

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PLAN DE MITIGACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO PARA LA
MEJORA DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE LAS
EDIFICACIONES INFORMALES**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

Bach. APAZA RUIZ, KENYI LUIS

Bach. TABOADA VALENTIN, RONALD WALTER

ASESOR: PhD. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL

LIMA-PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a toda mi familia que siempre estuvo en las buenas y malas, pero en especial a mi madre que, sin su sacrificio y sus lecciones de vida, yo, no hubiese logrado nada.

Kenyi Luis Apaza Ruiz

Dedico esta tesis a mi madre, ya que siempre se sacrificó para sacarme adelante y su meta siempre fue que obtenga el título profesional.

Ronald Walter Taboada Valentin

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera para abrirnos paso en la vida profesional contribuyendo al desarrollo del país.

Kenyi Apaza y Ronald Taboada

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación y delimitación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis	6
1.4.1. Hipótesis general	6
1.4.2. Hipótesis específicas	6
1.5. Justificación e importancia de la investigación	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la Investigación	8
2.1.1. En el ámbito nacional	8
2.1.2. En el ámbito internacional	10
2.2. Conceptos básicos	13
2.2.1. Peligro	13
2.2.2. Vulnerabilidad	13
2.2.3. Riesgo	14
2.2.4. Albañilería	14
2.2.5. Sismo	14
2.2.6. Peligro sísmico	15
2.2.7. Vulnerabilidad sísmica	15
2.2.8. Albañilería estructural	15
2.2.9. Edificación informal	16
2.2.10. Plan de Mitigación	16
2.3. Método del Índice de Vulnerabilidad	16
2.3.1. Método de Benedetti y Petrini 1982	16

2.3.2.	Método del CENEPRED	28
2.4.	Criterios básicos de diseño de estructuras de albañilería confinada	36
2.5.	Sistema de Integración Geográfica	40
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		42
3.1.	Tipo y método de la investigación	42
3.1.1.	Tipo de investigación	42
3.1.2.	Método de investigación	42
3.1.3.	Nivel de la investigación	42
3.1.4.	Diseño de la investigación	43
3.2.	Población y muestra	43
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.4.	Procedimientos para recolección de datos	48
3.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	48
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		49
4.1.	Trabajo de campo e identificación de tipologías constructivas	49
4.1.1.	Zona de estudio	49
4.1.2.	Características comunes de las edificaciones de la zona de estudio	50
4.2.	Análisis de vulnerabilidad - Método de CENEPRED	56
4.2.1.	Exposición física	56
4.2.2.	Fragilidad física	58
4.2.3.	Resiliencia física	62
4.2.4.	Resultados	62
4.3.	Análisis de vulnerabilidad e índice de daño – Método de Benedetti y Petrini	70
4.3.1.	Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 01	70
4.3.2.	Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 02	79
4.3.3.	Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 03	87
4.3.4.	Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 04	95
4.4.	Análisis estructural con el software ETABS	103
4.4.1.	Metrado de Cargas	103
4.4.2.	Características de los materiales	103
4.4.3.	Parámetros del análisis Sísmico	105
4.4.4.	Espectro de Aceleraciones	111
4.4.5.	Cálculo del índice de daño de las tipologías constructivas	111

4.4.6.	Reforzamiento estructural de la tipología constructiva 04 (caso más desfavorable)	123
4.5.	Procesamiento de datos en la plataforma geomática	127
4.5.1.	Ubicación de Zona de Estudio	127
4.5.2.	Mapa de Pendientes	129
4.5.3.	Plano de Zonificación Sísmica	130
4.5.4.	Mapa de Vulnerabilidad Sísmica CENEPRED	131
4.5.5.	Mapa de Vulnerabilidad Sísmica BENEDETTI Y PETRINI	134
4.6.	Procesos para la elaboración del plan de mitigación del riesgo sísmico	138
4.6.1.	Elaboración de estrategias	138
4.6.2.	Marco normativo	138
4.6.3.	Preparación del proyecto	138
4.6.4.	Mecanismo de financiamiento	139
4.6.5.	Proceso de ejecución	139
4.6.6.	Cálculos y resultados	139
4.6.7.	Proceso de difusión y comunicación	139
4.6.8.	Proceso de mitigación (Refuerzos estructurales)	139
4.7.	Contrastación de hipótesis	140
4.7.1.	Hipótesis específica 1	140
4.7.2.	Hipótesis específica 2	142
4.7.3.	Hipótesis específica 3	143
4.7.4.	Hipótesis específica 4	144
4.7.5.	Hipótesis específica 5	146
4.7.6.	Hipótesis específica 6	148
4.8.	Discusión	149
	CONCLUSIONES	151
	RECOMENDACIONES	154
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	156
	ANEXOS	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de Parámetros del Método de Benedetti y Petrini	17
Tabla 2: Escala Numérica del Índice de Vulnerabilidad de Edificaciones de Mampostería no Reforzada (Benedetti y Petrini, 1984)	18
Tabla 3: Índice de Vulnerabilidad Según la Escala Numérica de Benedetti y Petrini	19
Tabla 4: Evaluación de la Organización Sismo-Resistente	20
Tabla 5: Evaluación de la Calidad del Sistema Resistente	21
Tabla 6: Evaluación de la Resistencia Convencional	21
Tabla 7: Evaluación la Posición de la Edificación y Cimentación	22
Tabla 8: Evaluación la Posición de la Edificación y Cimentación	23
Tabla 9: Evaluación la Configuración en Planta	24
Tabla 10: Evaluación la Configuración en Elevación	26
Tabla 11: Evaluación del espaciamiento máximo entre muros	26
Tabla 12: Evaluación de tipo de cobertura	27
Tabla 13: Evaluación de Elementos No Estructurales	27
Tabla 14: Evaluación del Estado de Conservación	28
Tabla 15: Evaluación del Peligro Sísmico - CENEPRED	31
Tabla 16: Evaluación de la Configuración Tipológica de la Construcción - CENEPRED	33
Tabla 17: Evaluación de la Topografía del Terreno - CENEPRED	34
Tabla 18: Evaluación de la Configuración de Elevación de la Edificación - CENEPRED	34
Tabla 19: Evaluación de la Antigüedad de la Edificación - CENEPRED	35
Tabla 20: Evaluación del Estado de Conservación de la Edificación – CENEPRED	35
Tabla 21: Evaluación del Cumplimiento del Código de Construcción - CENEPRED	36
Tabla 22: Resistencia Características de la Albañilería Mpa (kg/cm ²)	37
Tabla 23: Límites Para la Distorsión del Entrepiso	39
Tabla 24: Viviendas por Zona en San Juan de Miraflores	46
Tabla 25: Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona con Respecto al Peligro Sísmico – MET. CENEPRED.	58
Tabla 26: Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función a la Tipología Constructiva – MET. CENEPRED	59

Tabla 27: Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función a la Topografía del Terreno – MET. CENEPRED	59
Tabla 28: Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función al Año de Antigüedad – MET. CENEPRED	60
Tabla 29: Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función al Estado de Conservación – MET. CENEPRED	61
Tabla 30: Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones De La Zona En Función Al Cumplimiento Del Código De Construcción – Met. CENEPRED	62
Tabla 31: Pesos de Parámetros – MET. CENEPRED	63
Tabla 32: Rangos de Vulnerabilidad	63
Tabla 33: Índice de Vulnerabilidad - Tipología 01 (Método de Benedetti y Petrini)	76
Tabla 34 Nivel de Daño y Escalas de Habitabilidad (Método de Benedetti y Petrini)	77
Tabla 35: Nivel de Daño - Tipología 01 (Método de Benedetti y Petrini)	78
Tabla 36: Índice de Vulnerabilidad - Tipología 02 (Método de Benedetti y Petrini)	85
Tabla 37: Nivel de Daño - Tipología 02 (Método de Benedetti y Petrini)	86
Tabla 38: Índice de Vulnerabilidad - Tipología 3 (Método de Benedetti y Petrini)	93
Tabla 39: Nivel de Daño - Tipología 03 (Método de Benedetti y Petrini)	94
Tabla 40: Índice de vulnerabilidad - tipología 4 (Método de Benedetti y Petrini)	101
Tabla 41: Nivel de Daño - Tipología 4 (Método de Benedetti y Petrini)	102
Tabla 42: Sobrecargas Repartidas	103
Tabla 43: Características del Concreto 210 kg/cm ²	104
Tabla 44: Características del Ladrillo King Kong	104
Tabla 45: Características del Ladrillo Pandereta	105
Tabla 46: Zonificación Sísmica	107
Tabla 47: Factor de uso	107
Tabla 48: Parámetros de suelo	108
Tabla 49: Periodos Según Perfil de Suelo	108
Tabla 50: Factor de Amplificación Sísmica	109
Tabla 51: Grado de Daño en Función a la Distorsión	110
Tabla 52: Escenarios Sísmicos	111
Tabla 53: Nivel de daño del primer piso (S _x)– Tipología 1	112
Tabla 54: Grado de Daño del Primer Piso (S _y)– Tipología 1	112
Tabla 55: Nivel de Daño del Segundo Piso (S _x)– Tipología 1	113
Tabla 56: Nivel de Daño del Segundo Piso (S _y)– Tipología 1	113

Tabla 57: Nivel de Daño Tipología 1 - ETABS	114
Tabla 58: Nivel de Daño del Primer Piso (Sx)– Tipología 2	115
Tabla 59: Nivel de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 2	115
Tabla 60: Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx)– Tipología 2	116
Tabla 61: Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 2	116
Tabla 62: Nivel de Daño Tipología 2 - ETABS	117
Tabla 63: Nivel de Daño del Primer Piso (Sx)– Tipología 3	118
Tabla 64: Nivel de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 3	118
Tabla 65: Nivel de daño del segundo piso (Sx)– Tipología 3	119
Tabla 66: Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 3	119
Tabla 67: Nivel de Daño Tipología 3 - ETABS	120
Tabla 68: Nivel de Daño del Primer Piso (Sx)– Tipología 4	121
Tabla 69: Nivel de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 4	121
Tabla 70: Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx)– Tipología 4	122
Tabla 71: Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 4	122
Tabla 72: Nivel de Daño Tipología 4 - ETABS	123
Tabla 73 Nivel de Daño del Primer Piso (Sx) -Tipología 4 con Reforzamiento Estructural	124
Tabla 74 Nivel de Daño del Primer Piso (Sy) -Tipología 4 con Reforzamiento Estructural	125
Tabla 75 Nivel de daño del segundo piso (Sx) -Tipología 4 con reforzamiento estructural	125
Tabla 76 Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx) -Tipología 4 con Reforzamiento Estructural	126
Tabla 77 Nivel de daño Tipología 4 con reforzamiento- ETABS	126
Tabla 78: Deficiencias Estructurales Comunes de las Edificaciones Informales	140
Tabla 79: Índice de Vulnerabilidad de las Tipologías Constructivas	142
Tabla 80: Estratificación de la Vulnerabilidad de Toda la Muestra	143
Tabla 81: Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 01	145
Tabla 82: Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 02	145
Tabla 83: Comparación del nivel de daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 03	145
Tabla 84: Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 04	146
Tabla 85: Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs CENEPRED	147

Tabla 86: Comparación del Nivel de Daño de la Edificación Sometida a Reforzamiento Estructural

148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Parámetro de Evaluación en Planta	24
Figura 2: Parámetro de Evaluación de Configuración en Elevación	25
Figura 3: Parámetros de Evaluación Para la Fragilidad Física – CENEPRED	32
Figura 4: Sectorización del Distrito de San Juan de Miraflores	44
Figura 5: Lima Metropolitana 2019: Los 20 Distritos Más Poblados. Número de Pobladores.	45
Figura 6: Sectorización del Distrito de San Juan de Miraflores	49
Figura 7: Ficha de Inspección Técnica	50
Figura 8: Edificación Típica de la Zona de Estudio	51
Figura 9: Clasificación de Viviendas en Función a su Número de Piso	51
Figura 10: Edificación Típica de la Zona de Estudio	52
Figura 11: Clasificación de Viviendas en Según el Material Predominante	52
Figura 12: Edificación típica de la zona de estudio	53
Figura 13: Clasificación de Viviendas Según el Tipo de Cobertura	53
Figura 14: Clasificación de la Muestra Según Tipologías Constructivas	55
Figura 15 Mapa de Peligro Sísmico de la Ciudad de Lima	56
Figura 16: Mapa de Peligro Sísmico de la Zona de Estudio	57
Figura 17: Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad Sísmica	67
Figura 18: Estratificación de la Vulnerabilidad	68
Figura 19: Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad Sísmica	68
Figura 20: Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad sísmica	69
Figura 21: Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad Sísmica	69
Figura 22: Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 01.	70
Figura 23: Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 01.	71
Figura 24: Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 1	74
Figura 25: Función de Vulnerabilidad Para Albañilería Confinada	77
Figura 26: Cálculo del Índice de Daño(Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 01	78
Figura 27: Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 02.	79
Figura 28: Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 02.	80
Figura 29: Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 2	83
Figura 30 Calculo del Índice de Daño (Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 02	86
Figura 31: Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 03.	87

Figura 32: Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 03.	88
Figura 33: Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 3	91
Figura 34 Calculo del Índice de Daño(Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 03	94
Figura 35: Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 04.	95
Figura 36: Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 03.	96
Figura 37: Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 4	99
Figura 38: Calculo del índice de daño(Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 03	102
Figura 39: Zonificación Sísmica según Norma E030	106
Figura 40: Desplazamientos de la tipología 01	111
Figura 41: Desplazamientos de la Tipología 02	114
Figura 42 Desplazamientos de la Tipología 03	117
Figura 43: Desplazamientos de la Tipología 04	120
Figura 44 Desplazamientos de la Tipología 04 con Reforzamiento	124
Figura 45: Mapa de Ubicación en Arc Map	127
Figura 46: Mapa de Ubicación de Lotes en Estudio	128
Figura 47 Mapa de Pendientes.	129
Figura 48 Mapa de Peligro Sísmico	130
Figura 49 Mapa Temático de Vulnerabilidad Sísmica - Método de CENEPRED	131
Figura 50 Mapa temático – Simulación de habitabilidad ante la ocurrencia de un sismo moderado - CENEPRED	132
Figura 51 Mapa temático – Simulación de Habitabilidad Ante la Ocurrencia de un sismo severo - CENEPRED	133
Figura 52 Mapa temático de tipologías constructivas	134
Figura 53 Mapa temático de vulnerabilidad sísmica - Método de Benedetti y Petrini	135
Figura 54 Mapa Temático – Simulación de Habitabilidad Ante la Ocurrencia de un Sismo Moderado – Benedetti y Petrini	136
Figura 55 Mapa temático – Simulación de Habitabilidad Ante la Ocurrencia de un Sismo Severo – Benedetti y Petrini	137

RESUMEN

Debido al alto porcentaje de informalidad constructiva en el Perú, existe una gran cantidad de edificaciones informales que presentan altos índices de vulnerabilidad, esto es preocupante, ya que estas edificaciones tienen grandes probabilidades de colapsar ante la ocurrencia de evento sísmico. Por tal motivo, el presente trabajo de investigación propone plantear un plan de mitigación sísmica para mejorar el desempeño estructural de las edificaciones informales ante la ocurrencia de un sismo.

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de San Juan de Miraflores en el sector de Pamplona Alta, se identificó el índice de vulnerabilidad de 383 edificaciones mediante el método de Benedetti y Petrini y con el método de CENEPRED, se comprobó que el 80% de las edificaciones tienen índices de vulnerabilidad entre alto y muy alto. Debido al alto índice de vulnerabilidad de las edificaciones se simuló un evento sísmico severo y se comprobó que el 71.27% de las edificaciones sufrirán colapso parcial o colapso total y el resto de edificaciones tendrán daños estructurales severos, con el fin de mitigar estos daños, se proponen reforzamientos estructurales a las edificaciones más vulnerables y se comprueba la mejora de su desempeño estructural.

Con respecto al plan de mitigación del riesgo sísmico, este se basa en identificar el índice de vulnerabilidad, identificar el índice de daño, notificar, concientizar, evaluar la condición de la edificación y definir reforzamientos estructurales.

ABSTRACT

Due to the high percentage of construction informality in Peru, there is a large number of informal buildings that present high vulnerability rates, this is worrying, since these buildings have a high probability of collapsing in the event of a seismic event. For this reason, this research work proposes to propose a seismic mitigation plan to improve the structural performance of informal buildings in the event of an earthquake.

The present research work was carried out in the district of San Juan de Miraflores in the Pamplona Alta sector, the vulnerability index of 383 buildings was identified by the Benedetti and Petrini method and with the CENEPRED method, it was found that 80% of buildings have high to very high vulnerability rates. Due to the high vulnerability index of the buildings, a severe seismic event was simulated and it was found that 71.27% of the buildings will suffer partial or total collapse and the rest of the buildings will have severe structural damage, in order to mitigate these damages. they propose structural reinforcements to the most vulnerable buildings and the improvement of their structural performance is verified.

Regarding the seismic risk mitigation plan, it is based on identifying the vulnerability index, identifying the damage index, notifying, raising awareness, evaluating the condition of the building and defining structural reinforcements.

INTRODUCCIÓN

El distrito de San Juan de Miraflores existe un gran porcentaje de informalidad constructiva, debido a que las edificaciones no fueron construidas con la asesoría de un profesional, por tal motivo el uso de ladrillos pandereta y el crecimiento vertical de las edificaciones sin criterios estructurales es común en esos sectores. El autoconstrucción es un fenómeno social preocupante, ya que hay grandes probabilidades que las edificaciones construidas con esta “metodología” tendrán altos índices de vulnerabilidad, por ende, podrían colapsar ante la ocurrencia de un sismo severo. El presente trabajo se propone un plan de mitigación de riesgo sísmico que mejorará el desempeño estructural de las edificaciones informales.

El desempeño estructural de una edificación es muy importante ante la ocurrencia de un sismo severo, ya que define su nivel de daño. Evitar el colapso de una edificación ante la ocurrencia de un evento sísmico es muy importante, ya que se está salvaguardando la vida y la integridad de sus moradores. El trabajo de investigación propone una metodología para mejorar el desempeño estructural de las edificaciones informales, este se basa en identificar, de forma masiva, el índice de vulnerabilidad y el índice de daño de las edificaciones de la zona de estudio, también se notifica y concientiza a los moradores de los predios que habitan en edificaciones con alto índice de vulnerabilidad y finalmente evalúa la condición estructural de la edificación con fines de reforzamiento estructural.

La finalidad de este trabajo de investigación es que el gobierno de turno implemente un plan de mitigación de riesgo sísmico, ya que está comprobado que el Perú es altamente vulnerable ante la ocurrencia de un evento sísmico severo. Es muy importante que la implementación del plan se realice en el menor tiempo posible, ya que el Perú está experimentado un silencio sísmico y hay mayores probabilidades de actividad sísmica en los próximos años.

El trabajo de investigación está compuesto por cuatro capítulos; en el primer capítulo es el planteamiento del problema, donde se describe la problemática, el objetivo de la investigación, la hipótesis, la justificación y la importancia. El segundo capítulo es el marco teórico, en este se describe los trabajos de investigación nacionales e internacionales relacionados con el tema, los conceptos básicos, las metodologías para identificar el índice de vulnerabilidad, los criterios básicos de diseño estructural y los

beneficios de la sistematización de la información en una plataforma geomática. En tercer capítulo es la metodología de la investigación, en este se describe el tipo y método de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumento de recolección de datos, los procedimientos para la recolección de datos y las técnicas para el procesamiento de la información. El cuarto capítulo es la presentación y análisis de resultados, en este se describe el trabajo de campo y la identificación de tipologías constructivas, el cálculo del índice de vulnerabilidad con el método de Benedetti y Petrini y con el método de CENEPRED, cálculo del nivel de daño con ETABS, procesamiento de datos en una plataforma geomática y los procesos para la elaboración de un plan de mitigación de riesgo sísmico.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, se construyen miles de viviendas informales al año, pese a que, nuestro país se encuentra ubicado en la zona denominada cinturón de fuego del pacífico (Zona de alta actividad sísmica), por tal motivo la historia presenta un alto índice de ocurrencia de sismos.

Debido a la ocupación del suelo mediante procesos de invasión y sin tener un planeamiento urbanístico, la informalidad en la construcción tiene un alto índice de desarrollo, por tal motivo, existe un alto porcentaje de viviendas que no cumplen con las especificaciones técnicas del reglamento nacional de edificaciones.

La inseguridad a la que se expone una vivienda informal es preocupante, especialmente cuando no se considera aspectos importantes de diseño como la capacidad portante del suelo y capacidad de resistencia de muros portantes. Debido a la omisión de estos parámetros de diseño, los efectos colaterales de un terremoto pueden causar el desplome de estructuras débiles.

“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” (CAPECO, 2018, pág. 13).

CAPECO estimó que aproximadamente el 25% de la inversión inmobiliaria en vivienda y que el 38% de las compras de materiales de construcción corresponde al segmento informal. También indicó que, la producción informal de materiales de construcción ha alcanzado niveles significativos. Por ejemplo, un reporte del informe económico de la construcción de CAPECO de julio del 2016 detectó que las empresas formales sólo eran responsables del 41% de la producción de ladrillos de arcilla en Lima Metropolitana, mientras en 59% restante correspondía a ladrilleras informales. (CAPECO, 2018, pág. 13).

Por otro lado, de acuerdo a las cifras del INEI, en el año 2017, existen casi 760 mil trabajadores informales en la actividad constructora, eso quiere decir que, siete de cada diez empleos no son formales.

El autoconstrucción ha alcanzado niveles significativos en zonas rurales como el distrito de San Juan de Miraflores. Una pregunta inmediata es ¿a quién corresponde combatirla? Unos dicen que el Estado a través de normas y sanciones, otros creen que es un mal endémico de nuestra sociedad y otros indican que es el sector privado debido a los altos costos de construcción.

Según CAPECO, “Un sismo en Lima similar al de Pisco, provocaría 51 mil muertos y la destrucción de 549 mil viviendas por la informalidad en las construcciones” (CAPECO, 2018, pág. 13)

1.2. Formulación y delimitación del problema

1.2.1. Problema general

La zona de estudio se encuentra en el distrito de San Juan de Miraflores, entre los sectores Villa San Luis, Malvinas y Los Cedros – Pamplona alta, debido a que en la zona existe niveles significativos de autoconstrucción.

Teniendo en referencia lo expuesto en la descripción del problema, la problemática general sería la siguiente:

¿Puede mejorar el desempeño estructural de las edificaciones informales proponiendo un plan de mitigación de riesgo sísmico?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las deficiencias estructurales que definen las tipologías constructivas informales en la zona de estudio?
- b. ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica de las tipologías constructivas identificadas en la zona de estudio?

- c. ¿Qué porcentaje de las edificaciones evaluadas tienen alto grado de vulnerabilidad sísmica?
- d. ¿Cuál es la diferencia del índice de daño calculado con el método de Benedetti & Petrini y el análisis estructural con el programa ETABS?
- e. ¿Cuál es metodología apropiada para hacer un cálculo masivo del índice de daño y de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones informales?
- f. ¿Qué reforzamientos se puede proponer para mejorar el desempeño estructural de las edificaciones informales ante la ocurrencia de sismos?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer un plan de mitigación de riesgo sísmico donde se describe la metodología apropiada para mejorar el desempeño estructural de las edificaciones informales.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Identificar las deficiencias estructurales comunes de las edificaciones de la zona de estudio para definir tipologías constructivas informales.
- b. Evaluar los parámetros más importantes que controlan el daño estructural de las tipologías constructivas para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica utilizando el método de método de Benedetti & Petrini y el método del CENEPED.
- c. Elaborar un mapa temático de vulnerabilidad sísmica para identificar el porcentaje de edificaciones que tienen alto grado de vulnerabilidad sísmica.
- d. Determinar el índice de daño mediante el método de Benedetti & Petrini y mediante el análisis estructural con el programa ETABS para realizar un análisis comparativo.

- e. Identificar la metodología apropiada para hacer un cálculo masivo del índice de daño y de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones informales ante la ocurrencia de un sismo.
- f. Realizar un análisis estructural de las tipologías constructivas informales mediante el programa ETABS para proponer reforzamientos y mejorar su desempeño estructural ante la ocurrencia de un sismo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Generalmente las edificaciones informales presentan un alto índice de vulnerabilidad, ya que estas fueron construidas sin la asesoría de un profesional, estas edificaciones mejorarán su desempeño sísmico si se refuerzan sus principales elementos estructurales, por tal motivo la implementación de un plan de mitigación de riesgos es fundamental para minimizar el número de familias damnificadas ante la ocurrencia de un sismo.

Por lo descrito anteriormente, se formula la siguiente hipótesis:

El desempeño estructural de las edificaciones informales mejora proponiendo una metodología de reducción de vulnerabilidad sísmica.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a. Identificando las deficiencias estructurales comunes de las edificaciones de la zona de estudio, se determina más de 3 tipologías constructivas informales.
- b. Evaluando los parámetros que controlan el daño estructural de las tipologías constructivas, se identifica que estos tienen altos índices de vulnerabilidad.

- c. Elaborando un mapa temático de vulnerabilidad sísmica, se identifica que existen un alto porcentaje de edificaciones que tienen altos índices de vulnerabilidad sísmica.
- d. Calculando el índice de daño con el método de Benedetti & Petrini y calculando el índice de daño mediante un análisis estructural con el programa ETABS, se determina que los resultados obtenidos son similares.
- e. Comparando las metodologías de cálculo del índice de daño, se define que la metodología de Benedetti & Petrini es la apropiada para evaluar el índice de daño y la vulnerabilidad sísmica de edificaciones informales de forma masiva.
- f. Reforzando los elementos estructurales de las tipologías constructivas informales, su desempeño estructural mejora ante la ocurrencia de un sismo.

1.5. Justificación e importancia de la investigación.

El Perú se encuentra en una zona altamente sísmica y en la actualidad se habla sobre la futura ocurrencia de un evento sísmico que causara una catástrofe en el Perú. Por tal motivo se debe fomentar la investigación sobre el comportamiento de las estructuras informales con el fin de minimizar los daños materiales y pérdidas de vidas humanas que se puedan presentar ante la ocurrencia de un evento sísmico.

En la actualidad la informalidad en la construcción tiene un alto índice de desarrollo y esto es preocupante, ya que estas estructuras no tienen el asesoramiento de un profesional y generalmente tienen una alta vulnerabilidad sísmica. Por tal motivo, en esta investigación se definirá una metodología para minimizar el riesgo sísmico en edificaciones vulnerables.

El presente trabajo de investigación definirá una metodología para la elaboración de planes de mitigación de riesgos sísmicos en cualquier zona del Perú.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. En el ámbito nacional

Balta Rivera, J & Meza Fernández, J (2015). “Sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma geomática para la elaboración de mapas de riesgo sísmico en el distrito de Huaral”

Es necesario realizar estudios que implementen procedimientos de evaluación de mapas de riesgo en zonas urbanas que sirvan para proponer recomendaciones para mitigar el riesgo sísmico de edificaciones vulnerables, esta investigación se realizó en el distrito de Huaral, ya que esta ciudad tiene un alto índice de informalidad en la construcción de viviendas.

En la presenta tesis se propone sistematizar la información estructural de las edificaciones en una plataforma geomática para que se pueda elaborar mapas de riesgo sísmico en el distrito de Huaral, también analizan edificaciones típicas de albañilería confinada para determinar su respuesta sísmica.

Después de realizar el trabajo de campo y los análisis, se demuestra que el 52.55% de las viviendas evaluadas presentarán agrietamientos en sus muros portantes, también se demuestra que el 33.57% de las edificaciones presentan aplastamiento de concreto agrietamiento horizontal para aceleraciones de suelo que van desde 0.1g a 1.0 g.

Arrellano Herrera, F & Cadillo Villón, J (2015). “Análisis del riesgo sísmico en edificaciones de albañilería mediante fichas de evaluación sistematizadas en una plataforma geoespacial en el sector 19, 20, 21 y 22, distrito de Chorrillos”

En este trabajo de investigación se sistematiza la información sobre las características de edificaciones de albañilería en una plataforma geoespacial para el análisis de vulnerabilidad y posterior evaluación del

sísmico, para ello se identifican las características de las edificaciones de albañilería en el sector 19, 20, 21 y 22 del distrito de chorrillos.

El análisis de vulnerabilidad sísmica se realizó con el método de Benedetti y Petrini y el índice de daño se calculó utilizando una función de vulnerabilidad para albañilería confinada que fue calibrada para el distrito de Chorrillos. También se demuestra que al trabajar con la tecnología del sistema de información geográfica SIG, se permite obtener un escenario de determinadas características a la zona de trabajo, para así obtener de manera inmediata sus posibles consecuencias, lo que se convierte en una herramienta de suma importancia para el investigador.

Araoz Escobedo, T & Velezmoro Girón, J (2012), “Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillos pandereta – Segunda etapa”.

En este trabajo de investigación se construyeron dos tabiques, uno de los tabiques fue construido con ladrillos pandereta y el otro se construyó con el mismo material reforzado con una malla electrosoldada. Mediante un análisis comparativo del comportamiento de los dos tabiques, plantean analizar una medida preventiva para evitar el colapso de viviendas construidas con ladrillos pandereta.

Durante los trabajos experimentales se observó que hubo trituración de los ladrillos pandereta a una deriva menor a la máxima permitida en la norma E.030, por tal motivo queda confirmado que, por su baja resistencia a la compresión y comportamiento sumamente frágil, es correcto que el ladrillo pandereta esté prohibido en la construcción de muros portantes.

En el trabajo de investigación se determinó que la malla electrosoldada recubierta con mortero cumplió con el objetivo de evitar la trituración de los ladrillos pandereta. Por ende, esta medida preventiva puede aplicarse en edificaciones informales, cuyos muros portantes han sido construidos con unidades de albañilería tubular.

Con respecto al costo por el reforzamiento de los muros con malla electrosoldada, el costo del muro reforzado se incrementaría en un 23% con respecto al costo del muro, por la relación costo-beneficio, se determina que esta inversión es adecuada para mejorar las propiedades estructurales del muro.

Sáenz Tenorio, L (2016), “Comportamiento sísmico de tabiques construidos con ladrillos pandereta”.

El trabajo de investigación evalúa experimentalmente el comportamiento sísmico de tabiques construidos con ladrillos pandereta confinados por un pórtico de concreto armado, donde se determina el aporte a la rigidez lateral de los tabiques de ladrillo pandereta, además, identifica las propiedades mecánicas de la albañilería simple de estas unidades, mediante ensayos de compresión axial y diagonal.

Durante el ensayo de compresión axial en las pilas, se determinó que la resistencia f'_m de los muros de ladrillo pandereta es de 13 kg/cm², la cual es menor a las resistencias obtenidas en investigaciones pasadas, por tal motivo, el comportamiento del ladrillo pandereta es impredecible y nos es confiable para el uso de muros portantes.

