

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA
CONFINADA DEL SECTOR MONTEGRANDE, JAÉN**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
NIXON VEGA HURTADO**

**ASESOR:
Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**

**JAÉN – CAJAMARCA – PERÚ
2024**

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** NIXON VEGA HURTADO
DNI: 73987113
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Miguel Angel Mosqueira Moreno
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL SECTOR
MONTEGRANDE, JAÉN
- Fecha de evaluación:** 13/03/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19%
- Código Documento:** oid: 3117:339577090
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 13/03/2024

| | |
|--|--|
|  <hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Miguel Angel Mosqueira Moreno DNI: 26733060</p> |  <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 13/03/2024 22:14:54-0500</p> <hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p> |
|--|--|

COPYRIGHT © 2024 by
NIXON VEGA HURTADO
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

La tesis se la dedico a Dios por ofrecerme la vida y salud para poder terminar con mi carrera profesional, a mis padres por darme su ayuda económica además de emocional durante el proceso para alcanzar mis metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco infinitamente a DIOS por brindarme siempre las fuerzas y sabiduría para poder lograr la culminación de mi carrera profesional.

A mis padres por apoyarme siempre, al igual que mis familiares por contribuir con su apoyo incondicional con sus enseñanzas y valores brindados durante todo mi desarrollo personal.

A mis hermanos por ser mi motivación y un ejemplo para seguir siempre adelante y lograr mis metas.

A mis amigos quienes estuvieron presentes con sus consejos para motivarme y seguir adelante durante la etapa universitaria.

A mi asesor Doc. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno por su disposición a guiarme durante la elaboración de mi tesis.

A la universidad nacional de Cajamarca por acogerme en sus salones y crecer como profesional.

También quiero agradecer a los propietarios de las viviendas quienes me dieron las facilidades de realizar las encuestas para el desarrollo de este estudio.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE GENERAL | v |
| INDICÉ DE TABLAS | viii |
| INDICÉ DE FIGURAS..... | ix |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 13 |
| 1.2. Formulación de problema | 15 |
| 1.3. Hipótesis | 15 |
| 1.4. Justificación | 15 |
| 1.5. Alcances y delimitación de la investigación..... | 16 |
| 1.6. Limitaciones | 16 |
| 1.7. Objetivos..... | 16 |
| 1.7.1. Objetivo general..... | 16 |
| 1.7.2. Objetivos específicos | 17 |
| 1.8. Descripción del contenido de los capítulos | 17 |
| 1.8.1. Capítulo I. Introducción | 17 |
| 1.8.2. Capítulo II. Marco teórico..... | 17 |
| 1.8.3. Capítulo III. Materiales y métodos | 17 |
| 1.8.4. Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados | 17 |
| 1.8.5. Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones..... | 18 |
| 1.8.6. Bibliografía | 18 |

| | |
|---|----|
| 1.8.7. Apéndice | 18 |
| 1.8.8. Anexos | 18 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 2.1. Antecedentes..... | 19 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales..... | 19 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 20 |
| 2.1.3. Antecedentes locales..... | 22 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 22 |
| 2.2.1. Sismicidad..... | 22 |
| 2.2.2. Vulnerabilidad sísmica..... | 26 |
| 2.2.3. Peligro sísmico..... | 28 |
| 2.2.4. Riesgo sísmico | 30 |
| 2.2.5. Albañilería confinada..... | 31 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 34 |
| CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS | 36 |
| 3.1. Ubicación geográfica..... | 36 |
| 3.2. Tiempo en que se efectuó el estudio..... | 38 |
| 3.3. Población | 38 |
| 3.4. Muestra | 38 |
| 3.4.1. Cuadro de la muestra. | 40 |
| 3.5. Unidad de análisis..... | 41 |
| 3.6. Procedimiento | 41 |
| 3.7. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados | 42 |
| 3.7.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación..... | 42 |
| 3.7.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 43 |

| | |
|--|-----|
| 3.7.3. Presentación de resultados | 85 |
| CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 94 |
| 4.1. Análisis de resultados | 94 |
| 4.2. Discusión de resultados | 108 |
| 4.3. Contraste de la hipótesis | 111 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 112 |
| 5.1. Conclusiones..... | 112 |
| 5.2. Recomendaciones | 112 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 113 |
| APÉNDICE..... | 116 |
| Apéndice 1. Fotografías de las deficiencias encontradas durante la inspección a las viviendas del sector Montegrande | 116 |
| Apéndice 2. Cuadro de resumen de los antecedentes de las 32 viviendas estudiadas. | 125 |
| Apéndice 3. Cuadro de resumen de las deficiencias en la estructura de las viviendas estudiadas. | 126 |
| ANEXOS... .. | 127 |
| Anexo 1. Reporte de la estación acelerográfica UNI-CIP-SENSICO, 2020. | 127 |

INDICÉ DE TABLAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 1. | Zonificación sísmica para Jaén según Norma Técnica E.030..... | 25 |
| Tabla 2. | Matriz peligro y vulnerabilidad..... | 31 |
| Tabla 3. | Valores de nivel de confianza | 39 |
| Tabla 4. | Muestra de las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande | 40 |
| Tabla 5. | Factores de zona en Perú..... | 55 |
| Tabla 6. | Categorías de edificación y factor de uso (U)..... | 56 |
| Tabla 7. | Factor de suelo “S”. | 57 |
| Tabla 8. | Sistemas estructurales y coeficiente básicos de reducción (R_0)..... | 58 |
| Tabla 9. | Periodos “ T_P ” y “ T_L ”..... | 58 |
| Tabla 10. | Resistencia de la albañilería..... | 62 |
| Tabla 11. | Coeficiente C_0 | 65 |
| Tabla 12. | Valores de C_1 | 67 |
| Tabla 13. | Valor de coeficiente de momentos “m”. | 68 |
| Tabla 14. | Determinación de densidad de muros por eje. | 71 |
| Tabla 15. | Asignación de parámetros de vulnerabilidad. | 73 |
| Tabla 16. | Rango numérico para valoración de vulnerabilidad sísmica. | 73 |
| Tabla 17. | Combinación de parámetros para valorar vulnerabilidad sísmica. | 74 |
| Tabla 18. | Asignación de valores a los parámetros de peligro sísmico..... | 76 |
| Tabla 19. | Rangos numéricos para la determinación del peligro sísmico. | 76 |
| Tabla 20. | Combinaciones de parámetros para evaluar el peligro sísmico. | 77 |
| Tabla 21. | Calificación de riesgo sísmico | 78 |
| Tabla 22. | Dirección técnica que recibieron en su diseño las viviendas del sector Montegrande | 85 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 23. Dirección técnica que recibió en su construcción las viviendas del sector Montegrande | 85 |
| Tabla 24. Número de pisos de viviendas estudiadas..... | 86 |
| Tabla 25. Resultado de las deficiencias en la estructura de las viviendas del sector Montegrande | 88 |
| Tabla 26. Síntesis de resultados conseguidos para cada vivienda del sector Montegrande.. | 89 |
| Tabla 27. Viviendas con vulnerabilidad sísmica alta, media y baja del sector Montegrande | 90 |
| Tabla 28. Viviendas con densidad de muros adecuada, aceptable e inadecuada del sector Montegrande. | 90 |
| Tabla 29. Viviendas con buena, regular y mala calidad de MO y materiales del sector Montegrande | 91 |
| Tabla 30. Estabilidad muros al volteo de viviendas del sector Montegrande..... | 91 |
| Tabla 31. Viviendas con peligro sísmico bajo, medio además de alto del sector Montegrande | 92 |
| Tabla 32. Viviendas asentadas sobre suelo flexible, intermedio y rígido del sector Montegrande | 92 |
| Tabla 33. Viviendas asentadas sobre pendiente plana, media además de pronunciada del sector Montegrande..... | 93 |
| Tabla 34. Riesgo sísmico en las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande | 93 |
| Tabla 35. Tipo se dirección técnica en diseño según antigüedad de viviendas | 94 |
| Tabla 36. Calificación de la vulnerabilidad sísmica conformr a estudios efectuados. | 109 |
| Tabla 37. Calificación de peligro sísmico conforme a estudios efectuados | 110 |
| Tabla 38. Calificación del riesgo sísmico conforme a estudios efectuados | 110 |

INDICÉ DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | Cinturón del fuego del pacifico y las principales placas tectónicas..... | 23 |
| Figura 2. | Mapa de zonas sísmicas del Perú..... | 24 |
| Figura 3. | Mapa sísmico del Perú. | 29 |
| Figura 4. | Albañilería confinada. | 32 |
| Figura 5. | Circunstancias de muro portante de albañilería confinada. | 34 |
| Figura 6. | Ubicación geográfica de la región Cajamarca, provincia y distrito de Jaén. | 36 |
| Figura 7. | Plano de ubicación del sector montegrando | 37 |
| Figura 8. | Ejemplo de la ficha de encuesta aplicada a la muestra V-10; pag. (1) | 50 |
| Figura 9. | Ejemplo de la ficha de encuesta aplicada a la muestra V-10; pag. (2) | 51 |
| Figura 10. | Ejemplo de la ficha de encuesta aplicada a la muestra V-10; pag. (3) | 52 |
| Figura 11. | Medrado cargas del primer piso de vivienda 10. | 60 |
| Figura 12. | Medrado de cargas del segundo piso de la casa 10 y peso final | 61 |
| Figura 13. | Momento resistente M_r en un muro de albañilería. | 70 |
| Figura 14. | Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (1)..... | 80 |
| Figura 15. | Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (2)..... | 81 |
| Figura 16. | Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (3)..... | 82 |
| Figura 17. | Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (4)..... | 83 |
| Figura 18. | Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (5)..... | 84 |
| Figura 19. | Numero de pisos planeados a construir en las viviendas estudiadas | 86 |
| Figura 20. | Antigüedad de viviendas de albañilería confinada del sector Montegrando..... | 87 |

RESUMEN

En Perú, las edificaciones de albañilería confinada son uno de los principales tipos de construcciones utilizados, sin embargo, debido a la actividad sísmica recurrente en la ciudad de Jaén surge la inquietud de conocer el riesgo sismo en las viviendas, por lo tanto el objetivo de la investigación es determinar el nivel de riesgo sísmico que presentan las viviendas construidas mediante el sistema de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén, el cual fue evaluado en base a la vulnerabilidad y el peligro sísmico; luego para determinar la vulnerabilidad se analizó la densidad de muros, la calidad de la mano de obra y materiales, así como la estabilidad de muros al volteo de cada vivienda objeto de estudio. Asimismo, para diagnosticar el peligro sísmico se utilizaron datos del tipo de suelo, la topografía y pendiente del emplazamiento de las edificaciones en análisis, al igual que la sismicidad de la zona. De modo que para recopilar los datos se aplicó una ficha de encuesta en donde se recogió información de las características técnicas, así como los errores arquitectónicos, estructurales y constructivas de cada vivienda. Seguidamente la información fue procesada en fichas de reporte para establecer el riesgo sísmico de las viviendas, finalmente los resultados muestran que el 56.25% de las viviendas presentan una alta vulnerabilidad, el 93.75% tiene un peligro sísmico medio, y el 56.25% de las viviendas en Montegrande tienen un riesgo sísmico alto. Llegando a la conclusión que nivel de riesgo sísmico que presentan las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén es alto.

Palabras claves: Riesgo sísmico, vulnerabilidad sísmica, peligro sísmico, viviendas de albañilería confinada, sector Montegrande.

ABSTRACT

In Peru, confined masonry buildings are one of the main types of constructions used, however, due to the recurrent seismic activity in the city of Jaén, the concern arises to know the seismic risk in homes, therefore the objective of the research is to determine the level of seismic risk presented by houses built using the confined masonry system in the Montegrande sector of the city of Jaén, which was evaluated based on vulnerability and seismic hazard; Then, to determine the vulnerability, the density of the walls, the quality of the workmanship and materials, as well as the stability of the walls were analyzed when turning over of each house under study. Likewise, data on the type of soil, topography and slope of the site of the buildings under analysis, as well as the seismicity of the area, were used to diagnose the seismic hazard. Therefore, to collect the data, a survey form was applied in which information was collected on the technical characteristics, as well as the architectural, structural and construction errors of each house. The information was then processed into report sheets to establish the seismic risk of the homes, finally the results show that 56.25% of the homes have a high vulnerability, 93.75% have a medium seismic hazard, and 56.25% of the homes in Montegrande have a high seismic risk. Reaching the conclusion that the level of seismic risk presented by the confined masonry houses in the Montegrande sector of the city of Jaén is high.

Key words: Seismic risk, seismic vulnerability, seismic hazard, confined masonry dwellings, Montegrande sector.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Según el informe del Instituto Geofísico del Perú IGP (2024), durante el año 2023 se detectaron 764 temblores en territorio peruano, lo que indica que el país se sitúa en una región de alto riesgo sísmico debido a su posición en el llamado "Cinturón de Fuego del Pacífico", entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. Esta ubicación ha dado lugar a numerosos terremotos de gran intensidad, debido al fenómeno de subducción que ocurre en esta zona. Estos terremotos han afectado principalmente la parte occidental del país. Sin embargo, existen fallas geológicas locales que generan terremotos en áreas específicas, tanto a nivel local como regional, como el ocurrido el 26 de mayo del año 2019 en Lagunas - Loreto. Aunque estos terremotos tienen menor magnitud, su proximidad a la superficie terrestre los hace igualmente destructivos en caso de manifestarse cerca de áreas urbanas (Sempertegui, 2021).

Además, a lo largo de la historia se ha demostrado que el problema principal no radica en la frecuencia de los terremotos, sino en las malas prácticas constructivas, tal como lo indica el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011; p.79), el terremoto de Pisco en 2007 demostró que los daños estructurales no fueron solo consecuencia directa del movimiento sísmico, sino también de prácticas constructivas deficientes, como el diseño inapropiado, la edificación sobre suelos inestables y la ausencia de métodos de construcción adecuados. Los derrumbes registrados tras dicho sismo se atribuyeron mayormente a la falta de orientación técnica especializada en el proceso de edificación, evidenciando las repercusiones de una práctica comúnmente extendida en el país: la autoconstrucción (Franje y Yabuta, 2020).

Por otro lado, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), el crecimiento anual promedio de viviendas construidas en Perú usando materiales como el ladrillo y cemento es del 3,7%. Esto demuestra que la albañilería sigue siendo uno de los métodos de construcción más tradicionales en el país, especialmente en el norte. Sin embargo,

la falta de estándares de calidad, la prevalencia de la autoconstrucción y la falta de conocimiento técnico de quienes construyen o son responsables de las edificaciones estructuradas mediante dicho sistema genera que exista un riesgo latente de colapso estructural en este tipo de edificaciones, debido a la alta actividad sísmica en el país (Avilés, 2022).

Según Esteban y Córdova (2020), los eventos sísmicos más recientes han evidenciado fallos significativos en las estructuras de albañilería confinada, atribuidos en gran medida a la informalidad en los procesos constructivos, a pesar de la existencia de directrices nacionales para la construcción y el diseño estructural. Un claro ejemplo de estas deficiencias se observó en el devastador sismo que sacudió a la provincia de Pisco el 15 de agosto de 2007, con una intensidad de 7.9 Mw. Este evento causó la pérdida de 519 vidas y dejó a 42 personas desaparecidas, de acuerdo con cifras proporcionadas por el INEI. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009) reportó que el impacto en las estructuras de albañilería confinada fue considerable, con 3330 edificaciones derrumbadas, 5751 declaradas inhabitables y 15067 afectadas con daños menores.

Dentro de ese contexto, la provincia de Jaén, está situada en un área con notable actividad sísmica y no escapa a la vulnerabilidad ante terremotos. Según la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), esta región se cataloga dentro de un grado de sismicidad intermedio ($Z=2$), evidenciando aceleraciones sísmicas estimadas en 0.25g. Complementando esta información, observaciones recientes de la estación acelerográfica gestionada por la Universidad Nacional de Jaén (ver ANEXO 1), han registrado actividad sísmica de magnitud moderada, lo que subraya la necesidad de atención y preparación frente a posibles eventos sísmicos.

Además, el máximo representante de la Cámara Peruana de Construcción (Capeco) ha advertido que, en diversas regiones del país, aproximadamente el 75% de las edificaciones se

levantan sin seguir los cauces formales (Diario digital Vigilante, 2023). Jaén no se desmarca de esta realidad, siendo el sector de Montegrande un claro ejemplo de esta tendencia. Aquí, muchas viviendas se han edificadas usando albañilería confinada, una opción favorecida por su accesibilidad económica. Sin embargo, a pesar de la existencia de reglamentaciones específicas para la construcción en áreas susceptibles a sismos, es palpable que numerosas construcciones no alcanzan los estándares mínimos necesarios para soportar terremotos. La razón principal es la elección de los propietarios por utilizar materiales locales como ladrillos artesanales, omitiendo la consultoría técnica esencial que garantiza la calidad y seguridad del proceso constructivo. Esto conlleva a deficiencias estructurales significativas, incrementando la vulnerabilidad de estas edificaciones ante eventos sísmicos.

1.2. Formulación de problema

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén?

1.3. Hipótesis

El nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén es alto.

1.4. Justificación

Las viviendas de albañilería confinada son ampliamente utilizadas en muchas regiones del mundo, incluyendo el Perú, debido a su bajo costo y facilidad de construcción; sin embargo, si estas estructuras no están diseñadas o construidas correctamente, pueden ser especialmente vulnerables a los movimientos sísmicos, lo que pone en riesgo la vida de las personas que habitan en estas viviendas, además Jaén es una ciudad situada en una zona sísmica, donde la ocurrencia de eventos sísmicos es una realidad latente. Por lo tanto, la evaluación del riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande de la ciudad de Jaén permite identificar qué tan propensas pueden ser a sufrir daños o colapsos en caso de un

terremoto. Además, los resultados de esta investigación pueden ser utilizados como referencia para implementar políticas de prevención y mitigación del riesgo sísmico, así como para informar a los residentes sobre las medidas que deben tomar para protegerse y reducir los posibles daños en caso de un terremoto.

1.5. Alcances y delimitación de la investigación

- El estudio está enfocado específicamente en el sector Montegrande, ubicado en la ciudad de Jaén.
- La investigación se basa en determinar el riesgo sísmico al que están expuestas una muestra de 32 determinado mediante un muestro aleatorio simple de una población de 130 viviendas, construidas mediante el sistema de albañilería confinada, considerando aspectos como la vulnerabilidad de las estructuras y la exposición al peligro sísmico.
- La delimitación primordial es que este estudio solo se efectuó para viviendas de albañilería confinada de uno y dos pisos.

1.6. Limitaciones

- No se efectuó Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) a la zona de investigación para determinar el tipo de suelo.
- No se realizaron ensayos a los materiales componentes de las edificaciones para determinar su calidad.
- No se consideró el comportamiento de las estructuras frente a eventos sísmicos.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar el nivel de riesgo sísmico que presentan las viviendas construidas mediante el sistema de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén.

1.7.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el nivel de peligro sísmico al que se encuentran expuestas las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrando de la ciudad de Jaén.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica que existe en las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrando.
- Identificar los errores constructivos y estructurales más comunes que existe en las viviendas, que lo hace vulnerables ante un evento sísmico raro.

1.8. Descripción del contenido de los capítulos

La tesis se divide en 5 capítulos, además de referencias bibliográficas, apéndice y anexos, organizados de la siguiente manera:

1.8.1. *Capítulo I. Introducción*

En este capítulo se aborda el planteamiento y formulación del problema, se establece la hipótesis, se justifica la investigación, se define el alcance y la delimitación del estudio, se enumeran las limitaciones, se presentan los objetivos y se describe el contenido de los capítulos.

1.8.2. *Capítulo II. Marco teórico*

Aquí se describe estudios previos al tema planteado, tanto internacionales, nacionales y locales, también se expone las bases teóricas y se describe términos básicos.

1.8.3. *Capítulo III. Materiales y métodos*

En este capítulo se describe la metodología utilizada en la investigación, incluyendo la localización, población y muestra de estudio, el procedimiento seguido en la tesis, el tratamiento y análisis de los datos, así como los resultados obtenidos de manera detallada.

1.8.4. *Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados*

Aquí se analiza los resultados obtenidos, se efectúa la discusión con estudios previos asimismo se hace la contrastación de hipótesis.

1.8.5. Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

Se describen las conclusiones a las que se llegó en la investigación de acuerdo a los objetivos planteados, además de las recomendaciones que se cree pertinentes.

1.8.6. Bibliografía

Se muestra las referencias bibliográficas consultadas para el desarrollo de la investigación.

1.8.7. Apéndice

Se muestra las fotografías de las deficiencias constructivas y estructurales encontradas durante la inspección a las viviendas del sector Montegrande, así como también las tablas de resumen de hallazgos en cuanto a antecedentes y deficiencias en la estructura de las viviendas.

1.8.8. Anexos

En este apartado se muestra el anexo del reporte de la estación acelerográfica UNI-CIP-SENSICO, 2020.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Bermeo y Hualpa (2021) llevaron a cabo una investigación sobre la "Evaluación del riesgo sísmico del sector 15 de septiembre ubicado en la planicie aluvial del río Manta, ciudad de Manta". En su investigación, efectuaron un análisis de amenaza sísmica y la vulnerabilidad de las construcciones típicas de la zona. Los autores de la investigación lo organizaron en dos fases principales: la primera se centró en evaluar la amenaza sísmica mediante el uso de la zonificación geotécnica, que consideró aspectos como la geología local, la geomorfología, la caracterización del suelo, el análisis de cómo el suelo responde a las vibraciones y la microzonificación, con un interés particular en el peligro de que el suelo se licue durante un sismo. La segunda etapa examinó la vulnerabilidad de las edificaciones ante la licuación del suelo, analizando cómo este fenómeno podría afectar la estabilidad de las estructuras, con un enfoque en los daños potenciales a los pisos debido a desplazamientos horizontales. Los hallazgos iniciales revelaron los suelos de la llanura de inundación del río Manta, caracterizados por su baja velocidad en la transmisión de ondas de corte, son especialmente susceptibles a amplificar las vibraciones sísmicas y a la licuación. Durante la evaluación de la vulnerabilidad, se identificó un incremento en el riesgo de daños estructurales en zonas próximas al antiguo cauce del río, disminuyendo conforme se aleja hacia las periferias. Se determinó que el impacto del daño en las estructuras depende significativamente de la altura de los edificios y sus dimensiones, lo que afecta directamente el período de vibración y la aceleración inicial experimentada durante un sismo.

Cisneros (2020) emprendió una investigación con el propósito de evaluar la peligrosidad sísmica en la ciudad de Tabacundo. En este estudio, se abordaron variables específicas como estimación de vulnerabilidad estructural, el riesgo sísmico latente además de

los factores socioeconómicos. La estrategia metodológica fue exploratoria, basándose en una extensiva recopilación y análisis de datos obtenidos de fuentes bibliográficas, junto con la ejecución de diversas pruebas de campo, tales como la refracción sísmica, la determinación del periodo fundamental tanto del suelo como de las estructuras y la aplicación de los criterios establecidos por FEMA P-154. El propósito principal de la investigación se centró en la evaluación del peligro sísmico para edificaciones que incorporan estructuras de marcos con paneles de relleno de mampostería en Tabacundo, mediante pruebas en sitio e inspecciones visuales detalladas. Se buscó además establecer estrategias para el refuerzo de las mamposterías en un modelo de construcción específico, mejorando así su capacidad para resistir sismos. Los resultados mostraron que aproximadamente el 70% de las construcciones evaluadas mantenían una rigidez consistente en ambos ejes horizontales, identificándose un 30% con discrepancias significativas que sugerían la presencia de falencias estructurales. Se estimó que para el año 2020, la población del cantón Pedro Moncayo sería de unos 43,281 habitantes, con cerca de 20,794 personas en Tabacundo potencialmente afectadas por las repercusiones de un evento sísmico.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Salazar (2018), evaluó la vulnerabilidad sísmica de construcciones de albañilería confinada en 30 hogares del distrito de Jesús, Cajamarca. Utilizando la metodología seguida por Mosqueira y Tarque en 2005 en su tesis "*Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana*", se encontró que, dentro del grupo de casas construidas sin seguimiento formal, 14 tenían una alta vulnerabilidad ante sismos, 9 tenían una vulnerabilidad moderada y 7 se caracterizaban por tener una vulnerabilidad baja. Este estudio destacó que una causa significativa de la mencionada vulnerabilidad era la deficiente densidad de los muros, lo que se asocia directamente con la informalidad de los métodos de construcción utilizados. Adicionalmente, al analizar la calidad

de estas viviendas, se determinó que un 13% presentaban una buena calidad constructiva, un 54% tenía una calidad regular y un 33% se consideró de mala calidad.

