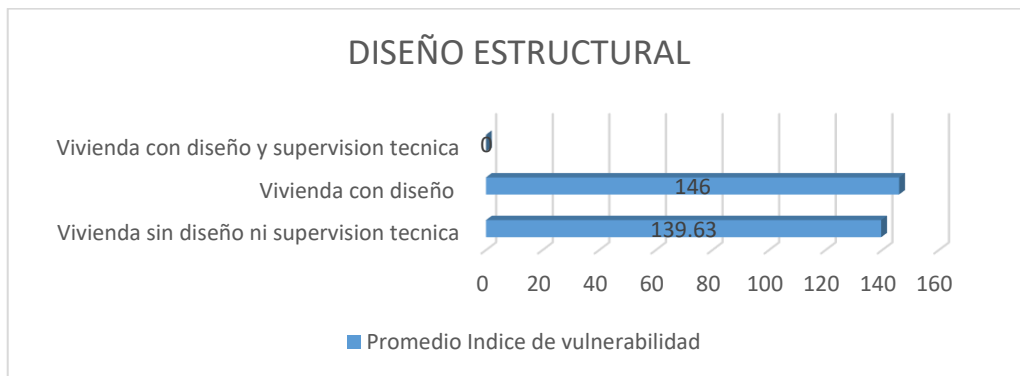
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al número de pisos, se puede ver que el índice de vulnerabilidad promedio se incrementa cuando la cantidad de pisos aumenta, debido a que el peso del edificio aumenta proporcionalmente con el número de pisos, y este ante un sismo tiene mayor oscilación.

4.1.3 Determinar la relación entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.

Figura 9

Diseño estructural y su relación con el índice de vulnerabilidad.



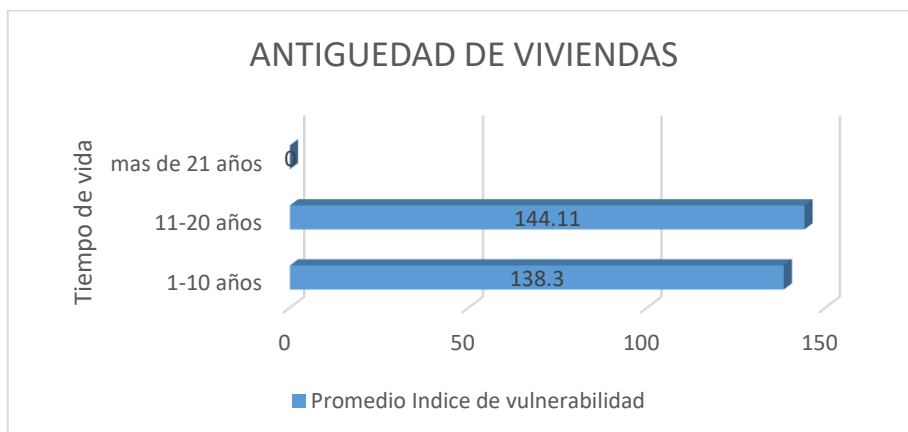
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con respecto al diseño estructural, muestra la figura que el índice de vulnerabilidad promedio disminuye en edificaciones que fueron construidas sin diseño ni supervisión de profesionales.

4.1.4 Determinar la relación entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.

Figura 10

Antigüedad de la vivienda y su relación con la vulnerabilidad.

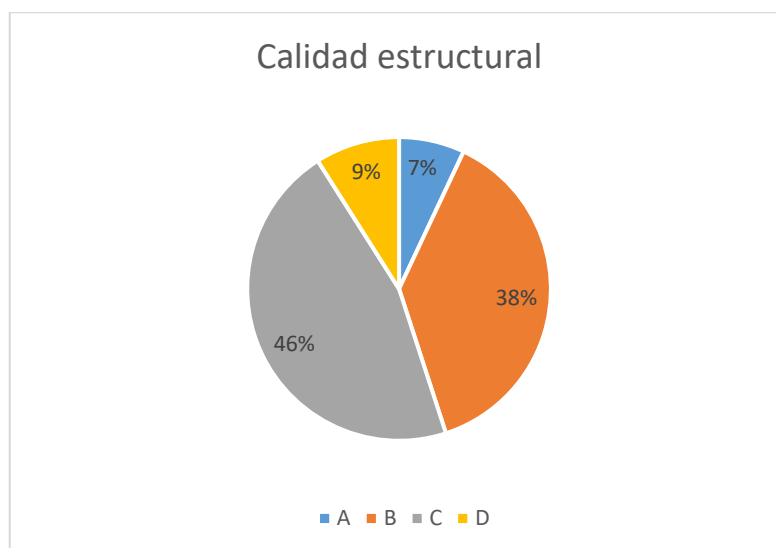


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo a la antigüedad de viviendas, la figura nos muestra que el índice de vulnerabilidad promedio incrementa en edificaciones que tienen mayor tiempo de vida.