En cuanto a la falla, todos los especímenes tuvieron una falla frágil, por tal motivo se corrobora lo concluido en investigaciones pasadas.

Finalmente, el trabajo de investigación demuestra que el ladrillo pandereta sí se puede usar como tabiques de división de ambientes en sistemas aporticados.

2.1.2. En el ámbito internacional

Jiménez Pacheco, J (2016), “Evaluación sísmica de edificios de mampostería no reforzada típicos de Barcelona: modelización y revisión de la aplicación del Método del Espectro de Capacidad”.

Uno de los objetivos de esta evaluación sísmica de edificios de mampostería fue estudiar la influencia de la rigidización del sistema de piso

en el desempeño sísmico global de edificaciones representativas utilizando como para la acción del sismo el modelo del proyecto RISK-UE (sistema aplicado en la unión Europea) identificando para un primer periodo de análisis, se toma una tipología de la estructura de 6 pisos con diferentes condiciones, para el segundo periodo analiza el comportamiento mediante la aproximación de pórtico equivalente, realizando el modelado en ambos casos de la estructura mediante nodos rígidos, y un diafragma rígido; realizando el cargado de la estructura en base a la norma de dicho país para así evaluarlo con distintos probables daños esperados.

El efecto de la rigidización del sistema de piso provoco una mejora en el desempeño estructural de la edificación, esto se reflejó obteniendo daños entre nulos y leves.

Martínez Cuevas, S (2014) “Evaluación de la vulnerabilidad urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, Región de Murcia”.

En esta tesis doctoral se caracterizaron los parámetros urbanísticos que tienen mayor correlación con el daño en las edificaciones tras un terremoto para contribuir con la reducción de la vulnerabilidad sísmica. Para cumplir con el objetivo se utilizaron datos del terremoto de Lorca 2011.

En este trabajo de investigación se hace un reconocimiento de que edificaciones se pueden calificar como colapsadas o inseguras. Para ello se evalúa dentro del edificio su estado general, la existencia de daños en su estructura y la existencia de daños en elementos no resistentes que pueden afectar a la habitabilidad del edificio.

Mediante la identificación de tipologías de edificios y cartografía de habitabilidad identificaron, con un 65% de confiabilidad, cuáles serían los edificios que quedarían inhabitables si ocurriera un terremoto con las mismas características que el de mayo del 2011.

Alvayay Barrientos, D (2013) “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del casco urbano de la ciudad de Valdivia, empleando índices de vulnerabilidad”.

En este trabajo de investigación se realiza una adaptación metodológica mejorada del índice de vulnerabilidad (Método de Benedetti & Petrini) y se crea una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y económica.

Se propone una metodología para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica que mejor se adapte a las características de las estructuras de Valdivia. Las metodologías empleadas son el Método Italiano y la adaptación del proyecto Rick-UE, estos son métodos aproximados, y por lo tanto tienen validez. También no recomiendan su uso para estructuras esenciales, cuya funcionalidad es de gran importancia en todo momento y en especial después de un evento sísmico.

Se determinó que las estructuras de Valdivia se encuentran entre la vulnerabilidad moderada y alta, considerando que el sector que posee mayor vulnerabilidad es el conocido como “barrios bajos”

Mena Hernández, U (2013) “Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas”.

En esta tesis se determina que el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini es adecuado para ser implementado en grandes ciudades (aplicación a nivel urbana), solo en el caso que se disponga de la información mínima necesaria para evaluar la calidad sismoresistente de las edificaciones, además es importante disponer de funciones de vulnerabilidad calibradas para la zona de estudio.

Las vulnerabilidades de los edificios de la ciudad de Barcelona se encuentran entre moderada y alta debido a la falta de aplicación de normas sísmicas, a la edad de los edificios y a una falta de cultura sísmica. En consecuencia, al escenario de daño sísmico esperado en la ciudad de Barcelona para una intensidad VI es preocupante dándose un índice de daño superior al 15% para el 20% de edificios de la ciudad.

En el estudio se determina que para un sismo de grado VI, el 16% de las edificaciones sufrirán daños considerables y el 4% daños fuertes, este grado ya el implica el riesgo de colapso del edificio, para un sismo de grado VII el porcentaje de edificios con daños considerables aumenta al 24%, para un sismo de VIII la situación es grave en el 34%, se estima que el 29% de los edificios colapsarían inmediatamente y para el escenario de una intensidad de grado IX es extremadamente grave con más del 50% de edificios en situación de colapso.

2.2. Conceptos básicos

2.2.1. Peligro

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), se define como la probabilidad que un fenómeno físico, de origen natural o inducido por la acción humana, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos dados en una zona o localidad conocida, y que puede afectar potencialmente, un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente. (CENEPRED, 2017), también Kuroiwa lo define como “el grado de exposición de un lugar o emplazamiento a bs fenómenos naturales dentro de un período determinado, independientemente de lo que sobre dicha ubicación se construya” (Kuroiwa, 2020, pág. 5)

2.2.2. Vulnerabilidad

Según Kuroiwa la vulnerabilidad “se refiere al grado de daños que pueden sufrir las edificaciones que realiza el hombre y depende de las características de su diseño, la calidad de los materiales y de la técnica de construcción” (Kuroiwa, 2020, pág. 5)

Según Villegas “la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos a un determinado peligro. La evaluación de vulnerabilidad permite determinar los diferentes grados de afectación, que podrían darse como consecuencia de la incapacidad física de resistir el impacto de algún peligro o amenaza natural”. (Villegas, 2014, pág. 14)

2.2.3. Riesgo

Según Kuroiwa el riesgo “es el resultado de la exposición de la construcción hecha por el hombre, con el grado de vulnerabilidad que le es inherente, frente al peligro al que se verá sometida” (Kuroiwa, 2020, pág. 5)

Según CENEPRED, se entiende que el riesgo es la probabilidad de daños ya sean sociales, ambientales y económicos por un evento natural o peligro sísmico durante la exposición a determinado tiempo. (CENEPRED, 2017) a su vez se define como una estimación matemática de posibles pérdidas ya sea de vidas, daños materiales, a la propiedad y la economía el cual depende del peligro y la vulnerabilidad.

2.2.4. Albañilería

Según Gallegos, la albañilería es un material estructural el cual está conformado por ladrillo pandereta asentado con mortero o apiladas sin usar mortero las cuales son llenadas por concreto líquido, por lo cual, es heterogéneo y anisotrópico teniendo una considerable resistencia a la compresión y una baja resistencia a la tracción. (Gallegos, 2005, pág. 26) esta definición también la adopta, de manera más simplificada, la Norma Técnica E070 Albañilería.

Según Arkiplus, albañilería es “la especialidad de construir estructuras a partir de objetos individuales que se unen y pegan usando mortero u otros materiales capaces de endurecer” (Arkiplus, 2020, pág. 25)

2.2.5. Sismo

Los sismos son medidos en función de su magnitud y de su intensidad. La magnitud está relacionada a la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarria 1995)

El sismo es definido como el movimiento de la corteza terrestre o como la vibración del suelo, causado por la energía mecánica emitida por la fricción que existe en la convergencia de las placas tectónicas. El paso de un camión, de un tren, pueden producir una pequeña vibración en la superficie terrestre, este fenómeno podemos relacionarlo con un Microsismo o un Temblor. Una

erupción volcánica o un movimiento Ditrófico puede originar una vibración fuerte dando lugar a un macrosismo o terremoto. Los observatorios registran centenas de millares de sismos, cada año en todo el mundo. Afortunadamente, de todos ellos, muy pocos alcanzan la categoría de terremotos y gran parte de ellos ocurren en los fondos oceánicos (generando Tsunamis) o en regiones despobladas. Para el diseño estructural se consideran 2 principales sismos, estos son los sismos moderados y los sismos severos.

Según Villegas, un sismo se define como el movimiento de la corteza terrestre las cuales se origina cuando al interior de la tierra la energía se libera súbitamente. (Villegas, 2014)

En el caso del Perú los sismos se generan mediante la interacción de la placa de Nazca y la Placa sudamericana donde la placa de Nazca se subdecciona debajo de la placa Sudamericana. (Rojas & Valverde, 2010)

2.2.6. Peligro sísmico

Esta condición depende la zona donde está ubicada la zona de estudio, las características de la zona dependen mucho para evaluar el peligro sísmico. Por ejemplo, el Perú se encuentra entre la convergencia de la placa de Nazca y Sudamericana, esto implica que existen probabilidades que ocurriesen sismos en el Perú.

El peligro sísmico también depende del tipo de suelo de la zona, un suelo malo amplifica las ondas sísmicas y esto implica que se tenga sismos más destructivos en la zona.

2.2.7. Vulnerabilidad sísmica

Se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico. La vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma, y, además, es independiente del peligro sísmico de la zona.

2.2.8. Albañilería estructural

Es el elemento constructivo estructural, fabricado con ladrillos o bloques de mortero de cemento o similares, colocados en forma ordenada y unidos con mortero (mezcla de arena-cemento y agua). Una albañilería se logra con ladrillos, ya sean fabricados en forma artesanal o ejecutados en fábrica, como el ladrillo cerámico y el refractario.

En albañilería estructural los principales elementos estructurales son los muros, ya que estos soportan la carga sísmica y el peso de la edificación, un mal diseño de los muros estructurales puede causar el colapso de la estructura.

2.2.9. Edificación informal

Se defina como edificación informal a estructuras aporticadas o de albañilería confinada que fueron construidas sin el asesoramiento de un especialista.

2.2.10. Plan de Mitigación

Es un resultado de actividades y estrategias necesarias para identificar y valorar riesgos y así, establecer acciones inmediatas y preventivas ocasionados por distintos factores.

2.3. Método del Índice de Vulnerabilidad

Existen distintos métodos y formas de identificar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones para lo cual determinamos el Método de Benedetti y Petrini es el más adecuado, ya que esta investigación se ajusta a la información que requiere esta metodología.

2.3.1. Método de Benedetti y Petrini 1982

Esta metodología fue propuesta en 1982 la cual fue desarrollada desde 1976 con información del daño de edificaciones a causa de los sismos ocurridos en dicho periodo.

Es una metodología usada mundialmente y se fundamenta en datos reales, también se aplica a nivel urbano para distintas tipologías como material de mampostería y tipo de cobertura.

La metodología califica 11 parámetros los cuales varían desde 0 a 382.5 como valor máximo, donde se realiza una evaluación de la condición de la calidad (K_i) y factores de peso (W_i) que se asigna a cada uno de los parámetros para así calcular el índice de vulnerabilidad y el índice de daño.

Los parámetros usados en la metodología de Benedetti y Petrini son los siguientes:

Tabla 1:

Descripción de Parámetros del Método de Benedetti y Petrini

Parámetro	Descripción del Parámetro
1	Organización del sistema resistente
2	Calidad del sistema resistente
3	Resistencia convencional
4	Posición del edificio y cimentación
5	Diafragmas horizontales
6	Configuración en planta
7	Configuración en elevación
8	Separación máxima entre muros
9	Tipo de cubierta
10	Elementos no estructurales
11	Estado de conservación

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

A cada parámetro se le califica con un K_i el cual es el coeficiente de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini tal calificación se da por las siguientes

letras A, B, C y D, donde A es óptimo y D es pésimo, para luego ser afectados por un factor de Peso como se muestra en la tabla 1.

Una vez obtenido todos los valores obtenidos se calcula la vulnerabilidad global mediante la suma ponderada denominando este resultado como Índice de Vulnerabilidad (Iv).

Tabla 2:

Escala Numérica del Índice de Vulnerabilidad de Edificaciones de Mampostería no Reforzada (Benedetti y Petrini, 1984)

i	Parámetro	Clase Ki				Peso Wi
		A	B	C	D	
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
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	25	45	1
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

Donde:

K_i es la calificada asignada, W_i es el coeficiente de peso y I_v índice de vulnerabilidad.

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

En vista de que la ecuación, al tomar los valores más favorables y más críticos, tiene un rango entre 0 y 382.5, se dividirá este rango por el valor máximo (382.5) para obtener un rango normalizado con valores entre 0% y 100% para poder interpretar los resultados con la siguiente tabla la cual califica la vulnerabilidad con un Rango de Vulnerabilidad Baja, Media y Alta de la siguiente manera:

Tabla 3:

Índice de Vulnerabilidad Según la Escala Numérica de Benedetti y Petrini

Vulnerabilidad	Rangos Iv
A= Vulnerabilidad baja	0 - 95.63
B= Vulnerabilidad de media a baja	95.63 - 191.30
C= Vulnerabilidad de media a alta	191.30 - 286.30
D= Vulnerabilidad alta	286.30 - 382.50

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

a) Tipo y Organización del sistema resistente

Este parámetro evalúa el grado de organización de los elementos verticales, donde mayor es la importancia a la presencia y eficiencia de la conexión entre paredes ortogonales y la capacidad de resistir cargas.

El análisis del parámetro se evalúa en función a la siguiente tabla:

Tabla 4:

Evaluación de la Organización Sismo-Resistente

Evaluación del Parámetro	Clase
La edificación presenta las siguientes tres características:	A
1) La edificación fue construida según la normativa sismoresistente.	
2) Los elementos estructurales son capaces de soportar cargas sísmicas.	
3) La carga se transmite a otros elementos estructurales mediante vigas de amarre en todas las plantas.	
El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.	B
El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.	C
El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.	D

Fuente: Adaptado - Ulises Mena, U (2013).

b) Calidad del Sistema Resistente

Este parámetro evalúa el tipo de mampostería representativo de cada edificación (de mayor uso o presencia), ello para asegurar el desempeño estructural tipo cajón de manera cualitativa de clasificación (A, B, C o D) se da mediante dos factores evaluando el tipo de material y la forma de los

materiales que componen la mampostería, así como la homogeneidad del material y de los elementos que constituyen la mampostería.

Tabla 5:

Evaluación de la Calidad del Sistema Resistente

Evaluación del parámetro	Clase
La edificación está construida con unidades de albañilería de uso estructural.	A
La edificación está construida con unidades de albañilería artesanales (Ladrillos macizos).	B
La edificación está construida con unidades de albañilería tubular (Ladrillos pandereta)	C
La edificación está construida de quincha y adobe.	D

Fuente: Adaptado - Ulises Mena, U (2013).

c) Resistencia Convencional

Este parámetro evaluar la resistencia de un edificio, basándose en la hipótesis de que presenta un comportamiento perfecto tipo cajón, para ello se requiere el levantamiento del resultado de la relación entre la fuerza horizontal resistente en la base de la edificación y el peso de la edificación, expresándolos de la siguiente manera:

Tabla 6:

Evaluación de la Resistencia Convencional

Evaluación del Parámetro	Clase
La edificación presenta las siguientes tres características:	A
1). La estructura fue diseñada según la normativa de albañilería confinada.	
2). La edificación cumple con la densidad de muros según norma.	
3). La edificación cuenta como máximo con 1 nivel.	B
El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.	
El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.	
El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.	

Fuente: Adaptado - Ulises Mena, U (2013).

d) Posición de la edificación y cimentación

Este parámetro evalúa por medio de una inspección visual simple, verificando el desempeño sísmico de la estructura, mediante la influencia del terreno y cimentación para lo cual se verifican las siguientes características.

- Consistencia y pendiente del terreno.
- La ubicación de la cimentación a diferente nivel.
- La presencia de Empuje no equilibrado debido a un terraplén.

Estas características se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 7:

Evaluación la Posición de la Edificación y Cimentación

Evaluación del Parámetro	Clase
Edificación cimentada sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%.	A
Edificación cimentada sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.	B
Edificación cimentada sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%.	C
Edificación cimentada sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%.	D

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

e) Diafragma horizontal

Este parámetro surge de garantizar el correcto funcionamiento de los elementos estructurales verticales (Columnas y Muros), por ello, es necesario garantizar la calidad del diafragma horizontal con la siguiente clasificación:

Tabla 8:

Evaluación la Posición de la Edificación y Cimentación

Evaluación del parámetro	Clase
Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:	A
1. Ausencia de planos a desnivel.	
2. La deformabilidad del diafragma es despreciable.	
3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	
Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con 1 condición.	B
Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumple con 2 condiciones.	C
Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.	D

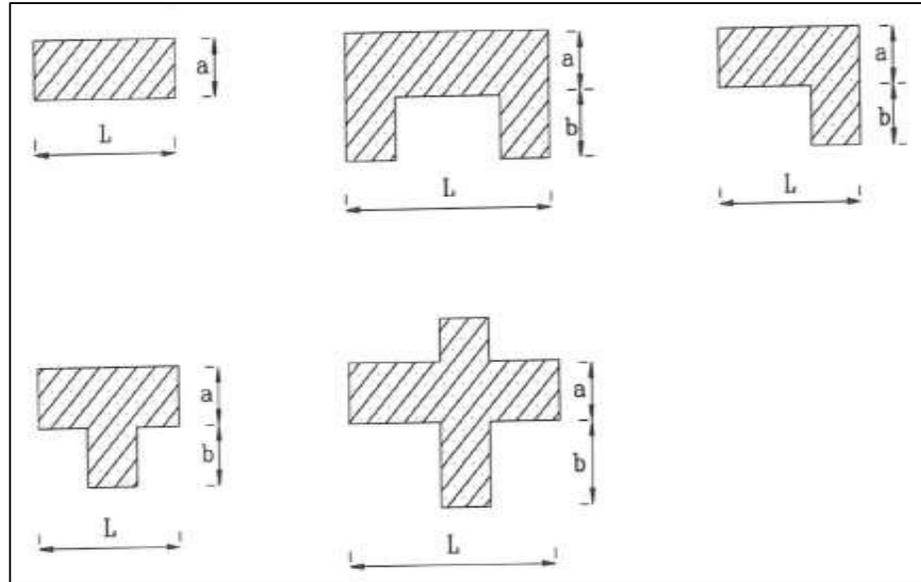
Fuente: Ulises Mena, U (2013).

f) Configuración en planta

Este parámetro depende de la forma de la geometría en planta de la estructura el cual influencia en el desempeño sísmico. Para el caso de edificios de forma rectangular en planta se calculará la relación del lado menor y el lado mayor $\beta_1 = a/L$, así también, se tomará en cuenta las protuberancias del cuerpo principal calculando la relación de la longitud de la protuberancia en relación con la longitud del cuerpo principal $\beta_2 = b/L$ para una mejor visualización de estas longitudes se presenta la siguiente figura:

Figura 1:

Parámetro de Evaluación en Planta



Fuente: Ulises Mena, U (2013).

Estos valores β_1 y β_2 serán los parámetros de calificación evaluando siempre el caso más desfavorable.

Tabla 9:

Evaluación la Configuración en Planta

Evaluación del Parámetro	Clase
Edificio con $b_1 \leq 0.8$ ó $b_2 \leq 0.1$.	A
Edificio con $0.8 > b_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < b_2 \leq 0.2$.	B
Edificio con $0.6 > b_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < b_2 \leq 0.3$.	C
Edificio con $0.4 > b_1$ ó $0.3 < b_2$.	D

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

g) Configuración en elevación

Este parámetro evalúa la irregularidad en altura siendo determinadas por torretas y porches, para el caso de torretas se toma en consideración la figura 2 verificando las dimensiones T y H para evaluar su relación (T/H), también, considera la variación de Masa de cada piso o en su defecto a variación de Áreas en planta como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\pm \frac{\delta M}{M} ; \pm \frac{\delta A}{A} ; \text{ expresados en porcentaje (\%)}$$

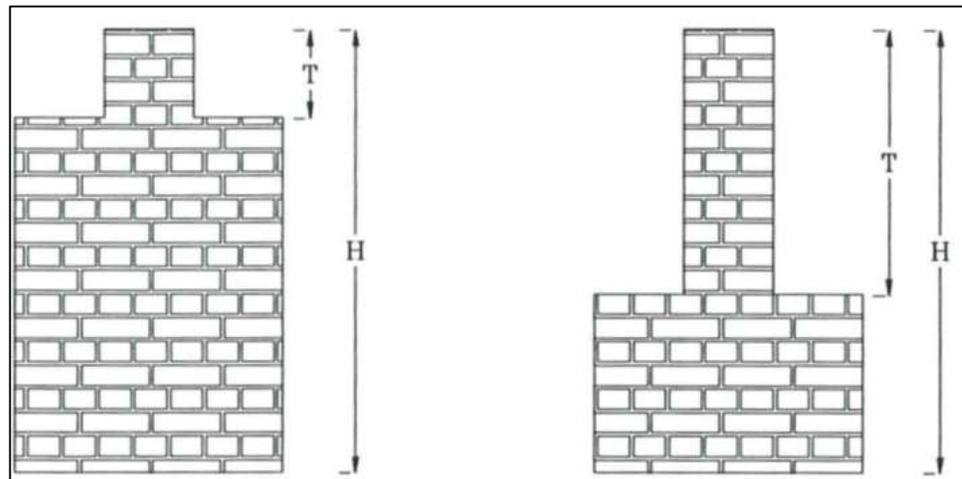
Donde:

$\delta M, \delta A$: Variación de Masa o Área respectivamente de pisos consecutivos.

M, A : Masa o Área respectivamente del piso inferior.

Figura 2:

Parámetro de Evaluación de Configuración en Elevación



Fuente: Ulises Mena, U (2013).

Tabla 10:

Evaluación la Configuración en Elevación

Evaluación del Parámetro	Clase
Si $0.75 < T/H$	A
Si $0.50 < T/H \leq 0.75$	B
Si $0.25 < T/H \leq 0.50$	C
Si $T/H \leq 0.25$	D

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

h) Espaciamiento máximo entre muros

Este parámetro evalúa el espaciamiento de los muros principales con clasificándolos en función a la relación del espesor y el espaciamiento:

$$L/S$$

Donde:

L: Máximo espaciamiento entre muros transversales.

S: Espesor del muro principal.

Se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 11:

Evaluación del espaciamiento máximo entre muros

Evaluación del Parámetro	Clase
Si $L/S \leq 15$	A
Si $15 < L/S \leq 18$	B
Si $18 < L/S \leq 25$	C
Si $25 < L/S$	D

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

i) Tipo de cobertura

Este parámetro evalúa más que todo la forma del techo, cobertura o losa superior; y analizando los elementos que lo constituyen para el desempeño sísmico de la edificación. Se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 12:
Evaluación de tipo de cobertura

Evaluación del parámetro	Clase
A) La edificación cuenta con losa aligerada.	A
B) Edificación con cubierta estable y provisto vigas de soporte (Armadura de acero).	B
C) Edificación con cubierta de calamina apoyado sobre muros o vigas de concreto.	C
D) Edificación con cubierta inestable.	D

Fuente: Ulises Mena, U (2013).

j) Elementos no estructurales

Este parámetro evalúa los elementos no estructurales de la edificación los cuales puedan ocasionar daño a las personas o cosas.

Se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 13:
Evaluación de Elementos No Estructurales

Evaluación del parámetro	Clase
Edificación sin voladizos y sin parapetos.	A
Edificación sin parapetos pero con voladizos bien vinculados a la estructura.	B
Edificación sin parapetos con voladizos y parapetos mal vinculados a la estructura.	C
Edificación que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos, voladizos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto.	D

Fuente: Adaptado - Ulises Mena, U (2013).

k) Estado de conservación

Este parámetro evalúa el estado de conservación de la edificación en estudio clasificándola de la siguiente forma:

Tabla 14:

Evaluación del Estado de Conservación

Evaluación del parámetro	Clase
Reciben mantenimiento permanente, no presentan deterioro alguno.	A
Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterior (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.	B
Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	C
La estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	D

Fuente: Adaptado - Ulises Mena, U (2013).

2.3.2. Método del CENEPRED

El crecimiento de la población, los procesos de crecimiento urbano, el proceso de empobrecimiento de la población y la informalidad en la construcción, ha aumentado de forma gradual la vulnerabilidad de la población frente a eventos sísmicos.

Según CENEPRED, "Para reducir el riesgo no habría otra alternativa que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, esto tiene relación con la

gestión prospectiva y correctiva de la Gestión de Riesgos de Desastres” (CENEPRED, 2017)

El análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se evalúa las condiciones de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia.

En el siguiente trabajo de investigación, vamos a hacer un análisis de vulnerabilidad a nivel de exposición y fragilidad, ya que sólo queremos evaluar el comportamiento de las edificaciones a nivel de estructura.

a. Factores de vulnerabilidad

Exposición

Este factor está referido a la identificación y cuantificación de los elementos expuestos ubicados en zonas susceptibles que pueden sufrir los efectos de un evento sísmico. Este factor se genera por el desorden en el crecimiento poblacional, procesos migratorios desordenados y a políticas de desarrollo económico no sostenibles. Según CENEPRED, “Cuando mayor sea la exposición, mayor será el índice de vulnerabilidad” (CENEPRED, 2017)

Fragilidad

Esta referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida a un peligro. Según CENEPRED, “A mayor fragilidad, mayor será el nivel de vulnerabilidad” (CENEPRED, 2017)

Resiliencia

Se encuentra relacionado a condiciones sociales, organización de la población y a la capacidad de absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro a amenaza. Según CENEPRED, “Cuando la resiliencia es mayor la vulnerabilidad será menor” (CENEPRED, 2017)

b. Dimensiones de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad se analiza en cuatro dimensiones, las cuales se detallan a continuación:

Dimensión física

Está relacionada a las condiciones específicas de la infraestructura y de la ubicación del centro poblado.

Dimensión social

Está relacionada al conjunto de comportamientos, creencias, formas de organización y manera de actuar de la población.

Dimensión económica

Está relacionada a la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos que tienen los miembros de una comunidad.

Dimensión ambiental

Está relacionada a como una comunidad, centro poblado o sector utiliza de forma no sostenible los elementos de su entorno.

c. Cálculo del índice de vulnerabilidad

En este trabajo de investigación se está evaluando el desempeño sísmico a nivel de estructura, por tal motivo sólo vamos a considerar la dimensión física para hacer el cálculo del índice de vulnerabilidad.

- **Exposición física**

En el análisis de la exposición física, analizaremos la localización de la vivienda en función a la cercanía a zonas de peligro sísmico.

El peso ponderado del parámetro se evaluará en función a la siguiente tabla:

Tabla 15:

Evaluación del Peligro Sísmico - CENEPRED

Parámetro		Peligro sísmico	Peso Ponderado	
DESCRIPTORES	FS21	Muy alto (Rellenos)	PFS21	0.503
	FS22	Muy alto (Arena eólica con agua)	PFS22	0.283
	FS23	Alto (Arena eólica sin agua)	PFS23	0.134
	FS24	Relativamente bajo (Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial)	PFS24	0.068
	FS25	Bajo (Roca)	PFS25	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

- **Fragilidad física**

Para calcular la susceptibilidad de los activos físicos ante la ocurrencia de un sismo, se analizará la fragilidad mediante parámetros y los pesos serán analizados mediante el proceso de Análisis Jerárquico o se tomarán como referencia los pesos de otras metodologías de análisis de vulnerabilidad sísmica.

En muchas comunidades, el control del uso del suelo por parte del sector privado es extremadamente difícil, por tal motivo existe un alto índice de vulnerabilidad en esos sectores.

Los parámetros de evaluación de la fragilidad física se muestran en la siguiente figura (Ver Figura 3)

Figura 3:

Parámetros de Evaluación Para la Fragilidad Física – CENEPRED



Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

Con respecto al análisis del material predominante de la construcción, se está adaptando ese cuadro en función a las tipologías constructivas de la zona de estudio. En la zona se identificaron 4 tipologías constructivas, estas se detallan a continuación:

Tipología 1

Esta tipología representa a las edificaciones que están construidos con ladrillos King Kong o ladrillos artesanales, que cuentan con “n” pisos y presentan rigidización de piso (losa aligerada).

Tipología 2

Esta tipología representa a las edificaciones que están construidos con ladrillos King Kong o ladrillos artesanales, que cuentan con “n” pisos y no presentan rigidización de piso (techos de calamina).

Tipología 3

Esta tipología representa a las edificaciones que están construidos con ladrillos pandereta, que cuentan con “n” pisos y presentan rigidización de piso (losa aligerada).

Tipología 4

Esta tipología representa a las edificaciones que están construidos con ladrillos pandereta, que cuentan con “n” pisos y no presentan rigidización de piso (techos de calamina).

Los pesos ponderados de los parámetros se evaluarán en función a las siguientes tablas:

Tabla 16:

*Evaluación de la Configuración Tipológica de la Construcción –
CENEPRED*

Parámetro		Tipología Constructiva	Peso Ponderado	
DESCRIPTORES	FS21	Tipología 4	PFS21	0.503
	FS22	Tipología 3	PFS22	0.26
	FS23	Tipología 2	PFS23	0.134
	FS24	Tipología 1	PFS24	0.068
	FS25	Sin tipología	PFS25	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

Tabla 17:*Evaluación de la Topografía del Terreno - CENEPRED*

Parámetro		Topografía del terreno	Peso ponderado	
DESCRIPTORES	FS46	$50\% < P \leq 80\%$	PFS46	0.503
	FS47	$30\% < P \leq 50\%$	PFS47	0.26
	FS48	$20\% < P \leq 30\%$	PFS48	0.134
	FS49	$10\% < P \leq 20\%$	PFS49	0.068
	FS50	$P \leq 10\%$	PFS50	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

Tabla 18:

Evaluación de la Configuración de Elevación de la Edificación - CENEPRED

Parámetro		Número de Pisos	Peso Ponderado	
DESCRIPTORES	FS31	5.00	PFS31	0.503
	FS32	4.00	PFS32	0.26
	FS33	3.00	PFS33	0.134
	FS34	2.00	PFS34	0.068
	FS35	1.00	PFS35	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

Tabla 19:*Evaluación de la Antigüedad de la Edificación - CENEPRED*

Parámetro		Años de antigüedad	Peso ponderado	
DESCRIPTORES	FS26	De 40 años a más	PFS26	0.503
	FS27	De 30 años a 40 años	PFS27	0.26
	FS28	De 20 años a 30 años	PFS28	0.134
	FS29	De 10 a 20 años	PFS29	0.068
	FS30	Menor a 10 años	PFS30	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

Tabla 20:*Evaluación del Estado de Conservación de la Edificación – CENEPRED*

Parámetro		Estado de conservación	Peso ponderado	
DESCRIPTORES	FS21	La estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	PFS21	0.503
	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	PFS22	0.26
	FS23	Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterior (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.	PFS23	0.134
	FS24	Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal	PFS24	0.068
	FS25	Reciben mantenimiento permanente, no presentan deterioro alguno.	PFS25	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

- **Resiliencia física**

Está referida a la capacidad de resistir a un evento sísmico.