García (2022) realizó una evaluación sobre el "Riesgo sísmico de viviendas autoconstruidas en barrio de Yanama del distrito de Huancayo", con el objetivo de evaluar el riesgo sísmico asociado a estas estructuras. Factores como la sismicidad local, condiciones del suelo y la geografía del lugar fueron claves para evaluar el riesgo. Este análisis buscó vincular la autoconstrucción con la propensión sísmica, hallando que un 60% de las viviendas presentan un riesgo sísmico moderado y un 40% un riesgo elevado. Entre los principales problemas identificados estuvieron columnas demasiado cortas (55%), estructuras metálicas descubiertas y corroídas (85%), y defectos críticos como fisuras amplias (90%). Además, se observó una calidad constructiva apenas regular en el 85% de las viviendas, falta de planificación (65% sin planos) y una escasa supervisión profesional en el 65% de los casos.

Montenegro (2022) realizó una investigación con el fin de establecer el "Riesgo sísmico en viviendas de albañilería en el sector el Milagro-Moyobamba", utilizando como herramienta de evaluación la matriz de vulnerabilidad y riesgo desarrollada por INDECI. Este estudio se enfocó en evaluar la vulnerabilidad de las estructuras siguiendo los criterios establecidos por INDECI, así como en calcular la probabilidad de riesgo sísmico mediante el uso de técnicas probabilísticas, específicamente a través del algoritmo R-CRISIS. Los resultados del estudio indicaron que el 72.1% de las casas analizadas presentaba un riesgo sísmico de nivel de riesgo sísmico intermedio, un 16.5% enfrenta un alto riesgo y un 11.34% un riesgo muy alto. A partir de estos resultados, Montenegro dedujo que, en el evento de un terremoto de gran magnitud, aproximadamente el 27.84% de las casas estudiadas correría un riesgo considerable de sufrir daños estructurales graves, lo que podría llevar a la pérdida de vidas.

2.1.3. Antecedentes locales

Ramos (2020) llevó a cabo una evaluación de vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada ubicadas en sector Pueblo Libre de ciudad de Jaén, empleando el método de Benedetti Petrini. En sus hallazgos, determinó que 67.36% de casas presenta una vulnerabilidad baja, 31.34% media y 1.49% alta. Asimismo, pudo constatar que la mayoría de casas se encuentran en buen estado, pero muchas también exhiben deficiencias como una densidad de muros insuficiente, carencia de arriostramiento a muros y, sobre todo, fallos en la construcción debido al escaso conocimiento técnico además de la ausencia de asesoramiento oportuno por parte de un profesional.

Pérez y Oblitas (2020) evaluaron el riesgo sísmico edificaciones de albañilería confinada en el sector El Huito de la ciudad de Jaén, utilizando un análisis sísmico. Sus conclusiones indicaron que, ante la eventualidad de un suceso sísmico de magnitud considerable, las construcciones experimentarían daños estructurales significativos, ya que un 60% de ellas presenta una vulnerabilidad alta, mientras que solo un 40% muestra una vulnerabilidad baja. Además, debido a la ubicación geográfica de la zona, las viviendas estarían expuestas a un peligro sísmico medio. Tras verificar tanto vulnerabilidad como el peligro sísmico, determinaron que el riesgo sísmico para casas en ese sector sería de un nivel alto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sismicidad

2.2.1.1. Sismicidad global.

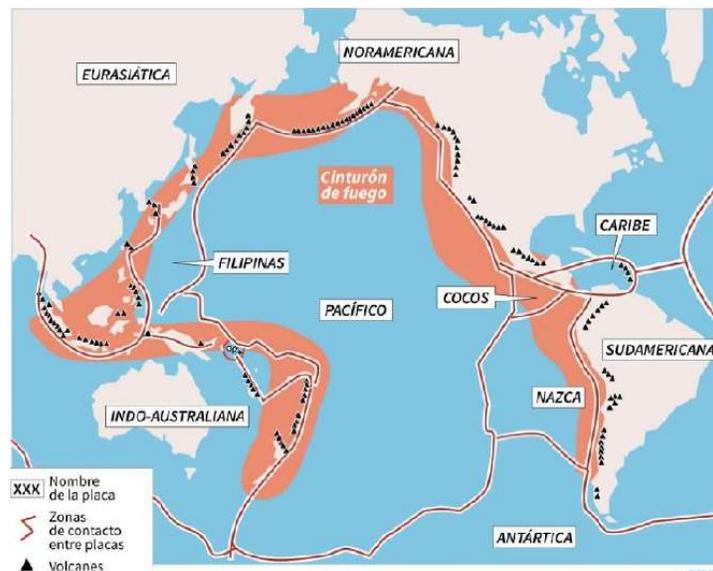
La Tierra está formada por seis placas continentales y catorce subcontinentales. Estas placas tectónicas se desplazan constantemente y a veces chocan entre sí. Esto explica por qué se han formado hábitats naturales distintos y por qué existen cordilleras montañosas. Cuando estas placas entran en contacto, la colisión entre ellas es lo que provoca movimientos sísmicos en la superficie del planeta. Los terremotos de distinta magnitud se deben a la liberación de

energía acumulada durante largos periodos de tiempo, como años, décadas o incluso siglos, cuando se separan o chocan (Cosinga, 2019).

Las principales áreas sísmicas globales son: el Cinturón de Fuego del Pacífico, que origina más del 80% de la energía sísmica mundial y rodea el Océano Pacífico; el Cinturón Alpino-Himalayo, que atraviesa desde el Himalaya hasta el Mediterráneo; y un cinturón en el centro del Atlántico, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2020).

Figura 1

Cinturón del fuego del pacifico y las principales placas tectónicas



Fuente: Informe técnico N° 004-2020/IGP

2.2.1.2. Sismicidad en Perú.

En Perú, la actividad sísmica se origina por la interacción y el desplazamiento relativo entre las placas de Nazca y Sudamérica, así como por los cambios continentales que resultan de este proceso. Esta área experimenta una notable convergencia tectónica, con la placa de Nazca deslizándose y hundiéndose bajo la placa Sudamericana a un ritmo de 7 a 8 cm anuales (Tavera y cuya, 2017).

Según Tavera (citado en Cosinga, 2019), destaca que en Perú se distinguen tres principales orígenes de actividad sísmica. Primero, la interacción entre las placas de Nazca y

Sudamérica es responsable de los terremotos más intensos y destructivos, los cuales pueden superar magnitudes de 8,0 (Mw). En segundo lugar, los movimientos en la corteza continental provocan sismos de magnitud media, alcanzando hasta Mw=6.5. Finalmente, las alteraciones internas a profundidades mayores a 100 km pueden generar terremotos con magnitudes de hasta Mw=7.0, con el potencial de inducir fenómenos de licuefacción en el suelo.

Según la información proporcionada por el MVCS (2018), Perú se divide en cuatro zonas, tomando en cuenta el patrón de actividad sísmica observada. A estas zonas se les asigna un valor denominado coeficiente "Z", que representa la máxima aceleración horizontal que se puede esperar en suelo firme.

Figura 2

Mapa de zonas sísmicas del Perú



Fuente: MVCS, 2018.

2.2.1.3. Sismicidad en Jaén.

Las regiones de Jaén, Bagua y Chachapoyas se encuentran en una situación de riesgo debido a la influencia de dos sistemas sismo-tectónicos. El primero de estos sistemas se extiende desde la Cordillera del Cóndor hasta Jaén. Además, el terremoto que se produjo el 2 de abril de 1997 en Magdalena Bagua, ubicado en el departamento de Amazonas, evidenció la significativa actividad geodinámica presente en la zona de Jaén. (INDECI, 2005, Pág. 80)

La ciudad de Jaén se asienta sobre la fase la deformación mezoterciaria, y dentro de esta unidad de deformación los movimientos sísmicos son de moderados a altos, por lo que las intensidades que podrían registrarse en suelo duro o roca serán de hasta VII (M.M) (INDECI, 2005, Pág. 81).

Según INDECI (2005), uno de los terremotos registrados en Jaén es el que ocurrió el 14 de mayo de 1928, destruyendo todas las viviendas de adobe, casa municipal, iglesia y desviando el cauce del río Amoju. Además, en los últimos años se ha venido registrando sismos de intensidades moderadas, registrado por la estación acelerográfica UNJ.

Según el MVCS (2018); la ciudad de Jaén se ubica la zona sísmica 2.

Tabla 1

Zonificación sísmica para Jaén según Norma Técnica E.030

| REGIÓN | PROVINCIA | DISTRITO | ÁREA SÍSMICA | ÁMBITO |
|------------|-----------|-------------------|--------------|----------------|
| CAJAMARCA | JAÉN | BELLAVISTA | 2 | OCHO DISTRITOS |
| | | CHONTALI | | |
| | | COLASAY | | |
| | | HUABAL | | |
| | | JAÉN | | |
| | | LAS PIRIAS | | |
| | | SAN JOSÉ DEL ALTO | | |
| | | SANTA ROSA | 3 | TRES DISTRITOS |
| | | POMAHUACA | | |
| | | PUCARA | | |
| SALLIQUE | | | | |
| SAN FELIPE | | | | |

Fuente: MVCS, 2018.

2.2.2. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica se refiere al grado de daño que una edificación puede sufrir durante un terremoto específico. La experiencia que se ha obtenido de eventos sísmicos anteriores nos muestra que las estructuras del mismo tipo y ubicadas en la misma zona pueden ser afectadas de manera diferente, algunas sufriendo más daño que otras. Esto se debe a que algunas estructuras tienen una calidad de construcción diferente a otras (Sempertegui, 2021).

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED (2017) señala que la vulnerabilidad está determinada por tres elementos. El primer concepto es la exposición, que es la medición e identificación de los elementos expuestos en los lugares donde un peligro puede tener un impacto. La exposición es el resultado de una inadecuada relación con el medio ambiente, la cual puede ser causada por estrategias de desarrollo económico insostenibles, incremento poblacional no planificado, migración caótica y/o urbanización sin un adecuado ordenamiento territorial. Una mayor exposición conduce a una mayor vulnerabilidad.

El segundo concepto es la fragilidad, que describe las circunstancias desfavorables o la vulnerabilidad comparativa de las personas y sus medios de subsistencia frente al peligro. El grado de vulnerabilidad aumenta con la fragilidad (CENEPRED, 2017).

El concepto de resiliencia se relaciona con la habilidad de individuos, familias, comunidades, y organizaciones tanto públicas como privadas para soportar, adaptarse y recuperarse de los impactos adversos de un desastre, al tiempo que mejoran su capacidad de enfrentar catástrofes futuras. La estructura organizativa y el tejido social al que pertenece una población juegan un papel crucial en el desarrollo de esta capacidad. Por lo tanto, se observa que a medida que aumenta la resiliencia, se reduce la vulnerabilidad ante posibles amenazas (CENEPRED, 2017).

2.2.2.1. Tipos de vulnerabilidad sísmica en edificaciones.

- a) **Vulnerabilidad estructural:** Hace referencia a los daños provocados en los componentes principales de un edificio debido a las fuerzas sísmicas, así como a otras cargas presentes en la estructura. Estos elementos clave, como columnas, vigas, losas de concreto y muros de carga, son fundamentales para mantener la estabilidad del edificio, distribuyendo las fuerzas desde la superestructura hacia la fundación y finalmente al suelo. Esto incluye el manejo de cargas debidas tanto al propio peso del edificio como a las generadas por terremotos. La capacidad de un edificio para resistir terremotos depende en gran medida de la calidad de los materiales empleados, las especificaciones de los componentes estructurales, su disposición y las cargas a las que están sometidos, como lo señalan Ramos y Rodríguez (2019). Estos factores determinan cómo se comportará estructuralmente un edificio y el grado de daño que podría experimentar en caso de un terremoto (Cosinga, 2019).
- b) **Vulnerabilidad no estructural:** Se refiere a la propensión de una edificación a experimentar daños durante un sismo, que no afectan directamente a su capacidad portante, pero pueden comprometer su funcionalidad. Elementos como divisiones interiores, ventanas, puertas, sistemas de ventilación, conexiones eléctricas y equipos son ejemplos de componentes no estructurales susceptibles a daños. En muchos casos, las estructuras construidas según los estándares sísmicos más recientes, resistirían bien un terremoto en términos de su desempeño estructural, pero puede sufrir daños no estructurales importantes que dejan sin funcionamiento a la edificación. En conclusión, no solamente es suficiente que las edificaciones tengan una buena respuesta ante un sismo, sino que se mantenga su funcionamiento posterior al sismo (Ramos y Rodríguez, 2019)

2.2.3. Peligro sísmico

El peligro sísmico se caracteriza por la posibilidad de que se produzca un sismo de considerable intensidad en una región determinada, con el potencial de provocar impactos adversos en la población, el medio ambiente y las construcciones existentes (INDECI, 2006).

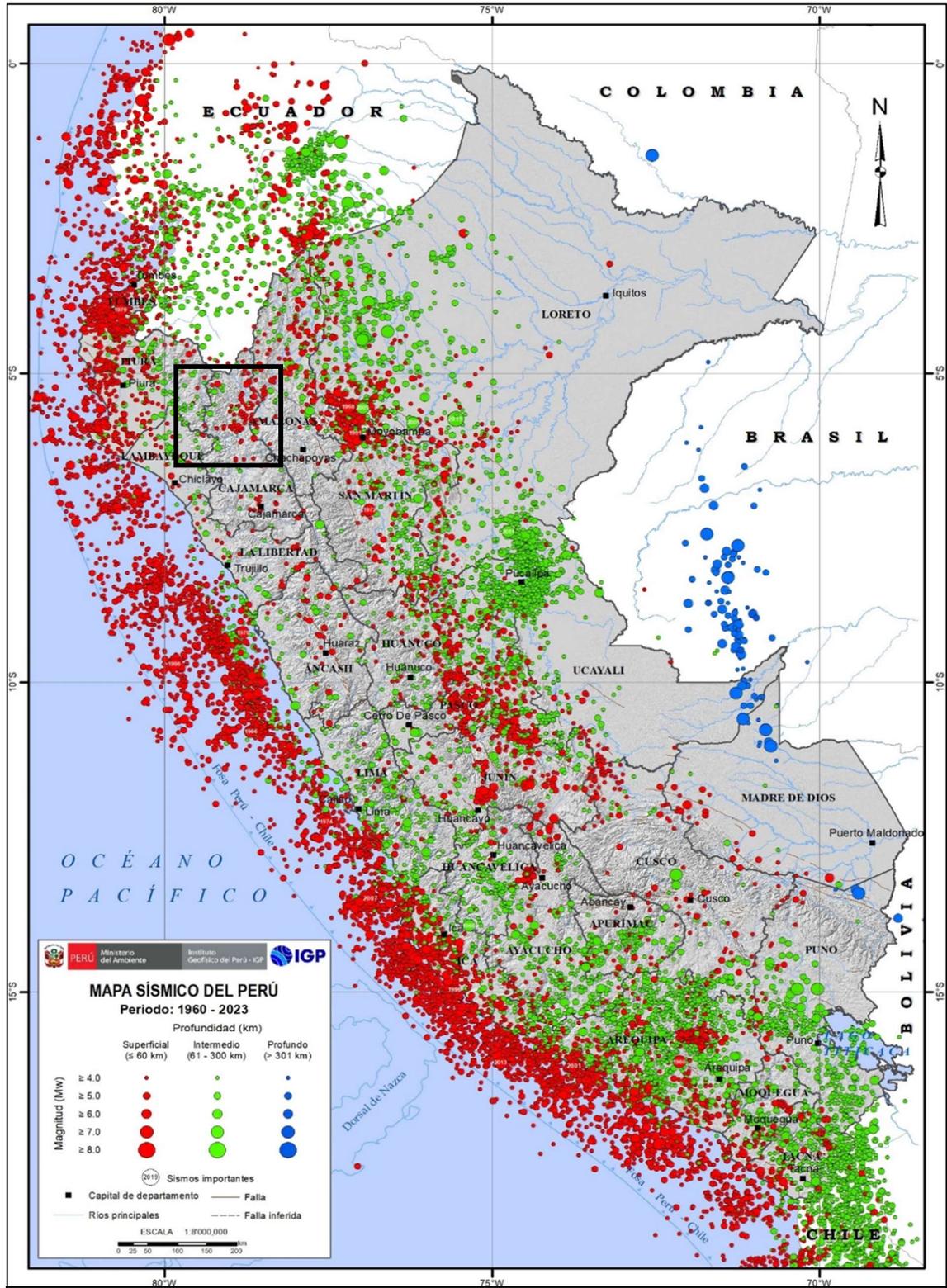
Este peligro se asocia directamente con la potencial intensidad de un sismo en una región determinada. Factores como la ubicación geográfica y las características del suelo son cruciales para evaluar este riesgo, el cual se mide típicamente por la máxima intensidad que puede alcanzar un temblor, reflejada en términos de aceleración del suelo (Farje y Yabuta, 2020).

No hay un solo centro urbano en Perú que no haya experimentado un terremoto de diferente intensidad en el pasado, como lo demuestra el mapa de sismicidad de la Figura 3, que incluye datos de terremotos ocurridos entre 1960 y 2023 (IGP, 2024).

Debido a la alta actividad sísmica de Perú, no pasará mucho tiempo antes de que se produzca otro terremoto de magnitud significativa, esta vez con un epicentro diferente en algún lugar de nuestro país y un foco a una profundidad diferente (IGP, 2024).

Figura 3

Mapa sísmico del Perú.



Nota: La figura muestra los sismos del Perú de 1960 a 2023 donde los puntos más grandes son áreas donde ha sucedido los sismos de mayor magnitud. **Fuente:** (IGP, 2024). Disponible: <https://ultimosismo.igp.gob.pe/mapas-sismicos>

2.2.4. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico se define como la combinación del peligro en una zona específica, la vulnerabilidad de las construcciones presentes en esa área, y la exposición de elementos como la población, las instalaciones y la infraestructura a los efectos de un terremoto. Se considera que el riesgo sísmico es el nivel de daño que una estructura podría experimentar en caso de un terremoto, basándose en las características estructurales de la construcción y la severidad de la amenaza sísmica (Farje y Yabuta, 2020).

El riesgo sísmico se expresa generalmente como: $\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{vulnerabilidad}$. Cuando se quiere estimar el riesgo en una zona específica, la densidad de población se considera en la fórmula, de la siguiente manera: $\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{exposición} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{costo}$. Este enfoque permite evaluar el riesgo sísmico considerando tanto el número de personas potencialmente afectadas como el impacto económico asociado (Cosinga, 2019).

INDECI (2006), nos dice que existe diferentes criterio y métodos para determinar el riesgo sísmico, por una parte, el matemático o analítico y por el otro lado el descriptivo.

Los criterios analíticos o matemáticos se basan principalmente en la ejecución de correspondiente de la ecuación: (INDECI 2006).

$$R = P \times V \dots (\text{Ecuacion 1})$$

La fórmula para el cálculo del riesgo incluye peligro (P), vulnerabilidad (V) y riesgo (R), expresadas como probabilidades (INDECI 2006).

La metodología descriptiva utiliza una matriz bidimensional, por lo que es necesario realizar una evaluación preliminar de niveles de posibilidad (expresados en porcentajes) de la ocurrencia del peligro detectado, junto con un estudio de vulnerabilidad. La magnitud del riesgo sísmico se obtiene al calcular la intersección de estos dos valores (INDECI 2006).

Tabla 2

Matriz peligro y vulnerabilidad.

| VULNERABILIDAD PELIGRO | Baja | Media | Alta | Muy alta |
|---|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Muy alto | Riesgo alto | Riesgo alto | Riesgo muy alto | Riesgo muy alto |
| Alto | Riesgo medio | Riesgo medio | Riesgo alto | Riesgo muy alto |
| Medio | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo medio | Riesgo alto |
| Bajo | Riesgo bajo | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |

Fuente: INDECI, 2006.

2.2.5. Albañilería confinada

Debido a los terremotos que devastaron muchos edificios del país en la década de 1940, la construcción con mampostería confinada empezó a ganar popularidad en Perú. Numerosas instituciones empezaron a estudiar este planteamiento tras enfrentarse a esta circunstancia. Los primeros experimentos con materiales tuvieron lugar en los años 70, sentando las bases para las primeras normativas peruanas sobre albañilería, derivadas de estos estudios. En Perú, al igual que en otros países de Latinoamérica, se prefiere este método constructivo por ser económicamente accesible (Cosinga, 2019).

Este tipo de sistema constructivo se distingue por utilizar albañilería combinada con refuerzos de concreto armado perimetralmente; primero se levantan los muros de mampostería, después se vierte hormigón sobre elementos verticales (Columnas) y, por último, se vacía el concreto para las vigas y los techos. La base de concreto actúa como un refuerzo horizontal en la base de los muros de la planta baja, proporcionando un confinamiento a esta altura. Un refuerzo horizontal de concreto se aplica en la base de los muros del nivel inferior, ofreciendo un confinamiento a esa altura y asegurando que los muros del piso inicial queden confinados horizontalmente por esta base de concreto. La unión efectiva entre el concreto y la mampostería se logra vertiendo los componentes de concreto una vez que la estructura de mampostería esté

completa, para garantizar la adherencia óptima entre ambos materiales (San Bartolomé et. al, 2018).

En la **Figura 4** se muestra el desarrollo de la secuencia en la edificación de albañilería confinada.

Figura 4

Albañilería confinada.



Fuente: San Bartolomé et. al, 2018.

En cualquier sistema de construcción, es esencial respetar la secuencia constructiva ya que cada elemento desempeña un papel fundamental. Las columnas y vigas de concreto armado son críticas por su ductilidad, es decir, su capacidad para soportar deformaciones significativas sin fallo, lo que a su vez permite que los muros de albañilería, según el diseño, asuman o no cargas adicionales. Los muros que no son de carga están diseñados exclusivamente para resistir cargas laterales, sin soportar peso vertical. Por otro lado, los muros portantes son vitales para la integridad estructural del edificio, ya que resisten diversas fuerzas aplicadas en su plano, incluidas las laterales, verticales y puntuales. Por lo tanto, es crucial incluir una cantidad adecuada de estos muros, tanto perpendiculares como paralelos a la fachada, para optimizar la resistencia sísmica de la construcción (San Bartolomé et. al, 2018).

La interacción entre la columna estructural vertical y el muro de albañilería puede configurarse de manera dentada o al mismo nivel. Para la opción dentada, es importante que la

proyección de cualquier unidad no supere los 5 cm, asegurándose además de remover cualquier residuo de mortero antes de proceder al vaciado de concreto en la columna de confinamiento. Por otro lado, en una unión al mismo nivel, es necesario emplear elementos de anclaje, como varillas de acero de 6 mm de diámetro, conocidas como chicotes o mechas. Estas varillas deben penetrar al menos 40 cm dentro del muro y extenderse 12.5 cm dentro de la columna, formando un ángulo de 90° en su extremo con una longitud de doblado de 10 cm. La proporción de acero recomendada para esta técnica es de 0.001 (Normativa Técnica E.070 “Albañilería” del MVCS, 2006a).

Asegurar la estabilidad y la larga vida útil de los edificios de mampostería requiere el llenado completo de las juntas, tanto verticales como horizontales, con mortero entre los bloques de construcción. Es crucial mantener el grosor de estas juntas en un rango óptimo, no menor de 10 mm y sin sobrepasar los 15 mm (MVCS, 2006a).