Figura 11

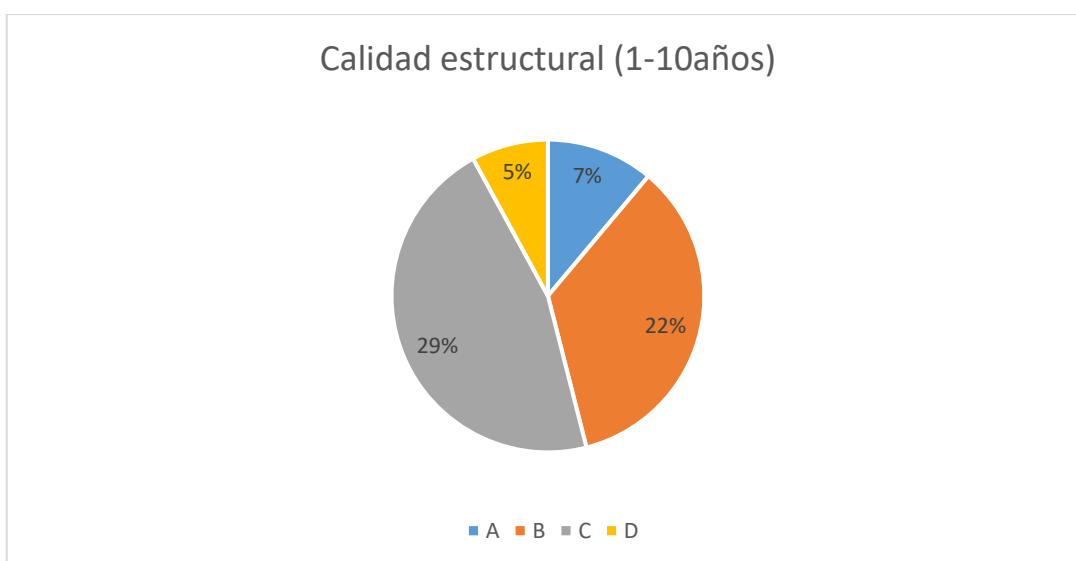
Parámetro de la calidad estructural.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12

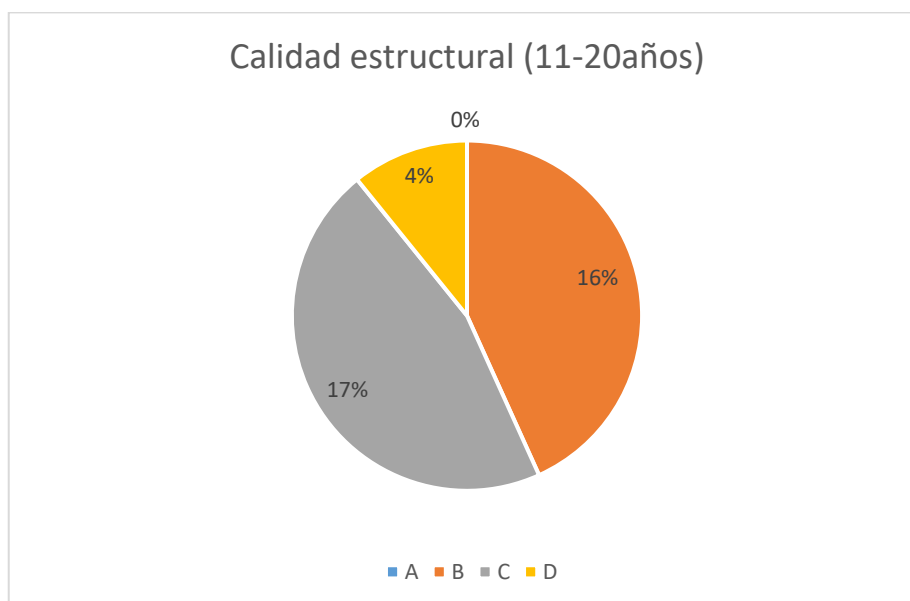
Parámetro de la calidad estructural (1-10años).