El peso ponderado del parámetro se evaluará en función a la siguiente tabla:

Tabla 21:

Evaluación del Cumplimiento del Código de Construcción - CENEPRED

Parámetro		Porcentaje de viviendas que cumplen con el código de construcción	Peso ponderado	
DESCRIPTORES	FS26	$V < 20\%$	PFS26	0.503
	FS27	$30\% < V \leq 20\%$	PFS27	0.26
	FS28	$50\% < V \leq 30\%$	PFS28	0.134
	FS29	$70\% < V \leq 50\%$	PFS29	0.068
	FS30	$V > 70\%$	PFS30	0.035

Fuente: “Manual para la evaluación del riesgo sísmico”, por CENEPRED (2017)

2.4. Criterios básicos de diseño de estructuras de albañilería confinada

Una estructura de albañilería debe tener con algunos requisitos mínimos para asegurar una buena estructuración. Los requisitos mínimos son:

a. Unidades de albañilería

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Estas unidades pueden ser de arcilla, sílice-cal o concreto pueden ser fabricadas de manera industrial o artesanal.

La unidad de albañilería es uno de los materiales más usados en el sector construcción para ejecutar muros portantes, por tal motivo las características de resistencia de estas unidades deben cumplir con el reglamento nacional de edificaciones, estas características se muestran en la siguiente figura (Ver la tabla 22):

Tabla 22:

Resistencia Características de la Albañilería Mpa (kg/cm²)

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES v_m
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)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: “Norma Técnica E070 Albañilería”, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

b. Espesor mínimo muros portantes:

El espesor mínimo indicado en la norma técnica E070 está en función a la siguiente ecuación:

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ Para las Zonas Sísmicas 2 y 3}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \text{ Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde t es el espesor del muro y h es la altura de entrepiso, sabe recalcar que el uso de la formula a emplear depende de la zona sísmica donde se encuentre la estructura a diseñar. En el caso del Distrito de San Juan de Miraflores este se encuentra en la Zona 4.

c. Densidad mínima de muros

Una buena densidad de muros nos indica que el centro de masa y el centro de rigidez están ubicados en lugares próximos, el cálculo de densidad de muros es muy importante, ya que, si en algún eje no se cumple esto, quiere decir que ante un evento sísmico esta estructura tiene grandes probabilidades para fallar por torsión, para tener una buena densidad de muros la norma E.070 nos da la siguiente formula:

$$\frac{\text{Area de corte de los muros reforzados}}{\text{Area tipica de la planta}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Los valores de Z , U y S , son los factores sísmicos que dependen de la zona, uso y tipo de suelo respectivamente, el valor de N es el número de pisos de la estructura a evaluar.

d. Cortante basal máxima que puede resistir un muro

El porcentaje de la cortante basal que resiste un muro está en función de su rigidez, si este es más rígido tiene mayor resistencia. La norma E.070 indica que, los muros portantes no deben resistir más del 10% de la cortante basal, en el caso que se exceda este valor, los muros deberán ser reforzados.

e. Control de derivas, según la norma E.030

Después de hacer el análisis estructural del espécimen debemos tener en cuenta que las derivas no deben superar lo estipulado en la norma E.030, Capítulo 5. La norma nos muestra un cuadro donde nos especifica las derivas máximas que puede tener una estructura, esto depende del tipo de sistema constructivo.

Tabla 23:

Límites Para la Distorsión del Entrepiso

Tabla N° 11	
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN 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: “Norma Técnica E030 Diseño sismoresistente”, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

En nuestro caso la deriva máxima con la que trabajaremos es la de 0.005, ya que esta le corresponde al sistema de albañilería estructural.

f. Control de fisuración, según la norma E.070

Este control nos garantiza que los muros estructurales no se fisuren ante la eventualidad de sismos moderados, que son los más frecuentes. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado. Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte:

$$V_e \leq 0,55 V_m = \text{Fuerza cortante Admisible}$$

Donde: “ V_e ” es la fuerza cortante producida por el “sismo moderado” en el muro en análisis y “ V_m ” es la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

g. Resistencia al Agrietamiento Diagonal, según la norma E.070

La resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrespaño mediante las siguientes expresiones:

Unidades de Arcilla y de Concreto:

$$V_m \leq 0,5 V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

Donde:

V'_m = resistencia característica a corte de la albañilería

P_g = carga gravitacional de servicio

t = espesor efectivo del muro

L = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

Dónde: “ V_e ” es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y,
“ M_e ” es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

2.5. Sistema de Integración Geográfica

Dentro de un contexto de innovación, los SIG han tenido un papel importante como una tecnología avanzada de integración. A pesar de ser relativamente nuevos, los SIG han evolucionado gracias a la unión de un número discreto de pequeñas tecnologías en un todo. Los SIG han surgido como una tecnología muy poderosa ya que permiten a los geógrafos integrar sus datos y métodos tradicionales de análisis geográfico, como el método de superposición de mapas, con nuevos análisis y modelación, que están más allá de los métodos manuales. Con los SIG es posible

realizar mapas, modelos, consultas y análisis de grandes cantidades de información todos ellos apoyados en una base de datos.

En el desarrollo de los SIG se ha confiado en las innovaciones realizadas por muchas disciplinas como son: la Geografía, Cartografía, Fotogrametría, Topografía, Geodesia, Ciencias de la Computación, Investigación de operaciones, Inteligencia artificial, Demografía, Sismología y muchas otras ramas de las Ciencias Sociales, Ciencias Naturales e Ingeniería. Por todo esto, por la variedad de aplicaciones y por la variedad de sistemas desarrollados, existen en la actualidad dificultades para dar una definición única de los SIG. Por lo tanto, tratan de integrar todos los aspectos que cubren SIG, se utilizara la siguiente definición (ESRI, 1995: GIS Development; NOAA)

“Los SIG son un sistema organizado de equipo informático, software, datos geográficos y descriptivos, así como diseños personales para hacer más eficiente la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información georreferenciada”. (ESRI, 1995: GIS Development; NOAA)

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y método de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva, explicativa y correlacional, ya que se describen las características de las tipologías constructivas y las metodologías para evaluar el índice de vulnerabilidad. También explica cuáles son las causas del alto índice de vulnerabilidad de las edificaciones informales y cuál es la metodología apropiada para reducirla. Por último, relaciona el índice de vulnerabilidad con el índice de daño de la edificación para evaluar su desempeño sísmico.

3.1.2. Método de investigación

El método del trabajo de investigación es de tipo deductivo, de orientación aplicada, de enfoque mixto y del tipo de recolección de datos es prolectiva. La investigación es deductiva, ya que evaluaremos las edificaciones sin alterar o manipular sus características, esto es con el fin de identificar su vulnerabilidad sísmica y posterior a ello proponer algún reforzamiento estructural en el caso que sea necesario. También tiene una orientación aplicada, ya que vamos a basarnos en técnicas existentes de análisis de vulnerabilidad, de análisis de índice de daño y de reforzamientos estructurales. Es de enfoque mixto, ya que usaremos variables cuantitativas como el número de pisos de las edificaciones, densidad de muros de una edificación, etc. Y también usaremos variables cualitativas como el estado de conservación de la edificación, calidad del sistema sismoresistente, etc.

La técnica de recolección de datos es de tipo prolectivo, ya que toda la información se recolectará al inicio de la investigación.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es de tipo descriptiva, ya que se especifica las características de las tipologías constructivas para evaluar su índice de

vulnerabilidad y se describe el fenómeno social “Informalidad en la construcción”.

3.1.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es observacional, prospectivo y transversal. Es observacional ya que no se realizaron cambios físicos a los parámetros de las tipologías constructivas. Es prospectivo, ya que se recolectó la información en campo y con recursos propios. Es transversal porque la información recolectada en campo es estática.

El estudio de diseño fue el estudio de cohortes, ya que la informalidad en la construcción es la causa del alto índice de vulnerabilidad de las edificaciones de la zona de estudio.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población de estudio

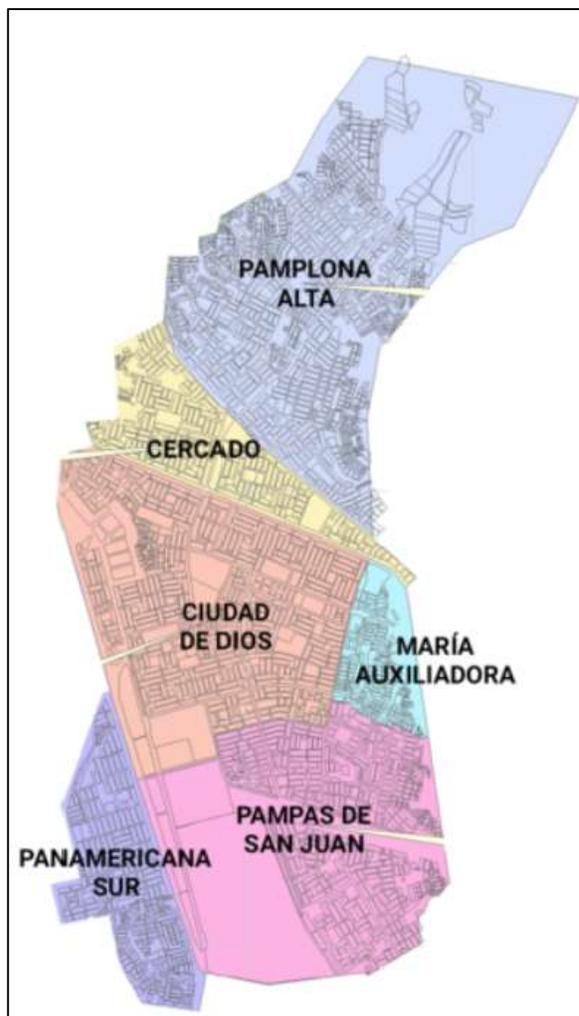
El distrito de San Juan de Miraflores se encuentra ubicado en la zona sur de Lima Metropolitana a la altura del kilómetro 15 de la Panamericana Sur, a 141 m.s.n.m. En mayor extensión posee suelos inestables y de alto riesgo sísmico y la población se asienta en pocos espacios llanos.

El territorio presenta una topografía irregular constituyéndose con quebradas, suelo arenoso y amplias áreas planas. Al norte está comprendida por cerros de baja altura, accidentada y que en la actualidad ha sido motivo de construcciones de viviendas precarias habitadas que constituyen un riesgo para sus habitantes. Sus límites fronterizos colindan con los distritos de Santiago de Surco, La Molina, Villa María del Triunfo, Villa el Salvador y Chorrillos.

La población se encuentra distribuida en seis zonas: Pamplona Alta, Pamplona Baja (Cercado), Zona Urbana (Ciudad de Dios), María Auxiliadora, Pampas de San Juan y Panamericana Sur (Municipalidad de SJM, 2016). A continuación, se presenta el mapa de divisiones zonales (Ver figura 4).

Figura 4:

Sectorización del Distrito de San Juan de Miraflores



Fuente: Elaboración propia

Según las estimaciones y proyecciones realizadas por el Departamento de Estadística de la Compañía Peruana de Mercado y Opiniones Públicas (CPI) en base al censo INEI 2017, para finales del año 2019 el Perú contará con 32.49 millones de habitantes.

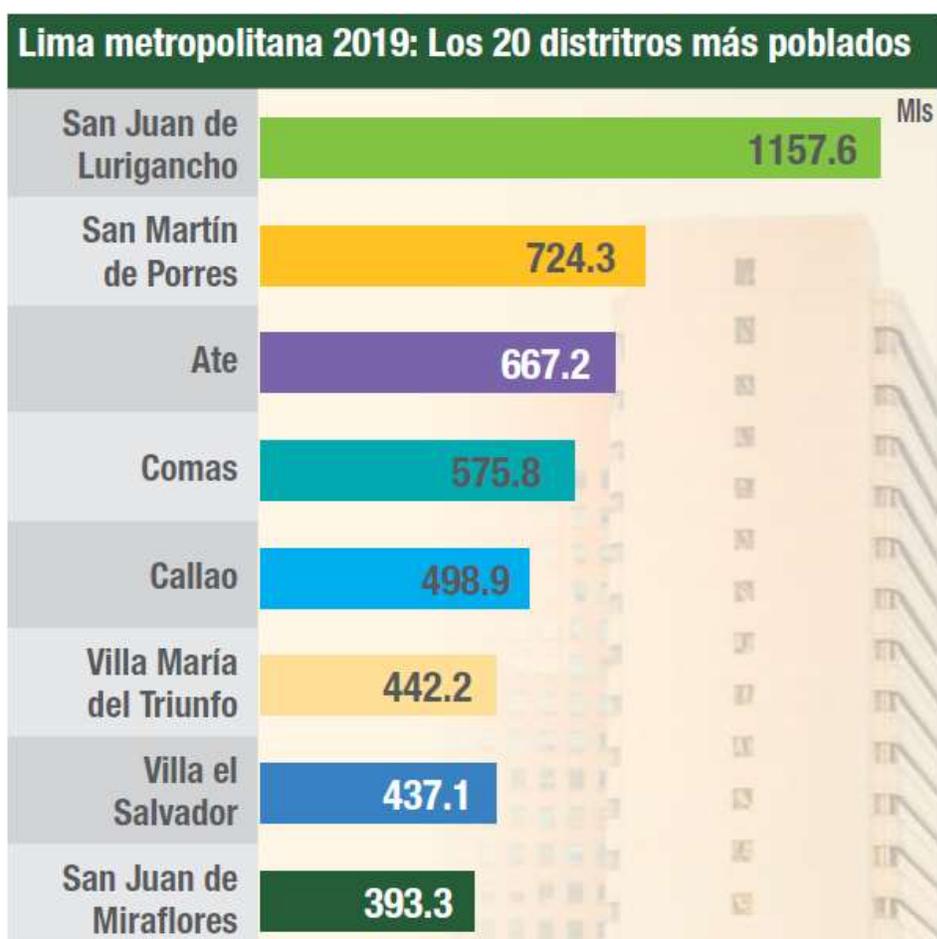
Así mismo, en el último censo realizado por el INEI en 2017, SJM arrojó una población de 355.219 mil con una tasa de crecimiento proyectada anual de 1.7%. Además, el CPI (2019) ha proyectado para SJM 393.3 mil pobladores y 92.9 mil

hogares para el año 2019. Representando el 3.7% de la población de Lima Metropolitana (Ver Figura 5).

Como dato comparativo se presenta a San Juan de Lurigancho como el distrito más poblado de Lima Metropolitana con 1.157 millones de personas (11%), seguido por San Martín de Porres con 724.3 mil (6.8%) y SJM en el puesto 8 de los distritos de Lima Metropolitana (CPI, 2019).

Figura 5:

Lima Metropolitana 2019: Los 20 Distritos Más Poblados. Número de Pobladores.



Fuente: Tomado de “Estimaciones y proyecciones de población”, por el (Compañía peruana de estudios de mercados y opinión pública, 2019)

Según el trabajo de investigación “Índice de Progreso Social del Distrito de San de Miraflores - CENTRUMPUCP”, la cantidad de viviendas por sector se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24:

Viviendas por Zona en San Juan de Miraflores

	Viviendas aproximadas	% de viviendas
Pamplona Alta	19000	27%
Pamplona Baja (Cercado)	7000	10%
Zona Urbana (Ciudad de Dios)	20790	29%
María Auxiliadora	5000	7%
Pampas de San Juan	10000	14%
Panamericana Sur	9000	13%
Cantidad total	70790	

Fuente: “Índice de Progreso Social del Distrito de San Juan de Miraflores”, (Abad, Amayo, Nieto, & Quiñones, 2019)

Debido a que en la zona de Pamplona Alta se evidencia un alto porcentaje de informalidad en la construcción, la población del presente trabajo de investigación son las viviendas la zona de pamplona Alta, estas ascienden a 19 mil predios.

3.2.2. Muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra, se ha usado la fórmula de muestreo finito, donde:

n: Es el tamaño de muestra a calcular.

Z: Es el nivel de confianza de 95% con 1.96.

p: Es la proporción de la población con la característica deseada de éxito de 60%,"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” (CAPECO, 2018, pág. 13).

q: Es la proporción de la población sin la característica deseada de fracaso de 31.5%.

e= Es el error de estimación máximo tolerable de 5%.

N: Es el tamaño de la población del sector definido (En este caso es el número de viviendas de la zona de Pamplona Alta – 19 mil viviendas)

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

Calculando la muestra con la fórmula mencionada se ha obtenido un valor de 383 edificaciones.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas constituyen al conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investigan.

Por consiguiente, las técnicas son procedimiento o recursos fundamentales de información de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento, donde podemos tener información primaria (investigación de campo) e información secundaria (investigación bibliográfica).

En el trabajo de investigación se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

- Observación no experimental: Esta técnica se realizará mediante una ficha de inspección técnica, en la cual se evaluará los parámetros para el análisis de vulnerabilidad.
- Entrevista: Esta técnica se realizará mediante una entrevista asistemática libre, esto es para conocer el proceso constructivo de la edificación.
- Análisis documental: Se recolectarán datos de fuentes secundarias como: INEI, CENEPRED, INDECI, CISMID, etc.

3.3.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos usados en la presente investigación es el manual para el cálculo del índice de vulnerabilidad del CENEPRED, que está validada por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento; también utilizamos el Método de Benedetti y Petrini, que es una metodología usada mundialmente.

3.4. Procedimientos para recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante trabajos de campo. El 16, 17 y 18 de septiembre del 2020 se realizó los trabajos de campo, visitamos la zona de estudio y llenamos la ficha de inspección técnica identificando los principales parámetros de evaluación para el cálculo del índice de vulnerabilidad de las edificaciones. También definimos las tipologías constructivas y realizamos las mediciones para poder realizar el análisis estructural en el programa ETABS.

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos será en plantillas de evaluación de vulnerabilidad sísmica en el programa Excel, también se sistematiza la información en una plataforma geomática para obtener mapas temáticos. Con respecto al análisis estructural, se usará el programa ETABS. El análisis de los datos se realizará mediante tablas comparativas, donde determinamos cual es la mejor metodología para evaluar el índice de vulnerabilidad de forma masiva.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Trabajo de campo e identificación de tipologías constructivas

4.1.1. Zona de estudio

La zona de estudio se ubica en el sector Villa San Luis, sector Santa Rosa y Malvinas, de la zona de Pamplona Alta del Distrito de San Juan de Miraflores.

A continuación, se muestra las características de la zona:

- Coordenada de Referencia: X = 285376.6906; Y = 8657359.2634 (Colegio San Luis Gonzaga Nro. 6151).
- Altitud: 195 msnm.
- Área de muestra: 132 345 m²
- Cantidad de edificaciones a evaluar (muestra): 383 viviendas

Figura 6:

Sectorización del Distrito de San Juan de Miraflores



— — — Perímetro de zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Características comunes de las edificaciones de la zona de estudio

El trabajo de campo se realizó los días 16/09/20 y 17/09/20, durante el trabajo de campo se identificó las principales características de las edificaciones mediante la siguiente ficha de inspección técnica.

Figura 7:

Ficha de Inspección Técnica

FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA					
Manzana				
Lote				
Número de pisos	<input type="checkbox"/> 1 piso	<input type="checkbox"/> 2 pisos	<input type="checkbox"/> 3 pisos	<input type="checkbox"/> 4 pisos	<input type="checkbox"/> 5 pisos
Tipo de cobertura	<input type="checkbox"/> Losa aligerada	<input type="checkbox"/> Sin cobertura	<input type="checkbox"/> Calaminas	<input type="checkbox"/> Madera	
Material predominante	<input type="checkbox"/> Lad. king kong	<input type="checkbox"/> Lad. Artesanal	<input type="checkbox"/> Lad. Pandereta	<input type="checkbox"/> Rústico	
Antigüedad de la edificación	<input type="checkbox"/> Menos de 10 años	<input type="checkbox"/> Entre 10 y 20 años	<input type="checkbox"/> Entre 20 y 30 años	<input type="checkbox"/> Entre 30 y 40 años	<input type="checkbox"/> Más de 40 años
Topografía del terreno	<input type="checkbox"/> Llano	<input type="checkbox"/> Escarpado	<input type="checkbox"/> Accidentado		
Estado de conservación	<input type="checkbox"/> Tipo 1	<input type="checkbox"/> Tipo 2	<input type="checkbox"/> Tipo 3	<input type="checkbox"/> Tipo 4	<input type="checkbox"/> Tipo 5

*NOTA: Para el estado de conservación

Tipo 1: La estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso

Tipo 2: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.

Tipo 3: Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterior (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso.

Tipo 4: Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal

Tipo 5: Reciben mantenimiento permanente, no presentan deterioro alguno.

Fuente: Elaboración propia

a. Clasificación de viviendas en función al número de pisos

En el trabajo de campo de realizó la inspección de las edificaciones ubicadas en las manzanas A, B, C, D, F, G, H8, I, J, K, L8, G7, P7, Q7, W7 y N7.

Se identificó que el 20% de las viviendas son de 1 piso, el 45% son de 2 pisos, el 31% son de 3 pisos y el 4% son de 4 pisos.

Figura 8:

Edificación Típica de la Zona de Estudio

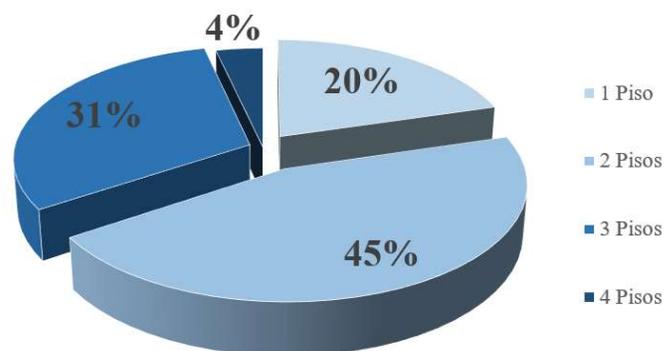


Fuente: Tomado de la zona de estudio

Figura 9:

Clasificación de Viviendas en Función a su Número de Piso

Clasificación de viviendas según número de piso



Muestra: 384 viviendas

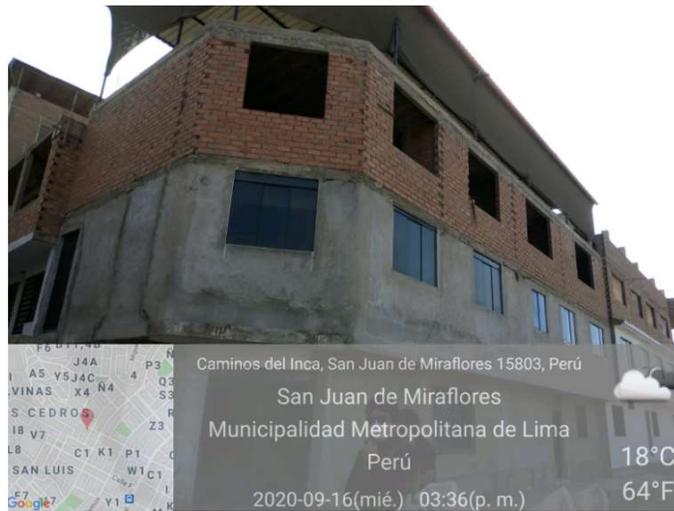
Fuente: Elaboración propia

b. Clasificación de viviendas en función al material predominante

Con la información recolectada con la ficha de inspección técnica, se determinó que 6 % de las edificaciones están construidos con material rustico, el 64% con ladrillo King Kong y el 30% con ladrillo pandereta.

Figura 10:

Edificación Típica de la Zona de Estudio

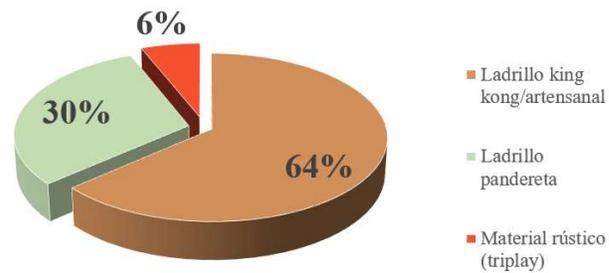


Fuente: Tomado de la zona de estudio

Figura 11:

Clasificación de Viviendas en Según el Material Predominante

Clasificación de viviendas según material predominante



Muestra: 384 viviendas

Fuente: Elaboración propia

c. Clasificación de viviendas en función al tipo de cobertura

Con la información recolectada con la ficha de inspección técnica, se determinó que 26 % de las edificaciones cuentan con losa aligerada y el 74% cuentan con una cobertura liviana en su último nivel.

Figura 12:

Edificación típica de la zona de estudio

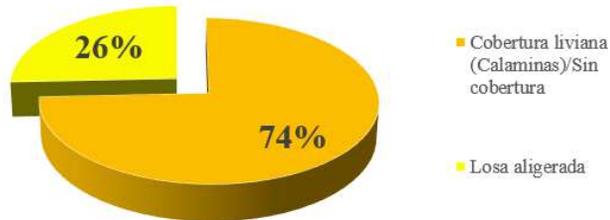


Fuente: Tomado de la zona de estudio

Figura 13:

Clasificación de Viviendas Según el Tipo de Cobertura

Clasificación de viviendas según tipo de cobertura



Muestra: 384 viviendas

Fuente: Elaboración propia

d. Identificación de tipologías constructivas

Después procesar los datos de las fichas de inspección técnica, se determinó que existen 4 tipologías constructivas que representan a toda la muestra, estas se detallan a continuación:

- **Tipología 01**

Esta tipología representa a las edificaciones que tienen las siguientes características:

- Está construido con ladrillos king kong en todas sus plantas.
- Tiene n pisos.
- Cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas (losa aligerada).
- Representa el 15% de las edificaciones de la muestra.

- **Tipología 02**

Esta tipología representa a las edificaciones que tienen las siguientes características:

- Está construido con ladrillos king kong en todas sus plantas.
- Tiene n pisos.
- No cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas (tiene cobertura liviana en su última planta).
- Representa el 15% de las edificaciones de la muestra.

- **Tipología 03**

Esta tipología representa a las edificaciones que tienen las siguientes características:

- Está construido con ladrillos pandereta en una o todas sus plantas.
- Tiene n pisos.
- Cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas (losa aligerada)
- Representa el 22% de las edificaciones de la muestra.

- **Tipología 04**

Esta tipología representa a las edificaciones que tienen las siguientes características:

- Está construido con ladrillos pandereta en una o todas sus plantas.
- Tiene n pisos.
- No cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas (tiene cobertura liviana en su última planta)
- Representa el 43% de las edificaciones de la muestra.

• **Sin tipología**

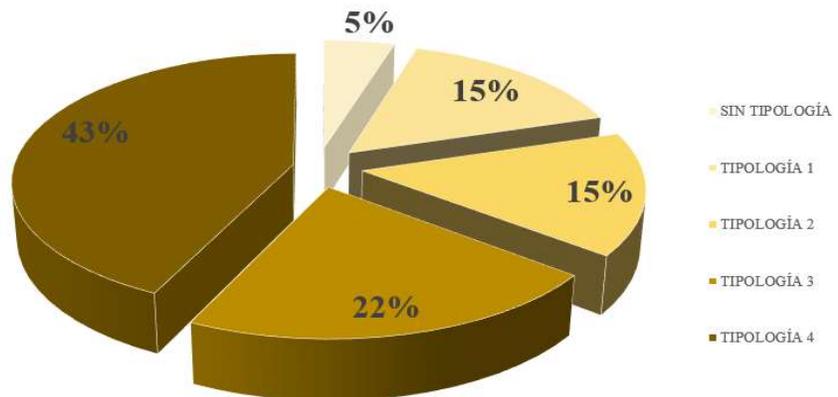
Esta tipología representa a las viviendas que están construidas con material rústico (triplay, madera, etc).

- Representa el 5% de las edificaciones de la muestra.

Figura 14:

Clasificación de la Muestra Según Tipologías Constructivas

Clasificación según tipología constructiva



Muestra: 384 viviendas

Fuente: Elaboración propia

4.2. Análisis de vulnerabilidad - Método de CENEPRED

En este trabajo de investigación se realizará un análisis a nivel estructural, por tal motivo evaluaremos 3 factores de vulnerabilidad, estos se describen a continuación:

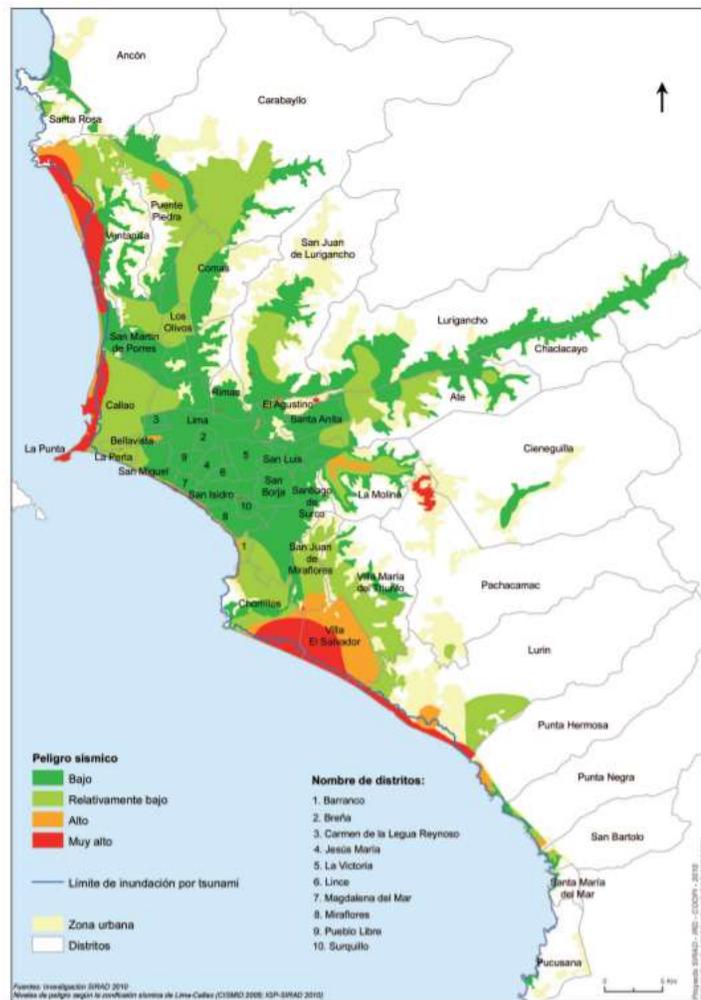
4.2.1. Exposición física

En el análisis de la exposición físico analizaremos la localización de la vivienda en función su peligro sísmico.

Para poder analizar este parámetro se va a utilizar el mapa de peligro sísmico de la ciudad de Lima (Ver figura 15).