Se considera un muro portante de albañilería confinada, los que cumplan las siguientes condiciones según la Norma técnica E.070:

- a) Los muros deben estar encerrados por concreto armado con columnas verticales y vigas horizontales, usando la base como confinamiento horizontal en la planta baja.
- b) El espacio entre las columnas de confinamiento no debe ser mayor al doble de la separación entre refuerzos horizontales, ni sobrepasar los 5 metros. Cumpliendo esto, y aplicando el espesor mínimo de las ecuaciones 2 y 3, no es obligatorio diseñar la albañilería para resistir fuerzas sísmicas laterales, salvo que haya excentricidad en la carga vertical (Ver apartado 10 de Norma técnica E.070).
- c) Espesor efectivo “t”: el mínimo espesor efectivo será:

$$t \geq \frac{h}{20}; \text{ Para zonas sísmicas 2 y 3 ... (Ecuación 2)}$$

$$t \geq \frac{h}{25}; \text{ Para zona sísmica 1 ... (Ecuación 3)}$$

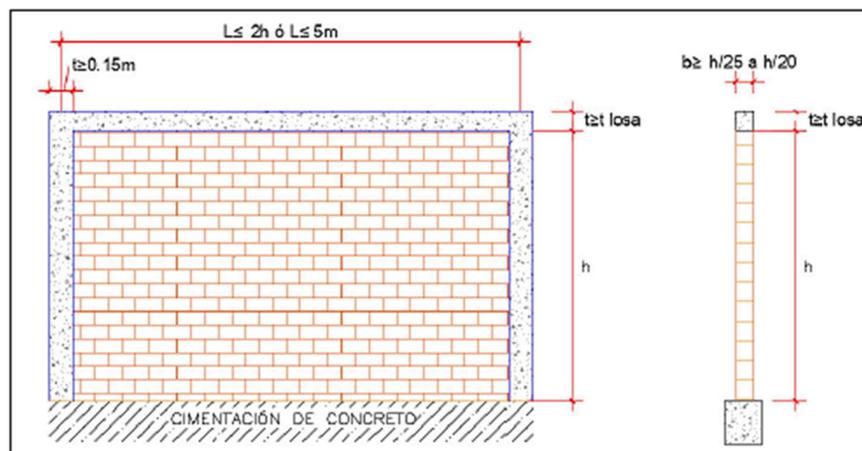
En el cual “h” es altura libre entre elementos de arriostre horizontales o altura efectiva de pandeo.

- d) Los componentes de confinamiento deben estar completamente integrados en la construcción.
- e) El concreto utilizado en los elementos de confinamiento debe tener una resistencia mínima especificada de 175 kg/cm².

Adicionalmente, se requiere que el espesor mínimo de las columnas y la losa sea equivalente al espesor efectivo del muro. Además, la altura mínima de la viga de la losa debe coincidir con el espesor de la losa del techo (Silva, 2017).

Figura 5

Circunstancias de muro portante de albañilería confinada.



Fuente: Silva, 2017.

2.3. Definición de términos básicos

a) Sismo

Movimientos o vibraciones en la superficie terrestre son el resultado de ondas sísmicas generadas por la descarga súbita de energía elástica almacenada en la corteza terrestre y el manto superior (Cosinga, 2019).

b) Sismicidad

La sismicidad es la cantidad de veces que ocurren eventos sísmicos en un área determinada, teniendo en cuenta la frecuencia como la intensidad de la energía liberada (Cosinga, 2019).

c) Albañilería

Este material estructural se compone de "unidades de albañilería" que se colocan usando mortero o mediante un método de apilamiento, en el cual se integra concreto líquido para su consolidación (MCVS, 2006a).

d) Albañilería confinada

Albañilería reforzada con concreto armado que envuelve completamente y se instala tras construir la albañilería (MCVS, 2006a).

e) Riesgo sísmico

El riesgo sísmico evalúa los posibles daños futuros en estructuras debido a sismos a lo largo del tiempo (INDECI, 2006).

f) Peligro sísmico

La amenaza sísmica indica la chance de experimentar un terremoto de intensidad específica en una región y tiempo dados (INDECI 2006).

g) Vulnerabilidad sísmica

Se refiere al nivel de deterioro experimentado por una construcción como consecuencia de un sismo con atributos específicos (INDECI, 2006).

h) Densidad de muros

La proporción de muros se determina al contrastar la superficie total de los muros con la superficie del piso de un nivel particular dentro de una estructura edificada (Becerra, 2015).

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica.

El estudio se llevó a cabo en Montegrando, ubicado al sureste de Jaén, perteneciente al distrito y provincia con el mismo nombre en la región Cajamarca, norte de Perú. Las coordenadas específicas son 5°42'53" latitud sur y 78°47'46" longitud oeste, a una elevación de 725 metros sobre el nivel del mar.

Figura 6

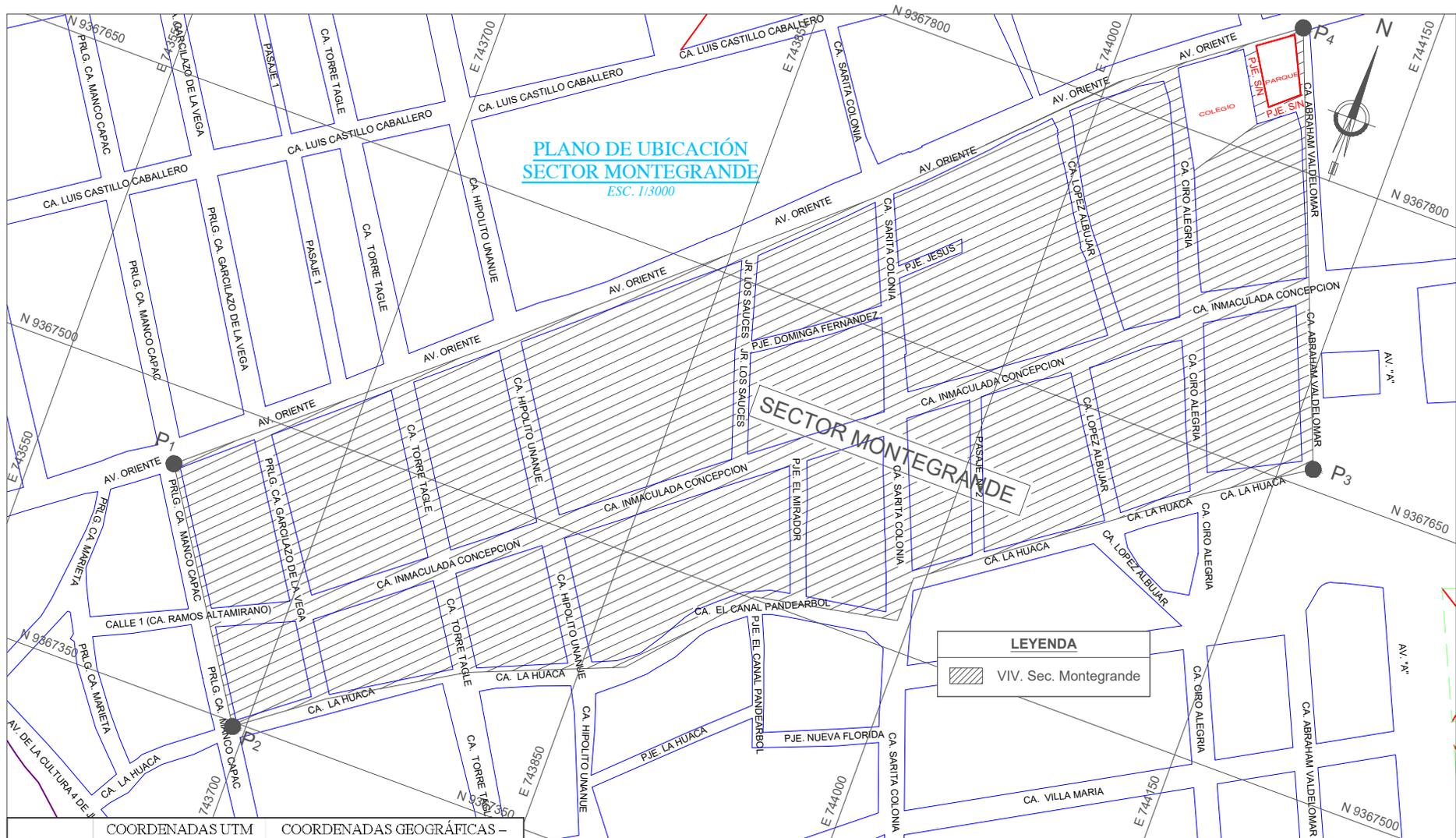
Ubicación geográfica de la región Cajamarca, provincia y distrito de Jaén.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7

Plano de ubicación del sector Montegrande



| VÉRTICES | COORDENADAS UTM WGS-84 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS - Zona 17 | | |
|----------|------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|-------------|
| | NORTE | ESTE | LONGITUD | LATITUD | ALITUD |
| P1 | 9367468.39 | 743615.94 | 78° 48' 01" | 5° 43' 06" | 730 m.s.n.m |
| P2 | 9367350.54 | 743690.48 | 78° 47' 58" | 5° 43' 09" | 739 m.s.n.m |
| P3 | 9367664.89 | 744179.4 | 78° 47' 43" | 5° 42' 59" | 737 m.s.n.m |
| P4 | 9367870.22 | 744080.45 | 78° 47' 45" | 5° 42' 59" | 724 m.s.n.m |

TESIS

"RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL SECTOR MONTEGRANDE, JAÉN"

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN DEL SECTOR MONTEGRANDE

ASESOR: DOC.Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

TESISTA: BACH. NIXON VEGA HURTADO

FECHA: FEBRERO 2024

ESCALA: 1/3000

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

LAMINA: **PU-01**

1 DE 1

3.2. Tiempo en que se efectuó el estudio

El estudio se desarrolló entre enero y marzo de 2023, período durante el cual se realizaron encuestas en las viviendas seleccionadas del sector Montegrande en Jaén.

3.3. Población

Este estudio se enfoca en viviendas de uno y dos niveles construidas con albañilería confinada, situadas en el sector Montegrande, al sureste de Jaén, y delimitadas por Avenida Oriente, Prolongación Manco Cápac, La Huaca y Abraham Valdelomar.

Se efectuó un recuento directo en el lugar para determinar la cantidad precisa de casas construidas con albañilería confinada de uno y dos pisos, así pues, se llegó a determinar que la número de viviendas con las características descritas, asciende a una cantidad de 130, esta cuantía de viviendas son las que conforman la población estudiada.

3.4. Muestra

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó mediante un enfoque de muestreo aleatorio simple, asegurando así que cada unidad (en este caso, viviendas) tuviera la misma oportunidad de ser elegida para formar parte del estudio.

Para determinar el tamaño de la muestra, se empleó una fórmula diseñada específicamente para tal fin:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{E^2(N - 1) + z^2 * p * q} \dots (Ecuacion 4)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra.

N = Tamaño de población.

p = Posibilidad de que ocurra el evento analizado (éxito).

q = (1-P) Posibilidad de que no ocurra el evento analizado (fracaso).

E = Error muestral

Z = Nivel de confianza.

Fuente. (Santos, 2019).

El procedimiento matemático se detalla a continuación:

- **Población (N):** 130 viviendas de albañilería confinada de uno y dos niveles.
- **Probabilidad de ocurrencia (p):** Tomando como referencia la investigación de Silva (2017) quien determino que para la urbanización las almendras de la ciudad de Jaén, el riesgo sísmico alto es de 56%, entonces asumimos que $P=0.56$.
- **Probabilidad de fracaso (q):** La probabilidad de no hallar un riesgo sísmico alto es de 44%; por lo tanto, como $q=1-p$, el valor de q es $q=0.44$.
- **Nivel de confianza (Z):** se tomó un nivel de confianza del 95%, entonces $Z=1.96$

Tabla 3

Valores de nivel de confianza

| % confianza | Nivel confianza |
|-------------|-----------------|
| 99 | 2.58 |
| 97.5 | 2.24 |
| 95 | 1.96 |
| 92 | 1.75 |
| 90 | 1.64 |
| 85 | 1.43 |
| 80 | 1.28 |

Fuente: Elaboración propia

- **Error muestral (E):** Para esta investigación se estima conveniente tomar un error del 15%, entonces $E=0.15$.

Remplazando los valores en la *ecuación 4*

$$n = \frac{1.96^2 * 0.56 * 0.44 * 130}{0.15^2(130 - 1) + 1.96^2 * 0.56 * 0.44}$$

$$n = 32$$

Por lo que, para el estudio la muestra está constituida de 32 viviendas.

3.4.1. Cuadro de la muestra.

Tabla 4

Muestra de las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande

| N° de Vivienda | Dirección | Propietario | N° de pisos |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| V – 1 | Ca. Torre Tagle N° 1015 | Fam. Calderón Cubas | 2 |
| V – 2 | Ca. Torre Tagle N° 1160 | Fam. García Navarro | 1 |
| V – 3 | Ca. Hipólito Unanue C-10 S/N | Fam. Santos Becerra | 1 |
| V – 4 | Ca. Hipólito Unanue N° 970 | Fam. Cervera Asenjo | 2 |
| V – 5 | Jr. Los sauces C-1 S/N | Fam. Díaz Gonzales | 1 |
| V – 6 | Ca. Inmaculada Concepción N° 868 | Fam. Leonardo Neyra | 2 |
| V – 7 | Ca. Inmaculada Concepción N° 780 | Fam. Leyva Heredia | 1 |
| V – 8 | Ca. Ciro Alegría N° 122 | Perpetua Rodríguez Tenorio | 2 |
| V – 9 | Ca. La Huaca N° 426 | Fam. Villanueva Guevara | 2 |
| V – 10 | Ca. López Albújar N° 107 | Arcila Hernández | 2 |
| V – 11 | Ca. López Albújar N° 159 | Fam. Tejada Torres | 2 |
| V – 12 | Ca. Inmaculada Concepción N° 207 | Fam. Jiménez Alberca | 1 |
| V – 13 | Prol. Manco Cápac N° 1313 | Fam. Sánchez Berrios | 2 |
| V – 14 | Psj. Dominga Fernández Hoyos S/N | Fam. Julcamoro Muños | 1 |
| V – 15 | Ca. Inmaculada Concepción N° 516 | Fam. Tarrillo Bravo | 1 |
| V – 16 | Ca. Inmaculada Concepción N° 501 | Fam. Tarrillo Díaz | 1 |
| V – 17 | Ca. Abrahán Valdelomar N° 111 | Fam. Díaz Julón | 1 |
| V – 18 | Ca. La Huaca S/N | Fam. Díaz Noriega | 1 |
| V – 19 | Ca. Ciro Alegría N° 101 | Isidro Requejo Silva | 1 |
| V – 20 | Ca. Ciro Alegría N° 117 | Wilson Villanueva Guevara | 1 |
| V - 21 | Ca. Sarita Colonia S/N | Fam. Carhuapoma Huamán | 1 |
| V – 22 | Psj. El mirador S/N | Fam. Pinedo Tapia | 1 |
| V – 23 | Av. Oriente N° 801 | Fam. Pérez Díaz | 1 |
| V – 24 | Psj. N° 2 S/N | Fam. Ramírez Guevara | 1 |
| V – 25 | Ca. Inmaculada Concepción N° 408 | Fam. Sánchez Vargas | 1 |
| V – 26 | Ca. Inmaculada Concepción N° 621 | Fam. Leonardo Heredia | 1 |
| V – 27 | Ca. Inmaculada Concepción N° 1020 | Fam. Cieza Heredia | 1 |
| V – 28 | Ca. La Huaca N° 401 | Viginio Ramírez Peña | 1 |
| V – 29 | Ca. Sarita Colonia N° 286 | Luz Tantarico Delgado | 1 |
| V – 30 | AV. Oriente N° 910 | Fam. Romero Ramon | 1 |
| V – 31 | Prol. Manco Cápac N° 1408 | Fam. Villavicencio Jara | 2 |
| V - 32 | Jr. Los sauces C-1 S/N | Fam. Peralta Carhuajulca | 2 |

3.5. Unidad de análisis

La investigación se enfocó en casas de uno y dos niveles construidas con mampostería reforzada, ubicadas en la zona de Montegrande en Jaén.

3.6. Procedimiento

El procedimiento seguido para realizar la investigación se describe a continuación.

1. Revisión bibliográfica.

En esta fase se recogió información bibliográfica de revistas científicas, manuales, además de normativas, libros, documentos y tesis que abordan la vulnerabilidad sísmica, así como el peligro y el riesgo asociados a edificaciones de mampostería reforzada y áreas temáticas afines. Un recurso clave para el estudio fue el trabajo de investigación realizado por Mosqueira y Tarque en el 2005.

2. Elaboración de fichas de encuesta y de reporte.

Para la creación de plantillas de encuestas y reportes se empleó Microsoft Excel. Las encuestas facilitaron la recopilación de información sobre la configuración, problemas estructurales y detalles constructivos de las casas de albañilería. Los datos obtenidos mediante estas encuestas se organizaron en los reportes, que a su vez funcionaron como una herramienta automatizada para evaluar el riesgo sísmico de las viviendas.

3. Aplicación de ficha de encuesta.

La recopilación de información fue efectuada en los meses de enero hasta marzo de 2023. Con las viviendas contabilizadas que conforman nuestra población, procedimos a obtener la muestra en la cantidad descrita en el numeral **3.4** a través de un sorteo; se aplicó la encuesta a viviendas de albañilería confinada de 1 y 2 niveles que fueron seleccionadas (Ver **Tabla 4**). El rellenado de encuesta, así como el croquis fueron llenados a mano, para ello se necesitó la ayuda de una persona para medir elementos no estructurales y estructurales de las viviendas. El trabajo realizado en esta etapa fue hacer

preguntas a los propietarios descritas en la ficha de encuesta, hacer anotaciones a partir de la visualización directa de la vivienda y medir los elementos que lo componen.

4. Procesamiento de datos.

El relleno de fichas de reporte se realizó una vez terminado proceso de las encuestas. En las fichas de reporte se sintetizaron y clasificaron defectos estructurales, arquitectónicos y de construcción de cada vivienda que ha sido inspeccionada. También se efectuó un análisis sísmico simplificado para establecer la vulnerabilidad sísmica de cada vivienda. Para determinar el nivel del peligro sísmico se tomó en cuenta la sismicidad de la zona, la topografía y el tipo de suelo donde se encuentra construida la vivienda. La estimación del riesgo sísmico se produjo de forma automática en cada ficha de reporte, luego de establecer los niveles tanto de vulnerabilidad como de peligro sísmico de cada edificación estudiada.

3.7. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

3.7.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación

a) Tipo de investigación.

El tipo de investigación que se usó es de tipo aplicada y de corte transversal

b) Nivel de investigación.

La investigación se sitúa en un nivel descriptivo, ya que examina y analiza la realidad para poner de relieve una situación tal y como se presenta. En este caso, el ámbito de actuación del investigador se limitó a analizar, evaluar y esbozar aspectos específicos de la cuestión planteada.

c) Diseño de la investigación.

El diseño que tiene el análisis es:

No experimental: De corte transversal.

- Se trata de un enfoque no experimental, ya que se inicia desde el marco teórico y se mantiene en él. Se lleva a cabo la observación y recopilación de información sin modificar ni alterar datos, evitando la necesidad de llevar muestras a laboratorio o realizar ensayos.
- De corte transversal debido a que el análisis se generó en un instante dado, en otras palabras, un lapso de tiempo (por única vez se recopiló información).

d) Tipificación de la investigación

- **Propósito:** Aplicada
- **Estrategia o enfoque teórico metodológico:** Mixta (Cualitativa y cuantitativa)
- **Objetivo:** Descriptiva
- **Fuente de información:** Primario
- **Diseño prueba de hipótesis:** No experimental
- **Temporalidad:** Transversal (Sincrónica)

3.7.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La metodología de este estudio incluyó un examen exhaustivo de la situación actual de las casas seleccionadas, elaborando planos precisos para comprender su diseño arquitectónico y estructura. Se llevó a cabo una inspección visual para determinar el estado de los muros de mampostería y los elementos de concreto reforzado. Asimismo, se procedió a clasificar los tipos de suelo conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030, considerando las variaciones en la inclinación del terreno. Además, se realizaron entrevistas con los propietarios de las viviendas con el fin de recopilar detalles adicionales que pudieran enriquecer la investigación. La información recogida se sistematizó y analizó usando un formato de reporte, que condensó y expuso los hallazgos pertinentes a cada hogar examinado.

Los instrumentos utilizados en este estudio incluyeron una encuesta y un formato de reporte, ambos basados en el documento “*Recomendaciones técnicas para mejorar la*

seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana”. A continuación, se detalla el contenido y se ilustra el diseño de estos instrumentos de investigación.

3.7.2.1. Ficha de encuesta.

La información de las casas examinadas se recolectó a través de un documento denominado fichas de encuesta, dividido en tres secciones esenciales: la primera página recoge información preliminar y detalles técnicos importantes; la segunda página presenta un diagrama de la propiedad analizada junto con una descripción de los problemas detectados; y la tercera página incluye imágenes representativas de las casas estudiadas.

1) Antecedentes.

a) Vivienda N°.

El número correlativo de la vivienda que se encuestó.

b) Fecha encuesta.

El día, mes además de año que se efectuó la encuesta.

c) Cantidad de personas de la vivienda.

Cantidad de individuos que residen en la vivienda encuestada.

d) Familia.

Apellidos de la familia que se halla en la vivienda encuestada.

e) Dirección.

Dirección de vivienda, clase y denominación de vía: avenida, calle, pasaje, jirón.

f) ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por qué?

Si algún experto de la rama, administró asesoría de elaboración de la casa.

g) Fecha de inicio y termino de la construcción.

Lapso de construcción de la vivienda encuestada.

h) Tiempo de residencia de la familia.

Para poseer conocimiento si habito en la casa mientras lo elaboran o posterior de haber sido concluida.

i) Pisos existentes y pisos proyectados.

Para poseer conocimiento cuantos pisos más se extendería la casa.

j) Secuencia constructiva.

Se realizo por partes o lo efectuaron la totalidad al mismo tiempo.

k) Monto aproximado de construcción.

Se toma nota de la valoración estimada que costo la construcción, este es brindado por dueño y/o usuario de casa.

2) Datos técnicos.

a) Tipo de suelo: Rígido, intermedios o flexibles.

Se identifica la categorización de clase de suelo que sostiene la vivienda, dividiéndolos en categorías de suelos rígidos, intermedios y flexibles. En caso de ser necesario, se incluye información adicional sobre componentes específicos detectados, como arcillas, gravas, limos, entre otros.

b) Características principales de los principales elementos de la vivienda.

- **Cimentación:** Se solicita información referente a las medidas y profundidades de los cimientos, utilizando la información proporcionada por el propietario de la vivienda, y se incluyen detalles sobre los materiales usados en la construcción.
- **Muros:** Se recaban datos sobre las medidas de los componentes de albañilería empleados, como ladrillos macizos o panderetas, entre otros. Adicionalmente, se recoge información sobre el grosor de las juntas entre estos elementos y el grosor total de los muros.

- **Techo:** Se describe el uso de un diafragma rígido, como losas aligeradas o loza maciza, y se indica su altura. En caso de otros materiales, se menciona el tipo y las dimensiones.
- **Columnas y vigas:** Se registran las medidas seccionales de varios componentes, y si se han usado diferentes materiales, se detalla su tipo y medidas.

c) Observaciones y comentarios.

Durante la evaluación de las viviendas, se identifican y documentan anomalías o aspectos notables. Esto incluye la evaluación del estado de los componentes estructurales, identificación de daños como grietas o fisuras en muros atribuibles a movimientos sísmicos, y la integridad estructural entre los diferentes niveles de la construcción. Se observan también características relacionadas con la construcción y materiales, como la presencia de eflorescencia salina, inconsistencias en el tamaño de los bloques de albañilería, deficiencias en las columnas, y corrosión del acero. Se presta especial atención a cualquier detalle no previsto en el formulario de encuesta que pueda influir en la vulnerabilidad sísmica del inmueble. Adicionalmente, se consideran otros aspectos que podrían comprometer la capacidad de la estructura para resistir terremotos.

3) Esquema de la casa.

En esta sección del cuestionario se presenta el plano en planta y elevación de la vivienda objeto de la encuesta. Estos planos se elaboran a partir del esquema realizado durante la visita. Asimismo, de exhibir la disposición de espacios, se incluyen dimensiones de elementos estructurales. También se integran detalles

como la extensión del terreno, las dimensiones de los vanos y otras descripciones consideradas pertinentes.

4) Problemas de las viviendas.

Se detectan y categorizan los defectos primordiales que podrían afectar la vulnerabilidad de las viviendas, siguiendo los ítems correspondientes:

a) Problemas de ubicación.

Son propios de zona en el cual se localiza la casa y pueden ser:

- Vivienda con pendiente pronunciada.
- Vivienda sobre relleno natural
- Vivienda con nivel freático superficial.
- Vivienda en quebrada.
- Otros.

b) Materiales deficientes.

La revisión abarcó la evaluación de los materiales utilizados en las construcciones, poniendo particular atención en los ladrillos de arcilla. Se determinó el origen de los ladrillos, distinguiendo entre aquellos producidos artesanalmente y los manufacturados industrialmente, con una tendencia a que los primeros presentaran una calidad inferior, diferencias en sus medidas y una mayor facilidad para ser marcados con un objeto punzante como un clavo. Asimismo, se destacó la irregularidad en el color de algunos ladrillos, lo cual se asocia a técnicas de cocción que no cumplen con los niveles óptimos de calidad.