Fuente: Elaboración propia

Figura 13

Parámetro de la calidad estructural (11-20años).



Fuente: Elaboración propia

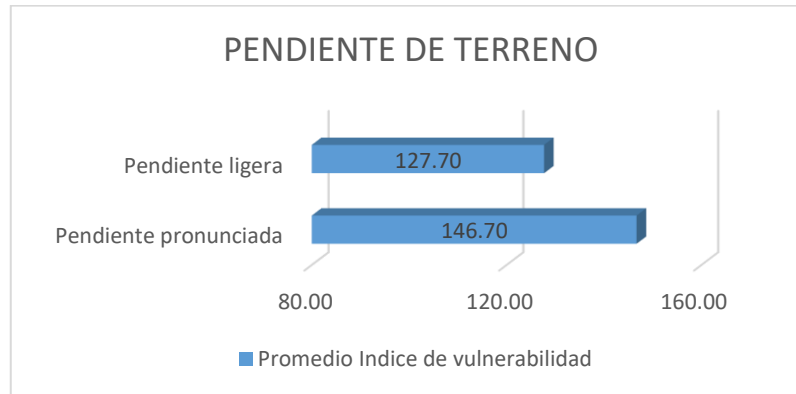
Interpretación: El análisis de vulnerabilidad sísmica nos da a conocer que el 46% de las viviendas tienen calificación C con respecto al parámetro calidad estructural, y un 9% tienen calificación D, todo esto demuestra que el 55% de las viviendas analizadas poseen albañilería de mala calidad/albañilería deteriorada, también mortero de mala calidad con espesores que no contempla la NTP.

También podemos ver que la calidad estructural de las viviendas de 1-10 años de antigüedad es de 29% con calificación C y 5% con calificación D, en cambio las viviendas de 11-20 años de antigüedad tienen un 17% con calificación C y 4% con calificación D, es así que podemos decir que hay mayor cantidad de viviendas con mala calidad estructural en viviendas de 1-10 años que en viviendas de 11-20 años.

4.1.5 Determinar la relación entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.

Figura 14

Relación pendiente del terreno y vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Dependiendo de la ubicación, muestra la figura que el índice de vulnerabilidad aumenta en viviendas que se construyeron sobre terrenos con pendiente pronunciada.

4.2 Discusión de resultados

A partir de los resultados obtenidos a través de la metodología de Benedetti y Petrini y relacionados con los factores estructurales de cada vivienda autoconstruida se puede interpretar:

Según la figura N° 20 se puede observar que no todos los promedios de *I_v* ascienden en un solo sentido ya sea en sentido de la situación que las hace más vulnerables o menos vulnerables, se pudo concluir que no existe una relación directa de los factores estructurales “Tamaño, Diseño Estructural y Calidad estructural” y el “nivel de vulnerabilidad sísmica” mientras que si existe una relación directa entre el factor estructural “ubicación” y la “vulnerabilidad sísmica”.

Asimismo indican los resultados, que el 27.59% de viviendas analizadas muestran alta vulnerabilidad y necesitan intervención inmediata, mientras que el 48.28% de viviendas analizadas poseen media vulnerabilidad-alta y necesitan una intervención necesaria; además el 18.97% de las viviendas analizadas tienen media vulnerabilidad-baja y necesitan una intervención a largo plazo y el 5.17% de las viviendas analizadas tienen baja vulnerabilidad y necesitan una intervención a largo plazo.

En cuanto a la relación entre el tamaño y el nivel de vulnerabilidad sísmica se puede ver en la figura N° 13 que existe un grado de relación con respecto al número de pisos y el nivel de vulnerabilidad sísmica, mientras en la figura N° 12 se aprecia que no existe una relación directa con respecto al área y el nivel de vulnerabilidad sísmica, este último porque las viviendas con mayor área poseen mayor cantidad de pisos y están construidas sobre terrenos con pendiente pronunciada.