Figura 15

Mapa de Peligro Sísmico de la Ciudad de Lima



Fuente: (COOPI - IRD - IFEA - INDECI, 2011)

Figura 16:

Mapa de Peligro Sísmico de la Zona de Estudio



— — — Perímetro de zona de estudio

Fuente: Adaptado - (COOPI - IRD - IFEA - INDECI, 2011)

Como se puede observar en la figura 16, el peligro sísmico de la zona de estudio es relativamente bajo.

Según la Tabla 15: *Evaluación de la localización de vivienda – CENEPRED*”, el parámetro asignado para todas las tipologías constructivas es de FS24 y el peso ponderado es de 0.068.

Tabla 25:

Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona con Respecto al Peligro Sísmico – MET. CENEPRED.

Tipología constructiva	Exposición física		
	Peligro sísmico		
	Parámetro	Descripción	Peso ponderado
SIN TIPOLOGÍA	FS24	Relativamente bajo (Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial)	0.068
TIPOLOGÍA 1	FS24	Relativamente bajo (Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial)	0.068
TIPOLOGÍA 2	FS24	Relativamente bajo (Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial)	0.068
TIPOLOGÍA 3	FS24	Relativamente bajo (Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial)	0.068
TIPOLOGÍA 4	FS24	Relativamente bajo (Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial)	0.068

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Fragilidad física

Con respecto a la fragilidad física, se van a evaluar los siguientes parámetros:

- Tipología constructiva de la edificación.
- Topografía del terreno
- Número de pisos
- Años de antigüedad
- Estado de conservación

Con respecto a la tipología constructiva, se tiene los siguientes resultados.

Tabla 26:

Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función a la Tipología Constructiva – MET. CENEPRED

Tipología constructiva	Fragilidad física		
	Tipología constructiva		
	Parámetro	Descripción	Peso ponderado
SIN TIPOLOGÍA	FS21	SIN TIPOLOGÍA	0.503
TIPOLOGÍA 1	FS22	TIPOLOGÍA 1	0.26
TIPOLOGÍA 2	FS23	TIPOLOGÍA 2	0.134
TIPOLOGÍA 3	FS24	TIPOLOGÍA 3	0.068
TIPOLOGÍA 4	FS25	TIPOLOGÍA 4	0.035

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la topografía del terreno, todas las edificaciones de la muestra tienen una pendiente entre 20% a 30%, por tal motivo se tienen los siguientes resultados.

Tabla27:

Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función a la Topografía del Terreno – MET. CENEPRED

Tipología constructiva	Fragilidad física		
	Topografía del terreno		
	Parámetro	Descripción	Peso ponderado
SIN TIPOLOGÍA	FS48	20% < P <= 30%	0.134
TIPOLOGÍA 1	FS48	20% < P <= 30%	0.134
TIPOLOGÍA 2	FS48	20% < P <= 30%	0.134
TIPOLOGÍA 3	FS48	20% < P <= 30%	0.134
TIPOLOGÍA 4	FS48	20% < P <= 30%	0.134

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al número de pisos, este parámetro va a depender de la altura de cada vivienda, este valor se mostrará en la matriz de evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Con respecto al año de antigüedad, todas las viviendas tienen una antigüedad entre 20 y 30 años, por tal motivo se tiene los siguientes resultados.

Tabla 28:

Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función al Año de Antigüedad – MET. CENEPRED

Tipología constructiva	Fragilidad física		
	Años de antigüedad		
	Parámetro	Descripción	Peso ponderado
SIN TIPOLOGÍA	FS28	De 20 años a 30 años	0.134
TIPOLOGÍA 1	FS28	De 20 años a 30 años	0.134
TIPOLOGÍA 2	FS28	De 20 años a 30 años	0.134
TIPOLOGÍA 3	FS28	De 20 años a 30 años	0.134
TIPOLOGÍA 4	FS28	De 20 años a 30 años	0.134

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al estado de conservación, se verificó que las viviendas no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles defectos, por tal motivo se tienen los siguientes resultados.

Tabla 29:

Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones de la Zona en Función al Estado de Conservación – MET. CENEPRED

Tipología constructiva	Fragilidad física		
	Estado de conservación		
	Parámetro	Descripción	Peso ponderado
SIN TIPOLOGÍA	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26
TIPOLOGÍA 1	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26
TIPOLOGÍA 2	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26
TIPOLOGÍA 3	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26
TIPOLOGÍA 4	FS22	Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Resiliencia física

Con respecto a este factor, se va a evaluar si las edificaciones de la zona cumplen con lo normado en el reglamento nacional de edificaciones, este parámetro se evaluará según la tabla 21: *Evaluación del cumplimiento del código de construcción – CENEPRED*.

Según los datos obtenidos con la ficha de inspección técnica, se determinaron los siguientes resultados.

Tabla 30:

Calculo del Peso Ponderado de las Edificaciones De La Zona En Función Al Cumplimiento Del Código De Construcción – Met. CENEPRED

Tipología constructiva	Resiliencia física		
	Cumplimiento del código de construcción		
	Parámetro	Descripción	Peso ponderado
SIN TIPOLOGÍA	FS23	C < 20%	0.503
TIPOLOGÍA 1	FS23	C < 20%	0.503
TIPOLOGÍA 2	FS23	C < 20%	0.503
TIPOLOGÍA 3	FS23	C < 20%	0.503
TIPOLOGÍA 4	FS23	C < 20%	0.503

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Resultados

Los pesos de los parámetros evaluados fueron asumidos en función a otras metodologías de análisis de vulnerabilidad y a las características de las

edificaciones de la zona de estudio, los pesos de los parámetros se muestran a continuación:

Tabla 31:

Pesos de Parámetros – MET. CENEPRED

Parámetro	Peso
Peligro sísmico	0.5
Tipología constructiva	3
Topografía del terreno	0.5
Configuración de la elevación	2.5
Años de antigüedad	0.5
Estado de conservación	1
Cumplimiento del código de construcción	0.5

Fuente: Elaboración propia

El índice de vulnerabilidad de las edificaciones se calculó según lo indicado en el “Manual para la evaluación de riesgos por sismos - CENEPRED” (Ver tabla 32).

Tabla 32:

Rangos de Vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD	RANGO
Vulnerabilidad muy alta	$0.26 \leq R \leq 0.503$
Vulnerabilidad alta	$0.134 \leq R \leq 0.26$
Vulnerabilidad media	$0.068 \leq R \leq 0.134$
Vulnerabilidad baja	$0.035 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Adaptado - (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2017)

El índice de vulnerabilidad de las edificaciones de la zona fueron calculados con la siguiente matriz de evaluación de índice de vulnerabilidad (Ver figura 17)

Figura 17:

Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad Sísmica

N°	Manzana	Lote	Numero de pisos	Material	Tipo de cobertura	Tipología	Exposición física	Fragilidad física					Resiliencia física	R	Nivel de vulnerabilidad
							Localización de la vivienda	Configuración tipológica de la edificación	Topografía del terreno	Configuración de elevación de la edificación	Antigüedad de la edificación	Estado de conservación de la edificación	Cumplimiento del código de construcción		
							0.5	3	0.5	2.5	0.5	1	0.5		
1	A	1	1.00	Material rústico (triplay)	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Sin tipología	0.068	0.035	0.134	0.035	0.134	0.26	0.503	0.1026	Vulnerabilidad media
2	A	2	1.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	0.068	0.503	0.134	0.035	0.134	0.26	0.503	0.2670	Vulnerabilidad muy alta
3	A	3	3.00	Ladrillo king kong/artesanal	Los aligerada	Tipología 1	0.068	0.068	0.134	0.134	0.134	0.26	0.503	0.1434	Vulnerabilidad alta
4	A	4	3.00	Ladrillo king kong/artesanal	Los aligerada	Tipología 1	0.068	0.068	0.134	0.134	0.134	0.26	0.503	0.1434	Vulnerabilidad alta
5	A	5	2.00	Ladrillo king kong/artesanal	Los aligerada	Tipología 1	0.068	0.068	0.134	0.068	0.134	0.26	0.503	0.1239	Vulnerabilidad media
6	A	6	1.00	Ladrillo king kong/artesanal	Los aligerada	Tipología 1	0.068	0.068	0.134	0.035	0.134	0.26	0.503	0.1142	Vulnerabilidad media
7	A	7	1.00	Material rústico (triplay)	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Sin tipología	0.068	0.035	0.134	0.035	0.134	0.26	0.503	0.1026	Vulnerabilidad media
8	A	8	4.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	0.068	0.503	0.134	0.26	0.134	0.26	0.503	0.3339	Vulnerabilidad muy alta
9	A	9	1.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	0.068	0.503	0.134	0.035	0.134	0.26	0.503	0.2670	Vulnerabilidad muy alta
10	A	10	2.00	Ladrillo king kong/artesanal	Los aligerada	Tipología 1	0.068	0.068	0.134	0.068	0.134	0.26	0.503	0.1239	Vulnerabilidad media
11	A	11	2.00	Ladrillo pandereta	Los aligerada	Tipología 3	0.068	0.26	0.134	0.068	0.134	0.26	0.503	0.1917	Vulnerabilidad alta
12	B	1	3.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	0.068	0.503	0.134	0.134	0.134	0.26	0.503	0.2969	Vulnerabilidad muy alta
13	B	2	2.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	0.068	0.503	0.134	0.068	0.134	0.26	0.503	0.2775	Vulnerabilidad muy alta

Fuente: Elaboración propia

Figura 18:
Estratificación de la Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las edificaciones con vulnerabilidad media (20% de la muestra), estas corresponden a la tipología 01 con 2 niveles como máximo.

Figura 19:

Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad Sísmica

N°	Manzana	Lote	Numero de pisos	Material	Tipo de cobertura	Tipología	Nivel de vulnerabilidad
5	A	5	2.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media
6	A	6	1.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media
10	A	10	2.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media
81	G	10	1.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media
99	H 8	12	1.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media
102	H 8	15	2.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media
103	H 8	15	2.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad media

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las edificaciones con vulnerabilidad alta (51% de la muestra), estas corresponden a la tipología 01 con más de 2 pisos, a toda la tipología 2 y a toda la tipología 3.

Figura 20:

Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad sísmica

N°	Manzana	Lote	Numero de pisos	Material	Tipo de cobertura	Tipología	Nivel de vulnerabilidad
3	A	3	3.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad alta
4	A	4	3.00	Ladrillo king kong/artesanal	Losa aligerada	Tipología 1	Vulnerabilidad alta
11	A	11	2.00	Ladrillo pandereta	Losa aligerada	Tipología 3	Vulnerabilidad alta
14	B	3	3.00	Ladrillo king kong/artesanal	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 2	Vulnerabilidad alta

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las edificaciones con vulnerabilidad muy alta (29% de la muestra), corresponde a toda la tipología 04

Figura 21:

Matriz Típica Para Evaluación de Nivel de Vulnerabilidad Sísmica

N°	Manzana	Lote	Numero de pisos	Material	Tipo de cobertura	Tipología	Nivel de vulnerabilidad
2	A	2	1.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	Vulnerabilidad muy alta
8	A	8	4.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	Vulnerabilidad muy alta
9	A	9	1.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	Vulnerabilidad muy alta
12	B	1	3.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	Vulnerabilidad muy alta
13	B	2	2.00	Ladrillo pandereta	Cobertura liviana (Calaminas)/Sin cobertura	Tipología 4	Vulnerabilidad muy alta

Fuente: Elaboración propia

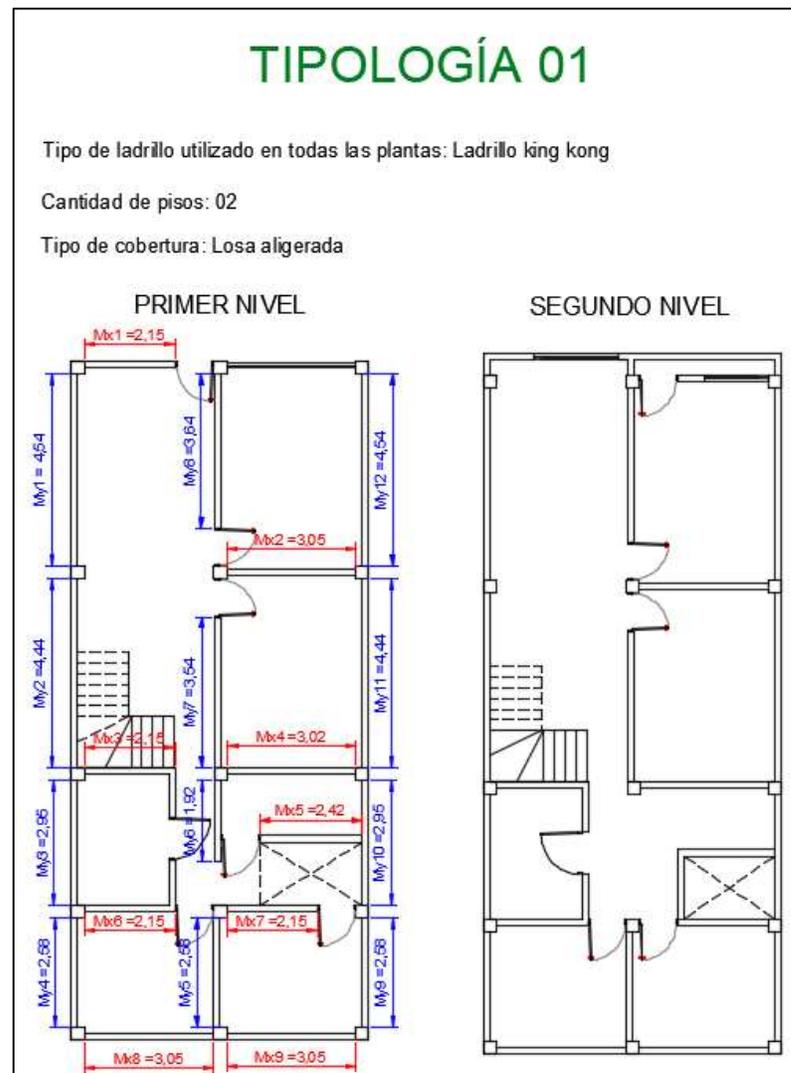
4.3. Análisis de vulnerabilidad e índice de daño – Método de Benedetti y Petrini.

4.3.1. Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 01

Para realizar el cálculo del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini se tomó una edificación representativa de la tipología 01, esta se encuentra ubicada en la Mz. A Lote 05, del sector Villa San Luis, Pamplona Alta San Juan de Miraflores.

Figura 22:

Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 01.



Fuente: Tomado de la zona de estudio

a. Organización del sistema sismoresistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 4 “Evaluación de la organización del sistema sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue construida según la norma sismoresistente.
- Los elementos estructurales de la edificación si son capaces de resistir carga, ya que los muros están compuestos por unidades de ladrillos estructurales y se encuentran confinados.
- La carga si se transmite mediante vigas de amarre.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación B.**

b. Calidad del sistema resistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 5 “Evaluación de la calidad sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación fue construida con unidades de albañilería de uso estructural.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

c. Resistencia convencional.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 6 “Evaluación de la resistencia convencional”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue diseñada según la normativa de albañilería confinada.
- La edificación cumple con la densidad de muros.
- La edificación cuenta con 2 niveles.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

d. Posición del edificio

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 7 “Evaluación de la posición del edificio y cimentación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación está cimentada sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación B.**

e. Diafragmas horizontales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 8 “Evaluación de los diafragmas horizontales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Hay ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma es despreciable.
- La conexión entre diafragma y los muros es eficaz.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

f. Configuración en planta

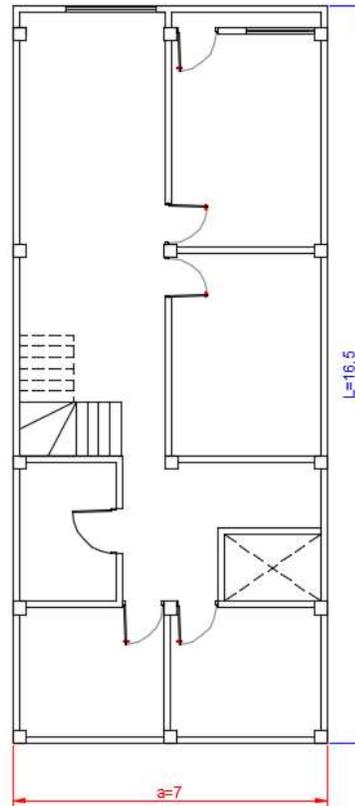
Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 9 “Evaluación de configuración en planta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con $b1 \leq 0.8$ ó $b2 \leq 0.1$.

$$b1 = \frac{a}{L} = \frac{7}{16.5} = 0.42 ; b2 = 0$$

Figura 24:
Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 1



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

g. Configuración en elevación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 10 “Evaluación de la configuración en elevación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no presenta torretas de altura; $T/H=1$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

h. Distancia máxima entre muros

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 11 “Evaluación de la distancia máxima entre muros”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La distancia máxima entre muros es 4.54, por tal motivo $L/S= 34.92$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

i. Tipo de cubierta

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 12 “Evaluación del tipo de cubierta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con losa aligerada.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

j. Elementos no estructurales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 13 “Evaluación de los elementos no estructurales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación presenta voladizos y parapetos mal vinculados a la estructura.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

k. Estado de conservación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 14 “Evaluación del estado de conservación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

I. Cálculo del índice de vulnerabilidad

Según lo descrito anteriormente, la calificación de la tipología 01 se presenta a continuación:

Tabla 33:

Índice de Vulnerabilidad - Tipología 01 (Método de Benedetti y Petrini)

Parámetro	Clasificación				Peso	Índice de Vulnerabilidad
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente.		5.00			1.50	7.50
2. Calidad del sistema resistente.	0.00				1.00	0.00
3. Resistencia convencional.			25.00		1.00	25.00
4. Posición del edificio y cimentación.		5.00			0.50	2.50
5. Diafragma horizontales.	0.00				1.00	0.00
6. Configuración en planta.	0.00				0.25	0.00
7. Configuración en elevación.	0.00				0.25	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.				45.00	0.75	33.75
9. Tipo de cubierta.	0.00				0.25	0.00
10. Elementos no estructurales.			25.00		1.00	25.00
11. Estado de conservación.			25.00		1.00	25.00
			Iv:	118.75	31.05%	

Fuente: Elaboración propia

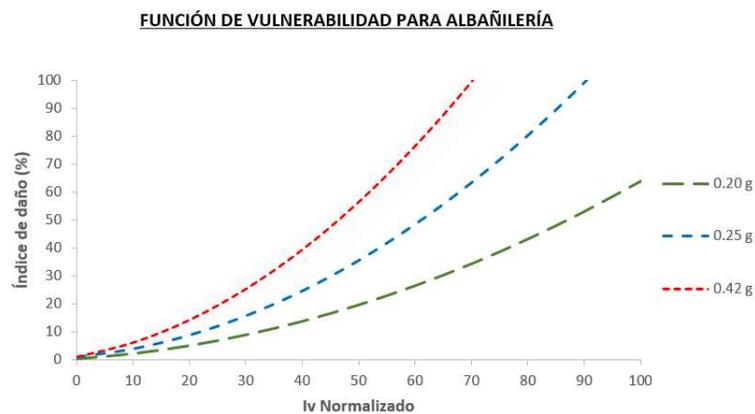
El índice de vulnerabilidad es de 118.75 o 31.05%, por tal motivo le corresponde un nivel de **vulnerabilidad de media a baja**.

m. Cálculo del índice de daño

Con respecto a la función de vulnerabilidad, se utilizará una que represente los daños ocasionados por diferentes intensidades de sismo para edificaciones de albañilería confinada, por tal motivo la función de vulnerabilidad representativa de la zona será la siguiente:

Figura 25:

Función de Vulnerabilidad Para Albañilería Confinada



Fuente: (Arellano Herrera & Cadillo Villón, 2015)

El nivel de daño de la estructura será evaluado según la siguiente tabla:

Tabla 34

Nivel de Daño y Escalas de Habitabilidad (Método de Benedetti y Petrini)

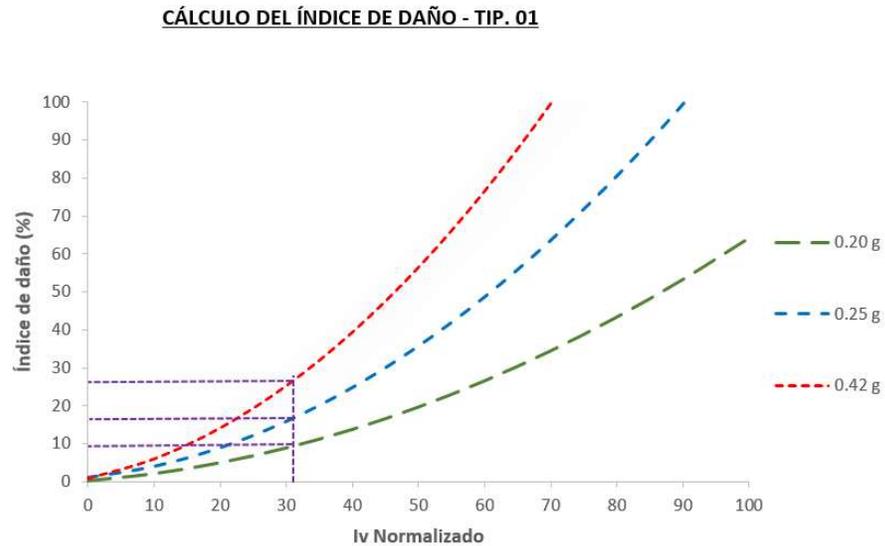
Nivel de Daño	Descripción	Rango de Daño (%)	Escala de Habitabilidad
Ligero	Daños no estructurales	0 - 5	Habitable
Moderado	Agrietamiento por tensión diagonal de la mampostería.	5 - 25	Habitable
Severo	Agrietamiento en forma de "X" en los muros, agrietamiento de las columnetas. Daños estructurales sin colapso de la estructura.	25 - 50	No habitable sin colapso
Total	Daños estructurales graves con alta probabilidad de colapso.	50 - 100	No habitable

Fuente: Adaptado – Ulises mena

Se realizó el cálculo del nivel del daño y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 26:

Cálculo del Índice de Daño (Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 01



Fuente: Elaboración propia

Tabla 35:

Nivel de Daño - Tipología 01 (Método de Benedetti y Petrini)

Tipo de sismo	Intensidad	Índice de Daño	Nivel de Daño	Escala de Habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	9.98%	Moderado	Habitable
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	17.00 %	Moderado	Habitable
Raro (XI)	0.42 g	27.00 %	Severo	No Habitable sin colapso

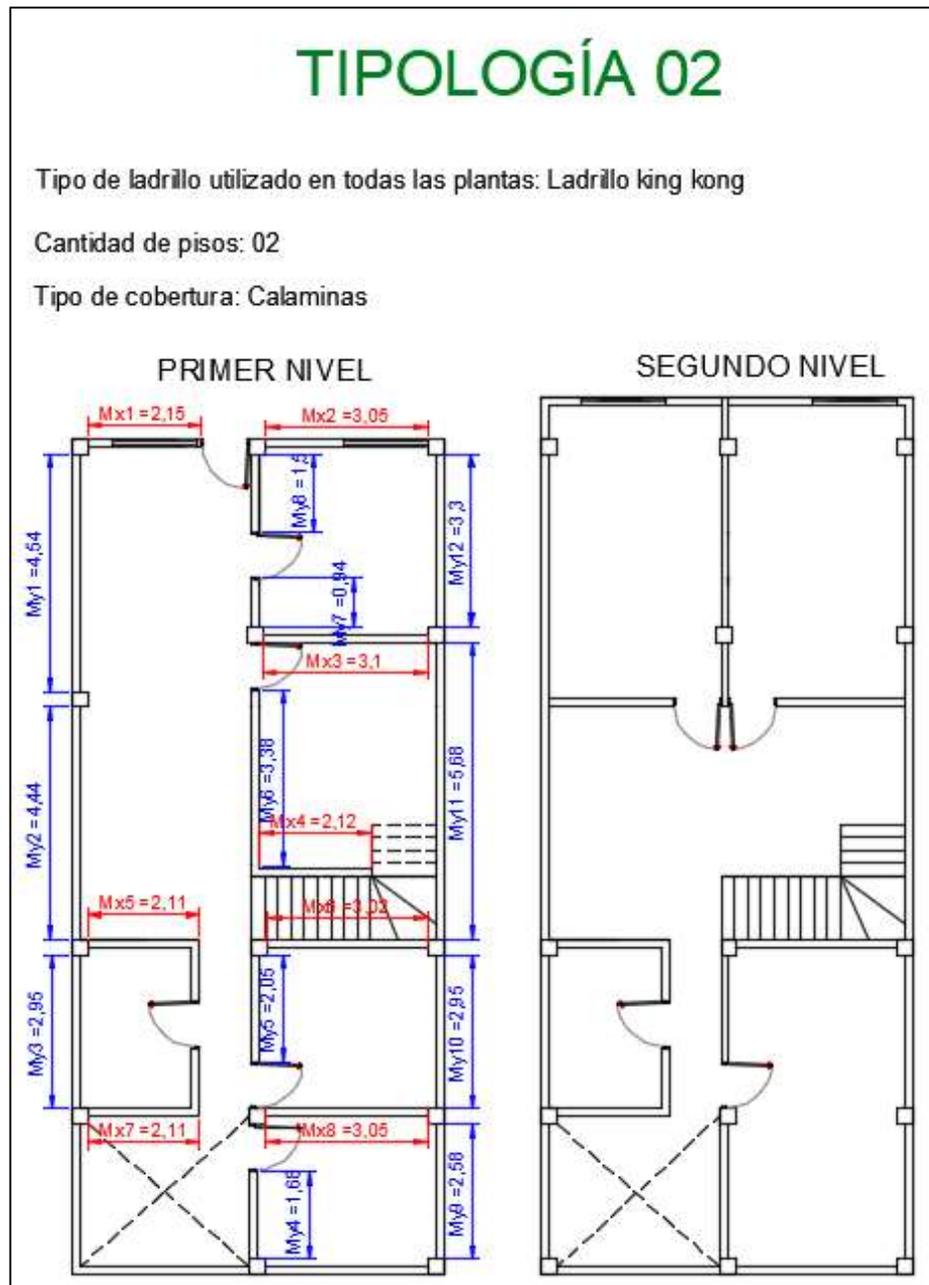
Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 02

Para realizar el cálculo del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini se tomó una edificación representativa de la tipología 01, esta se encuentra ubicada en Mz. H8 lote 13, Sector Villa San Luis, Pamplona Alta.

Figura 27:

Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 02.



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Figura 28:

Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 02.