- Ladrillos artesanales.
- Otros.

c) Problemas de estructuración.

Los principales problemas de configuración son:

- Columna corta.
- Losas no monolíticas.
- Losa de techo a desnivel con vecino.
- Cercos no aislados de la estructura.
- Tabiquería no arriostrada.
- Insuficiencia de junta sísmica.
- Muros portantes de ladrillos pandereta.
- Unión muro y techo.
- Reducción en planta.
- Juntas frías.
- Otros.

d) Factores degradantes.

Son los primordiales elementos degradantes en viviendas:

- Armaduras corroídas.
- Armaduras expuestas.
- Muros agrietados.
- Humedad en muros.
- Eflorescencia.
- Entre otros.

e) Mano de obra

Se evalúa la calidad del trabajo realizado clasificando la ejecución tanto en concreto armado como en albañilería, con categorías que incluyen buena, regular, mala y muy mala.

- La calidad se determina por albañilería con juntas de 1 a 1.5 cm, elementos alineados y con concreto bien elaborado.

- Calidad regular: albañilería con juntas de 2 a 3 cm, elementos menos alineados y deficiencias en el concreto.
- Mala calidad si hay juntas de albañilería mayores a 3 cm, elementos desalineados, cangrejas y segregación en el concreto.
- La muy mala calidad corresponde a casas con juntas no uniformes, segregación en los elementos de concreto, elementos muy desalineados y cangrejas en todos los elementos de concreto.

5) Fotografías.

En la tercera página del formulario de encuesta, se presentará una serie de imágenes. La inicial mostrará el frente del hogar, mientras que las siguientes ilustrarán los problemas más significativos observados en las residencias evaluadas.

3.7.2.1.1. Ficha de encuesta desarrollada.

Se detalla el modelo de ficha de encuesta en las **Figuras 8, 9 y 10**, aplicada a la muestra **V-10**, que se utilizó para recoger la información.

Figura 8

Ejemplo de la ficha de encuesta aplicada a la muestra V-10; pag. (1)

| RIESGO SISMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBANILERIA CONFINADA DEL SECTOR MONTEGRANDE DE LA CIUDAD DE JAÉN | | | | | | | |
|--|---|--------------------------|---|--------------------------------------|---|---|--|
|  | | FICHA DE ENCUESTA | | | Vivienda N°: <u>10</u> | | |
| | | | | Fecha de encuesta: <u>24/01/2023</u> | Cantidad de personas de la vivienda: <u>7</u> | | |
| Familia: <u>ARCILA HERNANDEZ</u> | | | | | | | |
| Dirección: <u>LOPEZ ALBUJAN N° 10.7</u> | | | | | | | |
| ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, porque? <u>NO</u> | | | | | | | |
| <u>NO CONTADA CON RECURSOS</u> | | | | | | | |
| ¿Cuando inicio la construcción de la vivienda?: <u>2010</u> Cuando termino: <u>2011</u> | | | | | | | |
| Tiempo de residencia en la vivienda: <u>10 años</u> | | | | | | | |
| N° de pisos existentes: <u>2 PISOS</u> | | | Numero de pisos proyectados: <u>3 PISOS</u> | | | | |
| Secuencia constructiva de la vivienda | | | | | | | |
| Paredes limites () Sala comedor (1°) 1° Dormitorio (1°) 2° Dormitorio (1°) | | | | | | | |
| Cocina (1°) Baño (1°) Primero un cuarto () Toda la edificación a la vez () | | | | | | | |
| Inversión en la vivienda: <u>\$180,000.00</u> | | | | | | | |
| DATOS TÉCNICOS: | | | | | | | |
| Parámetros del suelo | | | | Observaciones | | | |
| Rígidos () | Intermedios (<input checked="" type="checkbox"/>) | Flexibles () | | | | | |
| Características de los principales elementos de la vivienda | | | | | | | |
| Elemento | Características | | | | | Observaciones | |
| Cimiento (m) | Cimiento corrido | | Zapatas | | | CIMENTACION A DESNIVEL | |
| | Profundidad | 1.00 m | Profundidad | 1.00 m | 1.00 m | | |
| | Ancho | 0.50 | Sección | 1.20x1.40 | 1.00x1.00 | | |
| Muros (m) | Ladrillo macizo | | Ladrillo pandereta | | Otro | Muros AGRIETADOS y de KR ANTESAMBI EL PRIMER PISO | |
| | Dimensiones | 22x11x7 | Dimensiones | 21x10x9 | Dimensiones | | |
| | Juntas | 3-5 cm | Juntas | 2-3 cm | Juntas | | |
| Techo (m) | Techo 1° piso | | Techo 2° piso | | Otro | | |
| | Tipo | ALJIBRAN | Tipo | | Tipo | | |
| | Peralte | 0.20 | Peralte | | Peralte | | |
| Columnas (m) | Concreto | | | | | PRESENTAN CANGREJERAS | |
| | Dimensiones | 0.25x0.25 | | | | | |
| Vigas (m) | Concreto | | | | | | |
| | Dimensiones | 0.45x0.25 | 0.20x0.25 | | | | |
| OBSERVACIONES Y COMENTARIOS | | | | | | | |
| <u>- TUBERIA DE LUZ ES ATORNILLADA EN VIGA</u> | | | | | | | |
| <u>- PUNTO DE LUZ EN VIGUETAS</u> | | | | | | | |
| <u>- ALERA EXPUESTA DE ESCALERA</u> | | | | | | | |
| <u>- MUROS NO CONTADOS Y MALA CALIDAD EN MATERIALES Y PLANO DE OBRA</u> | | | | | | | |

Figura 9

Ejemplo de la ficha de encuesta aplicada a la muestra V-10; pag. (2)

Esquema de la vivienda

Planta: Primera planta h= 3.20 Segunda planta h= 2.80

Datos de la estructura:

LOTE: 17 X 4

C₁: 0.25 X 0.25
M: CABEZA KK
S: SOGA KK
SP: SOGA PANDERETA
T: TECHO ALJERADO
/ : TECHO METÁLICO
↓ : SENT. DE ALJERADO

Elevación:

| Juntas sísmicas | |
|-----------------|---------|
| Izquierda | Derecha |
| | ○ |

Observación y comentarios: LA VIVIENDA SE CONSTRUYÓ SOBRE RELLENO, PERO EL TERRENO TIENE UNA PENDIENTE PRONUNCIADA, LOS MUROS DEL PRIMER PISO SON DE LADRILLO ARTESANAL KK, TODOS DE SOGA Y LOS DEL SEGUNDO PISO DE PANDERETA INDUSTRIAL ASIENTADOS TAMBIÉN DE SOGA

| Problemas de ubicación | Estructuración | Factores degradantes |
|--|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Vivienda sobre relleno natural <input type="checkbox"/> Vivienda en quebrada <input checked="" type="checkbox"/> Vivienda en pendiente pronunciada <input type="checkbox"/> Vivienda con nivel freático superficial Otros: | <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Losas no monolíticas <input type="checkbox"/> Insuficiencia de junta sísmica <input type="checkbox"/> Losa de techo a desnivel con vecino <input type="checkbox"/> Cercos no aislados de la estructura <input checked="" type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada <input checked="" type="checkbox"/> Reducción en planta <input checked="" type="checkbox"/> Muros portantes de ladrillo pandereta <input type="checkbox"/> Unión muro y techo <input type="checkbox"/> Juntas frías Otros: | <input checked="" type="checkbox"/> Armaduras expuestas <input checked="" type="checkbox"/> Armaduras corroídas <input type="checkbox"/> Eflorescencia <input checked="" type="checkbox"/> Húmedas en muros <input checked="" type="checkbox"/> Muros agrietados Otros: |
| Materiales deficientes | | Mano de obra |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ladrillos K.K artesanal Otros: | | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Buena |

Figura 10

Ejemplo de la ficha de encuesta aplicada a la muestra V-10; pag. (3)

| <u>Fotografías de las viviendas:</u> |  |
|---|--|
| Descripción 1. FOTO DE LA FACHADA DE LA VIVIENDA, PROPIEDAD DE ARCELA HERNÁNDEZ | |
| DIRECCION: LOPEZ ALBUJAR N° 107 | |
| Descripción 2. PRESENCIA DE HUMEDAD EN TECHO ALDEGRADO Y MURO, PRODUCTO DE LA FILTRACION DE INSTALACIONES SANITARIAS DEL SEGUNDO PISO |  |
| Descripción 3. SE APRECEA GANDEJERAS EN LAS COLUMINAS Y EXPOSICION DEL ACERO ADEMÁS PRESENCIA DE CORROSION |  |
| Descripción 4. PRESENCIA DE JUNTA FIRCA EN LA PARTE SUPERIOR DE LA COLUMNA Y FISURAS EN LA MISMA, PRODUCTO DE LA MALA CONSTRUCCION |  |

3.7.2.2. Ficha de reporte.

Las fichas de reporte, elaboradas en hojas de cálculo de MS Excel, tienen como propósito organizar, detallar y estructurar los datos arquitectónicos, constructivos y estructurales recabados de cada casa evaluada. Estos documentos abarcan un análisis detallado de la vulnerabilidad, así como del peligro y riesgo sísmicos de cada propiedad, extendiéndose a lo largo de 4 o 5 páginas por cada vivienda estudiada.

La estructura de las fichas de reporte comienza con una primera página que ofrece un resumen exhaustivo de la propiedad, incluyendo detalles técnicos y fallos estructurales identificados. La segunda página se dedica a realizar análisis críticos para la evaluación sísmica, tales como el cálculo de la densidad de muros necesaria en distintas orientaciones, tomando en cuenta la calidad del trabajo y los materiales empleados. Además, se analiza la resistencia de elementos como tabiques, cercos y parapetos frente al riesgo de volcamiento, determinando así la vulnerabilidad de la estructura. El análisis del peligro sísmico toma en cuenta la actividad sísmica local, así como las características del suelo y la configuración del terreno. La estimación del riesgo sísmico se basa en los niveles de vulnerabilidad y peligro identificados. La tercera página muestra fotografías de las anomalías encontradas y las páginas subsiguientes contienen planos arquitectónicos y de elevación, variando según el número de niveles de la vivienda.

1. Antecedentes.

Se sintetiza la información obtenida a través de la encuesta, abarcando detalles como la localización de la residencia, el tipo de asesoramiento en el proceso de diseño además de construcción, la cantidad de pisos actualmente construidos y los planificados, la antigüedad de la vivienda y la secuencia de la construcción.

Se detalla la topografía y tipo de suelo del terreno de la casa, junto con una descripción general del estado actual de la vivienda, sus defectos principales y su etapa de construcción.

2. Aspectos técnicos.

a) Elementos de vivienda.

Los materiales utilizados se describen detalladamente, junto con las dimensiones específicas de los componentes estructurales y de albañilería en la vivienda. Se incluyen elementos como el techo, muros, columnas, cimientos y vigas.

b) Deficiencias de estructura.

Se describen las principales deficiencias en viviendas, como ubicación inadecuada, problemas constructivos y estructurales, y baja calidad constructiva, que afectan su resistencia.

3. Análisis sísmico.

Silva (2017) resalta la importancia de comparar la densidad de muros con la mínima requerida para resistir sismos de hasta 0.25 g. Mosqueira y Tarque (2005) sugieren calcular el número óptimo de muros en el primer piso basándose en que la fuerza cortante por sismos infrecuentes respecto al área de los muros necesarios sea menor que la capacidad cortante de los muros existentes por su área efectiva.

$$\frac{V}{A_r} \leq \frac{\sum V_R}{A_e} \dots (\text{Ecuacion 5})$$

Donde:

- V= Fuerza cortante basal (kN) actuante.
- A_r = Área (m²) requerida de muros.
- A_e = Área (m²) existente de muros confinados
- V_R = Fuerza de corte resistente (kN) de muros.

La fuerza cortante basal V generada por sismos, según MVCS (2018); se expresa como.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} P \dots (\text{Ecuacion 6})$$

Donde:

- Z= Factor zona, corresponde a Jaén un valor de Z=0.25 (Ver **Figura 2**), por encontrarse en zona sísmica 2 (Ver **Tabla 5**).
- U= Factor de uso, para vivienda comunes es 1 (Ver **Tabla 6**).
- S= Factor de suelo. Depende de la localización de cada casa (Ver **Tabla 7**).
- C= Factor de amplificación sísmica = 2.5 (Ver explicación).
- R= Factor de reducción por ductilidad R=3 (Ver **Tabla 8**).
- P= Peso de estructura (kN).

El factor de zona se calcula según la región sísmica de la estructura, representando la máxima aceleración horizontal esperada en un terreno firme con un 10% de probabilidad de excederse en 50 años.

Tabla 5

Factores de zona en Perú.

| FACTOR DE ZONA "Z" | |
|--------------------|------|
| ZONA | Z |
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.15 |

Fuente: MVCS, 2018.

El factor de uso e importancia (U) se define conforme a la categoría de edificación establecido en la Norma Técnica E.030.

Tabla 6*Categorías de edificación y factor de uso (U).*

| CATEGORÍAS DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U” | | |
|---|--|-------------------|
| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FACTOR “U” |
| A Edificaciones esenciales | A1: Establecimientos del sector salud (Públicos y privados) del segundo o tercer nivel, según lo normado por el ministerio de salud | Ver nota 1 |
| | A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluye las siguientes edificaciones. <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y planta de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso pueda representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenan archivos e información esencial del estado. | 1.5 |
| B Edificaciones importantes | Edificaciones donde se reúne gran cantidad de personas tales como cines, teatros, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guarden patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considera depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento | 1.3 |
| C Edificaciones comunes | Edificaciones comunes tales como: vivienda, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarrea peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. | 1 |
| D Edificaciones temporales | Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares. | Ver nota 2 |

Fuente: MVCS, 2018.

Las clasificaciones de perfiles del suelo se determinan varios atributos mecánicos, incluidos el grosor de la capa, la duración de la oscilación fundamental y la rapidez en el desplazamiento de las ondas sísmicas. Según lo establecido en la Normativa Técnica E.030, se definen diferentes clases de perfiles de suelo:

Tabla 7

Factor de suelo “S”.

| FACTORES DE SUELO “S” | | | | |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Zona \ Suelo | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| Z ₄ | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.10 |
| Z ₃ | 0.80 | 1.00 | 1.15 | 1.20 |
| Z ₂ | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z ₁ | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

Fuente: MVCS, 2018.

Donde:

Para Z₂ los valores de S son:

- S₀ = Roca dura. S= 0.80
- S₁ = Suelo muy rígido. S= 1.00
- S₂ = Suelo intermedio. S= 1.20
- S₃ = Suelo blando. S= 1.40

El factor de disminución de carga sísmica (R₀) se determina según el tipo de materiales empleados y la configuración del diseño antisísmico de la estructura.

Tabla 8

Sistemas estructurales y coeficiente básicos de reducción (R₀).

| SISTEMAS ESTRUCTURALES | |
|--|---|
| SISTEMA ESTRUCTURAL | COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN (R ₀) |
| Acero: | |
| Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF) | 8 |
| Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF) | 5 |
| Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF) | 4 |
| Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF) | 7 |
| Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF) | 4 |
| Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF) | 8 |
| Concreto armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albañilería armada o confinada | 3 |
| Madera | 7 |

Fuente: MVCS, 2018.

Conforme a las características de lugar, se detalla el factor de amplificación sísmica (C) por las correspondientes expresiones.

$$T < T_P \quad ; \quad C = 2.5 \dots (\text{Ecuacion } 7)$$

$$T_P < T < T_L \quad ; \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right) \dots (\text{Ecuacion } 8)$$

$$T > T_L \quad ; \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right) \dots (\text{Ecuacion } 9)$$

Tabla 9

Periodos “T_P” y “T_L”.

| PERIODOS “T _P ” Y “T _L ” | | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 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: MVCS, 2018.

"T" se identifica como el tiempo fundamental de oscilación, indicando cómo se intensifica la aceleración de la estructura frente a la aceleración del suelo. Se puede estimar para cada orientación usando la fórmula adecuada.

$$T = \frac{h_n}{C_T} \dots (\text{Ecuacion 10})$$

Donde:

- h_n = Altura total de edificación (Altura media por piso de las viviendas encuestadas $h_n = 3.20$).
- $C_T = 60$; Para construcciones de albañilería y estructuras duales de concreto armado, muros estructurales y muros con ductilidad limitada. (MVCS, 2018).
- $T = \frac{3.20}{60} = 0.053$ seg; (Para viviendas de 1 piso)
- $T = \frac{6.40}{60} = 0.107$ seg; (Para viviendas de 2 pisos)

En los 2 casos (1 y 2 pisos) al comparar el valor de T con respecto a la **Tabla 9**, nos resulta que T es menor que T_p , por lo tanto, al verificar en las *Ecuaciones 7, 8 y 9* el valor de la amplificación nos da como resultado $C = 2.5$ para esta investigación.

Por otro lado, para calcular el peso (P) de la estructura, se ha realizado la medición del peso de cada componente de la edificación, tales como losa aligerada, vigas, columnas y muros incluyendo la carga viva reducida en un 25% (Silva, 2017).

Los pesos de cada elemento se obtienen de Normativa técnica E.020 "Cargas" del ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS, 2006b).

- Carga viva repartida = 200 kgf/m².
- Peso específico de concreto armado = 2400 kgf/m³.
- Peso por m² de área de losa $t=20$ cm, 300 kgf/m².
- Peso específico de ladrillo de arcilla sólida = 1800 kgf/m³.
- Peso específico de unidades de arcilla huecas = 1300 kgf/m³.

Figura 12

Metrado de cargas del segundo piso de la casa 10 y peso final

| PISO 2 | | | | | | | |
|----------------|-----------------|------|-----------------|--------------------|------------------|---------|-------------|
| Vigas | b | h | Peso específico | Suma de longitudes | | Parcial | Totales |
| | | | 2.4 | 0 | | 0 | |
| | | | 2.4 | 0 | | 0 | |
| | | | | | | | 0 |
| Columnas | B | b | Peso específico | Altura | Nro. de columnas | Parcial | |
| | 0.25 | 0.25 | 2.4 | 2.8 | 12 | 5.04 | |
| | | | | | | 0 | |
| | | | | | | | 5.04 |
| Aligerado | Ton/m2 | Área | Parcial | | | | |
| | 0.3 | 0 | 0 | | | | 0 |
| Piso terminado | Ton/m2 | Área | Parcial | | | | |
| | 0.1 | 0 | 0 | | | | 0 |
| Muros | Peso específico | t | Altura | Longitud | | Parcial | |
| | 1.35 | 0.15 | 2.8 | 42.8 | | 24.27 | |
| | 1.35 | 0.15 | 1 | 5.8 | | 1.17 | |
| | | | | | | | 28.5 |
| Parapetos | Peso específico | t | Altura | Longitud | | Parcial | |
| | | | | | | 0 | |
| | | | | | | 0 | |
| | | | | | | | 0 |
| Escalera | Peso específico | t | Ancho | Longitud | | Parcial | |
| | 2.4 | 0.15 | 0 | 0 | | 0 | |
| | | | | | | | 0 |
| Carga muerta | 33.54 | | | | | | |

| | | | |
|------------|--------|--------------|-------|
| Carga Viva | s/c m2 | Área techada | Total |
| | 0.2 | 0 | 0 |
| 25% CV | 0 | | |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Peso total (Ton) | 33.54 |
| Peso total (KN) | 335.4 |
| Peso total por m2 de área techada | --- |

| | |
|--|---------------|
| Peso total de la vivienda (KN) | 1077.3 |
| Peso total de la vivienda por M2 de área techada | 16.59 |

Fuente: Elaboración propia

La resistencia al corte (VR) de muros de albañilería se estima por medio de la correspondiente expresión (MVCS, 2006a).

$$VR = 0.5 V'_m * \alpha * t * L + 0.23 P_g \dots \text{(Ecuacion 11)}$$

Donde:

- V'_m = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería.
- P_g = Carga gravitacional (kN) de servicio, con sobrecarga reducida.
- t = Espesor (m) efectivo del muro.
- L = Longitud (m) total del muro (Incluye a columnas en caso de muros confinados).
- α = Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltes, varía entre $1/3 \leq \alpha \leq 1$; L/h para casas de 1 piso y $3l/5h$ para casas de 2 pisos

Los valores de V'_m , se puede conseguir de la norma técnica E.070.

Tabla 10

Resistencia de la albañilería.

| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE 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 | Kin 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: MVCS, 2006a.

Posteriormente, la situación menos favorable para prevenir el colapso de las viviendas ocurre cuando la fuerza sísmica, es decir, la fuerza actuante, alcanza un valor igual a la

resistencia combinada de todos los muros de la estructura. En este punto, se igualan los términos de la *Ecuación 5*.

$$\frac{V}{A_r} = \frac{\sum VR}{A_e} \dots (\text{Ecuacion 12})$$

La fuerza VR, se simplifica, tomando que la carga $0.23 \cdot P_g = 0$ por ser pequeña para viviendas de 2 pisos y la esbeltes puede tomarse en consideración con valoración de $\alpha = 1$ (Justificación de Mosqueira y Tarque, 2005)

La *Ecuación 11* queda sintetizada a:

$$VR = 0.5 \cdot V'm \cdot \alpha \cdot t \cdot L \dots (\text{Ecuacion 13})$$

Remplazando las *Ecuaciones 13* y *6* en *Ecuación 12*, se tienen como resultado lo siguiente:

$$\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R \cdot A_r} \cdot P = \frac{0.5 \cdot V'm \cdot \alpha \cdot \sum t \cdot l}{A_e} \dots (\text{Ecuacion 14})$$

Si examinamos la *Ecuación 14*, se puede notar que "t" representa el espesor del muro y "l" denota la longitud del muro. La suma de la multiplicación de estos términos nos da como resultado el área total de muros, representada por $\sum t \cdot l = A_e$. Simplificando estos términos, la *Ecuación 14* se reduce a:

$$\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R \cdot A_r} \cdot P = 0.5 \cdot V'm \cdot \alpha \dots (\text{Ecuacion 15})$$

Despejando A_r y remplazando los valores de ($Z=2$), ($U=1$) Y ($C=2.5$):

$$A_r = \frac{0.25 \cdot 1 \cdot 2.5 \cdot S \cdot P}{3 \cdot 0.5 \cdot V'm \cdot 1}$$

$$A_r = \frac{5 \cdot S \cdot P}{12 \cdot V'm} \dots (\text{Ecuacion 16})$$

La *Ecuación 16* establece el mínimo de superficie mural necesaria por dirección en la planta baja de las viviendas para asegurar una respuesta sísmica óptima. En la etapa de análisis, se determina la superficie mural necesaria 'Ar' según dicha ecuación, y se compara con la superficie 'Ae', que se mide a través de la encuesta realizada.

Luego, se calcula la relación Ar/Ae para determinar si las casas poseen una densidad de muros suficiente para eventuales sismos raros, considerando rangos de valores correspondientes.

- Si $Ar/Ae \leq 0.8$ se llega a concluir que la vivienda no posee adecuada densidad de muros.
- Si $Ar/Ae \geq 1$ se llega a concluir que la vivienda posee adecuada densidad de muros.
- Si $0.8 < Ar/Ae < 1$ se requiere estimar con detalle la suma de fuerzas cortantes resistentes de muros de la vivienda ($\sum VR$) además de cortante actuante (V).

Estimación de VR se hace por medio de *Ecuación 11*. Para localizar V se procede conforme a lo descrito a continuación.

E_m es módulo de elasticidad de albañilería que según MVCS (2006a); está dada por la *Ecuación 17*.

$$E_m = 500 * f' m \dots (Ecuacion 17)$$

Rigidez “ K ” de cada muro se estima por medio de la *Ecuación 18*.

$$K = \frac{E_m * t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l}\right)} \dots (Ecucion 18)$$

Cortante actuante de cada muro se calcula mediante *Ecuación 19*.

$$V_{act_i} = \frac{K_i}{\sum K_i} * V \dots (Ecuacion 19)$$

Por último, se efectúa una relación VR/V para establecer si la densidad de muros es inadecuada, aceptable o adecuada; tomando los siguientes rangos:

- $VR/V < 0.95$ Densidad inadecuada
- $0.95 < VR/V < 1$ Densidad aceptable
- $VR/V > 1$ Densidad adecuada

4. Estabilidad de muros al volteo

a) Determinación de la fuerza sísmica horizontal a muros localizados en la base de la estructura o por debajo de la base.