Según (Abal Benancio, 2019), que tuvo como conclusión en su tesis indicando que el “índice de vulnerabilidad no tiene una relación significativa con el área del terreno, ya que se aprecia un aumento del índice de vulnerabilidad en viviendas con áreas de terreno entre 101 m² a 150 m², esto porque dichas viviendas tienen dos pisos a más y están ubicadas en los terrenos con pendiente ligera, teniendo como resultado índices de vulnerabilidad más altos” (Abal Benancio, 2019). Con respecto al índice de vulnerabilidad y el número de pisos, “si existe relación significativa, el índice de vulnerabilidad aumenta a medida que aumenta el número de pisos en las viviendas”. (Abal Benancio, 2019).

Con respecto a la relación entre el diseño estructural y el nivel de vulnerabilidad sísmica de las 58 viviendas evaluadas, se puede apreciar que no existe una relación directa, de la figura N°14 se puede interpretar que las viviendas con diseño tienen un promedio de I_v mayor que las viviendas sin diseño ni supervisión, esto se debe a que las viviendas con diseño son las que tienen mayor cantidad de pisos y se encuentran en terrenos con pendiente pronunciada, también se debe tener en cuenta que dichas viviendas con diseño no cuentan con una supervisión técnica por un profesional competente, esta ausencia incrementa el I_v de tales viviendas.

Según (Abal Benancio, 2019), Acerca de la relación entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica tuvo como conclusión en su tesis indicando que “existe una relación significativa” (Abal Benancio, 2019), puesto que “el índice de vulnerabilidad aumenta en un 39.83% cuando las viviendas no presentan diseño estructural o no hayan sido supervisadas durante la construcción”. (Abal Benancio, 2019).

Acerca de la relación de la calidad estructural y el nivel de vulnerabilidad sísmica de las 58 viviendas evaluadas, se puede apreciar en la figura N° 15 que entre el tiempo de vida de las viviendas y el índice de vulnerabilidad, existe relación. En la figura N° 16 se aprecia que entre la calidad de las viviendas y el tiempo de vida de las viviendas, no existe una relación. En el proceso de recopilación de información de viviendas se observó que solo en viviendas de 1-10 años de antigüedad se aprecia buena calidad de albañilería y mortero, más no en las viviendas de 11-20 años de antigüedad.

Según (Abal Benancio, 2019), en su tesis concluyo que: “no existe una relación significativa” (Abal Benancio, 2019). Puesto a que “ se aprecia que no se puede establecer una relación entre el promedio del índice de vulnerabilidad y el tiempo que tiene construida la edificación ya que las viviendas más antiguas se encuentran en las áreas con menos pendiente y la viviendas con menos años están construidas en laderas más altas” (Abal Benancio, 2019). Asimismo se puede ver que “existe una relación significativa entre la calidad de las viviendas y el tiempo de vida de las viviendas ya que las estructuras de mayor antigüedad no presentan la misma calidad en los materiales de la albañilería y presentan diferencias en los procesos constructivos en comparación con las edificaciones de menos años de construidas. Según el trabajo de campo el 60% de las viviendas presentan una calificación de C y D en el parámetro de calidad estructural, esto nos indica que las viviendas construidas en la zona de estudio utilizaron materiales de albañilería y mortero de baja calidad” (Abal Benancio, 2019).

Acerca de la ubicación, los resultados muestran que hay relación con el índice de vulnerabilidad sísmica, la figura N° 19 muestra el incremento de índice de vulnerabilidad de viviendas construidas sobre terrenos con pendiente

pronunciada, se debe tener en cuenta también que la mayoría de ellas se construyeron sobre terrenos con pendiente pronunciada.

Según (Abal Benancio, 2019), que tuvo como conclusión en su tesis indicando que “existe una relación significativa” (Abal Benancio, 2019). Puesto que se aprecia “un aumento del índice de vulnerabilidad en las viviendas que están construidas sobre pendiente pronunciado” (Abal Benancio, 2019).

También se pudo analizar y concluir que la urbanización con mayor número de viviendas con el índice de vulnerabilidad más alto es la Urbanización San Agustín, seguida de la Urbanización Santa Sebastiana, Urbanización Rositas y la Urbanización Miraflores.

4.3 Prueba de hipótesis

Se realizó el análisis de datos con el SPSS, de las hipótesis teniéndose lo siguiente:

Para determinar la relación de las variables cualitativas y cuantitativas se utilizó el análisis de correlación (Spearman rho):

$$r_s = 1 - \frac{6 * \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s =Correlación de rango de spearman

D= la diferencia entre los rangos de las variables correspondientes.

n= número de observaciones.