CALCULO DE LOS PARAMETROS SÍSMICOS - TIPOLOGÍA 02																																																																																																																																																													
Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																																																																																																																													
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z																																																																																																																																																											
	ZONA 4	0.45																																																																																																																																																											
Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																																																																																																																													
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl																																																																																																																																																								
	S2	Suelos Intermedios	1.05	0.60	2.00																																																																																																																																																								
Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)																																																																																																																																																													
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES																																																																																																																																																										
	C Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014																																																																																																																																																										
DATOS	FACTORES																																																																																																																																																												
Z	0.45																																																																																																																																																												
U	1.00																																																																																																																																																												
S	1.05																																																																																																																																																												
R	56.00																																																																																																																																																												
N	2.00 * (numero de pisos)																																																																																																																																																												
Densidad Mínima	1.69%																																																																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">DENSIDAD DE MUROS Sy</th> <th colspan="4">DENSIDAD DE MUROS Sx</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Área de la edificación</th> <th>112</th> <th>m²</th> <th colspan="2">Área de la edificación</th> <th>112</th> <th>m²</th> </tr> <tr> <th>Muro</th> <th>Longitud de muro</th> <th>t</th> <th>Área</th> <th>Muro</th> <th>Longitud de muro</th> <th>t</th> <th>Área</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>My1</td><td>4.54</td><td>0.13</td><td>1.18</td><td>Mx1</td><td>2.15</td><td>0.13</td><td>0.56</td></tr> <tr><td>My2</td><td>4.44</td><td>0.13</td><td>1.15</td><td>Mx2</td><td>3.05</td><td>0.13</td><td>0.79</td></tr> <tr><td>My3</td><td>2.95</td><td>0.13</td><td>0.77</td><td>Mx3</td><td>3.1</td><td>0.13</td><td>0.81</td></tr> <tr><td>My4</td><td>1.68</td><td>0.13</td><td>0.44</td><td>Mx4</td><td>2.12</td><td>0.13</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>My5</td><td>2.05</td><td>0.13</td><td>0.53</td><td>Mx5</td><td>2.11</td><td>0.13</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>My6</td><td>3.38</td><td>0.13</td><td>0.88</td><td>Mx6</td><td>3.02</td><td>0.13</td><td>0.79</td></tr> <tr><td>My7</td><td>0.94</td><td>0.13</td><td>0.24</td><td>Mx7</td><td>2.11</td><td>0.13</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>My8</td><td>1.5</td><td>0.13</td><td>0.39</td><td>Mx8</td><td>3.05</td><td>0.13</td><td>0.79</td></tr> <tr><td>My9</td><td>2.58</td><td>0.13</td><td>0.67</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My10</td><td>2.95</td><td>0.13</td><td>0.77</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My11</td><td>5.68</td><td>0.13</td><td>1.48</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My12</td><td>3.3</td><td>0.13</td><td>0.86</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>9.36</td><td></td><td></td><td></td><td>5.38</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>Sy</td><td></td><td></td><td></td><td>Sx</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>8.4%</td><td></td><td></td><td></td><td>4.8%</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>CUMPLE</td><td></td><td></td><td></td><td>CUMPLE</td></tr> </tbody> </table>						DENSIDAD DE MUROS Sy				DENSIDAD DE MUROS Sx				Área de la edificación		112	m ²	Área de la edificación		112	m ²	Muro	Longitud de muro	t	Área	Muro	Longitud de muro	t	Área	My1	4.54	0.13	1.18	Mx1	2.15	0.13	0.56	My2	4.44	0.13	1.15	Mx2	3.05	0.13	0.79	My3	2.95	0.13	0.77	Mx3	3.1	0.13	0.81	My4	1.68	0.13	0.44	Mx4	2.12	0.13	0.55	My5	2.05	0.13	0.53	Mx5	2.11	0.13	0.55	My6	3.38	0.13	0.88	Mx6	3.02	0.13	0.79	My7	0.94	0.13	0.24	Mx7	2.11	0.13	0.55	My8	1.5	0.13	0.39	Mx8	3.05	0.13	0.79	My9	2.58	0.13	0.67					My10	2.95	0.13	0.77					My11	5.68	0.13	1.48					My12	3.3	0.13	0.86								9.36				5.38				Sy				Sx				8.4%				4.8%				CUMPLE				CUMPLE
DENSIDAD DE MUROS Sy				DENSIDAD DE MUROS Sx																																																																																																																																																									
Área de la edificación		112	m ²	Área de la edificación		112	m ²																																																																																																																																																						
Muro	Longitud de muro	t	Área	Muro	Longitud de muro	t	Área																																																																																																																																																						
My1	4.54	0.13	1.18	Mx1	2.15	0.13	0.56																																																																																																																																																						
My2	4.44	0.13	1.15	Mx2	3.05	0.13	0.79																																																																																																																																																						
My3	2.95	0.13	0.77	Mx3	3.1	0.13	0.81																																																																																																																																																						
My4	1.68	0.13	0.44	Mx4	2.12	0.13	0.55																																																																																																																																																						
My5	2.05	0.13	0.53	Mx5	2.11	0.13	0.55																																																																																																																																																						
My6	3.38	0.13	0.88	Mx6	3.02	0.13	0.79																																																																																																																																																						
My7	0.94	0.13	0.24	Mx7	2.11	0.13	0.55																																																																																																																																																						
My8	1.5	0.13	0.39	Mx8	3.05	0.13	0.79																																																																																																																																																						
My9	2.58	0.13	0.67																																																																																																																																																										
My10	2.95	0.13	0.77																																																																																																																																																										
My11	5.68	0.13	1.48																																																																																																																																																										
My12	3.3	0.13	0.86																																																																																																																																																										
			9.36				5.38																																																																																																																																																						
			Sy				Sx																																																																																																																																																						
			8.4%				4.8%																																																																																																																																																						
			CUMPLE				CUMPLE																																																																																																																																																						

Fuente: Tomado de la zona de estudio

a. Organización del sistema sismoresistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 4 “Evaluación de la organización del sistema sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue construida según la norma sismoresistente.
- Los elementos estructurales de la edificación si son capaces de resistir carga, ya que los muros están compuestos por unidades de ladrillos estructurales y se encuentran confinados.
- La carga no se transmite mediante vigas de amarre.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

b. Calidad del sistema resistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 5 “Evaluación de la calidad sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación fue construida con unidades de albañilería de uso estructural.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

c. Resistencia convencional.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 6 “Evaluación de la resistencia convencional”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue diseñada según la normativa de albañilería confinada.
- La edificación cumple con la densidad de muros.
- La edificación cuenta con 2 niveles.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

d. Posición del edificio

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 7 “Evaluación de la posición del edificio y cimentación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación está cimentada sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación B.**

e. Diafragmas horizontales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 8 “Evaluación de los diafragmas horizontales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Existen planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma no es despreciable.
- La conexión entre diafragma y los muros no es eficaz.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

f. Configuración en planta

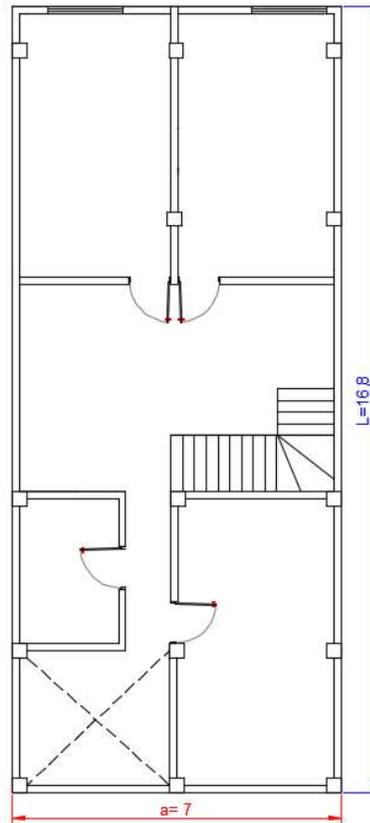
Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 9 “Evaluación de configuración en planta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con $b1 \leq 0.8$ ó $b2 \leq 0.1$.

$$b1 = \frac{a}{L} = \frac{7}{16.5} = 0.42 ; b2 = 0$$

Figura 29:
Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 2



Fuente: Tomado de la Zona de Estudio

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

g. Configuración en elevación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 10 “Evaluación de la configuración en elevación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no presenta torretas de altura; $T/H=1$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

h. Distancia máxima entre muros

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 11 “Evaluación de la distancia máxima entre muros”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La distancia máxima entre muros es 4.72, por tal motivo $L/S= 36.31$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

i. Tipo de cubierta

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 12 “Evaluación del tipo de cubierta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con cubierta de calaminas apoyados sobre muros o vigas de concreto.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

j. Elementos no estructurales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 13 “Evaluación de los elementos no estructurales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación presenta voladizos y parapetos mal vinculados a la estructura.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

k. Estado de conservación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 14 “Evaluación del estado de conservación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

I. Cálculo del índice de vulnerabilidad

Según lo descrito anteriormente, la calificación de la tipología 01 se presenta a continuación:

Tabla 36:

Índice de Vulnerabilidad - Tipología 02 (Método de Benedetti y Petrini)

Parámetro	Clasificación				Peso	Índice de vulnerabilidad
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente.			25.00		1.50	37.50
2. Calidad del sistema resistente.	0.00				1.00	0.00
3. Resistencia convencional.			25.00		1.00	25.00
4. Posición del edificio y cimentación.		5.00			0.50	2.50
5. Diafragma horizontales.				45.00	1.00	45.00
6. Configuración en planta.	0.00				0.25	0.00
7. Configuración en elevación.	0.00				0.25	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.				45.00	0.75	33.75
9. Tipo de cubierta.			25.00		0.25	6.25
10. Elementos no estructurales.			25.00		1.00	25.00
11. Estado de conservación.			25.00		1.00	25.00
			Iv: 200.00		52.29%	

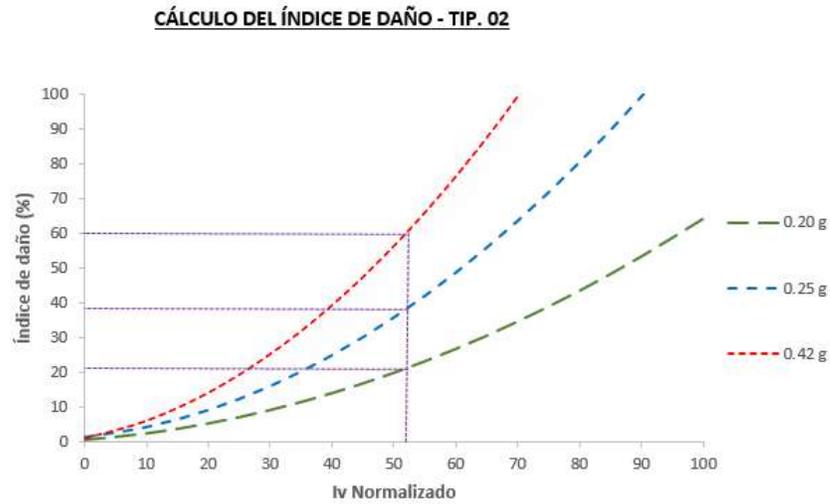
Fuente: Elaboración propia

El índice de vulnerabilidad es de 200.00 o 52.29%, por tal motivo le corresponde un nivel de **vulnerabilidad de media a alta.**

m. Cálculo del índice de daño

Se realizó el cálculo del nivel del daño y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 30
Calculo del Índice de Daño (Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 02



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37:

Nivel de Daño - Tipología 02 (Método de Benedetti y Petrini)

Tipo de sismo	Intensidad	Índice de daño	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	21.50%	Moderado	Habitable
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	38.00%	Severo	No Habitable sin colapso
Raro (XI)	0.42 g	60.00%	Total	No Habitable

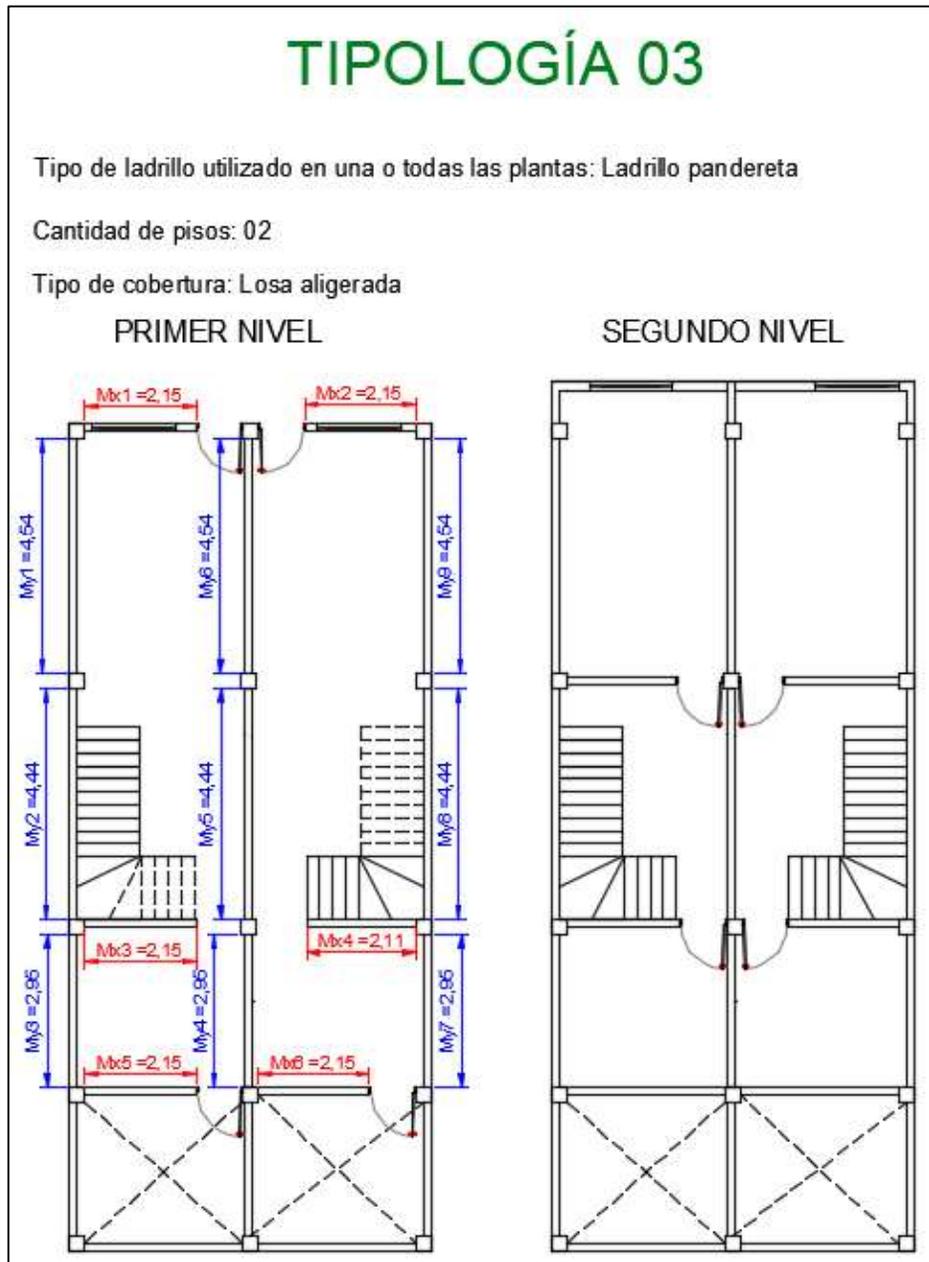
Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 03

Para realizar el cálculo del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini se tomó una edificación representativa de la tipología 01, esta se encuentra ubicada en la Mz. G7 lote 2, Sector Villa San Luis, Pamplona Alta.

Figura 31:

Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 03.



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Figura 32:
Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 03.

CALCULO DE LOS PARAMETROS SÍSMICOS - TIPOLOGÍA 03					
<small>Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)</small>					
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z			
	ZONA 4	0.45			
<small>Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)</small>					
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl
	S2	Suelos Intermedios	1.05	0.60	2.00
<small>Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)</small>					
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES		
	C Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014		
DATOS		FACTORES			
Z		0.45			
U		1.00			
S		1.05			
R		56.00			
N		2.00 * (numero de pisos)			
Densidad Mínima		1.69%			
DENSIDAD DE MUROS Sy					
Área de la edificación		112	m ²		
Muro	Longitud de muro	t	Área		
My1	4.54	0.13	1.18		
My2	4.44	0.13	1.15		
My3	2.95	0.13	0.77		
My4	2.95	0.13	0.77		
My5	4.44	0.13	1.15		
My6	4.54	0.13	1.18		
My7	2.95	0.13	0.77		
My8	4.44	0.13	1.15		
My9	4.54	0.13	1.18		
			9.31		
			8.3%		
			CUMPLE		
DENSIDAD DE MUROS Sx					
Área de la edificación		112	m ²		
Muro	Longitud de muro	t	Área		
Mx1	2.15	0.13	0.56		
Mx2	2.15	0.13	0.56		
Mx3	2.15	0.13	0.56		
Mx4	2.11	0.13	0.55		
Mx5	2.15	0.13	0.56		
Mx6	2.15	0.13	0.56		
			3.34		
			3.0%		
			CUMPLE		

Fuente: Tomado de la zona de estudio

a. Organización del sistema sismoresistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 4 “Evaluación de la organización del sistema sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue construida según la norma sismoresistente.
- Los elementos estructurales de la edificación no son capaces de resistir carga, ya que los muros están compuestos por unidades de ladrillos tubulares (ladrillos pandereta).
- La carga no se transmite mediante vigas de amarre.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

b. Calidad del sistema resistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 5 “Evaluación de la calidad sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación fue construida con unidades de albañilería tubular (ladrillos pandereta).

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

c. Resistencia convencional.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 6 “Evaluación de la resistencia convencional”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue diseñada según la normativa de albañilería confinada.
- La edificación cumple con la densidad de muros.
- La edificación cuenta con 2 niveles.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

d. Posición del edificio

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 7 “Evaluación de la posición del edificio y cimentación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación está cimentada sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación B.**

e. Diafragmas horizontales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 8 “Evaluación de los diafragmas horizontales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Hay ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma no es despreciable.
- La conexión entre diafragma y los muros no es eficaz.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

f. Configuración en planta

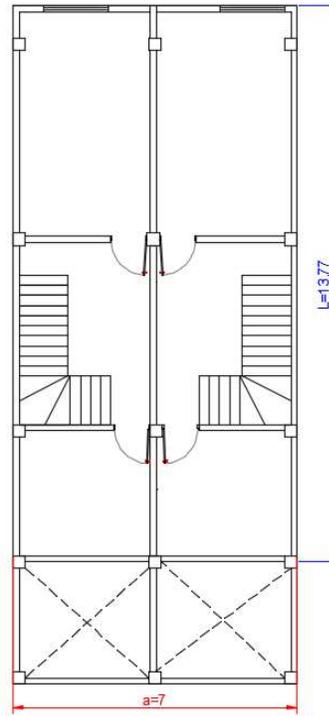
Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 9 “Evaluación de la configuración en planta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con $b1 \leq 0.8$ ó $b2 \leq 0.1$.

$$b1 = \frac{a}{L} = \frac{7}{13.77} = 0.51 ; b2 = 0$$

Figura 33:
Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 3



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

g. Configuración en elevación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 10 “Evaluación de la configuración en elevación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no presenta torretas de altura; $T/H=1$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

h. Distancia máxima entre muros

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 11 “Evaluación de la distancia máxima entre muros”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La distancia máxima entre muros es 4.65, por tal motivo $L/S= 35.77$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

i. Tipo de cubierta

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 12 “Evaluación del tipo de cubierta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con losa aligerada

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

j. Elementos no estructurales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 13 “Evaluación de los elementos no estructurales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación presenta voladizos y parapetos mal vinculados a la estructura.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

k. Estado de conservación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 14 “Evaluación del estado de conservación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

l. Cálculo del índice de vulnerabilidad

Según lo descrito anteriormente, la calificación de la tipología 03 se presenta a continuación:

Tabla 38:
Índice de Vulnerabilidad - Tipología 3 (Método de Benedetti y Petrini)

Parámetro	Clasificación				Peso	Índice de vulnerabilidad
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente.				45.00	1.50	67.50
2. Calidad del sistema resistente.		25.00			1.00	25.00
3. Resistencia convencional.		25.00			1.00	25.00
4. Posición del edificio y cimentación.	5.00				0.50	2.50
5. Diafragma horizontales.		25.00			1.00	25.00
6. Configuración en planta.	0.00				0.25	0.00
7. Configuración en elevación.	0.00				0.25	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.				45.00	0.75	33.75
9. Tipo de cubierta.	0.00				0.25	0.00
10. Elementos no estructurales.		25.00			1.00	25.00
11. Estado de conservación.		25.00			1.00	25.00
			IV:	228.75	59.80%	

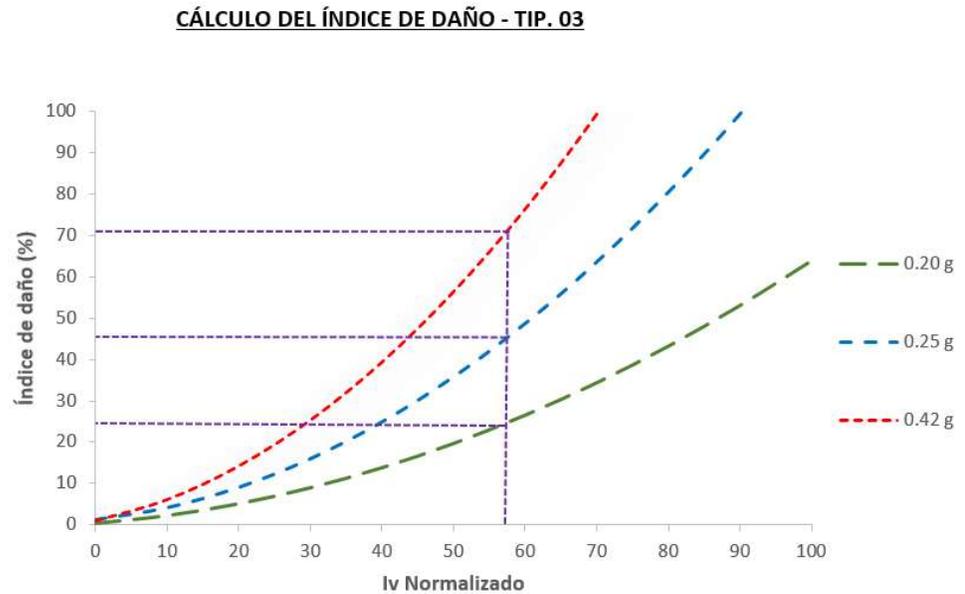
Fuente: Elaboración propia

El índice de vulnerabilidad es de 228.75 o 59.80%, por tal motivo le corresponde un nivel de **vulnerabilidad de media a alta.**

m. Cálculo del índice de daño

Se realizó el cálculo del nivel del daño y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 34
Calculo del Índice de Daño(Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 03



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39:

Nivel de Daño - Tipología 03 (Método de Benedetti y Petrini)

Tipo de Sismo	Intensidad	Índice de Daño	Nivel de Daño	Escala de Habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	24.00%	Moderado	Habitable
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	46.00%	Severo	No Habitable sin colapso
Raro (XI)	0.42 g	71.00%	Total	No Habitable

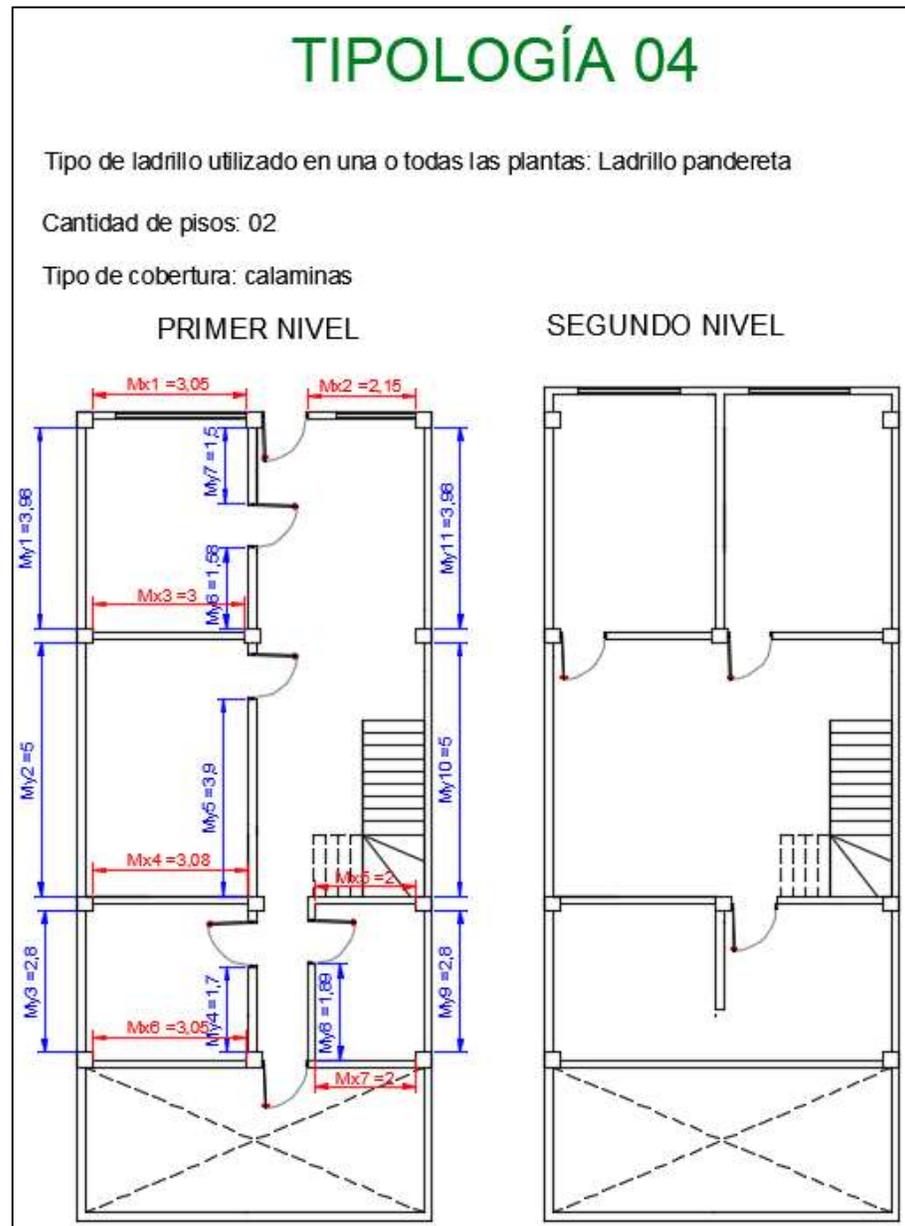
Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Análisis de vulnerabilidad e índice de daño - Tipología 04

Para realizar el cálculo del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini se tomó una edificación representativa de la tipología 01, esta se encuentra ubicada en la Mz. Q7 lote 02, Sector Villa San Luis, Pamplona Alta.

Figura 35:

Planta de la Edificación Representativa de la Tipología 04.



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Figura 36:

Parámetros Sísmicos y Densidad de Muros de la Tipología 03.

CALCULO DE LOS PARAMETROS SÍSMICOS - TIPOLOGÍA 04					
Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z			
	ZONA 4	0.45			
Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl
	S2	Suelos Intermedios	1.05	0.60	2.00
Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)					
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES		
	C Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014		
DATOS	FACTORES				
Z	0.45				
U	1.00				
S	1.05				
R	56.00				
N	2.00 * (numero de pisos)				
Densidad Mínima	1.69%				
DENSIDAD DE MUROS Sy					
Área de la edificación		112	m ²		
Muro	Longitud de muro	t	Área		
My1	3.98	0.13	1.03		
My2	5	0.13	1.30		
My3	2.8	0.13	0.73		
My4	1.7	0.13	0.44		
My5	3.9	0.13	1.01		
My6	1.58	0.13	0.41		
My7	1.5	0.13	0.39		
My8	1.89	0.13	0.49		
My9	2.8	0.13	0.73		
My10	5	0.13	1.30		
My11	3.98	0.13	1.03		
			8.87		
		Sy	7.9%		
			CUMPLE		
DENSIDAD DE MUROS Sx					
Área de la edificación		112	m ²		
Muro	Longitud de muro	t	Área		
Mx1	3.05	0.13	0.79		
Mx2	2.15	0.13	0.56		
Mx3	3	0.13	0.78		
Mx4	3.08	0.13	0.80		
Mx5	2	0.13	0.52		
Mx6	3.05	0.13	0.79		
Mx7	2	0.13	0.52		
			4.77		
		Sx	4.3%		
			CUMPLE		

Fuente: Tomado de la zona de estudio

a. Organización del sistema sismoresistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 4 “Evaluación de la organización del sistema sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue construida según la norma sismoresistente.
- Los elementos estructurales de la edificación no son capaces de resistir carga, ya que los muros están compuestos por unidades de ladrillos tubulares (ladrillos pandereta).
- La carga no se transmite mediante vigas de amarre.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

b. Calidad del sistema resistente.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 5 “Evaluación de la calidad sismoresistente”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación fue construida con unidades de albañilería tubular (ladrillos pandereta).

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

c. Resistencia convencional.

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 6 “Evaluación de la resistencia convencional”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no fue diseñada según la normativa de albañilería confinada.
- La edificación cumple con la densidad de muros.
- La edificación cuenta con 2 niveles.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

d. Posición del edificio

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 7 “Evaluación de la posición del edificio y cimentación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación está cimentada sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación B.**

e. Diafragmas horizontales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 8 “Evaluación de los diafragmas horizontales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- No hay ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma no es despreciable.
- La conexión entre diafragma y los muros no es eficaz.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

f. Configuración en planta

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 9 “Evaluación de la configuración en planta”.

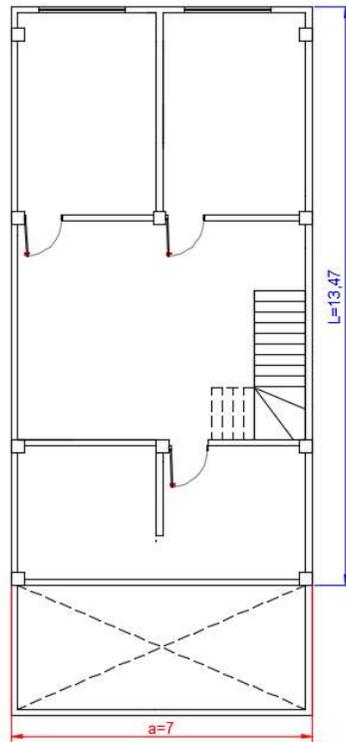
Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación cuenta con $b1 \leq 0.8$ ó $b2 \leq 0.1$.

$$b1 = \frac{a}{L} = \frac{7}{13.77} = 0.51 ; b2 = 0$$

Figura 37:

Evaluación de Configuración en Planta – Tipología 4



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

g. Configuración en elevación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 10 “Evaluación de la configuración en elevación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación no presenta torretas de altura; $T/H=1$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación A.**

h. Distancia máxima entre muros

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 11 “Evaluación de la distancia máxima entre muros”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La distancia máxima entre muros es 3.98, por tal motivo $L/S= 30.62$.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación D.**

i. Tipo de cubierta

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 12 “Evaluación del tipo de cubierta”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación con cubierta de calamina apoyado sobre muros o vigas de concreto.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

j. Elementos no estructurales

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 13 “Evaluación de los elementos no estructurales”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- La edificación presenta voladizos y parapetos mal vinculados a la estructura.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

k. Estado de conservación

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la tabla 14 “Evaluación del estado de conservación”.

Con respecto a las características evaluadas en este parámetro, se determinó lo siguiente:

- Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.

Debido a lo descrito anteriormente, la edificación tiene una **clasificación C.**

I. Cálculo del índice de vulnerabilidad

Según lo descrito anteriormente, la calificación de la tipología 03 se presenta a continuación:

Tabla 40:

Índice de Vulnerabilidad - Tipología 4 (Método de Benedetti y Petrini)

Parámetro	Clasificación				Peso	Índice de vulnerabilidad	
	A	B	C	D			
1. Organización del sistema resistente.					45.00	1.50	67.50
2. Calidad del sistema resistente.					45.00	1.00	25.00
3. Resistencia convencional.					45.00	1.00	25.00
4. Posición del edificio y cimentación.	5.00					0.50	2.50
5. Diafragma horizontales.					45.00	1.00	45.00
6. Configuración en planta.			25.00			0.25	0.00
7. Configuración en elevación.	0.00					0.25	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.					45.00	0.75	33.75
9. Tipo de cubierta.			25.00			0.25	6.25
10. Elementos no estructurales.			25.00			1.00	25.00
11. Estado de conservación.			25.00			1.00	25.00
IV: 255.00 66.67%							

Fuente: Elaboración propia

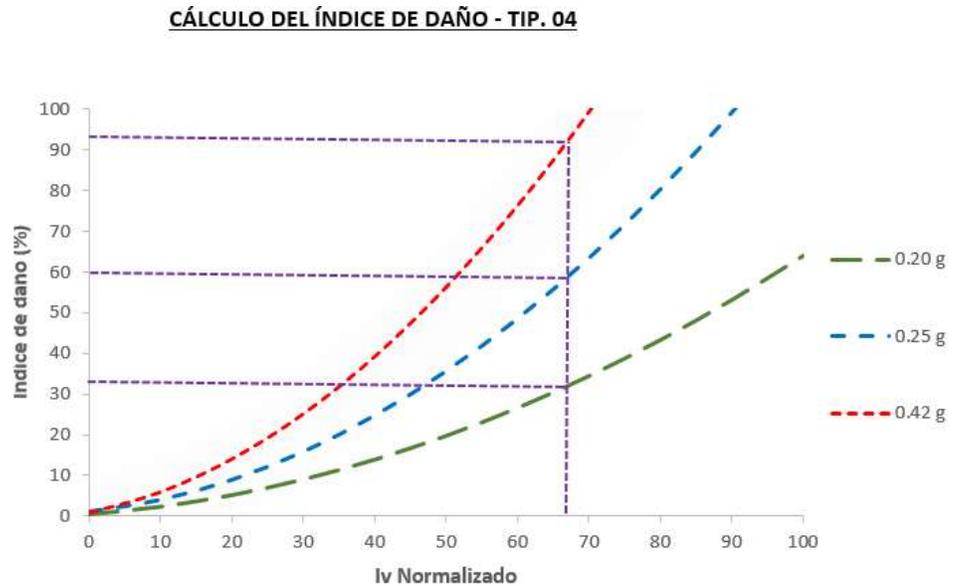
El índice de vulnerabilidad es de 255.00 o 66.67%, por tal motivo le corresponde un nivel de **vulnerabilidad de media a alta**.

m. Cálculo del índice de daño

Se realizó el cálculo del nivel del daño y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 38:

Calculo del índice de daño(Método de Benedetti y Petrini) - Tipologías 03



Fuente: Tomado de la zona de estudio

Tabla 41:

Nivel de Daño - Tipología 4 (Método de Benedetti y Petrini)

Tipo de sismo	Intensidad	Índice de daño	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	32.00%	Severo	No Habitable sin colapso
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	60.00%	Total	No Habitable con colapso
Raro (XI)	0.42 g	93.00%	Total	No Habitable con colapso

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis estructural con el software ETABS

Para evaluar el índice de daño de las tipologías constructivas, también usamos el software estructural ETABS, mediante este software obtendremos los drifts y evaluaremos el nivel de daño que tiene la estructura. Para realizar el análisis estructural debemos definir los siguientes parámetros:

4.4.1. Metrado de Cargas

Con respecto a este parámetro, se considera lo indicado en la norma E020:

Tabla 42:

Sobrecargas Repartidas

Ítem	Uso: Vivienda	Carga Mínima Repartida kg/m ²
01	Sobre Carga (Carga Viva)	200
02	Sobre carga de Techo (Carga Viva de Techo)	100
03	Tabiquería equivalente Repartida en la losa	150
04	Acabado	100
05	Peso del Ladrillo (de la Losa Aligerada)	70

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Características de los materiales

Con respecto al concreto de las columnetas, estos son de resistencia 210 kg/cm² y se considera los criterios de la norma E070:

Tabla 43:
Características del Concreto 210 kg/cm²

Descripción	Propiedad
Peso específico del concreto	$\gamma_{con} = 2450 \text{ kg/m}^3$
Módulo de Elasticidad	$E_{con} = 219500 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson	$U_{con} = 0.20$

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las unidades de albañilería estructural, se considera un ladrillo King Kong artesanal, ya que los moradores de la mayoría de las edificaciones no saben si los ladrillos utilizados son industriales.