Los muros que se encuentran a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella, como en el caso de los sótanos, deben ser capaces de resistir una fuerza horizontal (F) estimada según lo establecido en (MVCS, 2018).

$$F = 0.5 * S * Z * U * P_e \dots (\text{Ecuacion 20})$$

El peso P_e se establece con la correspondiente expresión:

$$P_e = Y_m * t \dots (\text{Ecuacion 21})$$

Donde:

- P_e = Peso (KN/m²)
- Y_m = Peso específico de muro; para muro de ladrillo macizo $Y_m = 18$ kN/m³ y para ladrillo de arcilla cocida hueca $Y_m = 13.5$ kN/m³
- t = Espesor del muro (m)

Tomando en consideración que $0.5 * S * Z * U = C_0$, la *Ecuación 20* queda sintetizada de la correspondiente forma: (Silva, 2017)

$$F = C_0 * P_e \dots (\text{Ecuacion 22})$$

Reemplazando los valores que se usaran en la investigación: $Z=0.25$; $U=1$; $S_0=0.8$, $S_1=1.0$, $S_2=1.2$, $S_3=1.4$

Tabla 11

Coficiente C_0 .

| Tipo de suelo | Coficiente para elementos no estructurales del primer piso " C_0 " |
|---------------|--|
| S_0 | 0.100 |
| S_1 | 0.125 |
| S_2 | 0.150 |
| S_3 | 0.175 |

Fuente: Silva, 2017

b) Determinación de fuerza sísmica horizontal a muros que no se hallan en la base de la estructura ni por debajo de la base.

Es necesario que los componentes no estructurales estén concebidos para soportar una carga sísmica horizontal (F) desde cualquier orientación, según se describe a continuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} * C_1 * P_e \dots (\text{Ecuacion 23})$$

Donde:

- F= Fuerza sísmica que actúa en un sismo (KN/m2)
- F_i = Fuerza sísmica en nivel i
- P_i = peso en el nivel de piso i
- C_1 = coeficiente sísmico
- P_e = peso del muro por unidad de área de plano del muro (KN/m2)

La fuerza sísmica en cualquier nivel, se estima como:

$$F_i = \alpha_i * V \dots (\text{Ecuacion 24})$$

De la *Ecuación 24*, α_i es coeficiente de distribución de fuerza cortante basal (V), por cada piso estudiado.

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^k} \dots (\text{Ecuacion 25})$$

Se utiliza 'n' para representar el número de niveles en el edificio y 'k' como un coeficiente relacionado con el periodo fundamental de vibración (T) de la estructura en la dirección específica, calculado según la siguiente metodología:

- Para $T \leq 0.5$ si; $k=1$
- Para $T > 0.5$ si; $k=(0.75+0.5T) \leq 2$

El periodo primordial de vibración se obtiene de *Ecuación 10*.

Luego para viviendas de albañilería confinada $C_T=60$ (MVCS, 2018).

Se considera que la población de análisis son viviendas de 1 y 2 pisos, por lo cual asumimos que $h_n \leq 10m$, reemplazando valores en *Ecuación 10*, el periodo $T \leq 0.166$ (Silva, 2017).

El valor “k” para las estructuras estudiadas resulta $k=1$, la *Ecuación 25* para elementos del piso segundo queda reducido a:

$$\alpha_2 = \frac{P_2 * h_2}{P_1(h_1) + P_2(h_2)} \dots \text{(Ecuacion 26)}$$

Valor de coeficiente sísmico C_1 lo conseguimos de **Tabla 12**.

Tabla 12

Valores de C_1 .

| VALORES DE C_1 | C_1 |
|---|-------|
| - Elementos que al errar pueden precipitarse fuera de edificación y cuya falla contenga peligro para individuos u otras estructuras | 3,0 |
| - Muros además de tabiques en una edificación | 2,0 |
| - Tanque sobre azotea, tanque de máquinas, pérgolas, parapetos en azotea | 3,0 |
| - Equipos rígidos acoplados de forma rígida al piso | 1,5 |

Fuente: MVCS, 2018.

c) Determinación del momento actuante (M_a).

La evaluación de la capacidad de un muro, tabique, parapeto o cerco para resistir el vuelco implica comparar el momento sísmico (M_a) con el momento de resistencia (M_r) del muro.

El momento actuante perpendicular al plano del muro se determina mediante la *Ecuación 27* correspondiente: (MVCS, 2006a).

$$M_a = m * F * a^2 \dots \text{(Ecuacion 27)}$$

Donde:

- M_a = Momento actuante sobre el muro (KN – m/ml).
- m = Coeficiente de momentos.

- a = Dimensión crítica (m).
- F = carga sísmica perpendicular (KN/m²).

Conforme con el MVCS (2006a), valores de coeficientes de momentos “m” para cada valor b/a son:

Tabla 13

Valor de coeficiente de momentos “m”.

| VALOR DE COEFICIENTE DE MOMENTOS “m” | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS | | | | | | | | |
| a = Menor dimensión | | | | | | | | |
| b/a = 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 3.0 | ∞ | |
| m = 0.0479 | 0.0627 | 0.0755 | 0.0862 | 0.0948 | 0.1017 | 0.118 | 0.125 | |
| CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS | | | | | | | | |
| a = Longitud del borde libre | | | | | | | | |
| b/a = 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | ∞ |
| m = 0.060 | 0.074 | 0.087 | 0.097 | 0.106 | 0.112 | 0.128 | 0.132 | 0.133 |
| CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES | | | | | | | | |
| a = Altura de muro | | | | | | | | |
| m = 0.125 | | | | | | | | |
| CASO 3. MURO EN VOLADIZO | | | | | | | | |
| a = Altura de muro | | | | | | | | |
| m = 0.5 | | | | | | | | |

Fuente: MVCS, 2006a.

El valor de F se calculará según la ubicación del muro, ya sea en el primer o segundo piso.

Si se analiza los muros del primer piso, el momento actuante será:

$$M_a = m * C_0 * P_e * a^2 \dots \text{(Ecuacion 28)}$$

Si se analiza a elementos del segundo piso de la casa, el momento actuante se determinará por medio de la ecuación:

$$M_a = m * \frac{F_2}{P_2} * C_1 * P_e * a^2 \dots \text{(Ecuacion 29)}$$

d) Determinación de momento resistente Mr.

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión (Mr) de los muros, se considera el esfuerzo máximo de un elemento sometido a flexión pura:

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{M_r * C}{I} \dots (\text{Ecuacion 30})$$

Donde:

- σ_{max} = Esfuerzo por flexión (KN/m²).
- M_r = Momento resistente a tracción por flexión (KN-m).
- C = Distancia (m) del eje neutro a la fibra extrema.
- I = momento de inercia de superficie (m⁴) de sección, paralela al eje del momento.

El momento resistente a tracción por flexión (**Figura 13**) es detallado como:

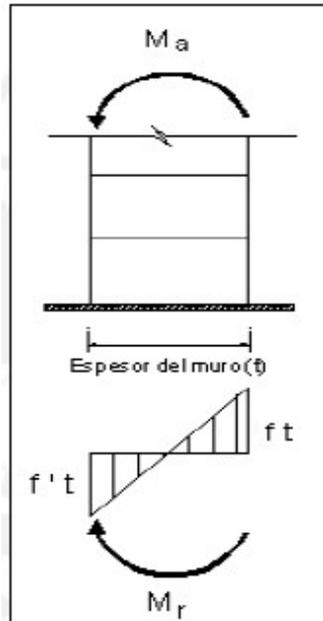
$$M_r = \frac{f_t * I}{C} \dots (\text{Ecuacion 31})$$

Donde:

- f_t = Esfuerzo de tracción por flexión de albañilería (150 KN/m²) (MVCS, 2006a).
- I = Momento de inercia (m⁴) de sección del muro.
- C = Distancia (m) de eje neutro a fibra extrema de sección.

Figura 13

Momento resistente M_r en un muro de albañilería.



Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

Al remplazar el valor de f_t y calcular el momento de inercia de la sección transversal para un muro de 1 metro de longitud, podemos derivar la ecuación para el momento resistente por metro de longitud de dicho muro.

$$M_r = 150 \left(\frac{t^3}{12} \right) \left(\frac{1}{t/2} \right) \quad t, \text{ expresado en m}$$

$$M_r = 25 t^2 \dots (\text{Ecuacion 32})$$

Finalmente se compara el valor de la *Ecuación 32*, con el valor de las *Ecuaciones 28* y *29*, según sea el caso, y se concluye en las siguientes relaciones:

- Si $M_a \leq M_r$ el muro se considera estable, ya que en ese caso el momento actuante es menor que el momento resistente.
- Si $M_a > M_r$ el muro se considera inestable puesto que el momento actuante es mayor que el momento resistente y fallara por volteo ante un sismo de 0.25 g.

5. Factores influyentes en el riesgo sísmico.

Esta parte del informe aborda la valoración del riesgo sísmico de cada vivienda analizada.

Según lo señalado por Kuroiwa (2002), se realiza una evaluación del peligro y la vulnerabilidad sísmica para cada propiedad examinada.

Ejecutaremos el procedimiento seguido por Mosqueira y Tarque (2005).

a) Vulnerabilidad sísmica.

Para estimar el nivel de vulnerabilidad sísmica en edificaciones se analiza la vulnerabilidad estructural y no estructural.

Vulnerabilidad estructural.

La estimación se basa en parámetros específicos: la densidad de los muros, la calidad de la mano de obra y la calidad de los materiales utilizados.

- **Densidad de muros:** Se considera una influencia de 60 % en la vulnerabilidad sísmica, el cálculo se hará en las direcciones horizontal (x) y vertical (y) (Silva, 2017). Los valores se promedian según **Tabla 14**.

Tabla 14

Determinación de densidad de muros por eje.

| Eje x \ Eje y | ADECUADA | ACEPTABLE | INADECUADA |
|---------------|------------|------------|------------|
| ADECUADA | ADECUADA | ACEPTABLE | INADECUADA |
| ACEPTABLE | ACEPTABLE | ACEPTABLE | INADECUADA |
| INADECUADA | INADECUADA | INADECUADA | INADECUADA |

Fuente: Silva, 2017.

- **Calidad de MO y calidad de materiales:** Se considera incidencia de 30%. Se calculará de manera cualitativa y los factores de evaluación son:
 - Tamaño de junta del mortero
 - Antigüedad de vivienda

- Cangrejeras en elementos estructurales
- Verticalidad del muro
- Alineación de juntas entre ladrillos
- Juntas frías
- Ignorancia del efecto columna corta
- Losas no monolíticas
- Muros portantes de ladrillo pandereta
- Reducción en planta
- Inexistencia de junta sísmica
- Tabiquería no arriostrada
- Uniones muro y techo
- Acero expuesto además de corroído
- Muros agrietados
- Calidad Mala de materiales empleados en construcción como ladrillos artesanales u concreto en mal estado
- Humedad en muros además de eflorescencia

Vulnerabilidad no estructural.

En la evaluación de la vulnerabilidad no estructural, se considerará la estabilidad de los muros frente al volcamiento, con una probabilidad del 10%.

Resultando la ecuación de vulnerabilidad sísmica de correspondiente forma:

$$\text{VULNERABILIDAD} = 0.60 * \text{Densidad} + 0.3 * \text{Mano obra, Mat.} + 0.1 * \text{Est. Volte.}$$

... (Ecuación 33)

Para evaluar la vulnerabilidad, se analizarán los parámetros en tres niveles: adecuado, aceptable e inadecuado para la densidad de muros; buena calidad, calidad regular y mala calidad para la mano de obra y los materiales; estables, parcialmente estables y todos inestables para los muros no portantes.

Tabla 15

Asignación de parámetros de vulnerabilidad.

| VULNERABILIDAD | | | | | |
|-----------------------|----------|--|----------|-----------------------------------|----------|
| Estructural | | | | No estructural | |
| Densidad (60%) | | Mano de obra y materiales (30%) | | Tabiques y parapetos (10%) | |
| Adecuada | 1 | Buena calidad | 1 | Todos estables | 1 |
| Aceptable | 2 | Regular calidad | 2 | Algunos inestables | 2 |
| Inadecuada | 3 | Mala calidad | 3 | Todos inestables | 3 |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

La **Tabla 16**. muestra rangos para vulnerabilidad sísmica alta, media y baja.

Tabla 16

Rango numérico para valoración de vulnerabilidad sísmica.

| VULNERABILIDAD SÍSMICA | RANGO |
|-----------------------------------|--------------|
| Baja | De 1 a 1.4 |
| Media | De 1.5 a 2.1 |
| Alta | De 2.2 a 3 |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

Los rangos presentados en **Tabla 16** incluyen todas las combinaciones posibles de los parámetros listados en **Tabla 17** que determinan la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 17

Combinación de parámetros para valorar vulnerabilidad sísmica.

| VULNERABILIDAD SÍSMICA | Estructural | | | | | | No estructural | | | Pesos (%) | | | Coeficiente |
|------------------------|-------------------------|-----------|------------|--|---------|------|--------------------------------------|------------------|-----------|-----------|----|----|-------------|
| | Densidad de muros (60%) | | | Calidad de M.O y calidad de los materiales (30%) | | | Estabilidad de muros al volteo (10%) | | | 60 | 30 | 10 | |
| | Adecuada | Aceptable | Inadecuada | Buena | Regular | Mala | Estables | Algunos estables | Inestable | | | | |
| BAJA | x | | | x | | | x | | | 1 | 1 | 1 | 1.00 |
| | x | | | x | | | | x | | 1 | 1 | 2 | 1.10 |
| | x | | | x | | | | | x | 1 | 1 | 3 | 1.20 |
| | x | | | | x | | x | | | 1 | 2 | 1 | 1.30 |
| | x | | | | x | | | x | | 1 | 2 | 2 | 1.40 |
| MEDIA | x | | | | x | | | | x | 1 | 2 | 3 | 1.50 |
| | x | | | | | x | x | | | 1 | 3 | 1 | 1.60 |
| | x | | | | | x | | x | | 1 | 3 | 2 | 1.70 |
| | x | | | | | x | | | x | 1 | 3 | 3 | 1.80 |
| | | x | | x | | | x | | | 2 | 1 | 1 | 1.60 |
| | | x | | x | | | | | x | 2 | 1 | 2 | 1.70 |
| | | x | | x | | | | | x | 2 | 1 | 3 | 1.80 |
| | | x | | | x | | x | | | 2 | 2 | 1 | 1.90 |
| | | x | | | x | | | | x | 2 | 2 | 2 | 2.0 |
| | | x | | | | x | | | x | 2 | 2 | 3 | 2.10 |
| ALTA | | x | | | | x | x | | | 2 | 3 | 1 | 2.20 |
| | | x | | | | x | | x | | 2 | 3 | 2 | 2.30 |
| | | x | | | | x | | | x | 2 | 3 | 3 | 2.40 |
| | | | x | x | | | | x | | 3 | 1 | 1 | 2.20 |
| | | | x | x | | | | | x | 3 | 1 | 2 | 2.30 |
| | | | x | x | | | | | x | 3 | 1 | 3 | 2.40 |
| | | | x | | x | | | x | | 3 | 2 | 1 | 2.50 |
| | | | x | | x | | | | x | 3 | 2 | 2 | 2.60 |
| | | | x | | x | | | | x | 3 | 2 | 3 | 2.70 |
| | | | x | | | x | x | | | 3 | 3 | 1 | 2.80 |
| | | | x | | | x | | | x | 3 | 3 | 2 | 2.9 |
| | | | x | | | x | | | x | 3 | 3 | 3 | 3.0 |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

b) Peligro sísmico.

La estimación del riesgo sísmico se realiza teniendo en cuenta varios parámetros específicos, como la sismicidad (40%), el tipo de suelo (con un peso del 40%), y la topografía y pendiente del terreno donde se ubica la vivienda (20%). Estos elementos se combinan en una ecuación para calcular el riesgo sísmico.

$$\text{PELIGRO} = 0.40 \times \text{Sismicidad} + 0.40 \text{ tipo de suelo} + 0.20 \text{ topografía}$$

... (Ecuación 34)

Los indicadores de evaluación del peligro sísmico, contiene indicies a los cuales se asigna una valoración numérica conforme sea la vivienda a evaluar (**Tabla 18**).

La sismicidad de Jaén es media (Zona 2); la Normativa técnica E.030 divide al Perú en 4 zonas sísmicas, para esta investigación se considerado solo tres niveles de sismicidad alta, media y baja, donde para la sismicidad alta se ha considerado a la zona 3 y zona 4, para la sismicidad media a la zona 2 y la sismicidad baja a la zona 1. Posteriormente se acoge un valor de 1 para sismicidad baja (Zona 1), 2 para la sismicidad media (Zona 2) y 3 para la sismicidad alta (Zona 3 y Zona 4).

Si bien la norma técnica E.030 categorizada al suelo en 5 tipos: Roca dura (S0), roca o suelos muy rígidos(S1), Suelo Intermedios (S2), suelos blandos (S3) y Suelos excepcionales (S4). En esta investigación se agrupa al suelo en tres tipos; suelo rígido (S0 y S1), intermedios (S2) y flexibles (S3 y S4). Luego se adopta un valor de 1 para suelos rígidos, 2 para suelos intermedios y 3 para suelos flexibles. La Pendiente del terreno se ha clasificado en plana media y pronunciada.

Tabla 18

Asignación de valores a los parámetros de peligro sísmico.

| PELIGRO | | | | | |
|------------------|---|-------------|---|------------------------------|---|
| Sismicidad (40%) | | Suelo (40%) | | Topografía y Pendiente (20%) | |
| Baja | 1 | Rígido | 1 | Plana | 1 |
| Media | 2 | Intermedio | 2 | Media | 2 |
| Alta | 3 | Blando | 3 | Pronunciada | 3 |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

Las valoraciones asignadas a distintos elementos son incorporadas en la Ecuación 34, resultando en una cifra que refleja el grado de riesgo sísmico para cada vivienda. En la **Tabla 19** se presentan los rangos numéricos correspondientes a los niveles bajo y alto de peligro sísmico para cada nivel de sismicidad.

Tabla 19

Rangos numéricos para la determinación del peligro sísmico.

| Sismicidad | Peligro sísmico | Rango |
|------------|-----------------|------------------|
| Alta | Bajo | 1.8 |
| | Medio | De 2.0 hasta 2.4 |
| | Alto | De 2.6 hasta 3.0 |
| Medio | Bajo | De 1.4 hasta 1.6 |
| | Medio | De 1.8 hasta 2.4 |
| | Alto | 2.6 |
| Bajo | Bajo | De 1 hasta 1.6 |
| | Medio | De 1.8 hasta 2 |
| | Alto | 2.2 |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

Los rangos detallados en **Tabla 19** encierra la totalidad de combinaciones probables de parámetros que califica el peligro sísmico (Ver **Tabla 20**). Las composiciones toman como eje primordial a la sismicidad de la zona de vivienda.

Tabla 20

Combinaciones de parámetros para evaluar el peligro sísmico.

| SISMICIDAD (40%) | Suelo (40%) | | | Topografía y pendiente (20%) | | | Pesos (%) | | | Peligro sísmico | Valor numérico |
|---------------------|-------------|-------|----------|---------------------------------|-------|-------------|-----------|----|----|--------------------|-------------------|
| | Rígido | Medio | Flexible | Plana | Media | Pronunciada | 40 | 40 | 20 | | |
| ALTA | x | | | x | | | 3 | 1 | 1 | Bajo | 1.8 |
| | x | | | | x | | 3 | 1 | 2 | Medio | 2.0 |
| | x | | | | | x | 3 | 1 | 3 | | 2.2 |
| | | x | | x | | | 3 | 2 | 1 | | 2.2 |
| | | x | | | x | | 3 | 2 | 2 | 2.4 | |
| | | x | | | | x | 3 | 2 | 3 | Alto | 2.6 |
| | | | x | x | | | 3 | 3 | 1 | | 2.6 |
| | | | x | | x | | 3 | 3 | 2 | | 2.8 |
| | | | x | | | x | 3 | 3 | 3 | | 3.0 |
| MEDIA | x | | | x | | | 2 | 1 | 1 | Bajo | 1.4 |
| | x | | | | x | | 2 | 1 | 2 | | 1.6 |
| | x | | | | | x | 2 | 1 | 3 | Medio | 1.8 |
| | | x | | x | | | 2 | 2 | 1 | | 1.8 |
| | | x | | | x | | 2 | 2 | 2 | | 2.0 |
| | | x | | | | x | 2 | 2 | 3 | | 2.2 |
| | | | x | x | | | 2 | 3 | 1 | | 2.0 |
| | | | x | | x | | 2 | 3 | 2 | | 2.4 |
| | | | x | | | x | 2 | 3 | 3 | | Alto |
| BAJA | x | | | x | | | 1 | 1 | 1 | Bajo | 1.0 |
| | x | | | | x | | 1 | 1 | 2 | | 1.2 |
| | x | | | | | x | 1 | 1 | 3 | | 1.4 |
| | | x | | x | | | 1 | 2 | 1 | | 1.4 |
| | | x | | | x | | 1 | 2 | 2 | | 1.6 |
| | | x | | | | x | 1 | 2 | 3 | Medio | 1.8 |
| | | | x | x | | | 1 | 3 | 1 | | 1.8 |
| | | | x | | x | | 1 | 3 | 2 | | 2.0 |
| | | | x | | | x | 1 | 3 | 3 | | Alto |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

c) Riesgo sísmico

Después de establecer las categorizaciones para vulnerabilidad y peligro sísmicos, se evalúa el nivel de riesgo sísmico de cada vivienda evaluada. Esto se realiza utilizando la clasificación mostrada en la **Tabla 21**, donde se evalúan las posibles combinaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico.

Tabla 21

Calificación de riesgo sísmico

| RIESGO SÍSMICO | | | |
|--------------------------|-------|-------|------|
| Peligro \ Vulnerabilidad | Baja | Media | Alta |
| Bajo | BAJO | MEDIO | ALTO |
| Medio | MEDIO | MEDIO | ALTO |
| Alto | ALTO | ALTO | ALTO |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

6. Diagnostico

En esta sección explica los daños potenciales a las estructuras basados en el nivel de riesgo sísmico identificado.

Un riesgo sísmico bajo indica que las viviendas podrán resistir sin sufrir daños significativos frente a eventos sísmicos poco comunes. Estas viviendas están caracterizadas por tener una densidad adecuada de muros, una mano de obra calificada y materiales apropiados, además de estar construidas sobre un suelo estable.

Un riesgo sísmico intermedio indica que la construcción no cumple con la densidad óptima de muros en cierta dirección, pese a estar sobre terreno firme. Esto puede resultar en daños estructurales limitados.

Un alto riesgo sísmico implica graves daños potenciales a los muros y posibles colapsos, especialmente en suelos blandos o inclinados. Se recomienda reforzar la estructura y consultar a un ingeniero civil.

7. Fotografías

En este apartado se detalla diversas fotografías que destacan errores más relevantes de la vivienda evaluada.

8. Planos

- Vista en planta de distribución de muros y elevación.

3.7.2.2.1. Ficha de reporte desarrollada.

Se describe el formato de la ficha de reporte en las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18, aplicado a la muestra V-10, empleado en la evaluación de la información obtenida a través de las encuestas. Este proceso permite estimar la susceptibilidad, amenaza y nivel de riesgo por sismos de las propiedades examinadas, conforme a la metodología establecida.