Para determinar la relación de las variables cuantitativas se utilizó la prueba de chi cuadrado:

$$X^2 = \sum \frac{(f_{o_i} - f_{e_i})^2}{f_{e_i}}$$

Donde:

X^2 = Chi cuadrado de Pearson

f_{o_i} = frecuencias observadas

f_{e_i} = frecuencias esperadas

Hipótesis General.

Existe una relación directa entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

Conclusión: a través de la prueba de los datos estadísticos que se analizaron las hipótesis específicas podemos concluir que existe un grado de relación entre los factores estructurales y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

Hipótesis Específica.

- **H.E 1.** Existe una relación directa entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

H₀: El tamaño es independiente a la vulnerabilidad sísmica

H₁: Existe relación directa entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica

Tabla 19

Prueba de análisis del tamaño (#pisos) del edificio y la vulnerabilidad sísmica

Correlaciones				
			Número de pisos	valor de la vulnerabilidad
Rho de Spearman	Número de pisos	Coefficiente de correlación	1,000	,594**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	58	58
	valor de la vulnerabilidad	Coefficiente de correlación	,594**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	58	58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Prueba de análisis del tamaño (área) del edificio y la vulnerabilidad sísmica

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	2508,500a	2484	,361
Razón de verosimilitud	428,376	2484	1,000
Asociación lineal por lineal	,011	1	,918
N de casos válidos	58		

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°19 muestra que la significancia es 0.000 y este valor es menor a ($\alpha = 0.05$); puesto que la prueba chi-cuadrado es de 0.000, entonces se rechaza la hipótesis nula.

En la tabla N°20 muestra que la significancia es 0.361 y este valor es menor a ($\alpha= 0.05$); ya que el valor de la prueba del chi-cuadrado de Pearson es de 0.361, entonces se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: a través de la prueba de los datos estadísticos podemos concluir que existe relación directa entre el número de pisos de la edificación y la vulnerabilidad sísmica, mientras no existe una relación directa entre el área de edificación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de las Américas - Abancay - 2021.

- **H.E 2.** Existe una relación directa entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

H₀: El diseño estructural es independiente a la vulnerabilidad sísmica

H₁: Existe una relación directa entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 21

Prueba de análisis del diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica

Correlaciones			Diseño estructural de la edificación	valor de la vulnerabilidad
Rho de Spearman	Diseño estructural de la edificación	Coefficiente de correlación	1,000	,011
		Sig. (bilateral)	.	,934
		N	58	58
	valor de la vulnerabilidad	Coefficiente de correlación	,011	1,000
		Sig. (bilateral)	,934	.
		N	58	58

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°21 muestra que la significancia es de 0.934 y este valor es mayor a ($\alpha= 0.05$); ya que el valor de la prueba Rho de Spearman es de 0.934, entonces se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: a través de la prueba de los datos estadísticos podemos concluir que no existe una relación directa entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas – Abancay - 2021.

- **H.E 3.** Existe una relación directa entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

H₀: la calidad estructural es independiente a la vulnerabilidad sísmica

H₁: Existe una relación directa entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 22

Prueba de análisis de la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica

			Correlaciones	
			Calidad estructural	valor de la vulnerabilidad
Rho de Spearman	Calidad estructural	Coefficiente de correlación	1,000	,102
		Sig. (bilateral)	.	,446
		N	58	58
	valor de la vulnerabilidad	Coefficiente de correlación	,102	1,000
		Sig. (bilateral)	,446	.
		N	58	58

Fuente: Elaboración propia

Considerando el valor de $\alpha=0.05$

En la tabla N°22 se observa que la significancia es de 0.446 y este valor es mayor a ($\alpha= 0.05$); ya que el valor de la prueba Rho de Spearman es de 0.446, entonces se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: a través de la prueba de los datos estadísticos podemos concluir que no existe una relación directa entre la calidad estructural y la

vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

- **H.E 4.** Existe una relación directa entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

H₀: la ubicación es independiente a la vulnerabilidad sísmica.