Tabla 44:
Características del Ladrillo King Kong

Descripción	Propiedad
Peso específico del Muro de Albañilería de ladrillo King Kong	$\gamma_{albKK} = 1900 \text{ kg/m}^3$
f'm	$f'm = 35 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad	$E_{albKK} = 17500 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson	$U_{albKK} = 0.25$

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los ladrillos pandereta, la resistencia obtenida en ensayos de laboratorio es de $f'm = 13 \text{ kg/cm}^2$ (Sáenz Tenorio, 2016, pág. 76), por tal motivo utilizaremos ese valor para el presente trabajo de investigación.

Tabla 45:

Características del Ladrillo Pandereta

Descripción	Propiedad	Observaciones.
Peso específico de Mortero	$\gamma_{mort} = 3000 \text{ kg/m}^3$	
Peso específico del Muro de Albañilería de Ladrillo Pandereta	$\gamma_{albPP} = 1250 \text{ kg/m}^3$	
Resistencia característica a Compresión Axial	$f'm = 13 \text{ kg/cm}^2$	
Módulo de Elasticidad	$E_{albPP} = 6500 \text{ kg/cm}^2$	*Se consideró $500 \cdot f'm$ como lo estipula la Norma E-070
Módulo de Poisson	$U_{albPP} = 0.25$	

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Parámetros del análisis Sísmico

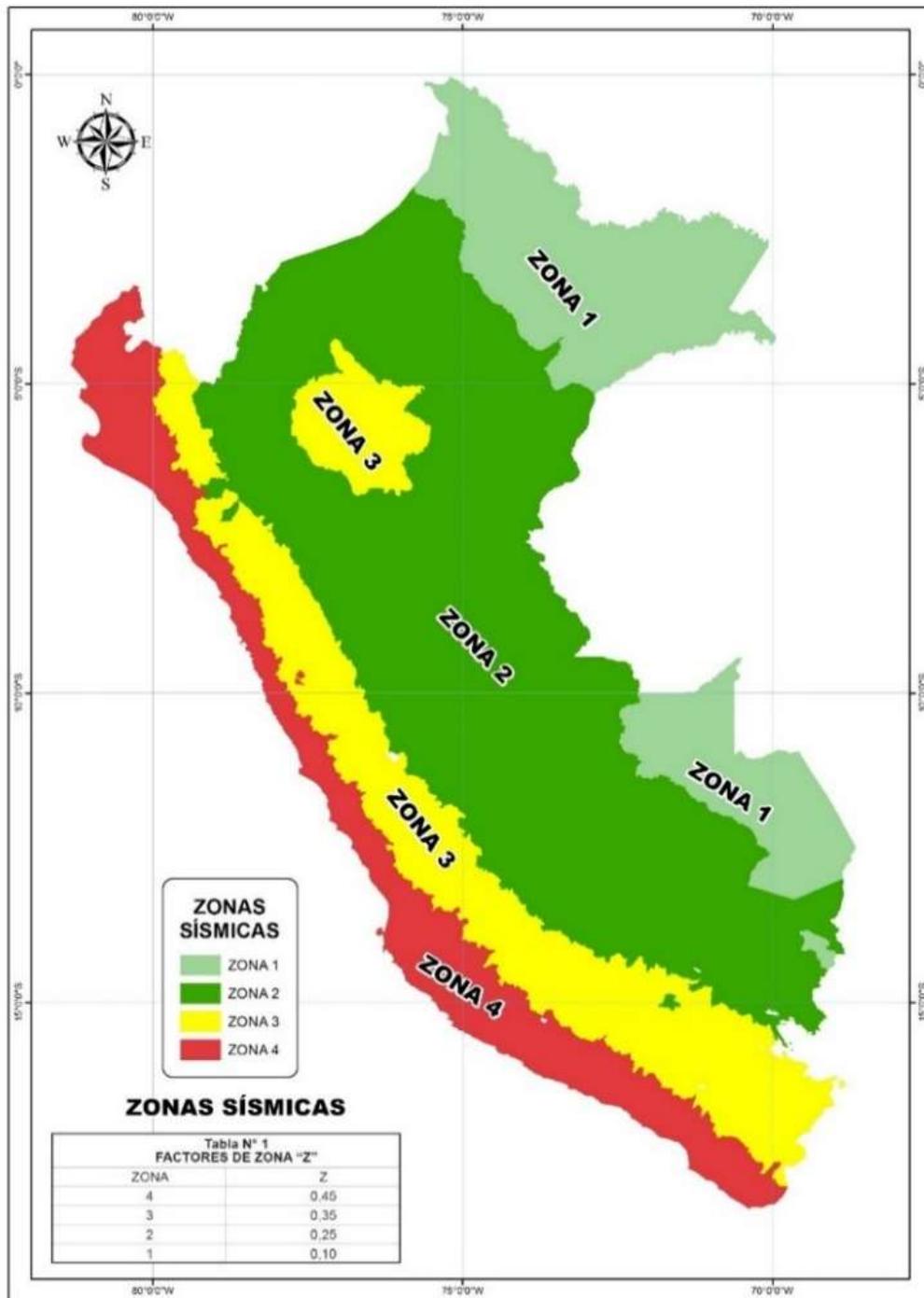
Tanto para el análisis Sísmico estático y dinámico se consideraron los siguientes parámetros:

– **Zonificación:**

El Perú se divide en 4 zonas sísmicas

Figura 39:

Zonificación Sísmica según Norma E030



Fuente Tomado de la norma E030

A cada zona le corresponde un factor de zona resultando el siguiente cuadro:

Tabla 46:

Zonificación Sísmica

ZONA	Z
ZONA 4	0.45
ZONA 3	0.35
ZONA 2	0.25
ZONA 1	0.10

Fuente: Tomado de la norma E030

Para nuestro caso se encontraría en la Zona 4 correspondiéndole un Factor de zona de 0.45.

– **Factor de uso e importancia**

La estructura al ser una Vivienda pertenece a la Categoría C “Edificaciones Comunes”, por lo que tendrá un factor de uso e importancia de $U = 1.0$

Tabla 47:

Factor de uso

Categoría	Descripción	Factor U
C "Edificaciones Comunes"	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1.0

Fuente: Tomado de la norma E030

– **Parámetros de Suelo**

Con respecto a este parámetro, consideramos la tabla de la norma E 030.

Tabla 48:
Parámetros de suelo

Suelo	S0	S1	S2	S3
Zona				
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: Tomado de la norma E030

Debido a que la zona de estudio se encuentra en Z4 y el suelo de la zona es considerado intermedio (S2), el factor de amplificación de suelo tiene un valor de 1.05.

Considerándose así los siguientes periodos para el perfil del suelo S2 según la siguiente tabla:

Tabla 49:
Periodos Según Perfil de Suelo

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Tomado de la norma E030

– **Factor de Amplificación Sísmica**

Este factor para el análisis estático se determina en función de la altura de la edificación, el tipo de sistema estructural y el periodo de suelo que se tenga acorde al perfil de suelo considerando las siguientes expresiones de la norma E-030.

Tabla 50:

Factor de Amplificación Sísmica

Parámetros	Valor
Altura = H	4.4
C _t	60
T	0.07
T _p	0.6 (T _p > T)
C	2.5

Fuente: Tomado de la norma E030

Este factor para el análisis dinámico se varía el periodo y sirve para determinar el espectro de aceleración para simular el sismo en la estructura utilizando las siguientes ecuaciones.

– **Coefficiente de Reducción Sísmica**

Con respecto a este parámetro, los sistemas constructivos evaluados son de albañilería confinada, por tal motivo le corresponde un coeficiente de 3.

– **Análisis de Índice de Daño**

Para calcular el índice de daño se obtendrán Drifts mediante el programa ETABS, posterior a ello se evaluará el nivel de daño que sufrirá la estructura según la tabla 51.

Tabla 51:*Grado de Daño en Función a la Distorsión*

Estado de daño Observado	Distorsión (%)	Grado de Daño	Habitabilidad
Fisuras horizontales por flexión. Fisuras verticales por flexión cercanas al paño de las columnetas.	0.04	Ligero (I)	Habitable
Primer agrietamiento por tensión diagonal de la mampostería.	0.13	Moderado (II y III)	Habitable
Inicio de la de la penetración del fisuramiento inclinado en los extremos de las columnetas.	0.2	Fuerte (IV)	Habitable
Agrietamiento en forma se "X" en todos los paneles de mampostería.	0.23	Fuerte (IV)	No Habitable sin colapso
Aplastamiento del concreto, agrietamiento horizontal distribuido en la altura de las columnetas.	0.32	Fuerte (V)	No Habitable sin colapso
Concentración de grietas diagonales en los extremos de las columnetas, descascaro del recubrimiento del concreto.	0.42	Grave (V)	No Habitable sin colapso
Concentración del daño en los extremos interiores de las columnetas, plegamientos del refuerzo longitudinal (Deformaciones en "S").	0.5	Grave (no se clasifica)	No Habitable y estructura a punto de Colapsar

Fuente: Adaptado de Ruiz García et al. 1998.

4.4.4. Espectro de Aceleraciones

Las estructuras se analizarán en 3 escenarios sísmicos, por tal motivo obtendremos 3 espectros de aceleraciones (ver ANEXO 5), los escenarios sísmicos de evaluación se muestran a continuación:

Tabla 52:

Escenarios Sísmicos

Aceleración del suelo	TR(Años)	Ocurrencia
0.20 g	45	Frecuente
0.25 g	75	Ocasional
0.42 g	475	Raro

Fuente: Elaboración propia

4.4.5. Cálculo del índice de daño de las tipologías constructivas

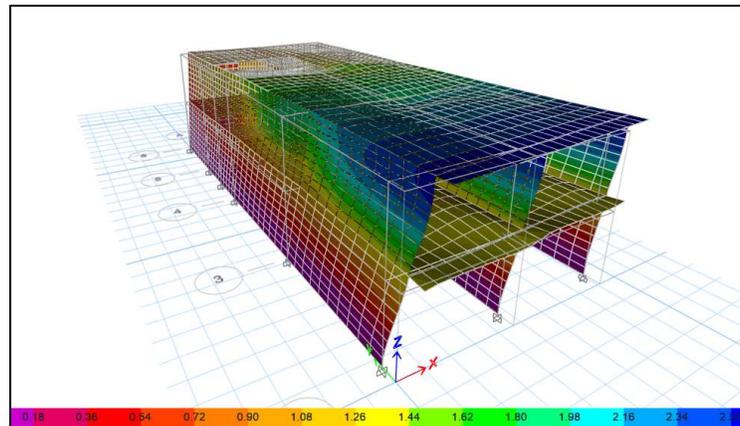
a. Índice de daño - Tipología 01

La tipología 01 fue modelada según las características obtenidas en la inspección técnica, estas se detallan a continuación:

- Edificación de 2 pisos.
- Está construida con unidades de ladrillo estructural (king kong artesanal).
- Cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas.

Figura 40:

Desplazamientos de la tipología 01



Fuente: Elaboración propia

La estructura fue analizada en los escenarios sísmicos frecuente, ocasional y raro, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

Con respecto al primer piso:

Tabla 53:

Nivel de daño del primer piso (Sx)– Tipología 1

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story1	Se-x 0.20g	X	0.15%	Fuerte (IV)	Habitable
Story1	Se-x 0.25g	X	0.19%	Fuerte (IV)	Habitable
Story1	Se-x 0.42g	X	0.31%	Fuerte (V)	No Habitable
Story1	Sx-0.20g	X	0.16%	Fuerte (IV)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	X	0.20%	Fuerte (IV)	No Habitable
Story1	Sx-0.42g	X	0.34%	Grave (V)	No Habitable sin colapso
Story1	Sx-0.25g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.20g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	Y	0.07%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54:

Grado de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 1

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story1	Se-y 0.20g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	Y	0.06%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.25g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.42g	Y	0.06%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al segundo piso:

Tabla 55:
Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx)– Tipología 1

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-x 0.20g	X	0.14%	Fuerte (IV)	Habitable
Story2	Se-x 0.25g	X	0.17%	Fuerte (IV)	Habitable
Story2	Se-x 0.42g	X	0.28%	Fuerte (V)	No Habitable
Story2	Sx-0.20g	X	0.14%	Fuerte (IV)	Habitable
Story2	Sx-0.20g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sx-0.25g	X	0.17%	Fuerte (IV)	Habitable
Story2	Sx-0.25g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sx-0.42g	X	0.29%	Fuerte (V)	No Habitable
Story2	Sx-0.42g	Y	0.05%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56:
Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 1

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-y 0.20g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.25g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.42g	Y	0.05%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Después de evaluar el índice de daño de la tipología 01, se demuestra que los muros sufren daños moderados y fuertes, pero no colapsan. En la tabla 57 se muestra el comportamiento de la estructura para los diferentes escenarios sísmicos.

Tabla 57:

Nivel de Daño Tipología 1 - ETABS

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Moderado (II y III)	Habitable
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Fuerte (IV)	Habitable
Raro (XI)	0.42 g	Fuerte – grave (IV y V)	No habitable sin colapso

Fuente: Elaboración propia

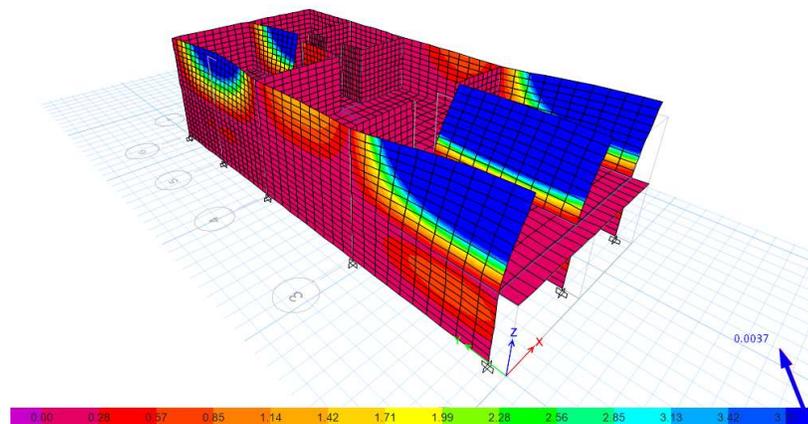
b. Índice de daño - Tipología 02

La tipología 02 fue modelada según las características obtenidas en la inspección técnica, estas se detallan a continuación:

- Edificación de 2 pisos.
- Está construida con unidades de ladrillo estructural (king kong artesanal).
- No cuenta con rigidización de piso en su última planta.

Figura 41:

Desplazamientos de la Tipología 02



Fuente: Elaboración propia

La estructura fue analizada en los escenarios sísmicos frecuente, ocasional y raro, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

Con respecto al primer piso:

Tabla 58:

Nivel de Daño del Primer Piso (Sx)– Tipología 2

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story1	Se-x 0.20g	X	0.13%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-x 0.25g	X	0.16%	Fuerte (IV)	Habitable
Story1	Se-x 0.42g	X	0.27%	Fuerte (V)	No Habitable
Story1	Sx-0.20g	X	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.20g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	X	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	X	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59:

Nivel de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 2

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story1	Se-y 0.20g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.25g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.42g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al segundo piso:

Tabla 60:

Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx)– Tipología 2

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-x 0.20g	X	1.13%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.20g	X	1.13%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.25g	X	1.41%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.42g	X	2.37%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Se-x 0.25g	X	1.41%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Se-x 0.42g	X	2.37%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61:

Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 2

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-y 0.20g	Y	0.06%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	X	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	X	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	X	0.05%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.25g	Y	0.07%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.42g	Y	0.12%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Después de evaluar el índice de daño de la tipología 02, se demuestra que los muros del segundo nivel sufren daños muy graves con colapso. En la tabla 62 se muestra el comportamiento de la estructura para los diferentes escenarios sísmicos.

Tabla 62:

Nivel de Daño Tipología 2 - ETABS

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Muy grave (V)	No habitable colapsado en el segundo nivel
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Muy grave (V)	No habitable colapsado en el segundo nivel
Raro (XI)	0.42 g	Muy grave (V)	No habitable colapsado en el segundo nivel

Fuente: Elaboración propia

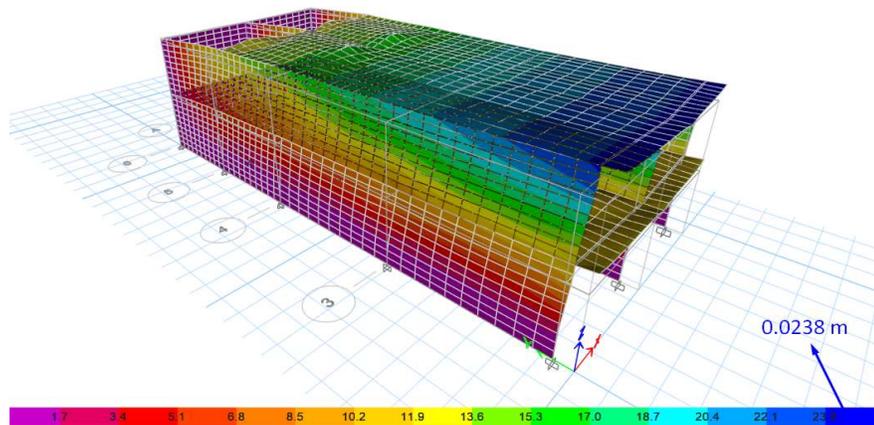
c. Índice de daño - Tipología 03

La tipología 03 fue modelada según las características obtenidas en la inspección técnica, estas se detallan a continuación:

- Edificación de 2 pisos.
- Está construida con unidades de ladrillo no estructural (pandereta).
- Cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas.

Figura 42

Desplazamientos de la Tipología 03



Fuente: Elaboración propia

La estructura fue analizada en los escenarios sísmicos frecuente, ocasional y raro, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

Con respecto al primer piso:

Tabla 63:

Nivel de Daño del Primer Piso (Sx)– Tipología 3

Pisos	Fuerza	Sent.	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story1	Se-x 0.20g	X	0.75%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story1	Se-x 0.25g	X	0.94%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story1	Se-x 0.42g	X	1.59%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story1	Sx-0.20g	X	0.76%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story1	Sx-0.25g	X	0.95%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story1	Sx-0.42g	X	1.60%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story1	Sx-0.20g	Y	0.11%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	Y	0.14%	Fuerte (IV)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	Y	0.23%	Fuerte (V)	No Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64:

Nivel de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 3

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story1	Se-y 0.20g	Y	0.06%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.25g	Y	0.07%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.42g	Y	0.12%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al segundo piso:

Tabla 65:

Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx)– Tipología 3

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-x 0.20g	X	0.81%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Se-x 0.25g	X	1.01%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Se-x 0.42g	X	1.69%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.20g	X	0.82%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.25g	X	1.03%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.42g	X	1.72%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.20g	Y	0.09%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sx-0.25g	Y	0.11%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sx-0.42g	Y	0.19%	Fuerte (IV)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66:

Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 3

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-y 0.20g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.25g	Y	0.05%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.42g	Y	0.09%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	X	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Después de evaluar el índice de daño de la tipología 03, se demuestra que los muros portantes sufren daños muy graves en el primer y segundo piso. En la tabla 67 se muestra el comportamiento de la estructura para los diferentes escenarios sísmicos.

Tabla 67:

Nivel de Daño Tipología 3 - ETABS

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Muy grave y moderado (II, III y V)	No habitable con colapso
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Muy grave (V)	No habitable con colapso
Raro (XI)	0.42 g	Muy grave (V)	No habitable con colapso

Fuente: Elaboración propia

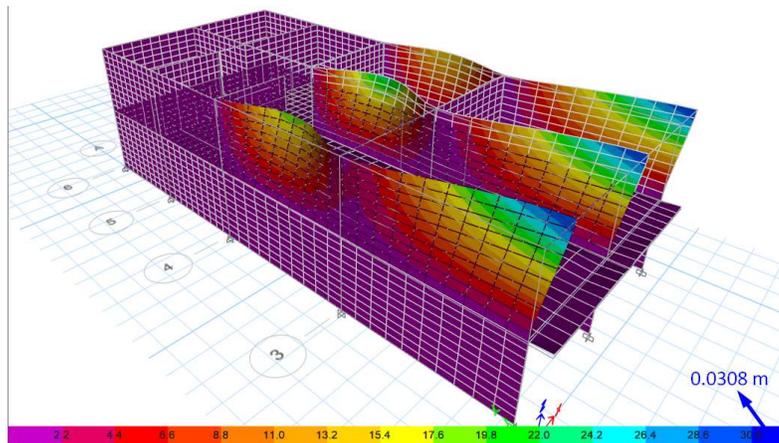
d. Índice de daño - Tipología 04

La tipología 04 fue modelada según las características obtenidas en la inspección técnica, estas se detallan a continuación:

- Edificación de 2 pisos.
- Está construida con unidades de ladrillo no estructural (pandereta).
- Cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas.

Figura 43:

Desplazamientos de la Tipología 04



Fuente: Elaboración propia

La estructura fue analizada en los escenarios sísmicos frecuente, ocasional y raro, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

Con respecto al primer piso:

Tabla 68:

Nivel de Daño del Primer Piso (Sx)– Tipología 4

Pisos	Fuerza	Sent.	Drift %	Nivel de Daño	Habitabilidad
Story1	Se-x 0.20g	X	0.23%	Fuerte (IV)	No Habitable pero sin colapso
Story1	Se-x 0.25g	X	0.29%	Fuerte (V)	No Habitable
Story1	Se-x 0.42g	X	0.48%	Grave (no se clasifica)	No Habitable y estructura a punto de Colapsar
Story1	Sx-0.20g	X	0.09%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	X	0.11%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	X	0.18%	Fuerte (IV)	Habitable
Story1	Sx-0.20g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69:

Nivel de Daño del Primer Piso (Sy)– Tipología 4

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de Daño	Habitabilidad
Story1	Se-y 0.20g	Y	0.04%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.25g	Y	0.05%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.42g	Y	0.08%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al segundo piso:

Tabla 70:

Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx)– Tipología 4

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-x 0.20g	X	2.06%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Se-x 0.25g	X	2.57%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Se-x 0.42g	X	4.32%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.20g	X	1.98%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.25g	X	2.48%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado
Story2	Sx-0.42g	X	4.17%	Muy Grave (Colapsado)	No Habitable - Colapsado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71:

Nivel de Daño del Segundo Piso (Sy)– Tipología 4

Pisos	Fuerza	Sent.	Drift %	Nivel de daño	Habitabilidad
Story2	Se-y 0.20g	Y	0.10%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.25g	Y	0.12%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.42g	Y	0.21%	Fuerte (IV)	No Habitable pero sin colapso
Story2	Sy-0.20g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	Y	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Después de evaluar el índice de daño de la tipología 04, se demuestra que los muros del segundo nivel sufren daños muy graves con colapso y el primer sufre daños graves en sus muros portantes. En la tabla 72 se muestra el comportamiento de la estructura para los diferentes escenarios sísmicos.

Tabla 72:

Nivel de Daño Tipología 4 - ETABS

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Muy grave y moderado (II, III y V)	No habitable con colapso en el segundo nivel
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Muy grave (V)	No habitable con colapso
Raro (XI)	0.42 g	Muy grave (V)	No habitable con colapso

Fuente: Elaboración propia

4.4.6. Reforzamiento estructural de la tipología constructiva 04 (caso más desfavorable)

Con respecto al reforzamiento estructural, los muros de esta tipología serán reforzados con mallas electrosoldadas y se rigidizará la última planta.

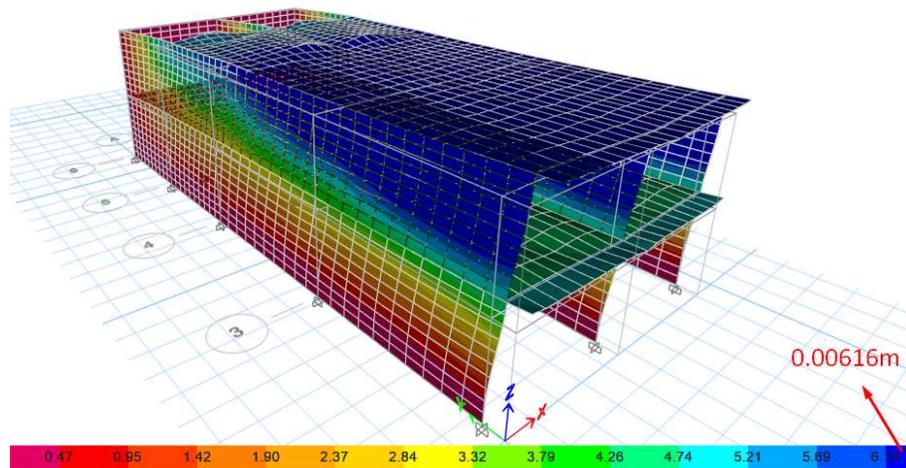
Con respecto al reforzamiento con malla electrosoldada, está compuesto por varillas de acero corrugado de 4.5 mm de diámetro en los dos sentidos espaciadas cada 15 centímetros, este diseño cumple con el objetivo de evitar la trituración de los ladrillos pandereta y su comportamiento es similar a un muro construido con ladrillos King kong. Por lo tanto, es una medida preventiva aplicable a edificaciones informales. (Araoz Escobedo & Velezmoro Girón, 2012, pág. 90).

Con respecto a la rigidización de piso, “La rigidización del sistema de piso provocó una mejora en el desempeño sísmico, reflejada en la migración a un grado de daño esperado entre nulo y leve”. (Jiménez Pacheco, 2016, pág. 1)

A continuación, se muestra el grado de daño obtenido ante la ocurrencia de un sismo severo.

Figura 44

Desplazamientos de la Tipología 04 con Reforzamiento



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al primer piso:

Tabla 73

Nivel de Daño del Primer Piso (Sx) -Tipología 4 con Reforzamiento

Estructural

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Grado de Daño	Habitabilidad
Story1	Se-x 0.20g	X	0.31%	Fuerte (V)	No Habitable
Story1	Se-x 0.25g	X	0.38%	Grave (V)	No Habitable
Story1	Sx-0.20g	X	0.31%	Fuerte (V)	No Habitable
Story1	Sx-0.25g	X	0.39%	Grave (V)	No Habitable
Story1	Sx-0.20g	Y	0.05%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.25g	Y	0.06%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sx-0.42g	Y	0.10%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74*Nivel de Daño del Primer Piso (Sy) -Tipología 4 con Reforzamiento**Estructural*

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Grado de Daño	Habitabilidad
Story1	Se-y 0.20g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Se-y 0.25g	Y	0.03%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.20g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.25g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story1	Sy-0.42g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al segundo piso:

Tabla 75*Nivel de daño del segundo piso (Sx) -Tipología 4 con reforzamiento estructural*

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift	Grado de Daño	Habitabilidad
Story2	Se-x 0.20g	X	0.001073	Grave (V)	No Habitable
Story2	Se-x 0.25g	X	0.001343	Grave (V)	No Habitable
Story2	Sx-0.20g	X	0.001086	Grave (V)	No Habitable
Story2	Sx-0.25g	X	0.00136	Grave (V)	No Habitable
Story2	Sx-0.20g	Y	0.000113	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sx-0.25g	Y	0.000142	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sx-0.42g	Y	0.000238	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76*Nivel de Daño del Segundo Piso (Sx) -Tipología 4 con Reforzamiento**Estructural*

Pisos	Fuerza	Sentido	Drift %	Grado de Daño	Habitabilidad
Story2	Se-y 0.20g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Se-y 0.25g	Y	0.02%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	Y	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.20g	X	0.00%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.25g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable
Story2	Sy-0.42g	X	0.01%	Moderado (II y III)	Habitable

Fuente: Elaboración propia

Después de evaluar el nivel de daño de la tipología 04 con reforzamiento, se demuestra que los son variables, pero destacan los daños fuertes y graves. En la tabla 77 se muestra el comportamiento de la estructura ante la ocurrencia de un sismo severo.

Tabla 77*Nivel de daño Tipología 4 con reforzamiento- ETABS*

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño	Escala de habitabilidad
Raro (XI)	0.42 g	Fuerte – grave (IV y V) –	No habitable sin colapso.

Fuente: Elaboración propia

4.5. Procesamiento de datos en la plataforma geomática.

4.5.1. Ubicación de Zona de Estudio

Se ha utilizado Arc Map para realizar los mapas temáticos, a continuación, se muestra el plano de ubicación del proyecto.