Figura 14

Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (1)

| RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL SECTOR MONTEGRANDE DE LA CIUDAD DE JAÉN | |
|--|---|
|  | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">FICHA DE REPORTE</div> |
| Vivienda N°: <u>10</u> | |
| Antecedentes: | |
| Ubicación: <u>López Albújar N° 107</u> | |
| Dirección técnica en el diseño: <u>Albañil</u> | |
| Dirección técnica en la construcción <u>Albañil</u> | |
| Pisos construidos <u>2</u> Pisos proyectados: <u>3</u> Antigüedad de la vivienda: <u>10 años</u> | |
| Topografía y geología: <u>Pendiente fuertemente ondulada, suelo grava arcillosa</u> | |
| Estado de la vivienda: <u>La vivienda se construyo sobre relleno, algunos muros presentan humedad y deterioro ,el techo en una parte tiene filtración de agua, los muros del segundo piso son de ladrillo pandereta y el techo es de tipo metálicos provisional. En los muros del primer nivel algunos tienen grietas por falta de arriostamiento y la mala calidad de los materiales de construcción.</u> | |
| Secuencia de construcción de la vivienda: <u>Primero muros perimetrales, 2° divisiones y techo aligerado, 3° muros segundo piso y techo metálico</u> | |
| Aspectos técnicos: | |
| Elementos de la vivienda | |
| Elemento | Características |
| Cimientos | Cimiento corrido de C° ciclópeo de 0.5x1m, Z1 esquinera de 1.20x1.20m y Z2 laterales de 1.20x1.40m, la cimentación esta a desnivel difiriendo en 1m de altura |
| Muros | Del primer piso son de ladrillo macizo de 22x11x7cm y pandereta el segundo piso de 21x10x9cm |
| Techo | Techo aligerado de 0.20m |
| Columnas | 12 columnas de 0.25x0.25m |
| Vigas | 0.25x0.20m y 0.25x0.45m |
| Deficiencias de la estructura | |
| Problemas de ubicación: | Problemas constructivos: |
| Vivienda sobre relleno natural | Humedad en muros y techo |
| Vivienda en pendiente fuertemente ondulada | Cangrejeras en columnas |
| | Muros con juntas desalineadas y dimensiones variables |
| Problemas estructurales: | Ubicación de octogonales en viguetas |
| Acero expuesto y corroído en escalera | |
| Acero expuesto y corroído en algunas columnas | Problemas de mano de obra: |
| Tabiquería no arriostada | Mano de obra de muy mala calidad |
| Muros portantes de ladrillo pandereta | |
| Insuficiencia junta sísmica | Otros: |
| | Ladrillo kk artesanal |
| | |
| | |

Figura 15

Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (2)

| Área | | Cortante basal | | Área de muros | | Ae/Ar | Densidad | Resistencia | VR/V | Resultado | |
|---|----------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|----------------|------------------------|------------|------------------|--|-------------------------------|--|
| Piso 1 | Peso acum. | V=ZUCSP/R | Existente Ae | Requerida Ar | Ae/Área piso 1 | | VR | | | | |
| m ² | kN/m ² | kN | m ² | m ² | Adimen. | % | kN | Adimen. | | | |
| Análisis por sismo: (Z= 0.25 g; U=1; C= 2.5; R=3) Resistencia característica al corte (kPa): V'm= 510 Factor de suelo "ξ" <u>1.2</u> VR= Resistencia al corte(kN)= Ae(0.5v'm.α+0.23f'a) | | | | | | | | | | | |
| Análisis en el sentido "X" | | | | | | | | | | | |
| 64.95 | 16.59 | 269.325 | 0.525 | 1.06 | 0.50 | 0.81% | -- | -- | Inadecuado | | |
| Análisis en el sentido "Y" | | | | | | | | | | | |
| 64.95 | 28.05 | 269.325 | 2.325 | 1.06 | 2.20 | 3.58% | -- | -- | Adecuado | | |
| Observaciones y comentarios | | | | | | | | | | | |
| Solo se calcula VR si 0.8<Ae/Ar<1 | | | | | | | | | | | |
| Estabilidad de muros al volteo | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | P ₁ = | 741.9 KN | α ₁ = | | 0.73 | |
| | | | | | | P ₂ = | 335.4 KN | α ₂ = | | 0.27 | |
| | | | | | | h ₁ = | 3.4 m | F ₁ = | | 196 KN | |
| | | | | | | h ₂ = | 2.8 m | F ₂ = | | 73.1 KN | |
| C ₀ =0.5*Z*U*S | | | | | | | | | | | |
| Muro | Coeficiente sísmico a aplicar | Factores | | | | | Mont. Act. | | Mont. rest. | Resultado | |
| | | C ₀ | O ₁ | C ₁ | P _e | m | a | t | | | Muros 1 piso |
| | | Adim. | | kN/m ² | Adim. | m | m | m | m*C ₀ *P _e *a ² | | m*F ₂ /P ₂ *C ₁ *P _e *a ² |
| M1 | C ₀ | 0.15 | | 2.70 | 0.125 | 3.2 | 0.15 | 0.6 | | 0.56 | Inestable |
| M2 | C ₀ | 0.15 | | 2.70 | 0.097 | 3.2 | 0.15 | 0.40 | | 0.56 | Estable |
| M3 | C ₁ | 3.00 | | 2.03 | 0.5 | 2.8 | 0.15 | | 5.19 | 0.56 | Inestable |
| M4 | C ₁ | 3.00 | | 2.03 | 0.125 | 2.8 | 0.15 | | 1.30 | 0.56 | Inestable |
| M5 | C ₂ | 3.00 | | 2.03 | 0.065 | 1.5 | 0.15 | | 0.19 | 0.56 | Estable |
| FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = (Vulnerabilidad; Peligro)) | | | | | | | | | | | |
| Vulnerabilidad | | | | | | Peligro | | | | | |
| Estructural | | | No estructural | | | Sismicidad | | Suelo | | Topografía y pendiente | |
| Densidad | Mano de obra y materiales | | Tabiquería y parapetos | | | | | | | | |
| Adecuada | | Buena calidad | | Todos estables | | Baja | | Rígidos | | Plana | |
| Aceptable | | Regular calidad | | Algunos estables | X | Media | X | Intermedio | X | Media | X |
| Inadecuada | X | Mala calidad | X | Todos inestables | | Alta | | Flexibles | | Pronunciada | |
| Calificación | | | | | | Resultado | | | | | |
| Vulnerabilidad: | | Alta | | | | Riesgo sísmico: | | Alto | | | |
| Peligro: | | Medio | | | | | | | | | |
| Diagnostico: | | | | | | | | | | | |
| - La densidad de muros es buena en el sentido "Y", pero es inadecuada en el sentido "X" | | | | | | | | | | | |
| - los tabiques casi en su totalidad presentan problemas de estabilidad al volteo | | | | | | | | | | | |
| - La vivienda presenta un riesgo sísmico alto | | | | | | | | | | | |

Figura 16

Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (3)

Fotografías de la vivienda:

Foto de la vivienda, propiedad de
Arcila Hernández
Dirección: López Albújar N° 107



Humedad en el techo Proveniente de
instalaciones sanitarias del segundo piso



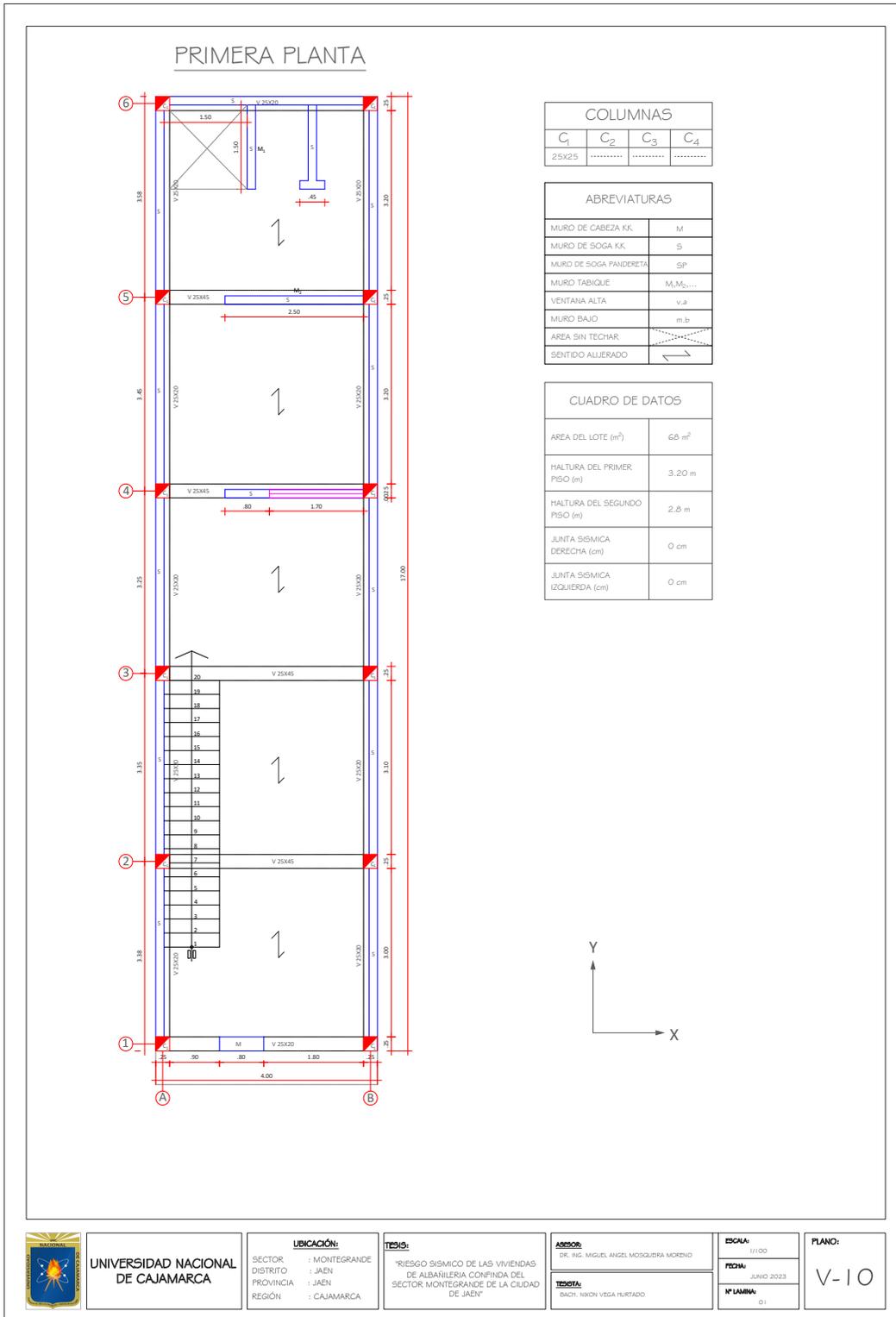
Junta fría y fisuras en columnas
debido a la mala construcción



Figura 17

Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (4)

Planos de la vivienda:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

UBICACIÓN:
SECTOR : MONTEGRANDE
DISTRITO : JAEN
PROVINCIA : JAEN
REGION : CAJAMARCA

TESIS:
"RIESGO SISMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINDA DEL SECTOR MONTEGRANDE DE LA CIUDAD DE JAEN"

ASESOR:
DR. ING. MIGUEL ANGEL MOSQUIDRA MORENO

TESISTA:
BACH. NIKON VEGA FUERTADO

ESCALA:
1/100

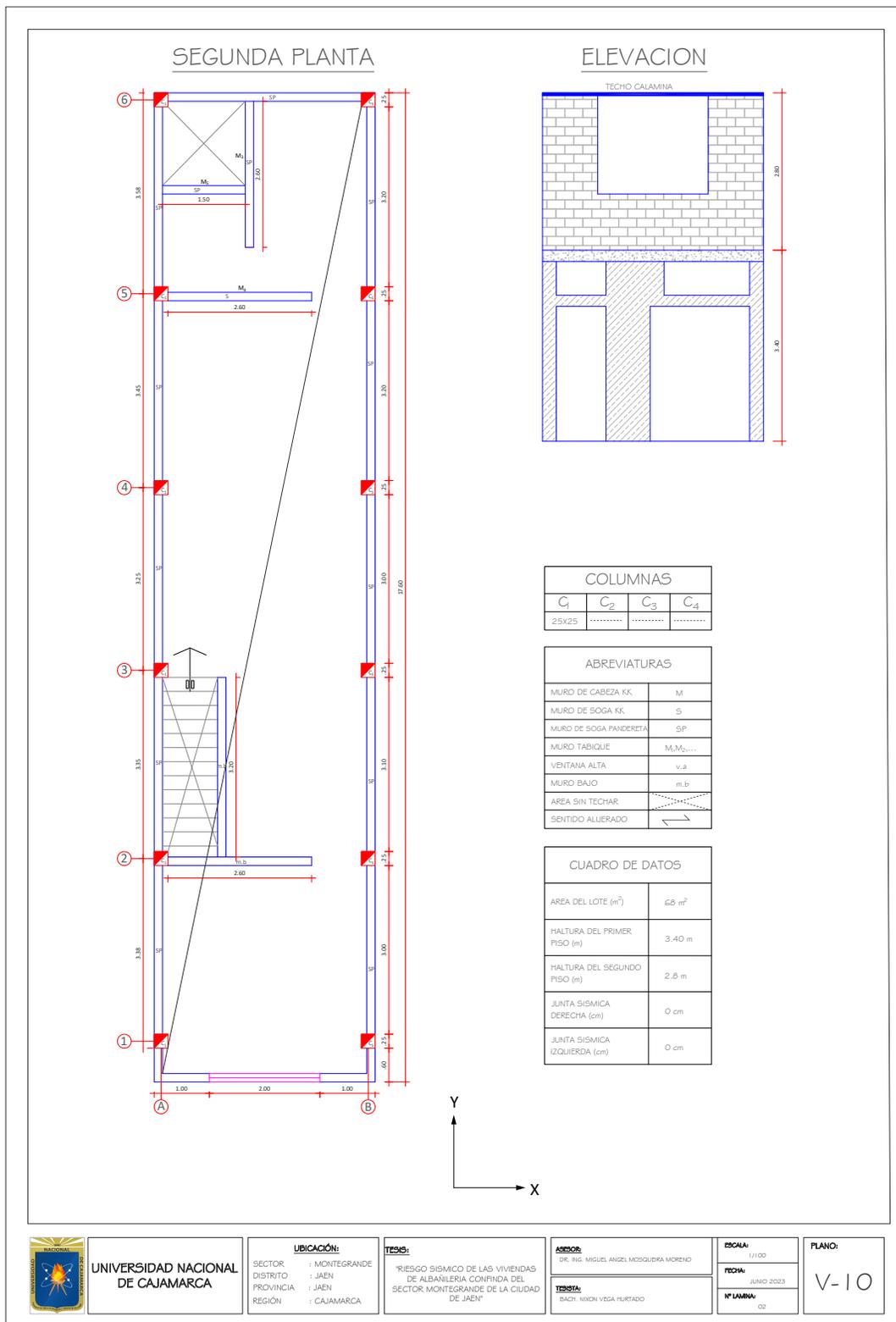
FECHA:
JUNIO 2023

N° LAMINA:
01

PLANO:
V-10

Figura 18

Ejemplo de la ficha de reporte aplicada a la muestra V-10, Pag. (5)



3.7.3. *Presentación de resultados*

Luego de haber procesado la ficha de reporte de las 32 viviendas analizadas para esta investigación, los resultados obtenidos se reflejan en las tablas que detallan el número de casas y los porcentajes de incidencia para cada indicador examinado.

1. **Antecedentes**

A. **Dirección técnica en diseño.**

Tabla 22

Dirección técnica que recibieron en su diseño las viviendas del sector Montegrande

| Dirección técnica en el diseño | N° de viviendas | Porcentaje |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------|
| Profesional | 15 | 46.875% |
| Albañil | 8 | 25.00% |
| Propietario | 9 | 28.125% |
| Total | 32 | 100% |

De acuerdo con la **Tabla 22.** se muestra la clase de asesoramiento técnico que recibieron las viviendas para su diseño, como resultado se obtuvo que del total de viviendas 46.875% recibieron asistencia técnica de un profesional (Arquitecto o Ingeniero civil), el 25% recibió asesoría técnica de albañil y 28.125% de las viviendas fueron diseñadas por sus propietarios.

B. **Dirección técnica en la construcción.**

Tabla 23

Dirección técnica que recibió en su construcción las viviendas del sector Montegrande

| Dirección técnica en la construcción | N° de viviendas | Porcentaje |
|---|------------------------|-------------------|
| Profesional | 3 | 9.375% |
| Albañil | 26 | 81.25% |
| Propietario | 3 | 9.375% |
| Total | 32 | 100.000% |

La **Tabla 23.** revela la clase de supervisión técnica que se aplicó durante la edificación de las viviendas en el sector Montegrande. Los datos obtenidos evidencian que el 81.25% de las viviendas fueron construidas bajo la guía de un albañil, mientras que el 9.375% fueron dirigidas por sus propios propietarios y solamente el 9.375% recibieron la supervisión de un profesional especializado.

C. Número de pisos construidos

Tabla 24

Número de pisos de viviendas estudiadas.

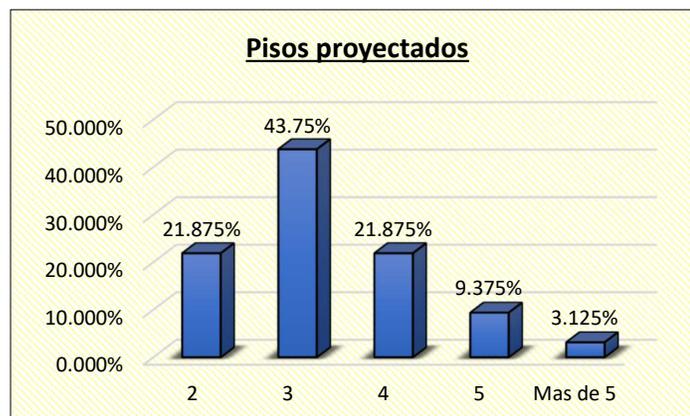
| Pisos construidos | Nº de viviendas | Porcentaje |
|-------------------|-----------------|----------------|
| 1 piso | 22 | 68.75% |
| 2 pisos | 10 | 31.25% |
| Total | 32 | 100.00% |

En la **Tabla 24.** se detalla la cantidad de pisos elaborados que tiene viviendas estudiadas en esta investigación, donde el 68.75% fueron viviendas de 1 piso y el 31.25% fueron de dos pisos. Cabe mencionar que la investigación solo se limitó a estudiar viviendas que tengan 1 y 2 pisos.

D. Pisos Proyectados

Figura 19

Numero de pisos planeados a construir en las viviendas estudiadas

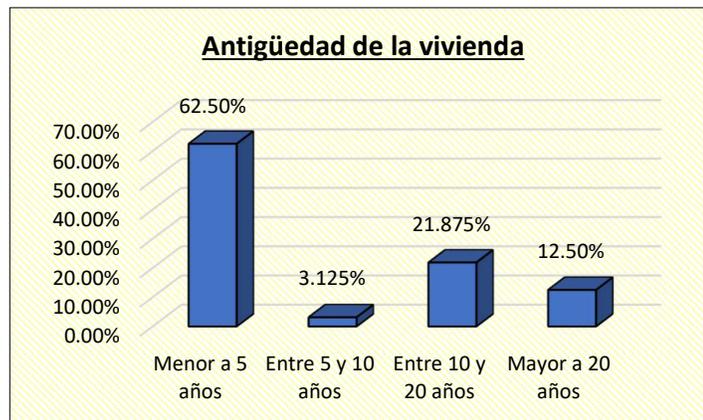


En la **Figura 19**, se representa el número de pisos que se planean construir en las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande. Se observa que el 21.875% de estas viviendas tienen una proyección de 2 pisos, mientras que el 43.75% se planea construir con 3 pisos. Además, el 21.875% de las viviendas se proyectan a tener 4 pisos, mientras que el 9.375% tendrán 5 pisos. Por último, el 3.125% está proyectado para tener más de 5 pisos.

E. Antigüedad de viviendas.

Figura 20

Antigüedad de viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande



En la **Figura 20** se presenta el dato relativo a cuánto tiempo han estado construidas las viviendas analizadas. Según la investigación, el 62.50% de las viviendas tienen menos de 5 años de construcción, el 3.125% tienen entre 5 y 10 años, el 21.875% tienen entre 10 y 20 años, y el 12.50% tienen más de 20 años de antigüedad.

2. Deficiencias de la estructura

Tabla 25

Resultado de las deficiencias en la estructura de las viviendas del sector Montegrande

| DEFICIENCIAS DE LA ESTRUCTURA | N° de viviendas | Porcentaje |
|--|------------------------|-------------------|
| Problemas de ubicación | | |
| Vivienda sobre relleno natural | 5 | 15.625% |
| Vivienda en quebrada | 0 | 0.00% |
| Vivienda en pendiente pronunciada | 3 | 9.375% |
| Vivienda con nivel freático superficial | 2 | 6.25% |
| Materiales deficientes | | |
| Materiales deficientes | 28 | 87.50% |
| Estructuración | | |
| Columna corta | 19 | 59.375% |
| Losas no monolíticas | 4 | 12.50% |
| Insuficiencia junta sísmica | 24 | 75.00% |
| Losa de techo a desnivel con la del vecino | 16 | 50.00% |
| Cercos no aislados de la estructura | 8 | 25.00% |
| Tabiquería no arriostrada | 25 | 78.13% |
| Reducción en planta | 3 | 9.375% |
| Muros portantes de ladrillo pandereta | 9 | 28.125% |
| Unión Muro y techo | 7 | 21.875% |
| Juntas frías | 11 | 34.375% |
| Factores degradantes | | |
| Armaduras expuestas | 31 | 96.875% |
| Armaduras corroídas | 7 | 21.875% |
| Eflorescencia | 7 | 21.875% |
| Humedad en muros | 12 | 37.50% |
| Muros agrietados | 8 | 25.00% |
| Mano de obra | | |
| Buena | 4 | 12.50% |
| Mala | 10 | 31.25% |
| Regular | 18 | 56.25% |

La **Tabla 25**, detalla hallazgos de las deficiencias de la estructura establecidas para esta investigación que presentan las viviendas de albañilería confinada de sector Montegrande; en el numeral **4.1**, se detalla y analiza cada una de las deficiencias encontradas.

3. Factores influyentes en resultado final del estudio

En la **Tabla 26** se presenta un resumen de los hallazgos en la investigación, que incluye el grado de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas analizadas, así como los resultados de los indicadores de vulnerabilidad y peligro sísmico.

Tabla 26

Síntesis de resultados conseguidos para cada vivienda del sector Montegrande

| VIVIENDA | VULNERABILIDAD SÍSMICA | Densidad de muros | Calidad de M.O y materiales | Estabilidad de muros al volteo | PELIGRO SÍSMICO | Sismicidad | Suelo | Topografía y pendiente | RIESGO SÍSMICO |
|----------|------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|------------|------------------------|----------------|
| V - 1 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 2 | Baja | Adecuada | Buena | Estables | Bajo | Media | Rígido | Plana | Bajo |
| V - 3 | Baja | Adecuada | Regular | Estables | Bajo | Media | Rígido | Plana | Bajo |
| V - 4 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 5 | Baja | Adecuada | Regular | Estables | Medio | Media | Intermedio | Media | Medio |
| V - 6 | Media | Adecuada | Mala | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Medio |
| V - 7 | Media | Adecuada | Mala | Estables | Medio | Media | Intermedio | Pronunciada | Medio |
| V - 8 | Alta | Inadecuada | Mala | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 9 | Alta | Inadecuada | Mala | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 10 | Alta | Inadecuada | Mala | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 11 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 12 | Alta | Inadecuada | Mala | Estables | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 13 | Alta | Inadecuada | Buena | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 14 | Baja | Adecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Medio |
| V - 15 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Pronunciada | Alto |
| V - 16 | Baja | Adecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Medio |
| V - 17 | Media | Adecuada | Mala | Estables | Medio | Media | Intermedio | Plana | Medio |
| V - 18 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Flexible | Plana | Alto |
| V - 19 | Alta | Inadecuada | Mala | Estables | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 20 | Baja | Adecuada | Buena | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Medio |
| V - 21 | Baja | Adecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Flexible | Plana | Medio |
| V - 22 | Alta | Inadecuada | Regular | Estables | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 23 | Media | Adecuada | Mala | Estables | Medio | Media | Intermedio | Pronunciada | Medio |
| V - 24 | Media | Adecuada | Mala | Estables | Medio | Media | Flexible | Plana | Medio |
| V - 25 | Baja | Adecuada | Buena | Estables | Medio | Media | Intermedio | Plana | Medio |
| V - 26 | Alta | Inadecuada | Regular | Estables | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 27 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 28 | Baja | Adecuada | Regular | Estables | Medio | Media | Intermedio | Plana | Medio |
| V - 29 | Alta | Inadecuada | Mala | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 30 | Alta | Inadecuada | Mala | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |
| V - 31 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Plana | Alto |
| V - 32 | Alta | Inadecuada | Regular | Algunos | Medio | Media | Intermedio | Media | Alto |

A continuación, se detalla de manera independiente los resultados estadísticos obtenidos para los indicadores y las variables en estudio, cabe indicar que se desprende a partir de los datos de la **Tabla 26**.

A. Vulnerabilidad sísmica

Los detalles de la **Tabla 27** ilustran tanto en números como en porcentajes, la clasificación de las viviendas en Montegrande según su grado de vulnerabilidad.