H₁: Existe una relación directa entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 23

Prueba de análisis de la ubicación y la vulnerabilidad sísmica

Correlaciones

			Ubicación de la edificación	valor de la vulnerabilidad
Rho de Spearman	Ubicación de la edificación	Coefficiente de correlación	1,000	,281*
		Sig. (bilateral)	.	,033
		N	58	58
	valor de la vulnerabilidad	Coefficiente de correlación	,281*	1,000
		Sig. (bilateral)	,033	.
		N	58	58

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°23 muestra que la significancia es 0.033 y este valor es menor a ($\alpha = 0.05$); ya que el valor de la prueba Rho de Spearman es de 0.033, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: a través de la prueba de los datos estadísticos podemos concluir que existe una relación directa entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llega en la investigación son:

Conclusión 01:

Con base a los resultados observados en la figura N° 20 se concluye que, existe un grado de relación entre los factores estructurales y el índice de vulnerabilidad de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas - Abancay - 2021.

Conclusión 02:

Con base a los resultados observados en la figura N° 7 podemos concluir que, no existe relación significativa entre el área y el índice de vulnerabilidad de las viviendas, también se puede apreciar el incremento del índice de vulnerabilidad de viviendas con áreas construidas entre 101-150 m², debido a que estas poseen dos pisos o más y están ubicadas sobre terrenos de pendiente pronunciada, de la figura N° 8 se concluye que existe relación significativa entre el número de pisos y el índice de vulnerabilidad, el índice de vulnerabilidad se incrementa de manera proporcional con el número de pisos.

Conclusión 03:

De los resultados observados, en la figura N°9 podemos concluir que no existe una relación significativa entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas, también se puede ver que el índice de vulnerabilidad, se incrementa en viviendas que tienen diseño, y disminuye cuando las viviendas carecen de diseño y supervisión durante su construcción.

Conclusión 04:

De los resultados observados, en la figura N° 10 podemos concluir que existe relación entre el tiempo de vida de las viviendas y el índice de vulnerabilidad de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas, mientras en la figura N° 11, 12 y 13 se aprecia que no existe una relación entre la calidad estructural y el tiempo de vida de las viviendas. En el proceso de recopilación de información de las viviendas se pudo observar que viviendas de 1 a 10 años de antigüedad tienen un 29% de calificación C y 5% con calificación D, en cambio las viviendas de 11 a 20 años de antigüedad tienen un 17% de calificación C y 4% con calificación D, es así que podemos decir que hay mayor cantidad de viviendas con mala calidad estructural en viviendas de 1 a 10 años que en viviendas de 1 a 20 años.

Conclusión 05:

De los resultados observados, en la figura N° 14 podemos concluir que existe relación significativa entre la ubicación y el índice de vulnerabilidad de las viviendas autoconstruidas en la zona norte de Las Américas, esta relación se da porque la mayoría de las viviendas se construyeron sobre terrenos con pendiente pronunciada.

RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar investigaciones con análisis más minuciosos y detallados de las viviendas en la ciudad de Abancay ya que este mal hábito de autoconstrucción no solo se practica en la zona norte de Las Américas sino en gran parte de la ciudad.

- Según la relación entre el tamaño y la vulnerabilidad sísmica se recomienda realizar estudios de suelo para optar por un adecuado tipo de cimentación y un adecuado diseño en cuanto al número de pisos, ya que este depende de la capacidad portante del suelo.
- Según la relación entre el diseño estructural y la vulnerabilidad sísmica se recomienda que para la construcción de una vivienda de dos a más pisos, estas tengan un adecuado diseño estructural con las exigencias mínimas por la NTP en cuanto al diseño, materiales de construcción, control de calidad e inspección, se considere a un profesional ya sea ingeniero civil/ arquitecto colegiado que garanticen una adecuada construcción.
- Según la relación entre la calidad estructural y la vulnerabilidad sísmica se recomienda cumplir con las exigencias mínimas establecidas en la Norma E-070 (albañilería), también se recomienda un diseño adecuado en terrenos con pendiente, ya que los muros deben soportar empujes laterales de suelo, sometiéndose a ser deteriorados por el contacto con el suelo y también por el drenaje pluvial.
- Según la relación entre la ubicación y la vulnerabilidad sísmica se recomienda un diseño adecuado de una vivienda en este caso teniendo en cuenta estructuras de contención.