Figura 45:
Mapa de Ubicación en Arc Map

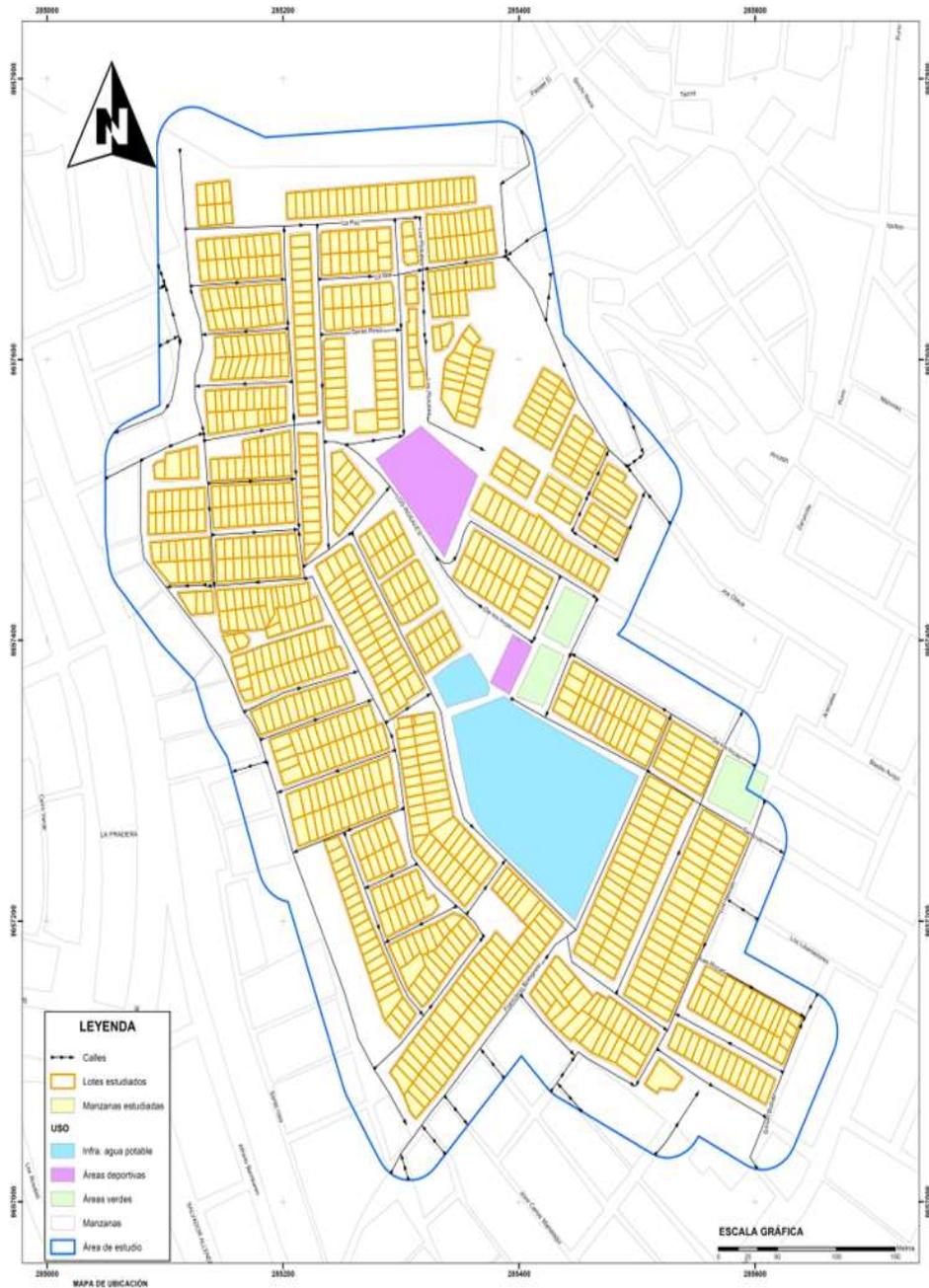


Fuente: Elaboración Propia

En la zona de estudio también se cuenta con áreas deportivas y áreas verdes, por tal motivo se desarrolló el mapa de ubicación de los lotes de estudio.

Figura 46:

Mapa de Ubicación de Lotes en Estudio



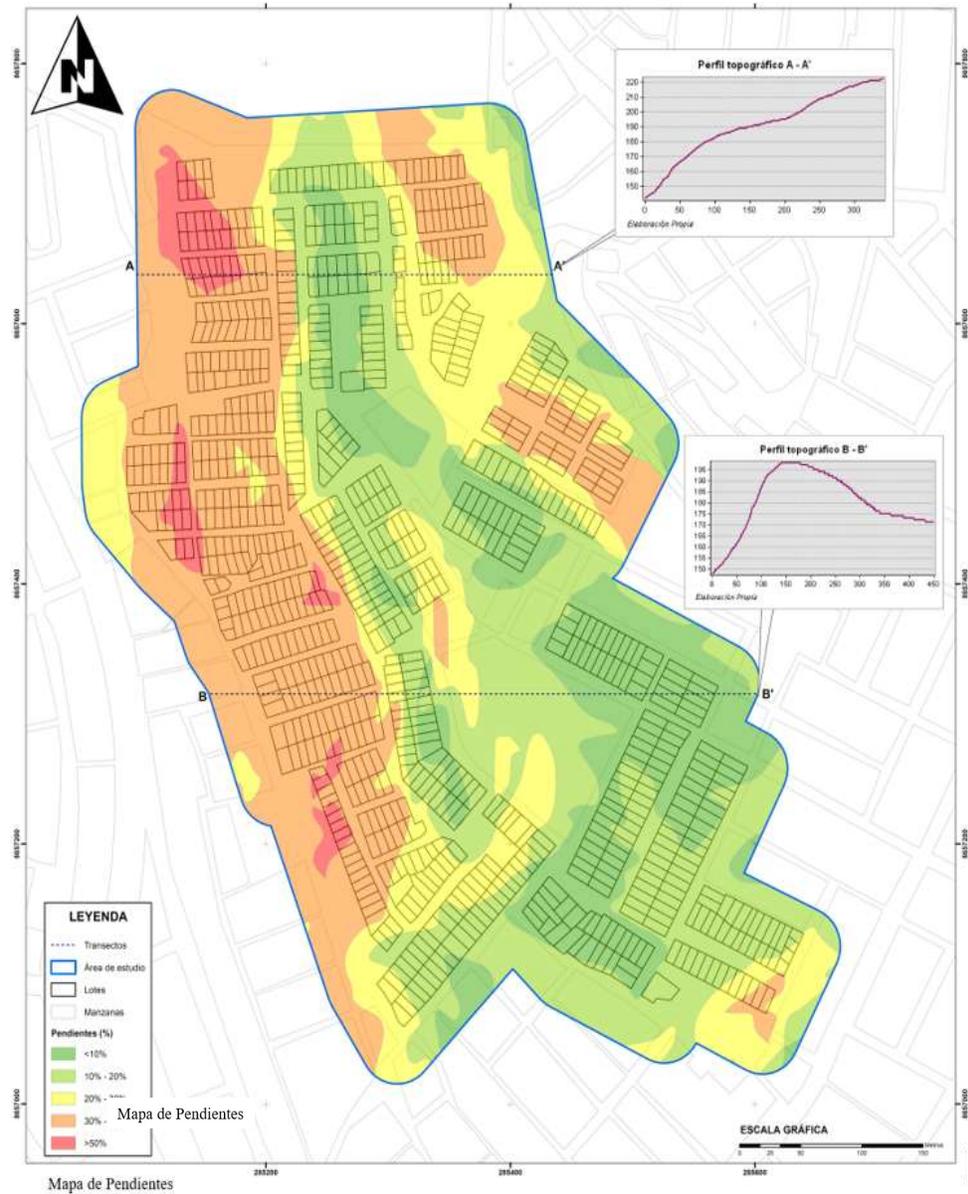
Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. Mapa de Pendientes

Así mismo se elaboró el plano de pendientes de la zona de estudio con los rangos de pendientes según CENEPRED.

Figura 47

Mapa de Pendientes.



Fuente: Elaboración Propia con Data de Open Topografy.

4.5.3. Plano de Zonificación Sísmica

Con la información obtenida se elaboró el siguiente mapa de zonificación sísmica.

Figura 48

Mapa de Peligro Sísmico



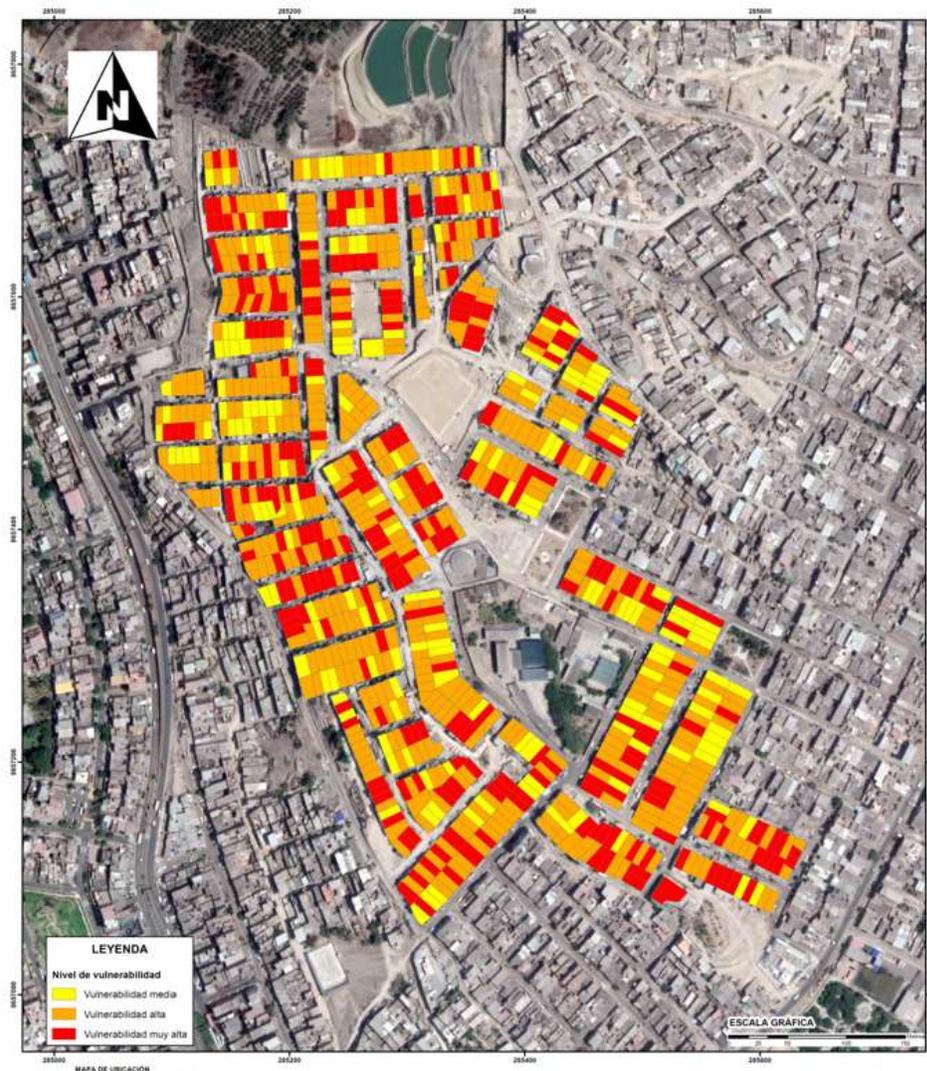
Fuente: Elaboración Propia

4.5.4. Mapa de Vulnerabilidad Sísmica CENEPRED

Con la ayuda de la plataforma geomática se sistematizó la información y se realizaron mapas temáticos de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la zona de estudio (ver ANEXO 4). A continuación, se muestra los mapas temáticos desarrollados:

Figura 49

Mapa Temático de Vulnerabilidad Sísmica - Método de CENEPRED



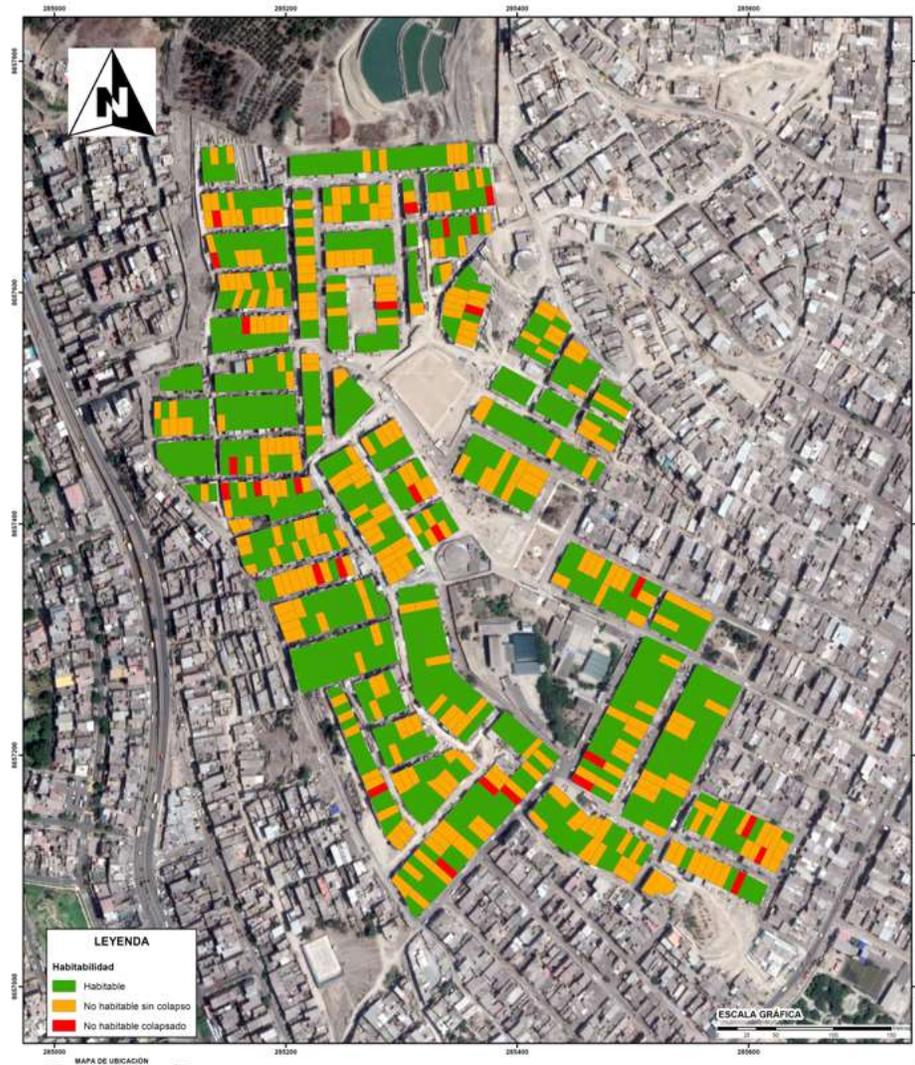
Fuente: Elaboración Propia

a. Plano de Habitabilidad con 0.25g CENEPRED

Se simuló el escenario sísmico de un sismo moderado (VII y VIII) y se obtuvo el siguiente mapa de habitabilidad (ver ANEXO 6):

Figura 50

Mapa temático – Simulación de habitabilidad ante la ocurrencia de un sismo moderado - CENEPRED



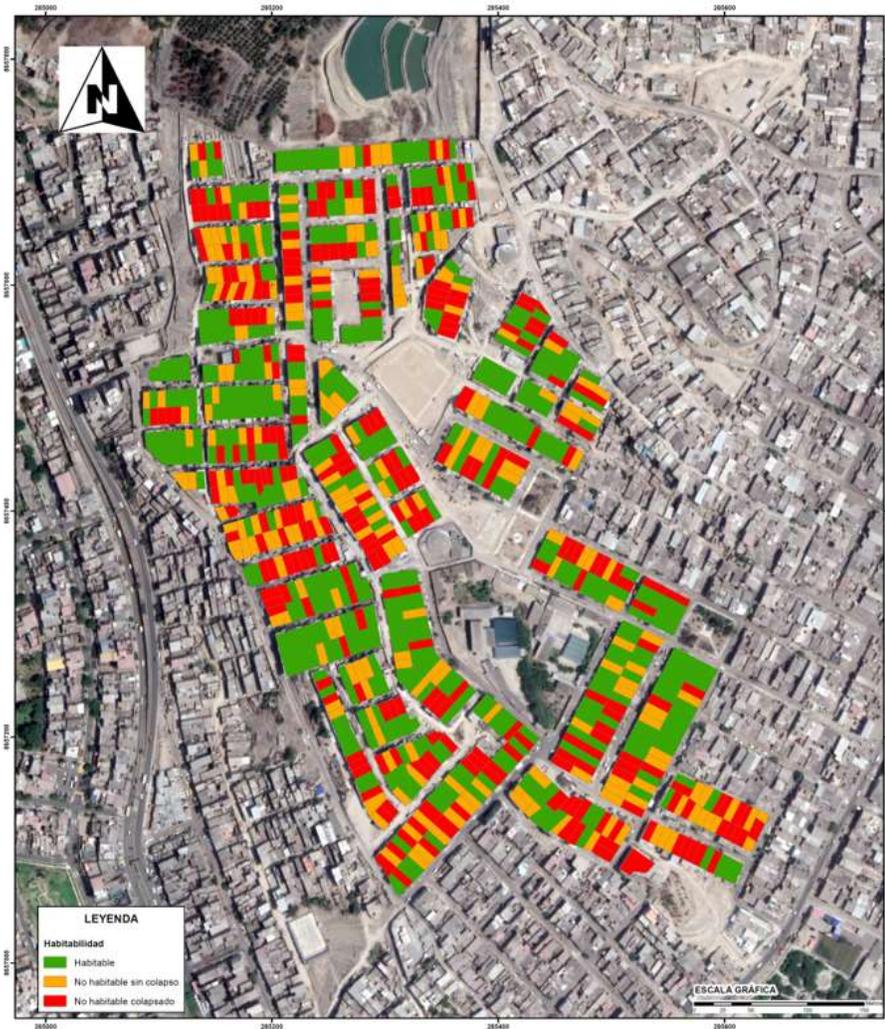
Fuente: Elaboración Propia

b. Plano de Habitabilidad con 0.42g CENEPRED

Se simuló el escenario sísmico de un sismo severo (IX) y se obtuvo el siguiente mapa de habitabilidad (ver ANEXO 6):

Figura 51

Mapa temático – Simulación de Habitabilidad Ante la Ocurrencia de un sismo severo - CENEPRED



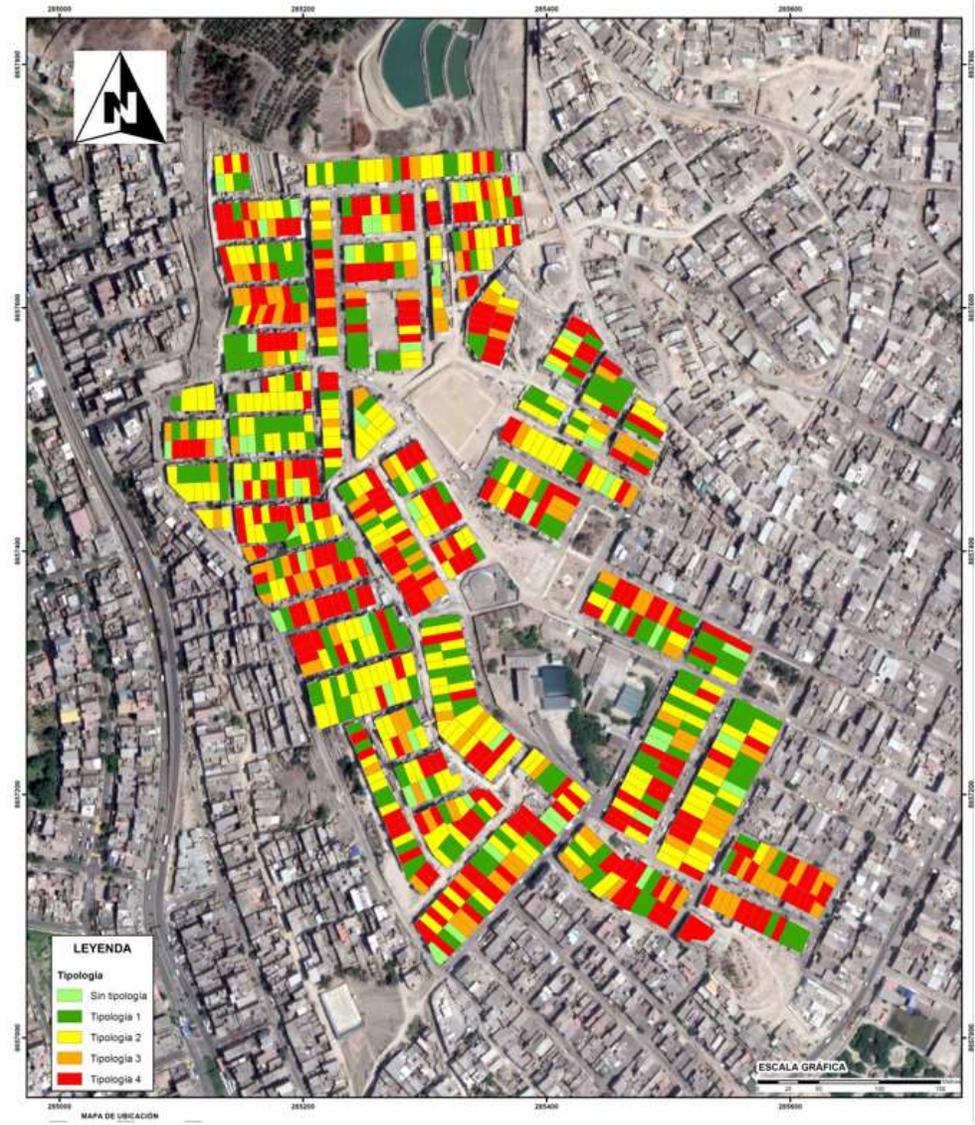
Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. Mapa de Vulnerabilidad Sísmica BENEDETTI Y PETRINI

Para el análisis de vulnerabilidad sísmica con esta metodología se establecieron 4 tipologías constructivas, por tal motivo se realizó el mapa temático de topologías constructivas:

Figura 52

Mapa temático de tipologías constructivas

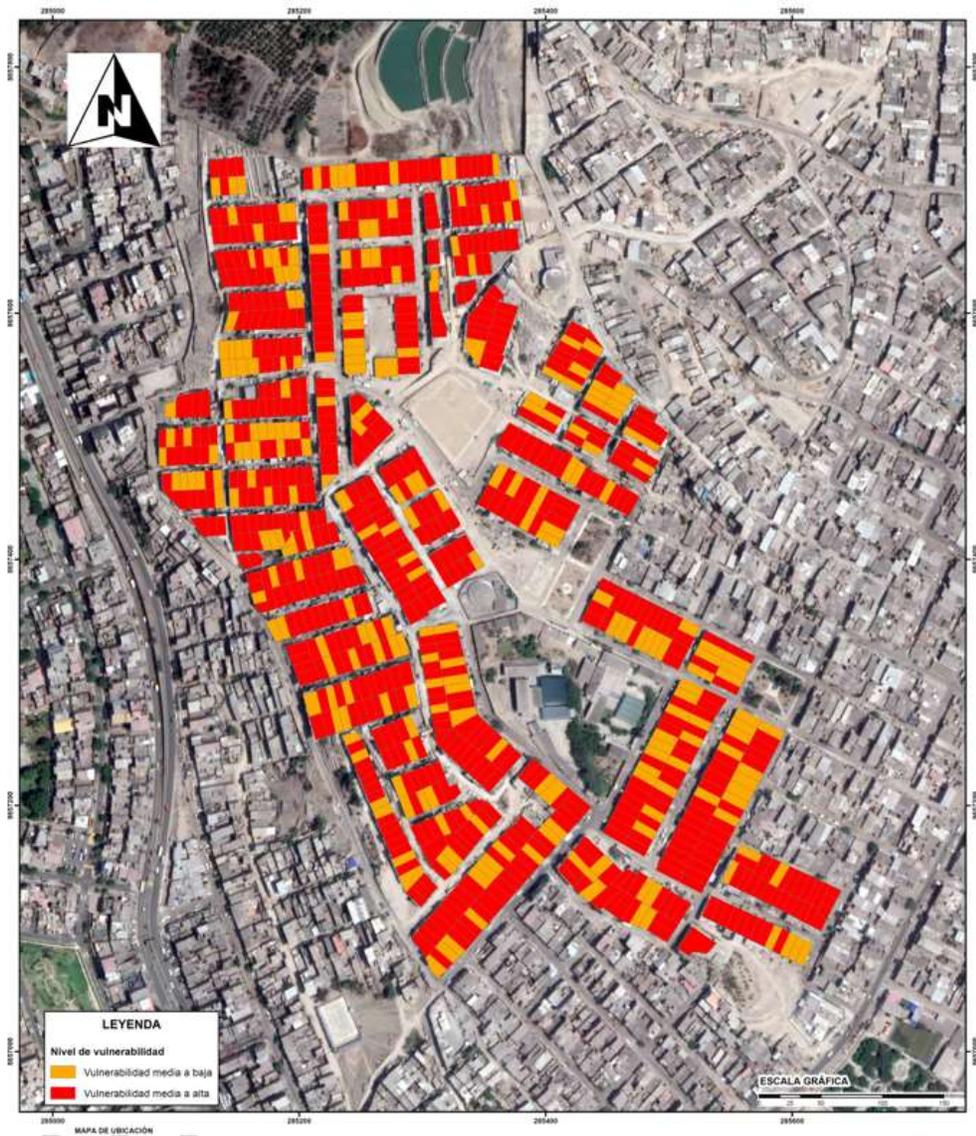


Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda de la plataforma geomática se sistematizó la información y se realizaron mapas temáticos de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la zona de estudio (ver ANEXO 4). A continuación, se muestra los mapas temáticos desarrollados:

Figura 53

Mapa temático de vulnerabilidad sísmica - Método de Benedetti y Petrini



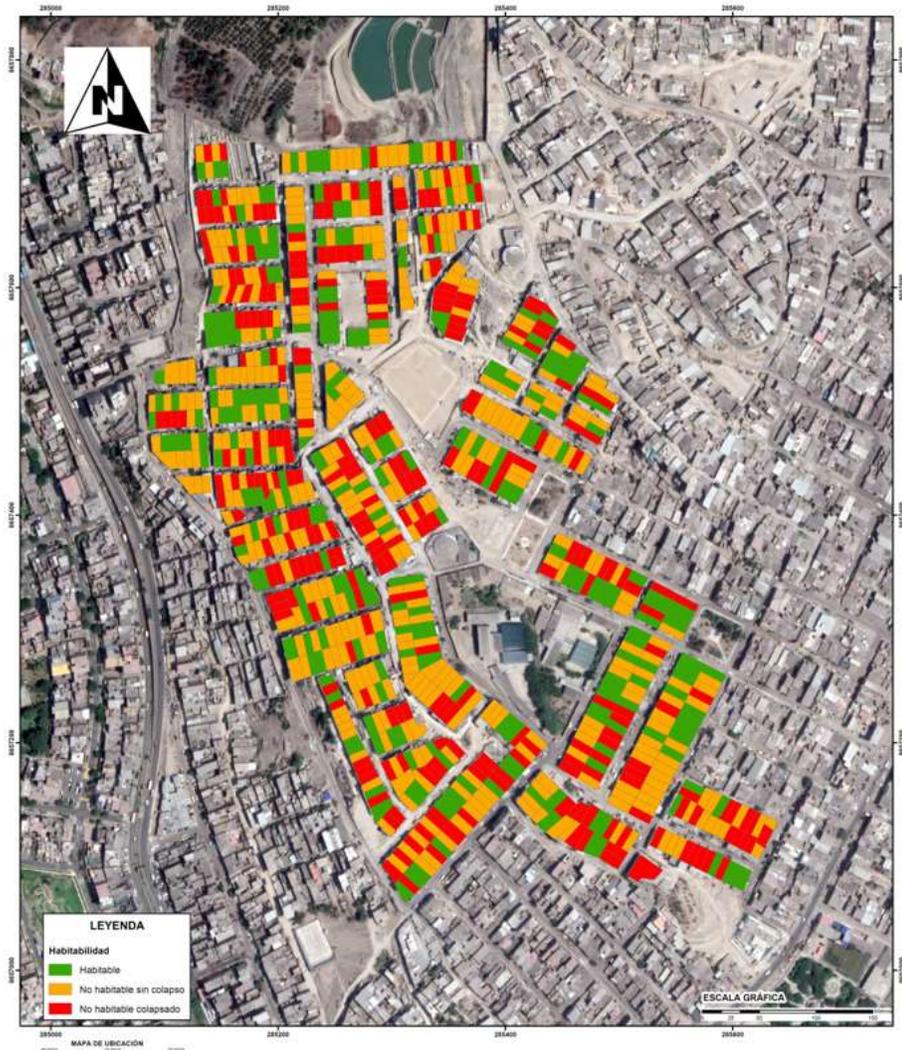
Fuente: Elaboración Propia

a. Plano de Habitabilidad con 0.25g BENEDETTI y PETRINI

Se simuló el escenario sísmico de un sismo moderado (VII y VIII) y se obtuvo el siguiente mapa de habitabilidad (ver ANEXO 6):

Figura 54

Mapa Temático – Simulación de Habitabilidad Ante la Ocurrencia de un Sismo Moderado – Benedetti y Petrini



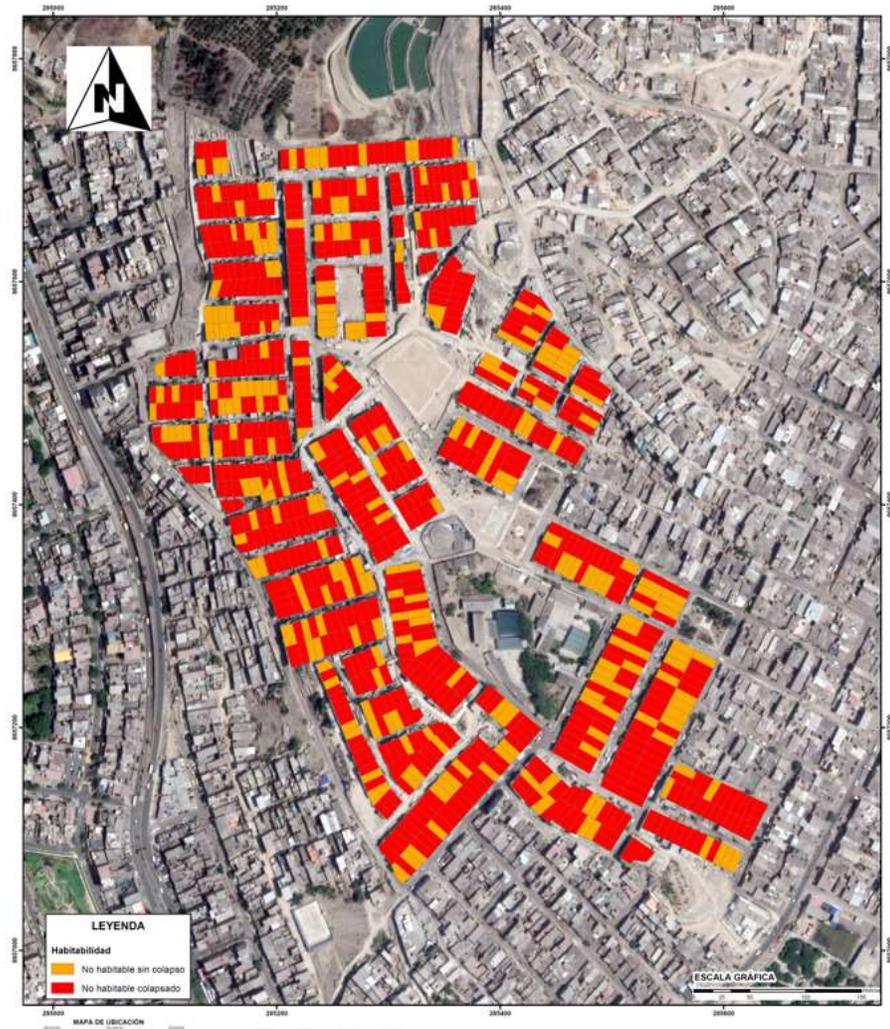
Fuente: Elaboración Propia

b. Plano de Habitabilidad con 0.42g BENEDETTI y PETRINI

Se simuló el escenario sísmico de un sismo severo (XI) y se obtuvo el siguiente mapa de habitabilidad (ver ANEXO 6):

Figura 55

Mapa temático – Simulación de Habitabilidad Ante la Ocurrencia de un Sismo Severo – Benedetti y Petrini



Fuente: Elaboración Propia

4.6. Procesos para la elaboración del plan de mitigación del riesgo sísmico.

El plan de mitigación de vulnerabilidad sísmica cuenta con los siguientes procesos:

4.6.1. Elaboración de estrategias

Se realizará un análisis masivo del índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de un sector que tenga alto porcentaje de informalidad constructiva, posterior a ello se identificará las edificaciones que tengan vulnerabilidad alta y muy alta.