Tabla 27

Viviendas con vulnerabilidad sísmica alta, media y baja del sector Montegrande

| VULNERABILIDAD SÍSMICA | N° DE VIVIENDAS | PORCENTAJE |
|-------------------------------|------------------------|-------------------|
| Alta | 18 | 56.25% |
| Media | 5 | 15.625% |
| Baja | 9 | 28.125% |
| Total | 32 | 100% |

Densidad de muros

Tabla 28

Viviendas con densidad de muros adecuada, aceptable e inadecuada del sector Montegrande.

| Densidad de muros | N° de viviendas | Porcentaje |
|--------------------------|------------------------|-------------------|
| Adecuada | 14 | 43.75% |
| Aceptable | 0 | 0.00% |
| Inadecuada | 18 | 56.25% |
| Total | 32 | 100% |

Según la **Tabla 28**, el 43.75% de las viviendas tienen una densidad de muros adecuada, mientras el 56.25% carece de ello, sin reportes de densidades aceptables.

Calidad de mano de obra y materiales

Tabla 29

Viviendas con buena, regular y mala calidad de MO y materiales del sector

Monte grande

| Calidad de M.O y materiales | Nº de viviendas | Porcentaje |
|-----------------------------|-----------------|-------------|
| Buena | 4 | 12.50% |
| Regular | 16 | 50.00% |
| Mala | 12 | 37.50% |
| Total | 32 | 100% |

La **Tabla 29** muestra que, de todas las viviendas, el 12.50% presenta excelente calidad de materiales y mano de obra, mientras que el 50% tiene una calidad regular en ambos. Por otro lado, el 37.50% de las viviendas tiene mala calidad tanto en materiales como en mano de obra.

Estabilidad muros al volteo

Tabla 30

Estabilidad muros al volteo de viviendas del sector Monte grande

| Estabilidad de muros al volteo | Nº de viviendas | Porcentaje |
|--------------------------------|-----------------|-------------|
| Todos inestables | 0 | 0% |
| Algunos estables | 19 | 59.375% |
| Todos estables | 13 | 40.625% |
| Total | 32 | 100% |

La información extraída de la **Tabla 30** indica una ausencia total de viviendas con inestabilidad de volteo en todos sus muros. El 59.375% de las casas poseen algunos muros estables al volteo, mientras que el 40.625% tienen todos sus muros estables al volteo.

B. Peligro sísmico

En **Tabla 31**. Se puede notar la cantidad y el porcentaje de viviendas del sector Montegrande por nivel de peligro sísmico

Tabla 31

Viviendas con peligro sísmico bajo, medio además de alto del sector Montegrande

| PELIGRO SÍSMICO | Nº DE VIVIENDAS | PORCENTAJE |
|-----------------|-----------------|-------------|
| Bajo | 2 | 6.25% |
| Medio | 30 | 93.75% |
| Alto | 0 | 0.00% |
| Total | 32 | 100% |

Sismicidad

Ubicada dentro de la Zona 2, Jaén está clasificada bajo un régimen de actividad sísmica de intensidad media, de acuerdo con las directrices establecidas por la Normativa Técnica E.030, parte integral del Reglamento Nacional de Edificación. Por lo tanto, se tomó en cuenta este nivel de sismicidad para la investigación.

Suelo

Tabla 32

Viviendas asentadas sobre suelo flexible, intermedio y rígido del sector Montegrande

| Suelo | Nº de viviendas | Porcentaje |
|--------------|-----------------|-------------|
| Flexible | 3 | 9.375% |
| Intermedio | 27 | 84.375% |
| Rígido | 2 | 6.25% |
| Total | 32 | 100% |

En la **Tabla 32**. se notar que el 9.375% de las viviendas se encuentran en un suelo flexible, el 84.375% se encuentra en un suelo intermedio y el 6.25% se encuentra en un suelo rígido.

Topografía y pendiente

Tabla 33

Viviendas asentadas sobre pendiente plana, media además de pronunciada del sector

Monte grande

| Topografía y pendiente | N° de viviendas | Porcentaje |
|------------------------|-----------------|-------------|
| Plana | 18 | 56.25% |
| Media | 11 | 34.375% |
| Pronunciada | 3 | 9.375% |
| Total | 32 | 100% |

En la **Tabla 33**, se indica que el 56.25% de las viviendas se encuentran en una pendiente plana, el 34.375% se ubica en una pendiente media y el 9.375% está situada en una pendiente pronunciada.

C. Riesgo sísmico

La **Tabla 34**. Muestra número y porcentaje de casas que tienen un riesgo sísmico alto, medio además de bajo. Donde el 56.25% de las viviendas presentan un nivel de riesgo sísmico clasificado como alto. Asimismo, el 37.50% de las viviendas tiene un nivel de riesgo sísmico medio, mientras que el 6.25% restante muestra un nivel de riesgo sísmico bajo.

Tabla 34

Riesgo sísmico en las viviendas de albañilería confinada del sector Monte grande

| RIESGO SÍSMICO | N° DE VIVIENDAS | PORCENTAJE |
|----------------|-----------------|----------------|
| Alto | 18 | 56.25% |
| Medio | 12 | 37.50% |
| Bajo | 2 | 6.25% |
| Total | 32 | 100.00% |

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

A continuación, se detalla el estudio además de interpretación de hallazgos en el procesamiento de información de viviendas analizadas.

1. Antecedentes

A. Dirección técnica en diseño.

De las 32 viviendas que fueron encuestadas, el 46.875% de ellas contaron con la ayuda de un profesional en su diseño. Dentro de este porcentaje, el 43.75% corresponde a viviendas que tienen menos de 5 años de antigüedad, mientras que el 3.125% tienen entre 5 y 10 años de antigüedad. Estos datos muestran que en los últimos años los propietarios están reconociendo la importancia de contar con asesoramiento profesional, no solo para lograr un diseño atractivo, sino también para asegurar la seguridad frente a sismos o terremotos, tal como algunos de ellos mencionaron.

Por otro lado, el 53.125% de las viviendas no recibieron ayuda de un experto en su diseño. Esto se debe a que los propietarios no contaban con los recursos necesarios para contratar a un profesional o simplemente desconocían la importancia de ello, como mencionaron los residentes de las viviendas más antiguas.

Tabla 35

Tipo se dirección técnica en diseño según antigüedad de viviendas

| Dirección tec. \ Antigüedad | Menor a 5 años | Entre 5 y 10 años | Entre 10 y 20 años | Mayor a 20 años | Total |
|-----------------------------|----------------|-------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| Profesional | 43.75% | 3.125% | 0% | 0% | 46.875% |
| Albañil | 6.25% | 0% | 15.625% | 3.125% | 25% |
| Propietario | 12.5% | 0% | 6.25% | 9.375% | 28.125% |
| Total | 62.50% | 3.125% | 21.875% | 12.5% | 100% |

Las viviendas que recibieron asesoría profesional de un arquitecto o ingeniero civil para su diseño son: **V-2, V-3, V-4, V-5, V-7, V-13, V-14, V-15, V-16, V-18, V-20, V-21, V-25, V-31 y V-32.**

B. Dirección técnica en la construcción

En el sector Montegrande, se observó que solo el 9.375% de las viviendas construidas con albañilería confinada recibieron asistencia técnica durante su etapa de construcción. Esto se debe a que los propietarios o sus familiares, que son expertos en el campo de la construcción, pudieron llevar a cabo el proceso por sí mismos. Para el 81.25% de las viviendas, los propietarios optaron por contratar a un albañil para supervisar la construcción, ya que consideraron que los planos elaborados por un profesional eran suficientes para llevar a cabo el proceso sin su intervención. Además, el 9.375% de las viviendas fueron construidas por los propietarios mismos, ya que tenían conocimientos del proceso debido a su trabajo en el sector de la construcción y no disponían de suficientes recursos económicos para contratar a un profesional.

Las viviendas que recibieron asesoría técnica de un profesional durante su construcción son: **V-2, V-7 y V-9**

Las viviendas que no fueron supervisadas por un profesional durante su construcción mostraron una serie de errores, como la colocación incorrecta de puntos de luz en viguetas, la intersección de tuberías de 4" con muros portantes y vigas, mala dosificación del concreto, entre otros. Estos problemas derivan de la ausencia de un profesional que asegure el cumplimiento de las normativas y garantice la seguridad y calidad de la construcción.

C. Antigüedad de viviendas

La antigüedad de las viviendas desempeña un papel crucial en su evaluación, ya que su estado de conservación está estrechamente vinculado al nivel de mantenimiento que

hayan recibido a lo largo del tiempo. Durante la inspección, se descubrió que algunas casas con más de 10 años de antigüedad presentan problemas de humedad en las paredes, corrosión en las estructuras de acero y humedad en los pisos aligerados. Es crucial mantener y conservar adecuadamente estas viviendas, ya que, si los problemas no se solucionan, podrían afectar negativamente su resistencia estructural en caso de un terremoto.

La investigación reveló que el 12.50% de las casas tienen más de 20 años de antigüedad, siendo las primeras construidas en el área de Montegrando. Todas estas viviendas fueron construidas por sus propietarios y presentan errores y deficiencias en su construcción. Además, se encontró que el 21.875% de las viviendas tenían entre 10 y 20 años de antigüedad, y estas estructuras ya muestran signos de deterioro debido a la falta de mantenimiento oportuno. Por otro lado, el 3.125% de las viviendas tenían entre 5 y 10 años, mostrando un estado de conservación óptimo, aunque en algunos casos ya es necesario realizar mantenimiento para prevenir el deterioro de los materiales. En contraste, el 62.50% de las casas no son mayor a 5 años de antigüedad y se encontraban en buen estado de conservación, pero también presentaban deficiencias en su construcción. El mantenimiento de las edificaciones es periódico y demanda de gasto económico, por lo que los propietarios no están dispuestos a asumir dicho costo.

2. Deficiencias en la estructura

A. Viviendas sobre relleno.

Se descubrió que el 15.625% de las viviendas analizadas se hallan edificadas sobre relleno natural. Este relleno es realizado con el fin de nivelar el terreno y asegurar que la parte trasera de la vivienda esté al mismo nivel que la fachada. Sin embargo, los propietarios han afirmado que estos rellenos se han llevado a cabo sin ningún tipo de control o criterio técnico, permitiendo que los desechos de otras construcciones sean

depositados en sus terrenos con el fin de evitar tener que realizar el relleno por ellos mismos. El problema con estas viviendas radica en que, al tener parte de su estructura sobre el relleno, experimentan asentamientos desiguales, lo que genera grietas en pisos, paredes y losas.

Las viviendas que presentan este problema de acuerdo a la muestra son: **V-7, V-10, V-15, V-23 y V-26.**

B. Vivienda en pendiente pronunciada

De las viviendas estudiadas se encontró que el 9.375% están ubicadas en pendiente pronunciada, estas viviendas están ubicadas en las calles perpendiculares a las calles Inmaculada concepción y Av. Oriente, el criterio para indicar la pendiente del terreno se ha tomado la clasificación por orografía que hace el Manual de carreteras DG 2018 donde pendiente plana es el terreno menor al 10% de pendiente, pendiente entre 11% y 50% es una pendiente media y pronunciada su pendiente es mayor al 51%, añadir además que las viviendas ubicadas en pendiente accidentada generan losas a gran desnivel con la del vecino.

Las viviendas construidas sobre pendientes pronunciadas tienen sus muros enterrados para resistir el empuje lateral del terreno. Sin embargo, en la encuesta se ha observado que ninguno de los muros fue diseñado para soportar este tipo de fuerza.

Las viviendas asentadas sobre pendiente pronunciada son: **V-7, V-15 y V-23.**

C. Viviendas con nivel freático superficial

Durante la inspección de las viviendas, se encontró que solo dos de ellas presentaban un nivel freático superficial. Este fenómeno se debe a que el suelo sobre el que están construidas es de tipo arcilloso, lo que provoca que retenga agua durante la temporada de lluvias, que fue precisamente cuando se llevó a cabo la encuesta. Según los propietarios, durante la construcción se pudo observar que el nivel freático se encuentra

a 0.50 metros de profundidad durante la época de verano. Este nivel freático superficial representa un problema para la estructura, ya que, si la cimentación no se ha tratado para repeler la humedad, esta puede generar corrosión en el acero y deterioro en el concreto, además de provocar humedad a los muros.

Las viviendas que tienen el problema de nivel freático superficial son: **V-21** y **V-24**.

D. Materiales deficientes

El 87.50% de las viviendas han sido construidas utilizando ladrillos KK sólidos artesanales en su primer piso. Sin embargo, la calidad de estos ladrillos artesanales, según lo observado en las encuestas, es baja, ya que todos presentan variación en sus dimensiones, color no uniforme indicando un diferente grado de cocción, salinidad, alabeo, entre otros. Esto implica que no garantizan una resistencia adecuada tanto a la compresión como al corte.

También se observó mala calidad en el concreto de algunas casas, especialmente en las columnas, donde se ha formado un concreto con aspecto de escamas y se desintegra fácilmente del elemento estructural. La principal causa de esto es una incorrecta dosificación de los materiales utilizados en la mezcla, pero también puede estar relacionada con las condiciones en las que se prepara la mezcla. Comúnmente, los albañiles fabrican pequeñas cantidades de concreto de forma manual en el suelo.

Las viviendas estudiadas casi en su totalidad presentan deficiencia en la calidad de los materiales a excepto de las viviendas: **V-2**, **V-7**, **V-25** y **V-27**.

E. Columna corta

Uno de los motivos principales de los daños en las casas durante los sismos es la presencia de columnas cortas, que se producen cuando se limita parcialmente el movimiento lateral de la columna. Este fenómeno es especialmente notable en las fachadas de las viviendas en Jaén, donde es habitual colocar una viga solera

aproximadamente a 0.50 m por debajo de la losa, creando una especie de ventana alta. Según los propietarios, esto se hace para proporcionar iluminación y ventilación a la vivienda. Se halló que el 59.375% de las viviendas muestran columnas cortas.

Las viviendas que presentan el problema de estructuración de columna corta son: **V-1, V-4, V-5, V-7, V-8, V-10, V-15, V-16, V-17, V-18, V-20, V-21, V-22, V-24, V-26, V-28, V-29, V-31 y V-32.**

F. Losas no monolíticas.

Se producen losas no monolíticas cuando la construcción de una vivienda no sigue una secuencia constructiva uniforme, es decir, cuando se construye en partes. Esto ocurre principalmente debido a la carencia de recursos económicos del propietario, ya que no pueden completar la estructura en su totalidad. Por lo tanto, optan por dejar expuesto el acero de las vigas y el techo para su posterior continuidad, lo que resulta en una junta fría en el diafragma rígido. Esta deficiencia fue encontrada en un 12.50% de las viviendas estudiadas.

Las viviendas que presentan este problema son: **V-1, V-3, V-21 y V-24.**

G. Insuficiencia junta sísmica y losa de techo a desnivel con la del vecino.

Según el análisis realizado, el 75% de las edificaciones estudiadas no cumple con la separación de junta sísmica. La junta sísmica consiste en espacios vacíos dejados entre las casas para permitir su movimiento libre. Es importante destacar que las viviendas sin construcciones cercanas se consideran que tienen junta sísmica.

Las viviendas que presentan insuficiente junta sísmica de acorde con la muestra son: **V-1, V-2, V-4, V-5, V-6, V-7, V-8, V-9, V-11, V-13, V-14, V-15, V-16, V-17, V-19, V-20, V-21, V-22, V-23, V-26, V-27, V-29, V-30 y V-31.**

Además, se ha observado en las viviendas estudiadas que en algunos casos en los que no hay junta sísmica entre ellas, se presenta el problema de un techo a desnivel con la

vivienda adyacente, lo que resulta en un golpeteo entre el muro y el techo durante un evento sísmico. Este desnivel en el techo se produce principalmente debido a las diferencias de nivel en el terreno. La investigación reveló que el 50% de las viviendas estudiadas presenta un desnivel en la losa del techo con respecto a la de su vecino.

Las viviendas con el problema de techo a desnivel con la del vecino son: **V-1, V-4, V-5, V-6, V-7, V-8, V-11, V-15, V-16, V-17, V-19, V-23, V-26, V-27, V-29 y V-30.**

H. Cercos no aislados de la estructura

Del total de casas se encontró que el 25% no aisló los cercos de la estructura de la vivienda, estos cercos son utilizados para delimitar su terreno que no está construido, estos por lo general son construidos en un solo bloque con la vivienda. Esta disposición puede generar un aumento en la carga sobre la estructura y provocar un desplazamiento del centro de masa, lo que incrementa la excentricidad en una dirección específica.

Las edificaciones que no aislaron sus cercos de la estructura principal son: **V-3, V-4, V-6, V-14, V-21, V-26, V-27 y V-30.**

I. Tabiquería no arriostrada

Del total de viviendas estudiadas el 78.125% de las viviendas tiene tabiques sin arriostrar, esto por lo general ocurre en muros de la fachada y los muros interiores de la vivienda; si bien la albañilería confinada se particulariza por hallarse confinada se caracteriza por estar confinada en sus cuatro lados por elementos de concreto armado, se ha encontrado que las viviendas no aíslan los tabiques de la estructura y no son arriostrados en sus 4 lados dejándolo flotantes generando una inestabilidad al volteo.

Las viviendas que presentan este problema de tabiquería no arriostrada de acorde con la muestra son: **V-1, V-3, V-4, V-5, V-6, V-8, V-9, V-10, V-11, V-13, V-15, V-16, V-18, V-19, V-21, V-22, V-23, V-25, V-27, V-28, V-29, V-30, V-31 y V-32.**

J. Reducción en planta.

La reducción en planta se genera por la diferencia de área techa entre pisos, esto produce excentricidades diversas para cada nivel elaborado, viviendas con esta problemática simbolizan el 9.375% de la totalidad de viviendas.

Las viviendas que presentan el problema de reducción en planta son: **V-1, V-6 y V-11.**

K. Muros Portantes de ladrillo pandereta.

En construcción mediante albañilería confinada, los muros y las columnas son responsables de transferir las cargas verticales a la cimentación. En consecuencia, es necesario que estos muros estén compuestos por unidades sólidas en lugar de ladrillos tubulares, ya que estos últimos son propensos a sufrir fallas frágiles y colapsar rápidamente después de presentar las primeras grietas. Se ha observado que el 28.125% de las viviendas analizadas tienen muros portantes de ladrillo pandereta, aunque este tipo de ladrillo se utiliza únicamente a partir del segundo piso. Los propietarios de estas viviendas consideran que el ladrillo alivia el peso de la estructura, sin embargo, desconocen el problema al que están exponiendo la estructura de sus hogares.

Las viviendas que presentan esta deficiencia estructural son: **V-1, V-4, V-6, V-8, V-9, V-10, V-13, V-22 y V-32.**

L. Unión muro y techo

De las viviendas analizadas, el 21.875% muestra tabiques y algunos muros que no están arriostrados en la parte superior, lo que ocasiona una falta de conexión entre el techo y el muro. Esta situación suele ocurrir cuando los albañiles quitan la última hilera de ladrillo para no cortar la madera del encofrado del techo perjudicando así la unión del concreto de la losa con el muro.

Las viviendas que presentan esta deficiencia son: **V-4, V-8, V-12, V-15, V-19, V-22 y V-26.**

M. Juntas frías

Las juntas frías son áreas vulnerables sin tratamiento que se forman cuando se interrumpe el suministro de la mezcla durante el vertido, lo que puede causar un impacto significativo en la funcionalidad de una estructura; las juntas frías detectadas en las viviendas estudiadas se dan en las columnas y losas aligeradas. Las viviendas con presencia de juntas frías representan el 34.375% del total de viviendas.

Las viviendas que evidencian el problema de juntas frías son: **V-1, V-3, V-4, V-5, V-8, V-16, V-18, V-22, V-24, V-28 y V-32.**

N. Armaduras expuestas

Del total de viviendas el 96.875% de las viviendas tienen sus armaduras exteriorizadas a la intemperie generando oxidación en el acero y con el tiempo el acero empieza a perder sección convirtiéndose en corrosión, la causa principal de la exposición de armaduras es la discontinuidad en la construcción de las plantas debido que el propietario deja el acero de columnas proyectando para los pisos superiores sin ninguna protección que prevenga la oxidación del acero.

Las viviendas estudiadas en su totalidad a excepto de la muestra **V-29** presentan la deficiencia de exposición a la interperie de armaduras.

O. Armaduras corroídas

La consecuencia de la exposición del acero genera la corrosión del mismo, pues al estar expuesto tanto tiempo a la intemperie hace que el acero empiece a perder su sección.

De las viviendas estudiadas se ha verificado que las cangrejas y el poco recubrimiento al acero en elementos estructurales de concreto armado son la principal causa que acero este corroído. Este problema lo presenta un 21.875% de las viviendas.

La deficiencia de armaduras corroídas en la estructura lo presentan las muestras: **V-8, V-10, V-11, V-12, V-19, V-23 y V-30.**

P. Eflorescencia

La eflorescencia se produce cuando las sales solubles se cristalizan y forman un polvo de color blanco, la aparición de un polvo de color blanco en los muros o en cualquier otro lado de la vivienda nos indica que existe eflorescencia. De las viviendas estudiadas se ha encontrado eflorescencia solamente en los muros, esto indica que las unidades de arcilla tienen sales en sus componentes y que al contacto con la humedad estas aparecen y se convierte en un problema dado que reduce en gran medida la resistencia de las unidades de albañilería. De las viviendas estudiadas se halló que el 21.875% presenta eflorescencia en los muros.

Estas viviendas con problema de eflorescencia son: **V-4, V-17, V-21, V-23, V-26, V-27 y V-32.**

Q. Humedad en muros

La problemática de humedad de muros además de techo se ha identificado que se dan por dos razones una es la filtración de tuberías de las instalaciones sanitarias a lo largo de su recorrido o por el acumulamiento de agua de lluvias en la losa de los techos, pues a veces no se prevé la evacuación de aguas pluviales obviando que esto puede convertirse en un factor degradante para la vivienda. Este problema se presenta en un 37.50% de las viviendas.

Las viviendas que presentan el problema de humedad son: **V-6, V-7, V-9, V-10, V-11, V-17, V-21, V-23, V-24, V-26, V-29 y V-32.**

R. Muros agrietados

El motivo del agrietamiento de muros se da por falta de arrostramiento en los ductos de ventanas y puertas, también se da por la mala calidad en los materiales o por asentamientos diferenciados en la cimentación; lo que definitivamente lleva a una falla

por corte en muros. Solamente el 25% de las viviendas estudiadas presentaron este problema.

Las viviendas con problemas de muros agrietados son: **V-1, V-6, V-10, V-12, V-15, V-16, V-21 y V-26.**

S. Mano de obra

Del total de viviendas el 12.50% tiene calidad de mano de obra apropiada, 56.25% regular además de 31.25% mala calidad de mano de obra. Las edificaciones casi en su totalidad han sido construidas bajo la dirección técnica de un albañil, que no tienen los criterios técnicos para garantizar un trabajo de calidad, se encontró muros con juntas superiores a 2 cm, columnas con cangrejeras, juntas desalineadas en los muros y también muros no muy bien aplomados. Los criterios para evaluar mano de obra se especifican en la ficha de encuesta.

Las casas que han sido construidas con mala calidad de mano de obra son: **V-6, V-7, V-8, V-9, V-10, V-12, V-19, V-23, V-29 y V-30.**

3. Factores influyentes en resultado

A. Vulnerabilidad sísmica

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica está relacionada con la capacidad de una estructura para resistir un terremoto. En nuestro análisis de las viviendas construidas con el sistema de albañilería confinada en Montegrande, hemos examinado factores como la densidad de muros, la calidad de la mano de obra y los materiales utilizados, así como la estabilidad de los muros frente al vuelco.

Como se muestra en la **Tabla 28.** El 43.75% de viviendas tienen una densidad de muros adecuada, la satisfacción del área de muros existentes en algunas viviendas se debe a la poca área construida y al peso reducido que tiene la estructura. En gran parte de estas situaciones la densidad de muros está cubierta por el área de los muros

perimetrales, sin embargo, si estas estructuras empiezan a crecer en altura, la vivienda no va a satisfacer la densidad de muros requerida esto porque a mayor peso se requiere más área de muros para contrarrestar la fuerza cortante en la base y prevenir el efecto de piso blando y posibles colapsos frente a fuerzas sísmicas. Por otro lado, el 56.25% de las viviendas presentan una densidad de muros inadecuada. Esta deficiencia se debe a una configuración que no satisface el área mínima de muros requerida en ambas direcciones. Además, la falta de refuerzo adecuado en los muros interiores los convierte en tabiques, lo que resulta en una respuesta sísmica deficiente en la dirección "X".