Bibliografía

- Abal Benancio, R. R. (2019). *Evaluacion de la relacion de los factores estructurales en la vulnerabilidad sismica de viviendas del asentamiento humano comite 2, Vista Alegre de Aparicio Pomares-Huanuco 2018.*
- Alva Pimentel, J. A. (2016). *Evaluacion de la relacion de los factores estructurales en la vulnerabilidad sismica de viviendas en laderas de la Urbanizacion Tahuantinsuyo del distrito de Independencia, Lima.*
- Arana Rabanal, M. A., & Chavez Vasquez, J. J. (2019). *Vulnerabilidad sismica de viviendas de albañileria en el barrio Urubamba, Cajamarca 2019.*
- BENANCIO, R. r. (2019). *Evaluacion de la relacion e los factores estructurales en la vulnerabilidad sismica de viviendas del asentamiento humano comite 2, vista alegre de aparicio pomares-huanuco 2018.*
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodologia de la investigacion.*
- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la Investigación.* México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Bernal, I., & Tavera, H. (2002). *Geodinamica, Sismicidad y Energia Sismica en Peru.* Lima.
- BLAIKIE, P., TERRY CANNON, IAN DAVID, & BEN WISNER. (1996). *VULNERABILIDAD.*
- Bolaños, A. M., & Monroy, O. M. (2004). *ESPECTROS DE PELIGRO SISMICO UNIFORME. LIMA.*
- Caballero, A. R. (2007). *determinacion de la vulnerabilidad sismica por medio del metodo del indece de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro historico de la ciudad de sincelejo, utilizando la tecnologia del sistema de informacion geografica.*
- CAPECO. (s.f.). *CONSTRUYENDO FORMALIDAD. 2-3.*
- Castro P, C. (2011). *Seminario regional de edudios y normalizacion de la construccion.*
- CIGIR. (2009). *Centro de Investigacion en Gestion Integral de Riesgos.*

- Condori, H., Espinoza, J., & Ulfe, R. A. (2010). *evaluacion y estimacion de riesgos ambientales MOYOCORRAL ZONA SUR, AMNCAYNIYOC, FONAVI*. Abancay.
- Echeverria Rojas, J. J., & Monroy Botia, M. A. (2021). *Aplicacion del metodo de indice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini) para evaluacion de edificaciones de mamposteria no reforzada en el barrio Surinama*.
- Enriquez Castillo, P. C., & Granda Charahua, N. I. (2018). *Evaluacion de la vulnerabilidad sismica estructural de la vivienda del distrito de Vitor de la region Arequipa*.
- Gomez, S. I. (2007). *Analisis Sismico Moderno*. Mexico: Trillas.
- Gualoto Guacollante, J. D., & Querembas Chanatasi, O. D. (2019). *Analisis de la vulnerabilidad sismica del barrio Solanda Sector 1 en el Distrito Metropolitano de Quito mediante ensayo con acelerometro y formato de evaluacion estructural*.
- Henandez, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodologia de la investigacion (las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta)*. McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación (4ta Edición ed.)*. México DF: MCGRAW-HILL.
- Huashua Huarcaya, M., & Sanchez Contreras, A. (2017). *Analisis de la vulnerabilidad sismica de las viviendas autoconstruidas de la urbanizacion Bella Vista de la ciudad de Abancay-Apurimac*.
- Hurtado Ortiz, V. J., & Leon Meza, A. C. (2008). *Implementacion del modelo de indice de vulnerabilidad ajustado a una edificacion historica con estructura de varios materiales*.
- IGP. (2007). *el simo de pisco del 15 de agosto, 2007 (7.9Mw) departamento de ica-peru*. LIMA.
- INDECI. (2006). *compendio estadistico de prevencion y atencion de desastres 2006 sismos ocurridos en el peru*.
- Indeci. (2006). *Manual Basico para la Estimacion del Riesgo*. Lima.
- Indeci. (2007). *Mapa de Peligros de la Ciudad de Abancay (Ciudades Sostenibles)*. Abancay.