En este plan de mitigación de vulnerabilidad sísmica se identificará, se notificará, se evaluará y se mitigará la vulnerabilidad sísmica.

4.6.2. Marco normativo

Se aplicarán los instrumentos normativos de carácter nacional, regional o local existentes relacionados con gestión del riesgo del desastre.

- Ley N° 29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre (SINAGERD)
- Decreto supremo N° 048-2011-PCM Reglamento de la Ley N° 2664 que crea el SINAGERD
- Ley N 23853 Ley Orgánica de Municipalidades
- Ley N° 27867 Ley Orgánica de Gobiernos Regionales
- Decreto Supremo N° 004-2011-VIVIENDA Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano.
- Reglamento nacional de edificaciones.

4.6.3. Preparación del proyecto

En primer lugar, se deberá identificar un sector con alto índice de informalidad constructiva.

Con respecto a la identificación, se deberá elaborar un manual para calcular el índice de vulnerabilidad sísmica con el método de Benedetti y Petrini, este manual debe ser de fácil aplicación para que pueda ser utilizado por personal capacitado.

4.6.4. Mecanismo de financiamiento

Se propone que las universidades fomenten investigación con respecto a la identificación del índice de vulnerabilidad sísmica en diferentes distritos con alto porcentaje de informalidad constructiva.

4.6.5. Proceso de ejecución

El personal capacitado deberá aplicar el manual de identificación de vulnerabilidad sísmica con el método de Benedetti y Petrini en las edificaciones de la zona de estudio, se deberá utilizar fichas de inspección técnica.

4.6.6. Cálculos y resultados

El cálculo del índice de vulnerabilidad deberá ser procesado en una plataforma geomática, también se deberá evaluar el índice de daño para poder estimar la habitabilidad de las viviendas ante la ocurrencia de sismos frecuentes, ocasionales y raros.

Con la ayuda de la plataforma geomática, se deberá realizar mapas temáticos de uso de suelo, sistema estructural de las edificaciones, estado de conservación de las edificaciones, costo de reparación de las edificaciones, nivel de daño en edificaciones esenciales, nivel de daño en edificaciones en general. Esto es con fin de estimar los daños que se pueden generar ante la ocurrencia de un sismo severo en la zona de estudio.

4.6.7. Proceso de difusión y comunicación

Con respecto a la difusión y comunicación, se notificará el índice de vulnerabilidad de todos los predios evaluados mediante un medio digital, también se deberán realizar charlas para concientizar a los pobladores sobre las consecuencias de habitar una vivienda que tiene un alto índice de vulnerabilidad sísmica.

4.6.8. Proceso de mitigación (Refuerzos estructurales)

Con respecto a la mitigación de la vulnerabilidad sísmica, se plantea que se genere el procedimiento administrativo “Evaluación de viviendas vulnerables

con fines de reforzamiento” en los TUPA municipales para que la estructura sea evaluada por un especialista municipal. Los moradores de los predios con índices de vulnerabilidad alta deberán evaluar si acceden a dicha evaluación técnica y si proceden a realizar los reforzamientos estructurales para mejorar el desempeño sísmico de sus viviendas.

4.7. Contrastación de hipótesis

4.7.1. Hipótesis específica 1

En la zona de estudio existe un alto porcentaje de informalidad, por tal motivo se identifica una variedad de tipologías constructivas informales.

Debido al alto índice de informalidad en el distrito de San Juan de Miraflores, las edificaciones fueron construidas empíricamente sin asesoría de un profesional. Los pobladores de la zona, por querer minimizar costos y sin tener conocimiento del comportamiento estructural de las edificaciones, utilizaron diversos materiales no estructurales para construir sus viviendas. En el trabajo de investigación se identificó la cantidad de viviendas que tienen características que influyen en su desempeño estructural ante la ocurrencia de sismos, estas características se detallan a continuación:

Tabla 78:
Deficiencias Estructurales Comunes de las Edificaciones Informales

Descripción	Característica	%
Edificaciones que tienen más de 2 pisos	Debido al crecimiento poblacional, las edificaciones de la zona tienen un crecimiento vertical, pero estas no siguen una planificación estructural.	36%
Edificaciones que están construidas con ladrillos pandereta en al menos una de sus plantas	Debido al escaso conocimiento de ingeniería estructural de los pobladores de la zona, estos realizan sus construcciones con ladrillos pandereta.	30%
Edificaciones sin rigidización de piso	Debido al crecimiento poblacional y por la falta de recursos económicos, los pobladores construyen los niveles superiores de sus predios pero estos no son techadas con sistemas de rigidización de piso.	74%

Fuente: Elaboración propia

Las tipologías constructivas fueron definidas en función a las características más influyentes en su buen desempeño estructural, por tal motivo se definieron 4 tipologías constructivas que representan a toda la muestra, estas se detallan a continuación:

- **Tipología constructiva 01:** Edificación de n pisos, construida con ladrillos king kong en todas sus plantas y cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas. **Esta tipología representa el 15% de las edificaciones.**
- **Tipología constructiva 02:** Edificación de n pisos, construida con ladrillos King Kong en todas sus plantas y cuenta no cuenta con rigidización de piso en su última planta. **Esta tipología representa el 15% de las edificaciones.**
- **Tipología constructiva 03:** Edificación de n pisos, construida con ladrillos pandereta en una de sus plantas y cuenta con rigidización de piso en todas sus plantas. **Esta tipología representa el 22% de las edificaciones.**
- **Tipología constructiva 04:** Edificación de n pisos, construida con ladrillos pandereta en una de sus plantas y no cuenta con rigidización de piso en su última planta. **Esta tipología representa el 43% de las edificaciones.**
- **Sin tipología:** Representa a todas las edificaciones que están construidas con material rústico. **Esta tipología representa el 5% de las edificaciones.**

Con respecto a la identificación de las tipologías constructivas, se podría tener una mejor caracterización si se realiza una inspección ocular ingresando al predio y evaluando su estado de conservación, ya que las edificaciones de la zona no tienen un plan de mantenimiento.

Por lo expuesto anteriormente, se valida que existe una variedad de tipologías constructivas en la zona de estudio, esto es debido al alto índice de informalidad en la zona.

4.7.2. Hipótesis específica 2

Las tipologías constructivas informales de la zona de estudio tienen un alto índice de vulnerabilidad sísmica.

Las tipologías constructivas identificadas tienen características que involucran a su buen desempeño estructural ante la ocurrencia de un sismo, estas características se describen a continuación:

- Edificaciones con muros portantes contruidos con unidades de albañilería no estructural.
- Edificaciones sin rigidización de piso en su última planta.
- Mal estado de conservación de edificaciones.
- Edificaciones sin planificación estructural.

En el trabajo de investigación se determinó los siguientes índices de vulnerabilidad para las tipologías constructivas.

Tabla 79:

Índice de Vulnerabilidad de las Tipologías Constructivas

Tipología constructiva	Índice de vulnerabilidad	
	CENEPRED	Benedetti y Petrini
TIPOLOGÍA 1	Media	Media a baja
TIPOLOGÍA 2	Alta	Media a alta
TIPOLOGÍA 3	Alta	Media a alta
TIPOLOGÍA 4	Muy alta	Media a alta

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 79, los índices de vulnerabilidad de oscilan entre media, alta y muy alta.

Con respecto a los muros ejecutados con ladrillos pandereta, estos, por su baja resistencia a la compresión y su comportamiento sumamente frágil, deben estar

prohibidos en la construcción de muros portantes. (Araoz Escobedo & Velezmoro Girón, 2012)

Con respecto a la rigidización de piso, este es muy importante para el desempeño estructural de la edificación ante un evento sísmico. (Jiménez Pacheco, 2016)

Debido a las características de las tipologías constructivas, se valida que estas tienen un alto índice de vulnerabilidad.

4.7.3. Hipótesis específica 3

El mapa temático desarrollado identifica un alto porcentaje de edificaciones que tienen un elevado índice de vulnerabilidad.

Las viviendas evaluadas fueron ingresadas en una plataforma geomática (Arc Gis), se procesaron los datos en función al índice de vulnerabilidad calculado y se tuvieron los siguientes resultados.

Tabla 80:

Estratificación de la Vulnerabilidad de Toda la Muestra

Estratificación de la vulnerabilidad		
Índice de vulnerabilidad	Cantidad de edificaciones	%
Vulnerabilidad media	74	20%
Vulnerabilidad alta	183	51%
Vulnerabilidad muy alta	105	29%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 80, existen 188 edificaciones que tienen vulnerabilidad alta y muy alta, este representa el 80% de toda la muestra.

Con respecto a la habitabilidad de las edificaciones, se realizó una simulación de los daños ante la ocurrencia de un sismo moderado y un sismo severo, el cálculo del índice de daño se realizó con el índice de vulnerabilidad del método del CENEPRED y los resultados se muestran a continuación:

- Simulación de sismo moderado (0.25g); se determinó que el 2.49% de las edificaciones colapsarán; el 33.15% tendrán daños estructurales fuertes, pero no colapsarán; y el 64.36% quedarán habitables previa evaluación de un especialista (ver ANEXO 3).
- Simulación de sismo severo (0.42g); se determinó que el 29.28% de las edificaciones colapsarán; el 23.38% tendrán daños estructurales fuertes, pero no colapsarán; y el 48.34% quedarán habitables previa evaluación de un especialista (ver ANEXO 3).

Con respecto al resultado obtenido, este resultado contrasta con los resultados del estudio de microzonificación sísmica y vulnerabilidad en el distrito de Villa el Salvador, donde indican que el 34% de las edificaciones presentarán daño severo y el 54% de las edificaciones colapsarán ante la ocurrencia de un sismo severo. (Mun. Distrital de Villa el Salvador, 2011)

Los mapas temáticos evidencian que el 80% de las edificaciones presentan vulnerabilidad alta y muy alta, por tal motivo, se valida que un alto porcentaje de las edificaciones de la zona presentan un alto índice de vulnerabilidad.

4.7.4. Hipótesis específica 4

El índice de daño calculado con el método de Benedetti & Petrini y mediante el análisis estructural con el programa ETABS son similares.

Se hizo el cálculo del índice de daño con el método de Benedetti y Petrini y también se calculó el índice de daño en función a la distorsión calculada con el programa ETABS; se obtuvieron los siguientes resultados.

Con respecto a la tipología 01:

Tabla 81:*Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 01*

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño – Benedetti y Petrini	Nivel de daño – ETABS
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Moderado	Moderado (II y III)
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Moderado	Fuerte (IV)
Raro (XI)	0.42 g	Severo	Fuerte – grave (IV y V)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la tipología 02:

Tabla 82:*Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 02*

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño – Benedetti y Petrini	Nivel de daño – ETABS
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Moderado	Muy grave y moderado (II, III y V)
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Severo	Muy grave (V)
Raro (XI)	0.42 g	Total	Muy grave (V)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la tipología 03:

Tabla 83:*Comparación del nivel de daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 03*

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño – Benedetti y Petrini	Nivel de daño – ETABS
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Moderado	Muy grave y moderado (II, III y V)
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Severo	Muy grave (V)
Raro (XI)	0.42 g	Total	Muy grave (V)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la tipología 04:

Tabla 84:

Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs ETABS) – Tip. 04

Tipo de sismo	Intensidad	Nivel de daño – Benedetti y Petrini	Nivel de daño – ETABS
Sismo frecuente (VI)	0.20 g	Severo	Muy grave y moderado (II, III y V)
Ocasional (VII y VIII)	0.25g	Total	Muy grave (V)
Raro (XI)	0.42 g	Total	Muy grave (V)

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los cuadros, las 2 metodologías nos brindan información parecida. Es preciso indicar que el programa ETABS nos brinda información más precisa, ya que analiza el comportamiento de los elementos estructurales individualmente.

Por lo descrito anteriormente, se valida que los índices de daño calculado con las 2 metodologías son similares.

4.7.5. Hipótesis específica 5

La metodología de Benedetti & Petrini es la apropiada para evaluar el índice de daño y la vulnerabilidad sísmica de edificaciones informales en forma masiva.

El método de Benedetti y Petrini analiza los parámetros en función a criterios de diseño estructural, como densidad de muros, irregularidad en planta, irregularidad en altura, rigidización de piso, etc. Por otro lado, el método del CENEPRED sólo se limita a evaluar los parámetros de forma técnico visual. Por tal motivo, el método de Benedetti y Petrini nos brinda información más precisa con respecto al comportamiento estructural de las edificaciones en diferentes escenarios sísmicos.

Con respecto a los resultados obtenidos, en la tabla 80 se hace una comparación del índice de daño obtenido en las 2 metodologías ante la ocurrencia de un sismo raro (severo).

Tabla 85:

Comparación del Nivel de Daño (Benedetti y Petrini vs CENEPRED)

Comparación del Nivel de Daño (Sismo Severo 0.42 g)		
Tipología constructiva	Nivel Benedetti y Petrini	Nivel CENEPRED
TIPOLOGÍA 1	27% (No habitable sin colapso)	18.97% (Habitable)
TIPOLOGÍA 2	60% (No habitable con colapso)	24.38% (No habitable sin colapso)
TIPOLOGÍA 3	71% (No habitable con colapso)	36.49% (No habitable sin colapso)
TIPOLOGÍA 4	93% (No habitable con colapso)	62.60% (No habitable con colapso)

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 85, el método del CENEPRED arroja resultados más conservadores, en cambio el método de Benedetti y Petrini arroja resultados más precisos y comparables con resultados obtenidos de un software de diseño estructural.

Se valida que la metodología de Benedetti & Petrini es la apropiada para evaluar el índice de daño y la vulnerabilidad sísmica de edificaciones informales en forma masiva.

4.7.6. Hipótesis específica 6

Las tipologías constructivas mejoran su desempeño sísmico reforzando sus elementos estructurales.

Se realizó el análisis estructural de las tipologías constructivas con el programa ETABS y estas arrojaron altos índices de daño para los eventos sísmicos evaluados (0.20g, 0.25g y 0.42 g), esto se debe a las características estructurales antes mencionadas.

Estos errores estructurales fueron corregidos en el programa ETABS cambiando las propiedades de muros de albañilería no estructural a muros de albañilería reforzados con mallas electrosoldadas e incorporando la rigidización de piso en todas las plantas, posterior a ello se procedió a calcular el índice de daño y se verificó que estas estructuras no colapsarán ante la ocurrencia de un sismo severo.

Tabla 86:

Comparación del Nivel de Daño de la Edificación Sometida a Reforzamiento Estructural

Comparación del Nivel de Daño con Reforzamiento Estructural (Sismo Severo 0.42g)		
Tipología constructiva	Nivel de daño sin reforzamiento (ETABS)	Nivel de daño con reforzamiento (ETABS)
TIPOLOGÍA 4	Muy grave (V) - Colapsado	Fuerte – grave (IV y V) – No habitable sin colapso.

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al reforzamiento con malla electrosoldada, este cumple con el objetivo de evitar la trituración de los ladrillos pandereta. Por lo tanto, es una medida preventiva aplicable a edificaciones informales. (Araoz Escobedo & Velezmoro Girón, 2012)

Con respecto a la rigidización de piso, “La rigidización del sistema de piso provocó una mejora en el desempeño sísmico, reflejada en la migración a un grado de daño esperado entre nulo y leve”. (Jiménez Pacheco, 2016)

Las citas mencionadas anteriormente, son corroboradas con los resultados del análisis estructural de las tipologías constructivas reforzadas con mallas electrosoldadas y rigidización de piso.

Según lo descrito anteriormente, se valida que las tipologías constructivas mejoran su desempeño sísmico reforzando sus elementos estructurales.

4.8. Discusión

Con respecto a la cantidad de edificaciones con alto índice de vulnerabilidad sísmica, el (Mun. Distrital de Villa el Salvador, 2011), en su “Estudio de microzonificación sísmica y vulnerabilidad del distrito de Villa el Salvador” , indico que el 34% de las edificaciones presentarán daños severos y el 54% colapsará ante la ocurrencia de un sismo raro. Este valor contrasta con los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, ya que se determinó que el 80% de las edificaciones tienen índices de vulnerabilidad entre alta y muy alta.

Con respecto al índice de daño calculado con el método de Benedetti y Petrini, estos resultados son más conservadores que los determinados con el software estructural ETABS. Pero para fines de analizar el índice de daño de forma masiva, el método de Benedetti y Petrini es el adecuado, por su fácil aplicación.

Con respecto a la sistematización de la información en una plataforma geomática, según (BALTA RIVERA & MEZA FERNÁNDEZ, 2015), una plataforma geomática facilita el procesamiento de datos y nos brinda resultados de manera esquemática a través de mapas temáticos. Con respecto al trabajo de investigación, utilizamos los beneficios que nos brinda la plataforma geomática para generar mapas temáticos de índice de vulnerabilidad y de índice de daño para diferentes escenarios sísmicos, pero también se podría generar un mapa temático indicado el costo de reforzamiento de cada edificación, con esto se tendría un costo estimado del reforzamiento estructural de todas las edificaciones informales del distrito de San Juan de Miraflores.

Con respecto a los reforzamientos estructurales propuestos, se verificó que, si reforzamos los muros de ladrillos pandereta con mallas electrosoldadas y si rigidizamos todas las plantas de la edificación, mejoramos el desempeño estructural de las edificaciones. Pero no sólo deberíamos basarnos en reforzar los elementos estructurales, también debemos evaluar el estado de conservación de la edificación, verticalidad de muros y la calidad de los materiales usados en su proceso constructivo. La evaluación de la edificación tiene que ser realizada por un especialista para poder obtener los resultados proyectados ante la ocurrencia de un sismo.

CONCLUSIONES

1. Debido al alto índice de informalidad en el distrito de San Juan de Miraflores, las edificaciones fueron construidas empíricamente sin asesoría de un profesional, los pobladores de la zona, por querer minimizar costos y por el crecimiento poblacional, utilizaron diversos criterios constructivos que no cumplen con el reglamento nacional de edificaciones y estas características involucran al buen desempeño estructural de las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo. Con la finalidad de definir tipologías constructivas que representen a toda la muestra, se identificaron las deficiencias constructivas comunes de la zona de estudio obteniendo los siguientes resultados: El 35% de las edificaciones tienen más de 2 pisos, el 30% de las edificaciones están construidos con ladrillo pandereta en al menos una de sus plantas y el 74% de las edificaciones no cuentan con rigidización de piso en su última planta. En el presente trabajo de investigación se identificaron 4 tipologías constructivas con la finalidad de representar a toda la muestra y proyectar los resultados a otras poblaciones.
2. El índice de vulnerabilidad de las tipologías constructivas fue analizado con el método del CENEPRED y con el método de Benedetti y Petrini, se evaluaron las características de las tipologías constructivas en función a los parámetros de evaluación. Con respecto a los resultados obtenidos; la tipología 01 presenta vulnerabilidad media, la tipología 02 presenta vulnerabilidad alta, la tipología 03 presenta vulnerabilidad alta y la tipología 04 presentan vulnerabilidad muy alta; por tal motivo se confirma que las tipologías constructivas tienen altos índices de vulnerabilidad, esto se debe al alto índice de informalidad constructiva en la zona de estudio.
3. Los mapas temáticos desarrollados describen las tipologías constructivas en función a su índice de vulnerabilidad y se determinó que; El 20% de las edificaciones presentan vulnerabilidad media, el 51 % presentan vulnerabilidad alta y 29% presentan vulnerabilidad muy alta. También se desarrollaron mapas temáticos de simulación de eventos sísmicos en función a la habitabilidad de la edificación con el índice de vulnerabilidad del CENEPRED, los resultados fueron los siguientes; con respecto al sismo moderado (0.25g), se determinó que el 2.49% de las edificaciones colapsarán, el 33.15% tendrán daños estructurales fuertes (pero no colapsarán) y el

64.36% quedarán habitables previa evaluación de un especialista; con respecto al sismo severo (0.42g), se determinó que el 29.28% de las edificaciones colapsarán, el 23.38% tendrán daños estructurales fuertes (pero no colapsarán) y el 48.34% quedarán habitables previa evaluación de un especialista.

Por lo descrito anteriormente, se reafirma que la informalidad constructiva de la zona tiene un alto índice de desarrollo, ya que el 80% de las edificaciones presentan altos índices de vulnerabilidad y por lo menos el 52.66% de las edificaciones quedarán inhabitables ante la ocurrencia de un sismo severo.

4. El índice de daño de las 4 tipologías constructivas fue calculado con el método de Benedetti y Petrini y también fue calculado con el programa ETABS, se demostró que los resultados obtenidos son similares en los escenarios sísmicos moderado (0.20g), frecuente (0.25 g) y raro (0.42 g).
5. La metodología apropiada para identificar el índice de vulnerabilidad y el índice de daño de forma masiva es el método de Benedetti y Petrini, ya que sus parámetros de evaluación se pueden sistematizar en una plataforma geomática. Además, en el método de Benedetti y Petrini se analizan parámetros en función a criterios de diseño estructural, tales como: Densidad de muros, irregularidad en planta, irregularidad en altura, rigidización de piso, etc. Por otro lado, el método del CENEPRED sólo se limita a evaluar parámetros de forma técnico visual. Con respecto al índice de daño, el método de Benedetti y Petrini nos brinda información semejante a resultados obtenidos con un software de diseño estructural.
6. Se modelaron las 4 tipologías constructivas en el programa ETABS, se identificó que los muros portantes ejecutados con ladrillos pandereta y la no rigidización de piso tiene una gran influencia en el desempeño estructural de las edificaciones, también se verificó que las edificaciones que presentan estas 2 características colapsarán ante la ocurrencia de un sismo severo. Por tal motivo, se volvieron a modelar las estructuras reemplazando las características de los muros de ladrillo pandereta por características de muros reforzados con mallas electrosoldadas y también se rigidizaron todas las plantas; se realizó el análisis estructural en el escenario de un sismo severo y se obtuvo el siguiente resultado: Las tipologías constructivas mejoraron su desempeño

estructural, ya que presentaron daños fuertes con la presencia de algunos muros agrietados en forma de “x”, pero no colapsaron.

7. En el plan de mitigación del riesgo sísmico, se identifica masivamente el índice de vulnerabilidad de las edificaciones de una determinada zona utilizando el método de Benedetti y Petrini y con la ayuda de una plataforma geomática, posterior a ello se identifica las edificaciones que presentan mayor índice de daño ante la ocurrencia de un sismo severo. Los pobladores que habiten en viviendas que presenten altos índices de vulnerabilidad deberán ser notificados y se deberá realizar una campaña de concientización sobre las consecuencias de habitar una vivienda altamente vulnerable. Con respecto a la evaluación de la estructura para fines de reforzamiento estructural, se plantea que se genere un procedimiento administrativo en los TUPA municipales para que la estructura sea evaluada por un especialista. La viabilidad del reforzamiento de la vivienda deberá ser evaluada por los moradores del predio. Por lo descrito anteriormente, si se aplica el plan de mitigación de riesgo sísmico, mejorará el desempeño estructural de las edificaciones informales ante la ocurrencia de un sismo severo.

RECOMENDACIONES

1. Con respecto a las tipologías constructivas, recomendamos incrementar algunos criterios para definir una mayor cantidad de tipologías constructivas, ya que en este trabajo de investigación no consideramos la ubicación de la vivienda en función a su pendiente. Esto se debe a que las tipologías constructivas están ubicadas en pendientes menores a 10%.
2. Con respecto al cálculo del índice de vulnerabilidad, recomendamos que sea evaluado con método de Benedetti y Petrini, ya que se analizan los parámetros en función a criterios de diseño estructural, tales como: Densidad de muros, irregularidad en planta, irregularidad en altura, rigidización de piso, etc; y la información obtenida es semejante a los resultados obtenidos con un software estructural.
3. Con respecto a los mapas temáticos, se recomienda realizar mapas temáticos del costo de reforzamiento por unidad de vivienda, esto es para tener el costo estimado del reforzamiento de todas las edificaciones informales del distrito de San Juan de Miraflores.
4. Con respecto a la evaluación masiva del índice de vulnerabilidad y el índice de daño, se recomienda realizar un manual de evaluación basado en el método de Benedetti y Petrini, esto es para capacitar a personal técnico y se pueda obtener resultados precisos del comportamiento estructural de las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo severo.
5. Con respecto a los reforzamientos estructurales propuestos, se verificó que, si reforzamos los muros de ladrillos pandereta con mallas electrosoldadas y si rigidizamos todas las plantas de la edificación, mejoramos el desempeño estructural de las edificaciones. Pero recomendamos que no sólo deberíamos basarnos en reforzar los elementos estructurales, también debemos evaluar el estado de conservación de la edificación, verticalidad de muros y la calidad de los materiales usados en su proceso constructivo. Por tal motivo es de suma importancia que la evaluación de la edificación sea realizada por un especialista.

6. Con respecto al plan de mitigación, recomendamos que se realicen análisis de índice de vulnerabilidad y de daño de forma masiva para identificar las edificaciones con mayor vulnerabilidad, notificarlas y concientizar a los moradores sobre las consecuencias de habitar en un predio con alto índice de vulnerabilidad. También recomendamos que se implemente el procedimiento administrativo “Evaluación estructural para fines de reforzamiento” en los TUPA municipales para que un especialista municipal proponga soluciones técnicas que mejoren el desempeño estructural de las edificaciones. Con respecto a la ejecución de los reforzamientos estructurales, se recomienda crear un programa estatal de concientización y apoyo económico para la mejora del desempeño estructural de edificaciones informales.

7. Con respecto a futuras líneas de investigación, recomendamos que se evalúen zonas con pendientes altas para que se pueda identificar otras tipologías constructivas y evaluar su comportamiento estructural ante la ocurrencia de eventos sísmicos. También recomendamos que se investigue sobre otras alternativas de reforzamiento estructural para edificaciones informales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad, M., Amayo, L., Nieto, M., & Quiñones, A. (2019). *Índice de Progreso Social del Distrito de San Juan de Miraflores*. Repositorio institucional CENTRUM PUCP.
- Araoz Escobedo, T. A., & Velezmoro Girón, J. P. (2012). *REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS EXISTENTES CONSTRUIDAS CON MUROS CONFINADOS HECHOS CON LADRILLOS PANDERETA*. PUCP, LIMA.
- Arellano Herrera, F., & Cadillo Villón, J. (2015). *Análisis del riesgo sísmico en edificaciones de albañilería mediante fichas de evaluación sistematizadas en una plataforma geoespacial en el sector 19, 20, 21 y 22, distrito de Chorrillos*. Cibertesis URP, Lima.
- Arkiplus. (2020). *arkiplus.com*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/albanileria/>
- BALTA RIVERA, J. J., & MEZA FERNÁNDEZ, J. F. (2015). *SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EN UNA PLATAFORMA GEOMÁTICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO SÍSMICO EN EL DISTRITO DE HUARAL*. Universidad Ricardo Palma, Huaral.
- CAPECO. (2018). Construyendo formalidad. *Construcción e industria*, 13.
- CENEPRED. (2017). *Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos*. Lima, Perú.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2017). *Manual para la elaboración del riesgo por sismos*. Lima: Biblioteca del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Compañía peruana de estudios de mercados y opinión pública. (2019). Perú: Población 2019. *Market Report*, 7.
- COOPI - IRD - IFEA - INDECI. (2011). *Recursos de respuesta inmediata y de recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en Lima metropolitana y Callao*. Lima: Publimagen ABC sac.
- Gallegos, H. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima: PUCP-Fondo Editorial.

- Jiménez Pacheco, J. C. (2016). *Evaluación sísmica de edificios de mampostería no reforzada típicos de Barcelona: modelización y revisión de la aplicación del Método del Espectro de Capacidad*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Kuroiwa, J. (2020). *Reducción de Desastres*. Lima: Quebecor World Peru S.A.
- Mena Hernandez, U. (2002). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas*. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.
- Mun. Distrital de Villa el Salvador. (2011). *ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR*. Villa el Salvador.
- Rojas, J., & Valverde, J. (2010). análisis de fallas geológicas y riesgo sísmico en la zona noroeste de lima mediante imágenes de satélite. (*Tesis de Titulación*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Sáenz Tenorio, L. E. (2016). *COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE TABIQUES*. PUCP.
- Villegas, J. O. (2014). Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector morro solar bajo, ciudad de Jaén - Cajamarca. (*Tesis de Titulación*). Universidad Nacional de Cajarmaca, Jaén.
- Yépez, F., Barbat, A., & Canas, J. (1995). *Riesgo, Peligrosidad y Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Mampostería*. Barcelona: CIMNE IS-12.

ANEXOS