En lo que respecta a la calidad de mano de obra además de materiales en la Según la **Tabla 29**, el 12.50% de las viviendas exhiben una buena calidad en la mano de obra y los materiales utilizados. Este bajo porcentaje se atribuye a la falta de intervención profesional durante la construcción de viviendas comunes y la escasa capacidad que hay en la mano de obra para asegurar una edificación de calidad; por otro lado, el 50% de las viviendas muestran una calidad regular en la mano de obra y los materiales, estas presentan menos problemas en su construcción y aparentan haber sido construidas por albañiles con experiencia. En contraste, el 37.50% de las viviendas presentan una baja calidad en la mano de obra y los materiales. Estas edificaciones muestran errores de mano de obra como cangrejas en elementos estructurales, segregación del concreto, concreto de mala calidad, así como el uso de unidades de arcilla artesanal conocidas por su baja resistencia. En cuanto a calidad de materiales en su mayoría las casas están construidas con unidades de arcilla artesanal lo cual son conocidos por la baja resistencia que tienen ya que son hechos con materiales inadecuados y sin ningún control de calidad además el uso de estos depende de la economía de los propietarios, a menos recursos económicos menos son sus posibilidades de asegurar una construcción con materiales de buena calidad.

La estabilidad de los muros al volteo, como se presenta en la **Tabla 30**, dio como resultado que el 59.375% de viviendas poseen algunos muros estables al volteo pues los muros estables son los que cuentan con adecuado arriostramiento y otros porque sus longitudes no son muy grandes y están arriostrados al menos 3 lados lo que asegura su estabilidad, los muros inestables son los que tienen grandes longitudes y no fueron arriostrados lo suficiente para asegurar su estabilidad o también porque la vivienda tienen parapetos no arriostrados que son susceptibles a fallar ante un movimiento sísmico. El 40.625% de viviendas tiene a sus muros con estabilidad al volteo, esto porque algunas viviendas si fueron diseñadas y construidas de forma adecuada a la funcionabilidad de una estructura de albañilería confinada y otras porque su área construida es pequeña y tienen pocos tabiques y son de longitudes pequeñas.

Al combinar los indicadores mencionados para evaluar la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de albañilería en el área de Montegrande, se concluye que el 56.25% de las viviendas presentan un alto nivel de vulnerabilidad. Esto se debe principalmente a la inadecuada densidad de muros en uno de sus ejes.

B. Peligro sísmico.

El concepto de "peligro sísmico" se refiere a la probabilidad de que se produzca un terremoto significativo en una ubicación y momento específicos. En este estudio, la evaluación de este peligro considera tres factores principales: la sismicidad de la zona, el tipo de suelo y la topografía donde están situadas las viviendas.

Según lo establecido en la norma E.030, la ciudad de Jaén se encuentra clasificada dentro de la zona sísmica 2. Por lo tanto, se ha tomado en consideración una sismicidad media para la evaluación de las viviendas del sector Montegrande.

En relación al tipo de suelo, se determinó que el 84.375% de las viviendas se ubican en terreno de suelo intermedio, caracterizado como arena-arcillosa. Además, se

identificaron viviendas sobre suelo rígido y flexible en 6.25% y 9.375% respectivamente, para el suelo rígido según refieren los propietarios se encontró suelo arcilloso con presencia de grava muy compacto que era muy complicado la excavación para las cimentaciones por la dureza del suelo, también se observó que hay viviendas sobre suelo de arcilla expansiva.

Por otro lado, en cuanto a la topografía de la localización de viviendas solamente 9.375% de viviendas están sobre una pendiente pronunciada, donde se tuvo que hacer relleno para nivelar el terreno o la cimentación se realizó a desnivel; en las viviendas con pendiente media los propietarios indican que tuvieron que hacer nivelaciones de hasta 2m de altura, esto genera que los muros perimetrales que limitan con el talud de excavación estén sujetos a empujes laterales del suelo. Las viviendas asentadas sobre pendiente plana representan el 56.25% de las viviendas.

Según lo expuesto anteriormente y siguiendo el enfoque metodológico del estudio, se determinó que, como se ilustra en la **Tabla 31**, el peligro sísmico bajo está presente en solo el 6.25% de las viviendas, mientras que el 93.75% tiene un nivel medio de riesgo sísmico. Las viviendas con nivel bajo de riesgo sísmico son aquellas que se encuentran ubicadas en suelos rígidos y en pendientes planas a medias. Por otro lado, el riesgo medio se presenta en viviendas ubicadas en suelos intermedios y en pendientes que van desde planas hasta pronunciadas. Sin dejar de mencionar la sismicidad que se presenta en la zona que es de un nivel medio.

C. Riesgo sísmico.

Después de analizar los niveles de vulnerabilidad y peligro sísmico para las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrando, según se indica en la Tabla 34, se observa que el 56.25% de las viviendas enfrentan un alto riesgo sísmico. Esto implica la posibilidad de sufrir daños significativos e incluso colapsos en caso de un

sismo poco común. Por otro lado, el 37.50% de las viviendas muestran un riesgo sísmico medio, lo que sugiere la probabilidad de experimentar daños importantes en su estructura. Tan solo un 6.25% de las viviendas presentan un riesgo sísmico bajo, lo que indica que los daños en caso de un terremoto serían menos severos.

4.2. Discusión de resultados

Es importante considerar múltiples aspectos al analizar la vulnerabilidad sísmica, ya que esto puede variar significativamente entre distintas viviendas. En el estudio realizado en las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén, se descubrió que el 56.25% de estas viviendas muestran un alto nivel de vulnerabilidad ante los sismos. Por otro lado, García (2022) identificó que el 30% de las viviendas autoconstruidas en el barrio Yanama de Huancayo tienen una vulnerabilidad alta, mientras que Montenegro (2020) encontró que el 16.50% y el 11.34% de las viviendas en el sector El Milagro en Moyobamba tienen un nivel alto y muy alto de vulnerabilidad, respectivamente.

La discrepancia en los resultados con García (2022) se debe principalmente a la densidad de los muros, dado que se observó una densidad adecuada en el 55% de las viviendas evaluadas, mientras que en el sector Montegrande solo se identificó en el 43.75% de las edificaciones. Por otro lado, existe una diferencia en los resultados con Montenegro (2020) debido al uso de un método de evaluación de índice de vulnerabilidad descriptiva, en contraposición a este estudio que se basa en la capacidad de respuesta sísmica de las viviendas.

Sin embargo, los resultados concuerdan con Pérez y Oblitas (2020), quienes encontraron una vulnerabilidad alta en el 60% de las viviendas del sector El Huito en la ciudad de Jaén. Esto se debe a que emplearon la misma metodología de evaluación de vulnerabilidad y las viviendas evaluadas se encuentran en la misma ciudad y tienen características similares. La **Tabla 36**. muestra los resultados obtenidos en las investigaciones.

Tabla 36

Calificación de la vulnerabilidad sísmica conformr a estudios efectuados.

| Niveles | VULNERABILIDAD SÍSMICA | | | |
|--------------|------------------------|------------|-----------------|---------|
| | García | Montenegro | Pérez y Oblitas | Vega |
| Alta | 30% | 27.84% | 60% | 56.25% |
| Media | 20% | 68.04% | 40% | 15.625% |
| Baja | 50% | 4.12% | 0% | 28.125% |

La información presentada en la **Tabla 37** indica los niveles de riesgo sísmico que enfrentan las viviendas según investigaciones anteriores.

Al comparar los resultados del riesgo sísmico con investigaciones previas, se observó que García (2022) encontró un peligro sísmico medio en el 70% de las construcciones en el barrio Yanama de Huancayo. Del mismo modo, Pérez y Oblitas (2020) concluyeron que las viviendas en el sector El Huito tenían un peligro sísmico medio. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de nuestro estudio, donde determinamos que el 93.75% de las viviendas mostraron un nivel medio de riesgo sísmico. Esto se debe a los parámetros considerados para evaluar el riesgo sísmico, como la sismicidad local y el tipo de suelo. Aunque García investigó en la zona sísmica 3, las viviendas estaban en terrenos con suelo intermedio y pendiente plana, lo que implicó un peligro sísmico medio. Por otro lado, Montenegro (2020) determinó un alto peligro sísmico en el barrio El Milagro en Moyobamba mediante un análisis probabilístico. Esta discrepancia en los resultados se debe a la ubicación de la zona sísmica, ya que el estudio de Montenegro se llevó a cabo en una región con alta sismicidad (Zona 3), y la evaluación se centró únicamente en la sismicidad de la zona.

Tabla 37*Calificación de peligro sísmico conforme a estudios efectuados*

| Niveles | PELIGRO SÍSMICO | | | |
|--------------|-----------------|------------|-----------------|--------|
| | García | Montenegro | Pérez y Oblitas | Vega |
| Alta | 30% | 100% | 0% | 6.25% |
| Media | 70% | 0% | 100% | 93.75% |
| Baja | 0% | 0% | 0% | 0% |

Finalmente, la **Tabla 38.** se muestra niveles de riesgo sísmico de estudios previos efectuados. Donde García obtuvo un riesgo sísmico medio en el 60% para viviendas del barrio Yanama del distrito de Huancayo, mientras que Montenegro determinó un riesgo sísmico medio del 72.16% en viviendas del sector El Milagro-Moyobamba Y por otro lado Pérez y Oblitas encontraron que el 60% de las viviendas evaluadas en el sector El Huito de la ciudad de Jaén presentaba un alto riesgo sísmico. Contrastando los resultados obtenidos con los que obtuvieron Gracia y Montenegro, llegamos a la conclusión que esta diferencia de debe al nivel de vulnerabilidad hallada en viviendas, y la similitud de resultados con Pérez y Oblitas se debe a la similar de metodología utilizada y el nivel de vulnerabilidad hallada. Las diferencias encontradas en las investigaciones mostradas nos indica que se debe seguir investigando el riesgo sísmico en otras zonas a fin de determinar con exactitud el peligro para cada zona y tomar medidas de prevención.

Tabla 38*Calificación del riesgo sísmico conforme a estudios efectuados*

| Niveles | RIESGO SÍSMICO | | | |
|--------------|----------------|------------|-----------------|--------|
| | García | Montenegro | Pérez y Oblitas | Vega |
| Alta | 40% | 27.84% | 60% | 56.25% |
| Media | 60% | 72.16% | 40% | 37.50% |
| Baja | 0% | 0% | 0% | 6.25% |

4.3. Contraste de la hipótesis

Basándonos en los resultados de la investigación llevada a cabo, podemos concluir que las viviendas erigidas mediante el método de albañilería confinada en el área de Montegrande exhiben un nivel significativo de riesgo sísmico, llegando al 56.25% como se especifica en la **Tabla 34**. Estos descubrimientos respaldan y validan la hipótesis inicial propuesta.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que el nivel de riesgo sísmico que presentan las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén es alto.
- Se determino que las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande de la ciudad de Jaén se encuentran expuestas a un peligro sísmico de nivel medio en un 93.75% y a un nivel de peligro sísmico bajo en un 6.25%.
- Se determinó que en las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande existe un nivel de vulnerabilidad sísmica alta en el 56.25% de las viviendas, vulnerabilidad sísmica media en el 15.625% de las viviendas y vulnerabilidad sísmica baja en el 28.125% de las viviendas.
- Los errores constructivos y estructurales más comunes identificados en las viviendas de albañilería confinada en el sector Montegrande y que hacen vulnerables a las edificaciones son: Uso de materiales deficientes, columna corta, insuficiencia de junta sísmica, losa de techo a desnivel con la del vecino, tabiquería no arriostrada y armaduras expuestas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la calidad de los materiales en las viviendas de albañilería confinada.
- Se recomienda utilizar herramientas de software de modelado sísmico para simular posibles escenarios de sismos en la zona de investigación y evaluar cómo responden las viviendas construidas con albañilería confinada ante estos eventos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilés Gutiérrez, CA. (2022). *Características del comportamiento sísmico de muros de albañilería confinada con unidades huecas en el Perú*. Tesis de título profesional. Lima, Perú. Pontificia universidad católica del Perú. 121p.
- Bermeo Triguero, IS, y Hualpa Muños, JW. (2021). *Evaluación del riesgo sísmico del sector 15 de setiembre ubicado en la planicie aluvial del río Manta, ciudad de Manta*. Tesis de maestría. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 167p.
- Cisneros Mantilla, CA. (2020). *Análisis de riesgo sísmico de viviendas aporticadas de hormigón armado con mampostería de relleno, bajo el marco de NEC-VIVIENDA 2015, ubicados en Tabacundo urbano. Propuesta de reforzamiento de los elementos estructurales y no estructurales del caso más vulnerable*. Tesis de título profesional. Sangolquí, Ecuador. Universidad de las fuerzas armadas ESPE. 310p
- Cosinga Congacha, AC. (2019). *Evaluación del riesgo y desempeño sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Chaclacayo de la región Lima en el año 2018*. Tesis de título profesional. Lima. Perú. Universidad peruana unión. 355 p.
- García Fernández, ME. (2022). *Riesgo sísmico de las viviendas autoconstruidas en el barrio Yanama del distrito de Huancayo*. Tesis de maestría. Huancayo, Perú. Universidad nacional del centro del Perú. 199p.
- INDECI (Instituto Nacional de defensa civil). (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén*. Programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD). Lima, Perú. 259p.
- INDECI (Instituto Nacional de defensa civil). (2006). *Manual básico para la estimación de riesgos*. Dirección nacional de prevención. Lima Perú. 73 p.

- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS). (2006a). *Norma técnica E.070 Albañilería*. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS). (2006b). *Norma técnica E.020 Cargas*. Lima, Perú. Tesis. Ing. Civil. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS). (2018). *Norma técnica E.030 Diseño sismorresistente*. Lima, Perú.
- Montenegro Gómez, FK. (2022). *Riesgo sísmico en edificaciones de albañilería en el sector El Milagro-Moyobamba, 2020*. Tesis de título profesional. Chachapoyas, Perú. Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 151p.
- Mosqueira Moreno, MA. y Tarque Ruiz, SN. (2005). *Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de albañilería confinada de la costa peruana*. Tesis de maestría. Lima, Perú. Pontificia universidad católica del Perú. 142 p.
- Pérez Chilcón, CR. y Oblitas Neyra, JA. (2020). *Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del sector el Huito de la ciudad de Jaén*. Tesis de título profesional. Jaén, Perú. Universidad nacional de Jaén. 209 p.
- Ramos Bernabé, LD. y Rodríguez Carhuaz, LA. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño de reforzamiento estructural implementando disipadores de fluido viscoso en la vivienda multifamiliar de 8 niveles, Santiago de Surco*. Tesis de grado. Lima, Perú. Universidad Ricardo palma. 196p.
- Ramos Rivera, RM. (2020). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el sector pueblo libre en la ciudad de Jaén, Cajamarca – 2020*. Tesis de título profesional. Jaén, Perú. Universidad nacional de Jaén. 162p

- Salazar Huamán, EG. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Jesús*. Tesis de maestría. Cajamarca Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 126 p.
- San Bartolomé, A.; Quiun, D. y silva, W. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistente de albañilería*. Fondo editorial Pontificia universidad católica del Perú. 2da edición. 344p.
- Sempertegui delgado, CJ. (2019). *Vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones de albañilería con ladrillo artesanal de la urbanización guayacán de la ciudad de jaén – Cajamarca*. Tesis de título profesional. Jaén, Perú. Universidad nacional de Cajamarca. 188 p.
- Silva Gonzales, GF. (2017). *Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada de la urbanización las almendras de la ciudad de Jaén*. Tesis de título profesional. Jaén, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 342 p.
- Tavera, H. (2020). *Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú*. Informe técnico N° 004-2020/IGP. 66p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Fotografías de las deficiencias encontradas durante la inspección a las viviendas del sector Montegrande

Fotografía 1. Edificación construida sobre relleno, muestra V-23.



Fotografía 2. Vivienda con nivel freático superficial, muestra V - 24.



Fotografía 3. Baja calidad en las unidades de albañilería, muestra V-19.



Fotografía 4. Mala calidad en el concreto, muestra V-24.



Fotografía 5. Columnas cortas en fachada de vivienda, muestra V-26.



Fotografía 6. Losas no monolíticas, muestra V-1 y V-3.



Fotografía 7. Casas sin junta sísmica además losa de techo a desnivel con la del vecino, muestra V-1 y V-4.



Fotografía 8. Tabiquería no arriostrada, muestra V-1.



Fotografía 9. Vivienda con reducción en planta, muestra V-1.



Fotografía 10. Vivienda con muros portantes de ladrillo pandereta, muestra V-13.



Fotografía 11. Se evidencia la nula conexión entre muro y techo, muestra V-4.



Fotografía 12. Presencia de juntas frías en elementos de concreto armado, muestra V-5.



Fotografía 13. Armaduras expuestas en vivienda, muestra V-27.



Fotografía 14. Armaduras corroídas en viga de vivienda, muestra V-11.



Fotografía 15. Eflorescencia en muros, muestras V-17 y V-23.



Fotografía 16. Humedad en muros y techo, muestras V-23 y V-32.



Fotografía 17. Muro agrietado, muestra V-12.



Fotografía 18. Vivienda con mala calidad de mano de obra, muestra V-7.

Apéndice 2. Cuadro de resumen de los antecedentes de las 32 viviendas estudiadas.

| ANTECEDENTES | | MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|---|--|
| | | V - 1 | V - 2 | V - 3 | V - 4 | V - 5 | V - 6 | V - 7 | V - 8 | V - 9 | V - 10 | V - 11 | V - 12 | V - 13 | V - 14 | V - 15 | V - 16 | V - 17 | V - 18 | V - 19 | V - 20 | V - 21 | V - 22 | V - 23 | V - 24 | V - 25 | V - 26 | V - 27 | V - 28 | V - 29 | V - 30 | V - 31 | V - 32 | | | | |
| Dirección técnica en el diseño | Albañil | x | | | | | | | | | x | x | | | | | | x | | | | | x | x | | | | | | x | x | | | | | | |
| | Profesional | | x | x | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | x | | | x | x | | | | | x | | | | | | x | x | | | |
| | Propietario | | | | | | x | | x | x | | | x | | | | | | x | | | | | | x | | | x | x | | | | x | | | | |
| Dirección técnica en la construcción | Albañil | x | | x | x | x | | | x | | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | | | | |
| | Profesional | | x | | | | | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Propietario | | | | | | x | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| Pisos construidos | 1 | | x | x | | x | | x | | | | | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| | 2 | x | | | | x | | | x | x | x | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| Pisos proyectados | 2 | | | | | | x | x | | | | | x | | | | | | | x | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | | x | x | | | | x | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | |
| | 4 | | x | | | x | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | | | x | | | | | | | x | | |
| | 5 | | | | | | x | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| | Mas de 5 | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Antigüedad de la vivienda | Mayor a 20 años | | | | | | x | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Entre 10 y 20 años | x | | | | | | | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Entre 5 y 10 años | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Menor a 5 años | | x | | | x | x | | x | | x | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | x | x | x | x | | | | | x | x | |

Apéndice 3. Cuadro de resumen de las deficiencias en la estructura de las viviendas estudiadas.

| DEFICIENCIAS DE LA ESTRUCTURA | MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| | V - 1 | V - 2 | V - 3 | V - 4 | V - 5 | V - 6 | V - 7 | V - 8 | V - 9 | V - 10 | V - 11 | V - 12 | V - 13 | V - 14 | V - 15 | V - 16 | V - 17 | V - 18 | V - 19 | V - 20 | V - 21 | V - 22 | V - 23 | V - 24 | V - 25 | V - 26 | V - 27 | V - 28 | V - 29 | V - 30 | V - 31 | V - 32 | |
| Problemas de ubicación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vivienda sobre relleno natural | | | | | | | x | | | x | | | | | x | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | |
| Vivienda en quebrada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vivienda en pendiente pronunciada | | | | | | | x | | | | | | | | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |
| Vivienda con nivel freático superficial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | | |
| Materiales deficientes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Materiales deficientes | x | | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | | x | x | x | x | x | |
| Estructuración | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Columna corta | x | | | x | x | | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | x | x | x | | x | | x | | x | x | | x | x | |
| Losas no monolíticas | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | |
| Insuficiencia junta sísmica | x | x | | x | x | x | x | x | x | | x | | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | | | x | x | | x | x | x | | |
| Losa de techo a desnivel con la del vecino | x | | | x | x | x | x | x | | | x | | | | x | x | x | | x | | | | x | | | x | x | | x | x | | | |
| Cercos no aislados de la estructura | | | x | x | | x | | | | | | | | x | | | | | | | x | | | | | x | x | | | | x | | |
| Tabiquería no arriostrada | x | | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | | | x | x | | x | x | | x | x | x | | x | | x | x | x | x | x | x | |
| Reducción en planta | x | | | | | x | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muros portantes de ladrillo pandereta | x | | | x | | x | | x | x | x | | | x | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | x |
| Unión Muro y techo | | | | x | | | | x | | | | x | | | x | | | | x | | | x | | | | | x | | | | | | |
| Juntas frías | x | | x | x | x | | | x | | | | | | | | x | | x | | | | | x | | x | | | | | x | | | x |
| Factores degradantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Armaduras expuestas | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Armaduras corroídas | | | | | | | | x | | x | x | x | | | | | | | x | | | | | x | | | | | | | | x | |
| Eflorescencia | | | | x | | | | | | | | | | | | | | x | | | | x | | x | | | | x | x | | | | x |
| Humedad en muros | | | | | | x | x | | x | x | x | | | | | | | | | | x | | x | x | | | x | | | | x | | x |
| Muros agrietados | x | | | | | x | | | | x | | x | | | x | x | | | | | | x | | | | | x | | | | | | |
| Mano de obra | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Buena | | x | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | |
| Mala | | | | | | x | x | x | x | x | | x | | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | x | x | |
| Regular | x | | x | x | x | | | | | | x | | | x | x | x | x | x | | | | x | x | | x | | x | x | x | | | x | x |

ANEXOS

Anexo 1. Reporte de la estación acelerográfica UNI-CIP-SENSICO, 2020.

Aceleraciones máximas registrados por la estación acelerográfica de la Universidad Nacional de Jaén (Red Acelerográfica UNI-CIP-SENSICO, 2020), desde el 30 de enero del 2017 hasta el 07 de junio del 2020.

| Nombre Estación | Año | Fecha | Latitud sur | Latitud oeste | Hora local | Región | Provincia | Magnitud | Hipocentro | Intensidad | Aceleraciones máximas Est. UNJ (cm/seg ²) |
|-----------------|------|------------|-------------|---------------|------------|------------|---------------|----------|------------|------------|---|
| UNJ | 2017 | 05/06/2017 | -4.17 | -80.16 | 06:34:09 | Piura | Máncora | 6.20 | 18 | IV-V | 2.370 |
| UNJ | 2018 | 06/09/2018 | -2.17 | -78.82 | 21:12:03 | Tumbes | Zarumilla | 6.40 | 80 | III-IV | 2.43 |
| UNJ | 2019 | 04/02/2019 | -2.47 | -80.11 | 12:45:45 | Tumbes | Zarumilla | 5.90 | 73 | III | 1.41 |
| UNJ | 2018 | 23/10/2018 | -5.75 | -78.75 | 23:16:35 | Cajamarca | Jaén | 3.50 | 37 | II | 0.9 |
| UNJ | 2019 | 18/01/2019 | -3.17 | -76.93 | 16:26:58 | Loreto | Alto amazonas | 5.80 | 111 | III | 1.59 |
| UNJ | 2019 | 10/08/2019 | -5.75 | -78.75 | 08:32:14 | Cajamarca | Jaén | 4.10 | 28 | II | 19.98 |
| UNJ | 2019 | 17/04/2019 | -4.2 | -77.89 | 10:01:00 | Amazonas | Condorcanqui | 5.50 | 85 | III | 51.68 |
| UNJ | 2019 | 22/02/2019 | -2 | -77.19 | 05:17:18 | Loreto | Alto Amazonas | 7.70 | 113 | IV-V | 21.69 |
| UNJ | 2019 | 06/03/2019 | -6.4 | -79.45 | 23:05:05 | Lambayeque | Ferreñafe | 5.40 | 18 | III-IV | 1.5 |
| UNJ | 2019 | 26/05/2019 | -5.74 | -75.55 | 02:41:12 | Loreto | Alto amazonas | 8.00 | 135 | VI-VII | 32.6 |
| UNJ | 2020 | 13/04/2020 | -5.31 | -78.49 | 05:07:23 | Amazonas | Bagua | 4.10 | 42 | II | 3.06 |
| UNJ | 2020 | 07/06/2020 | -4.34 | -77.39 | 05:31:18 | Amazonas | Condorcanqui | 5.90 | 126 | III-IV | 1.24 |

Fuente: Caballero y Mayhuire, 2021