- Lara, A. (17 de Abril de 2016). *Analisis de ultimos terremotos ocurridos en el Caribe 17 de Abril de 2016.*
- Laureano Porras, A. J. (2020). *Relacion entre la vulnerabilidad sismica y las construcciones informales de un asentamiento humano de la ciudad de huancayo.*
- Llamccaya Huamani, H. (2018). *Evaluacion de las viviendas autoconstruidas para determinar la vulnerabilidad sismica en la Urbanizacon Patibamba Baja-Abancay-Apurimac-2018.*
- Llanos Lopez, L. F., & Vidal Gomez, L. M. (2003). *EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE ESCUELAS PUBLICAS DE CALI: UNA PROPUESTA METODOLOGICA.*
- Loor, L. E., Palma, Z. W., & Garcia, V. L. (2021). *Vulnerabilidad sismica en viviendas de zona rural: el caso Santa Marianita-Manta-Ecuador.*
- Lopez Roldan, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodologia de la investigacion social cuantitativa.*
- Maldonado Rondon, E., & Chio Cho, G. (2009). *Estimacion de las funciones de vulnerabilidad sismica en edificaciones en tierra.*
- Marcillo Gutierrez, G. T. (2019). *Evaluacion de vulnerabilidad sismica basada en los metodos Benedetti y Petrini; FEMA 154 del edificio carrera de Ingenieria Agropecuaria-UNESUM.*
- Marin, F. (2012). *Evaluacion del riesgo sismico del centro historico de la ciudad de Huanuco. Huanuco.*
- Mesta, C. A. (2014). *EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS EDIFICACIONES COMUNES EN LA CIUDAD DE PIMENTEL. CHICLAYO, PERU.*
- Ministerio de Vivienda Construccion y Saneamiento. (2018).
- Minke, G. (2005). *Manual de construccion para viviendas antisismicas de tierra.*
- Pelaez, A. M. (2002). *ingenieria sismorresistente. Lima.*

- Peralta Buritica, H. A. (2002). *ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD Y DAÑO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE MAMPOSTERIA DE UNO Y DOS PISOS EN EL BARRIO SAN ANTONIO, CALI, COLOMBIA*.
- PUCP, & SENCICO. (2005).
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2009). *NTE E. 060 CONCRETO ARMADO*. Lima.
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.020 Cargas. (2019).
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente. (2019).
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado. (2019).
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería. (2019).
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.20 Cargas. (23 de Mayo de 2006).
- Riesgos-CIGIR.2009, C. d. (2009). Centro de investigación en Gestión Integral de Riesgos-CIGIR.2009.
- RINCONDELVAGO. (s.f.). Obtenido de <https://html.rincondelvago.com/disenio-de-mezclas.html>
- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: 1ra Edición Capítulo Peruano del ACI.
- Serrano Lanzarote, B., & Temes Cordovez, R. (2015). *Vulnerabilidad y riesgo sismico de los edificios residenciales estudiados dentro del Plan Especial de evaluacion del riesgo sismico en la Comunidad Valenciana*.
- Tavera, H. (2014). *evaluacion del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en peru*. lima.
- Tavera, H., Agüero, C., & Fernández, E. (2016). *CATÁLOGO GENERAL DE ISOSISTAS PARA SISMOS PERUANOS*, 159.
- Toro Beltran, M. F., & Rivera Rivera, Y. A. (2021). *Índice de vulnerabilidad en las edificaciones informales en la ciudad de Bogota localidad de Suba barrio Rincon*.

Villegas, J. O. (NOVIEMBRE de 2014). *ANALISIS DE LA VUNERABILIDAD Y RIESGO DE LAS EDIFICACIONES EN EL SECTOR MORRO SOLAR BAJO, CIUDAD DE JAEN - CAJAMARCA. JAEN, CAJAMARCA.*

Wong Rafael, K. A., & Wong Rafael, W. R. (2021). *Evaluacion de la vulnerabilidad sismica aplicando los indices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en las edificaciones comunes en la ciudad de Pomalca.*

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Ficha de encuesta

Anexo 3: Hoja de observaciones

Anexo 4: Ficha de reporte

Anexo 5: Obtención de muestra

Anexo 6: Descripción de cada parámetro y su respectiva calificación

Anexo 7: Resumen de resultados de índice de vulnerabilidad de las viviendas

Anexo 8: Comparación entre la norma peruana y el método del índice de vulnerabilidad según la norma italiana respecto a los parámetros sísmicos.

Anexo 9: Encuestas realizadas a las viviendas y resultados Iv

Anexo 10: Estudio de suelos

Anexo 11: Ensayo a compresión diagonal de muros de bloques de concreto

Anexo 12: Plano de ubicación de calicatas

Anexo 13: Plano de vulnerabilidad sísmica

Anexo 14: Validación de instrumentos

Anexo 15: Panel fotográfico

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos se encuentran resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes.