

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS DE
ALBAÑILERIA CONFINADA UBICADAS EN EL SECTOR
PUEBLO LIBRE EN LA CIUDAD DE JAÉN, CAJAMARCA-
2020”**

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

Autor : Bach. Ronaldo Michael Ramos Rivera

Asesor : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón

JAÉN - PERÚ, MAYO, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de junio del año 2020, siendo las 16:01 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Marco Antonio Aguirre Camacho

Secretario: M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Vocal: Mg. Christiaan Zayed Apaza Panca

() Trabajo de Investigación

(**X**) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA UBICADAS EN EL SECTOR PUEBLO LIBRE EN LA CIUDAD DE JAÉN, CAJAMARCA- 2020

presentado por el Bachiller: **Ronaldo Michael Ramos Rivera**

de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	()
c) Bueno	14, 15	(15)
d) Regular	13	()
e) Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 17:12 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

M. Sc. Ing. Marcos A. Gonzales Santisteban

Secretario

Vocal

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Situación problemática	17
1.2. Justificación	18
1.3. Antecedentes.....	18
1.4. Bases teóricas	20
1.4.1. Los sismos	20
1.4.2. Acción de los sismos sobre las viviendas	21
1.4.2.1. Esfuerzos de los muros durante un sismo	21
1.4.2.2. Efectos de los Sismos en las Viviendas.	22
1.4.3. Características de una vivienda sismorresistente	23
1.4.4. Definición de términos	28
1.4.4.1. Albañilería confinada	28
1.4.4.2. Unidad de albañilería de arcilla.....	28
1.4.4.3. Espesor de las juntas.	30
1.4.4.4. Tabiquería.....	31
1.4.5. Aspectos Que Afectan La Vulnerabilidad Sísmica.	31
I.4.5.1. Aspectos Geométricos	31
I.4.5.2. Aspectos Constructivos.....	37
I.4.5.3. Aspectos Estructurales	38
1.4.6. Sismicidad en Perú	42
1.4.2.1. Sismicidad en Jaén	42
1.4.7. Vulnerabilidad sísmica.....	42
1.4.8. Peligro Sísmico.	44
1.4.9. Riesgo Sísmico.....	44

II.	OBJETIVOS	45
2.1.	General.....	45
2.2.	Específicos.....	45
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1.	Población y muestra	46
3.2.1.	Población.....	46
3.2.2.	Muestra.....	46
3.2.	Tipo de investigación	47
3.3.	Línea de investigación	47
3.4.	Fuentes de información	48
3.5.	Ubicación geográfica.....	48
3.6.	Hipótesis	53
3.7.	Variables.....	53
3.7.1.	Variables dependientes.....	53
3.7.2.	Variables independientes.....	53
3.8.	Método.....	53
3.8.1.	Descripción de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad	54
3.9.	Técnicas	69
3.10.	Procedimiento de recolección de datos	69
3.10.1.	Etapa N°01. Elaboración de planos de lotes del sector en estudio.....	69
3.10.2.	Etapa N°02: Identificación de las viviendas de albañilería en el sector en estudio.....	69
3.10.3.	Etapa N°03: Elaboración de guías de evaluación	70
3.10.4.	Etapa N°04: Toma de datos de cada vivienda a evaluar	70
3.10.5.	Etapa N°05: Vaciado de datos.....	71
3.10.6.	Etapa N°06: Análisis de datos.....	72
IV.	RESULTADOS	73

4.1. Evaluación de una vivienda de albañilería por el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti – Petrini	73
4.2. RESULTADOS DE LOS 11 PARAMETROS DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA EVALUADAS.....	84
V. DISCUSIÓN	108
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
6.1. Conclusiones.....	111
6.2. Recomendaciones	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
AGRADECIMIENTO	117
DEDICATORIA.....	118
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resistencias características de la albañilería.	29
Tabla 2. Escala de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini para edificaciones de albañilería confinada.	55
Tabla 3. Interpolación lineal para el método de índices de vulnerabilidad	55
Tabla 4. Rangos de Índices de Vulnerabilidad.	56
Tabla 5. Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería de edificios históricos.....	58
Tabla 6. Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paneles de mampostería (Yépez, 1996).	59
Tabla 7. Diafragmas tipo, utilizado para el cálculo de coeficiente.....	60
Tabla 8. Área de muros resistentes en X	75
Tabla 9. Área de muros resistentes en Y	75
Tabla 10. Evaluación índice de vulnerabilidad Benedetti - Petrini para lote 4 de manzana 15.	83
Tabla 11. Nivel de vulnerabilidad para vivienda de manzana 25 y lote 4.....	84
Tabla 12. Datos para el cálculo, de la muestra de estudio.....	85
Tabla 13. Calculo de valores de cada variable y tamaño de la muestra.	85
Tabla 14. Distribución de Edificaciones por tipología.	86
Tabla 15. Resultados del parámetro 1 para las edificaciones de albañilería.	89
Tabla 16. Resultados del parámetro 2 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	90
Tabla 17. Resultados del parámetro 3 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	92
Tabla 18. Resultados del parámetro 4 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	93
Tabla 19. Resultados del parámetro 5 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	95
Tabla 20. Resultados del parámetro 6 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	96
Tabla 21. Resultados del parámetro 7 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	98
Tabla 22. Resultados del parámetro 8 para las edificaciones evaluadas de albañilería.....	99
Tabla 23. Resultados del parámetro 9 para las edificaciones evaluadas de albañilería....	100
Tabla 24. Resultados del parámetro 10 para las edificaciones evaluadas de albañilería.	101
Tabla 25. Resultados del parámetro 11 para las edificaciones evaluadas de albañilería.	103
Tabla 26. Resultados de los rangos de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería.....	106
Tabla 27. Factores de Zona.....	122
Tabla 28. Cuadro de sismos recomendados por el comité Visión 2000.....	122

Tabla 29. Relaciones de aceleraciones utilizadas para la zona 2 del Perú.	123
Tabla 30. Aceleraciones máximas e intensidades esperadas para distintos sismos del sector en estudio.	124
Tabla 31. Niveles de daño según EERR.	126
Tabla 32. Daño obtenido en edificaciones de albañilería.	128
Tabla 33. Daño obtenido para todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio-Sismo frecuente.	129
Tabla 34. Daño obtenido para todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio-Sismo ocasional.	130
Tabla 35. Daño obtenido para todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio – Sismo Raro.	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Choque de la placa nazca con la sudamericana.	20
Figura 2 y Figura 3. Acción de los sismos sobre las viviendas, distribución de los muros.	21
Figura 4. Esfuerzo de muros durante un sismo.	22
Figura 5. Efecto de los sismos en las viviendas.	23
Figura 6. Elementos estructurales de una vivienda de albañilería confinada.....	24
Figura 7. Vivienda de albañilería, Chimbote Sur, 31. May.1970, con poca rigidez (muy flexible) y escasa resistencia en la dirección paralela a las fachadas.	25
Figura 8. Vivienda de albañilería de dos pisos con una grieta diagonal causada por el impacto del edificio vecino alto y flexible.	26
Figura 9. Representación donde se especifica la colocación de junta sísmica.....	27
Figura 10. Ladrillos con su adecuada utilización en la construcción.	29
Figura 11. Tipos de asentado del ladrillo mas frecuentes en muros de albañilería.	29
Figura 12. Vivienda de albañilería con espesor de juntas adecuada en muros.....	30
Figura 13. Muros portantes con espesor de junta inadecuado.....	30
Figura 14. Problema de inestabilidad en tabiquería.	31
Figura 15. Representación adecuada y desproporcionada referente a la simetría de una edificación y su solución alternativa.	32
Figura 16. Adecuado arriostramiento en aberturas de una losa aligerada.	33
Figura 17. Representación idónea sobre la continuidad de las losas.....	33
Figura 18. Ubicación de la adecuada colocación de puertas y ventanas.	33
Figura 19. Adecuado reforzamiento de vanos con vigas y columnas.	34
Figura 20. Representación del adecuado levantamiento de muros, para evitar efecto de columna corta.	34
Figura 21. Representación la cantidad de muros en las dos direcciones.....	35
Figura 22. Representación con la adecuada indicación referente a la continuidad de los muros.	35
Figura 23. Calidad del mortero para las juntas entre las unidades de albañilería.	36
Figura 24. Adecuado espesor las juntas horizontales y verticales en muros.....	36
Figura 25. Representación idónea referente a la disposición de los ladrillos	37
Figura 26. Inadecuado proceso constructivo para asentado de ladrillo y mala trabazón en los muros de albañilería.....	37

Figura 27. materiales usados en la construccion.	38
Figura 28. Confinamiento y arriostramiento en muros de albañilería.....	39
Figura 29. conexión entre columna de amarre y viga transversal.	39
Figura 30. Idealización recomendada para la disposición de pisos.....	40
Figura 31. Fijación de cobertura liviana.....	40
Figura 32. Lugares donde no es recomendable construir una edificación, por el peligro que este representa.....	41
Figura 33. Consideraciones al construir una cimentación para una vivienda de albañilería.	41
Figura 34. Mapa político del Perú, donde se muestra la región donde se ha realizado la investigación.....	49
Figura 35. Mapa político de la Región de Cajamarca, donde se especifica la provincia donde se ha realizado la investigación.	50
Figura 36. Mapa político de la Provincia de Jaén, donde se indica el distrito donde se ha realizado la investigación.	51
Figura 37. Plano de la ciudad de Jaén, donde se señala el sector donde se ha realizado la investigación.....	52
Figura 38. Configuración en planta de la estructura considerada en la metodología de índice de vulnerabilidad.	63
Figura 39. Forma general de una planta considerada para el cálculo del parámetro 6 (configuración en planta del edificio).	64
Figura 40. Formas originales consideradas para la evaluación del parámetro 7.	66
Figura 41. Identificación de las viviendas por su tipología.....	69
Figura 42. Identificación de viviendas de albañilería.....	69
Figura 43. Identificación del estado de la vivienda de albañilería	70
Figura 44 y Figura 45. Identificación de la calidad de mampostería e inspección en interior de vivienda, encontrándose viguetas con exposición de acero y empezándose a corroer... 70	70
Figura 46 y Figura 47 .Losa aligerada en mal estado, acero de viguetas expuestas a la intemperie.	71
Figura 48 y Figura 49 . Volado en estado deteriorado, oxidación de acero de viga chata y desprendimiento de concreto, además mal confinamiento en muros de volado.	71
Figura 50. Ubicación de vivienda de albañilería evaluada de 3 pisos.....	73
Figura 51. No hay presencia de buen amarre entre las unidades de albañilería.....	74

Figura 52. Mortero de mala calidad con espesor de 20-40mm.	75
Figura 53. Conexión entre el diafragma y muro no es el adecuado, en uno de los ambientes.	78
Figura 54. cubierta inestable y en malas condiciones.	79
Figura 55. Parapeto mal conectado al resto de la estructura y losa aligera en malas condiciones.	80
Figura 56. Acero de viga chata empezándose a corroerse y mala trabazón entre las unidades de albañilería.....	80
Figura 57. Escalera en mal estado y acero de viguetas expuestas.....	81
Figura 58. Muro portante agrietado y mala colocación de tuberías sanitarias.	81
Figura 59. Elementos estructurales en mal estado y corroídos.	82
Figura 60. tabique fisurado y parte de losa aligera en muy malas condiciones debido exposición de acero de las viguetas y reducción de su sección de acero producto de la oxidación.	82
Figura 61. Vista posterior de la vivienda evaluada y de los principales problemas que presenta.....	83
Figura 62. Distribución de Edificaciones por tipología.	86
Figura 63. Total de lotes identificados en el sector de estudio.....	87
Figura 64. Edificaciones de Albañilería ubicada en Calle Coricancha, con deficiencias en confinamiento, en el tercer piso no presenta elementos de arriostre ya sea viga y columnas.	90
Figura 65. Edificaciones de Albañilería ubicada en la calle Constituyo. Con mal proceso constructivo de asentado de ladrillos, ladrillos artesanales de regular calidad y estado de mortero no homogéneo.....	91
Figura 66. Edificaciones de Albañilería ubicada en el Jr. Chillón. Con deficiencias en su proceso constructivo.	92
Figura 67. Vivienda de albañilería ubicada en la intersección de la calle Inti Raymi y la calle la Antisuyo, edificación con presencia de Sales y presencia de humedad, ocasionando el deterioro de las unidades de albañilería.....	94
Figura 68. Vivienda de albañilería ubicada en la intersección de la psj. Chillón con el pasaje Chillón, edificación con presencia de Sales y presencia de humedad, ocasionando un fuerte deterioro de las unidades de albañilería.....	94

Figura 69. Vivienda de albañilería ubicada en la Calle Pardo Miguel; edificación que presenta mala conexión de diafragma- muro y falta de densidad de muros.....	96
Figura 70. Vivienda de albañilería ubicada en la Calle Inti Raymi; edificación que presenta irregularidad en planta por esquinas entrantes.	97
Figura 71. Edificación de albañilería ubicada en la calle 28 de julio; la cual presenta irregularidad de masas del 2 piso respecto al 1 piso.....	98
Figura 72. Edificación de albañilería ubicada en la Collasuyo; en la cual se aprecia la separación de muros de $L = 3.70\text{m}$, y el espesor del muro $S=0.25\text{m}$, teniendo $L/S=14.8$. Por lo que $L/S < 15$ mayor, entonces para este parámetro le corresponde la letra A.	99
Figura 73. Vivienda de albañilería ubicada entre las calles Cruz de Cajamarca y Coricancha, con cubierta de calaminas en malas condiciones, la cual no tiene una adecuada unión con el muro.....	101
Figura 74. Vivienda de albañilería ubicada en la Calles Cahuide y jr. Chillón, Se puede observar la vivienda de albañilería presenta parapetos sin confinar, deterioro en pequeña parte del volado, deficientes procesos constructivos, etc.	102
Figura 75. Vivienda de albañilería ubicada en la Calle Atahualpa, Se puede observar la vivienda de albañilería presenta fuerte deterioro en parte del volado en donde se ve el acero corroído, oxidado y desprendimiento del recubrimiento.....	103
Figura 76. Vivienda de albañilería ubicada en pasaje Chillón, la cual se aprecia en mal estado de conservación.	104
Figura 77. Viviendas de Albañilería por Rango de Vulnerabilidad.	105
Figura 78. Mapa de distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años para el Perú ((Alva & Castillo, 1993).	121
Figura 79. Relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA.....	125
Figura 80. Relaciones promedio de daño para albañilería.	126
Figura 81. Niveles de daño.....	127
Figura 82. Daño obtenido en edificaciones de albañilería.	128
Figura 83. Daño obtenido en todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio para Sismo Frecuente.	129
Figura 84. Daño obtenido en todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio para Sismo Ocasional.	130

Figura 85. Daño obtenido en todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio para Sismo Raro.	131
Figura 86. Ubicación del sector en estudio en la ciudad de Jaén.	133

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata los aspectos fundamentales de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones de albañilería confinada, con la aplicación del Método de Índices de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), que permite evaluar la calidad estructural de las viviendas de albañilería mediante la calificación de 11 parámetros.

El área en estudio es el sector Pueblo Libre de la ciudad de Jaén en cual se encuentra comprendida entre La Calle Iquitos -Avenida Mesones Muro-Calle Coricancha-Calle 28 de julio - la avenida Ejercito y calle pardo miguel En La Ciudad De Jaén, Distrito Jaén, Departamento Cajamarca, por lo que las viviendas estudiadas y analizadas son un total de 67, de las cuales les presentamos los resultados obtenidos.

Evaluada todas las viviendas, hemos obtenido los resultados de vulnerabilidad, los cuales están en tres niveles, vulnerabilidad baja, media y alta. Así mismo hemos extendido esta investigación hasta la evaluación de escenarios de daño, para dar una idea referencial y general sobre las consecuencias que le traerían los tres sismos de diferente intensidad (frecuente, ocasional y raro) en la zona de estudio.

Se obtuvo que el 67.36% (45 viviendas) y 31.34% (21 viviendas) de viviendas de albañilería tenga vulnerabilidad de baja a media, la mayoría de los cuales son resultado de un inadecuado proceso constructivo y falta de arriostramiento en los muros de albañilería. Entre estos aspectos podemos resumir deficiente en el confinamiento, criterio técnico por parte del constructor (autoconstrucción), uso material de mala calidad, falta de densidad de muros, ampliaciones y remodelaciones sin asesoría técnica y/o post construcción sin tener en cuenta el reglamento nacional de edificaciones actualizado, etc.

Las viviendas evaluadas en su mayoría se encuentran en buenas condiciones, pero en una cantidad considerable presentan deficiencias como la falta de arriostramiento en muros de albañilería, mala densidad de muros, conexión diafragma-muro inadecuada y entre otras; esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales la causa principal que aun existan deficiencias en la construcción.

Los resultados obtenidos ponen en evidencia la vulnerabilidad que sigue habiendo en este tipo de estructuras, además muestra claramente la necesidad de asesoría técnica al momento de construir y de la aplicación de los parámetros y criterios especificados en las normas vigentes del reglamento nacional de edificaciones (RNE).

PALABRAS CLAVES: Vulnerabilidad Sísmica, edificaciones, Estructuras.

ABSTRACT

This research work deals with the fundamental aspects of seismic modifications in confined masonry buildings, with the application of the Vulnerability Index Method (Benedetti and Petrini), which allows evaluating the structural quality of masonry houses by certifying 11 parameters.

The area under study is the Pueblo Libre sector of the city of Jaén, which is between Iquitos Street Mesones Muro Avenue - Coricancha street - 28 de Julio street – Ejercito avenue and Pardo Miguel street, in the city of Jaén, Jaen district, Cajamarca Department, so the homes studied and analyzed are a total of 67, of which we present the necessary results.

Evaluated all the houses, we have obtained the results of the modifications, which are in three levels, low, medium and high. Likewise, we have extended this investigation to the evaluation of damage situations, to give a referential and general idea about the consequences that the three earthquakes of different intensity (frequent, occasional and rare) would bring in the study area.

It was obtained that 67.36% (45 dwellings) and 31.34% (21 dwellings) of masonry dwellings have low average problems, most of the results of a construction process and lack of bracing in the masonry walls. Among these aspects we can summarize the confinement deficiency, technical criterion on the part of the builder (self-construction), use of poor quality material, lack of wall density, extensions and remodeling without technical advice and / or post construction without taking into account the regulations. national of updated buildings, etc.

Most of the homes evaluated are in good condition, but in a considerable quantity they present deficiencies such as the lack of bracing in masonry walls, poor wall density, inadequate diaphragm-wall connection and among others; This has shown that the lack of technical knowledge and timely advice from professionals is the main cause that there are still deficiencies in construction.

The results that are specified in the evaluation of the frequency that continues to exist in this type of structures, in addition to clearly showing the need for technical advice when constructing and applying the parameters and criteria specified in the current regulations of the national building regulations (RNE).

KEY WORDS: Seismic Vulnerability, buildings, Structures.

I. INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas de bajo costo en el Perú y en general en países Latinoamericanos, es principalmente de albañilería confinada. La mayoría de las pérdidas económicas, tanto de vidas como de bienes materiales, ocasionadas por los terremotos o sismos de gran intensidad a lo largo de la historia, han sido causadas por un comportamiento sísmico deficiente de las estructuras (Santana Tapia, 2012).

En el Perú, la mayoría de las edificaciones se construyeron antes y durante la promulgación del reglamento nacional de construcciones en 1970, en el cual se fueron proponiendo los primeros conceptos de construcción y diseño sísmico, además posteriormente ese reglamento se derogo y surgió el primer reglamento nacional de edificaciones, implementado en el 2006, en el cual se aprobaron 66 normas técnicas entre ellas la E.030 “Diseño sismorresistente” y la E.070 “albañilería”, lo que significa que las construcciones realizadas no garantizan la seguridad de los ocupantes y el buen comportamiento de las edificaciones ante la ocurrencia de un evento sísmico, evidenciándose así la falta de técnicas constructivas.

Los diversos sismos ocurridos en nuestro país y otros con sus efectos en las estructuras han motivado que se modifique las normas relaciones al diseño sísmico, modificando algunas normas del reglamento nacional de edificaciones y haciéndose una nueva propuesta de norma como es la de la E.70 “Albañilería”, que hasta la fecha sigue en discusión pública; con ello se plantea nuevas exigencias en el diseño y la construcción de edificaciones y en la evaluación de la vulnerabilidad. Con estos cambios que se han realizado en los últimos años y mas la implementación de las modificatorias en la norma de albañilería, será posible atenuar o mitigar los efectos que se han evidenciado en las edificaciones ante eventos sísmicos.

El incremento de la población peruana con el transcurrir de los años, ha generado la necesidad de vivienda, y debido a ello se construye sus viviendas con los recursos disponibles, en la mayoría de los casos no disponen de los medios necesarios, generándose

así la carencia de asesoría técnica de un profesional adecuado en el proceso de su construcción.

(Abanto Castillo, 2017) en su libro “Análisis y diseño de edificaciones de Albañilería” menciona que existe mucha mano de obra no calificada, que basados en su “experiencia”, se hacen llamar albañiles o “maestros de obra” y que durante la construcción realizan una serie de acciones que afectan el comportamiento sísmico de las edificaciones. Un ejemplo es la utilización de ladrillo pandereta para la construcción de muros portantes.

En general, las prácticas constructivas inadecuadas y el incumplimiento de las normas establecidas por la ley de diseño y construcción, han ocasionado que las edificaciones se constituyan en elementos altamente vulnerables dentro de un complejo urbano determinado (Llanos López & Vidal Gómez, 2003, pág. 4).

Existen diferentes métodos para analizar el comportamiento sísmico de las estructuras, pero realizarlos para gran cantidad de viviendas en una zona específica ,demandaría de un esfuerzo computacional muy grande, gran cantidad de tiempo y de costo elevado; es por ello que se recurrió a un método simplificado cualitativo ,el cual es el método del Índice de Vulnerabilidad sísmica desarrollado por Benedetti-Petrini, un método europeo que ya fue usado en Sudamérica y lo adoptado a la normativa y realidad peruana; el cual cuenta con once parámetros que toman en cuenta aspectos importantes para conocer el estado en que se encuentran las viviendas ante un evento sísmico.

El propósito del análisis de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de albañilería es determinar en que nivel de vulnerabilidad se encuentran y los posibles escenarios de daño, recurriendo a metodologías simplificadas que reducen costos, además de permitir resultados adecuado y justificados. Por ello es necesario conocer el estado en que se encuentran las viviendas de la ciudad de Jaén, en específico el sector Pueblo Libre, en donde se encuentran las de mayor riesgo como son las que no cuentan asesoría técnica, inspecciones de la MPJ y solamente criterio meramente empírico.

1.1. Situación problemática

El sector construcción en el Perú se ha incrementado en los últimos años, precisamente el segmento de construcción de viviendas, generándose así que en algunos lugares se desarrollen inadecuados procesos constructivos en los cuales no se hacen cumplir con los parámetros mínimos establecidos en las normas técnicas peruanas; generando exposición de la vida e inversión de los habitantes.

La población de Jaén se incrementó con el transcurrir de los años, lo cual generó un crecimiento poco controlado y planificado del área urbana. La población con bajos recursos frente a su necesidad de vivienda, construye sin la asesoría profesional adecuada, utilizando materiales de dudosa calidad, procesos constructivos inadecuados y sin control de calidad. Si a ello le sumamos el incremento de la actividad e intensidad sísmica en la región se puede inferir que en su mayoría las viviendas son vulnerables ante un evento sísmico. Es importante investigar ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de las viviendas de albañilería confinada del sector Pueblo Libre - Ciudad de Jaén?

Problema de investigación

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de las viviendas de albañilería confinada del sector Pueblo Libre - Ciudad de Jaén?

Para poder responder a la pregunta principal se plantean las siguientes preguntas: ¿Qué nivel de vulnerabilidad presenta los elementos principales: vigas y columnas de confinamiento, muros portantes y diafragmas de las viviendas de albañilería confinada del sector pueblo libre de la provincia de Jaén ante un evento sísmico de gran magnitud? ¿Qué factores están asociados a los niveles de vulnerabilidad que presentan los elementos estructurales de las viviendas de albañilería confinada del sector pueblo libre de la provincia de Jaén ante un evento sísmico de gran magnitud?

1.2. Justificación

La ciudad de Jaén según el mapa de zonificación sísmica nacional (Norma E.030 diseño Sismorresistente) se encuentra en la zona sísmica 2 presentando ésta zona aceleraciones de 0.25g, en consecuencia, se le califica como una zona de sismicidad media.

Sin embargo, recientemente se ha Registrado actividad sísmica significativa, según estación acelerográfica UNJ, esto motiva a investigar el estado actual de las viviendas de albañilería confinada del sector pueblo libre ciudad de Jaén para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentan las edificaciones en estudio, y con ello establecer recomendaciones para la prevención y mitigación, que conlleve a disminuir la vulnerabilidad física, así como los daños frente a un evento sísmico.

Debido al impedimento de pronosticar estos eventos, esta investigación se realiza con la intención de contribuir al conocimiento existente sobre el estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada, considerando muchos aspectos en ello el aspecto estructural; ya que se debe estar prevenidos para afrontarles. Es aquí donde se ve reflejada el estudio a ejecutar para poder categorizar las estructuras, si se encuentran en alta, media o baja vulnerabilidad y tomar las mitigaciones o acciones pertinentes.

1.3. Antecedentes

Caballero, (Citado por UNDRO, 1979) Durante décadas de los años 1960 y 1970 surgen las primeras técnicas de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes denominados técnicas de Screening, las cuales se constituyeron en la base para métodos desarrollados posteriormente, entre ellos se encuentran: Whitman (1972), Okada Y Bresler (1976, ATC – 21, entre otros. Para la década de 1980 El Organismo de las Naciones Unidas encargado de la atención de desastres, UNDRO y la UNESCO definieron los términos de amenaza, vulnerabilidad y Riesgo, de tal manera que permite comprender y reconocer con más claridad los problemas asociados a fenómenos naturales (Caballero Guerrero, 2007, pág. 18).

El método Italiano fue el primer método en utilizar un índice de vulnerabilidad para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones. En 1982 un grupo de investigadores Italianos desarrolló una metodología denominada metodología del índice de vulnerabilidad a partir de la información de daño en edificios provocados por terremotos desde 1976, después del terremoto de Friuli. A partir de ésta información se elaboró una gran base de datos. En

dichos estudios empezaron a utilizarse formularios de inspección de daños, que fueron luego mejorados, y que son la base que se utilizan hoy en día (Martínez Cuevas, 2014, pág. 33) .

Respecto al índice de vulnerabilidad, Quispe (2004), estableció rangos de índice de vulnerabilidad según escala de valorización de vulnerabilidad, los cuales son $0 < I_v \text{ norm.} < 20$ BAJA, $20 \leq I_v \text{ norm.} < 40$ MEDIA y $I_v \text{ norm.} \geq 40$ ALTA.

(Bazan, 2007) Indica que La falta de una adecuada técnica constructiva de Maestros de Obra y obreros en general trae como consecuencia la precariedad en la construcción de las viviendas en la ciudad de Cajamarca, tal situación se empeoraría si los propietarios autoconstruyeran. Dicha precariedad se traduce en la falta de seguridad física que brindan las viviendas, haciéndolas sísmicamente vulnerables, a parte de las malas condiciones para la salud de sus habitantes debido a la exagerada cantidad de humedad encontrada, humedad que también redundaría en la paulatina degradación de los elementos estructurales y no estructurales. Por lo cual recomienda realizar manuales técnicos constructivos fáciles de comprender y asequibles a los pobladores de nivel socioeconómico medio a bajo a nivel nacional.

(Laucata, 2013) Concluye que la mayoría de las viviendas poseen tabiques sin arriostre, las azoteas donde se observó tabiques a media altura no tenían ningún tipo de arriostre, generando un peligro latente durante un sismo. Además, los problemas constructivos encontrados en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicadas, los malos encofrados y los aceros de refuerzo expuestos. Por lo cual recomienda el reforzamiento masivo de las viviendas para reducir la vulnerabilidad sísmica.

(Abanto & Cardenas, 2015) Estima un índice de vulnerabilidad calculado en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico, y lo relaciona con un índice de daño que a su vez depende de la acción del movimiento sísmico. Los resultados obtenidos son estructuras con vulnerabilidad media baja. En el centro Histórico de Trujillo, las instituciones educativas: Antonio Raimondi y Marcial Acharan, tienen una infraestructura de albañilería confinada que posiblemente se han construido sin criterio técnico de edificaciones Sismorresistente.

(Nervi, 2017) Mencionó que: Existen muchos factores para la determinación del riesgo sísmico como es la densidad de los muros, el empleo de materiales de buena calidad y la mano de obra calificada “vulnerabilidad”, además tipo de suelo sobre la cual está la vivienda,

la pendiente y el grado de sismicidad, de estos resultados obtenidos se obtiene un riesgo sísmico elevado para el sector de la Salida Huancané la causa principal es en muchos casos la falta de recursos económicos del propietario.

1.4. Bases teóricas

1.4.1. Los sismos

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo, liberando así energía acumulada en el interior de la tierra. Al llegar a la superficie, estas ondas son registradas por las estaciones sísmicas y percibidas por la población y por las estructuras (Instituto Geofísico del Peru, 2019). Estos pueden originar graves daños en nuestras viviendas, si no se han tomado medidas preventivas relacionadas al buen diseño, al adecuado proceso de construcción y a la elección de los mejores materiales.

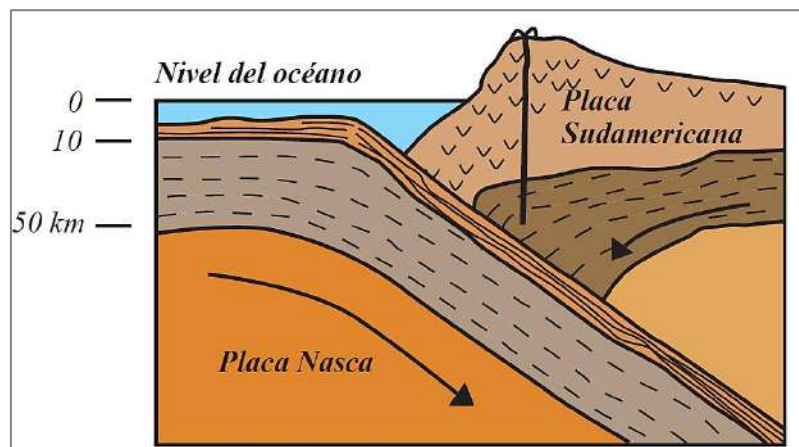


Figura 1. Choque de la placa nazca con la sudamericana.

Fuente: <http://www.predes.org.pe/index.html>

Los sismos pueden ser medidos en función de su magnitud y de su intensidad. La magnitud está relacionada a la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarria, 1995). La intensidad es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo. La intensidad de un sismo se mide teniendo en cuenta los daños causados en las edificaciones y en la naturaleza a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas (Kuroiwa Horiuchi, Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza, 2002).

1.4.2. Acción de los sismos sobre las viviendas

Cuando se produce un sismo, sus ondas se transmiten a la estructura de la casa a partir de su cimentación. La masa en reposo de la edificación se resiste al movimiento de la base y crea fuerzas que actúan principalmente sobre los muros y columnas que se han construido.

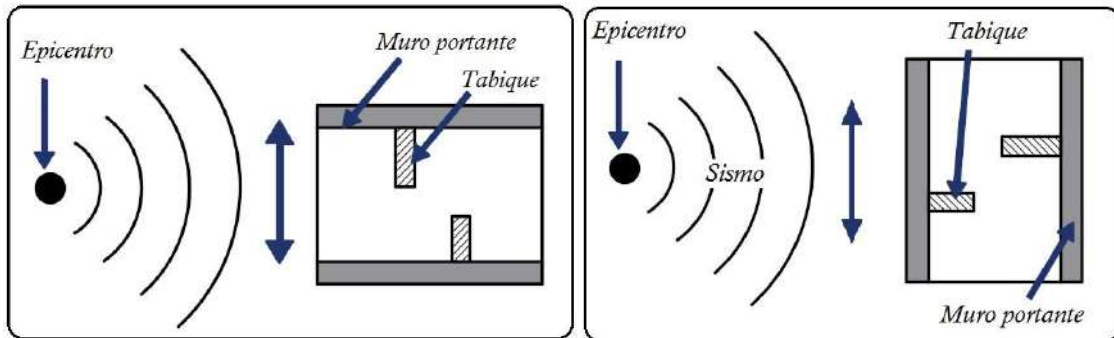


Figura 2 y Figura 3. Acción de los sismos sobre las viviendas, distribución de los muros.

Fuente: elaboración propia

✓ DAÑOS SEVEROS (Figura 2)

Si no se tiene una adecuada cantidad de muros portantes en la dirección del movimiento sísmico, la vivienda sufrirá daños considerables.

✓ DAÑOS LEVES (figura 3)

Si la mayor cantidad de los muros portantes están paralelos a la dirección del movimiento sísmico, la vivienda se comportará mejor. Por este motivo, el diseño de una vivienda debe considerar muros que puedan tomar los esfuerzos sísmicos en ambas direcciones.

1.4.2.1. Esfuerzos de los muros durante un sismo

Las viviendas antes de un sismo sólo soportan su propio peso. A inicios del sismo, el suelo comienza a moverse, lo que ocasiona que el cimiento, al estar empotrado, también se mueva con el suelo. La parte superior de la vivienda se mueve más lentamente, produciendo esfuerzos y deformaciones en los muros y columnas.

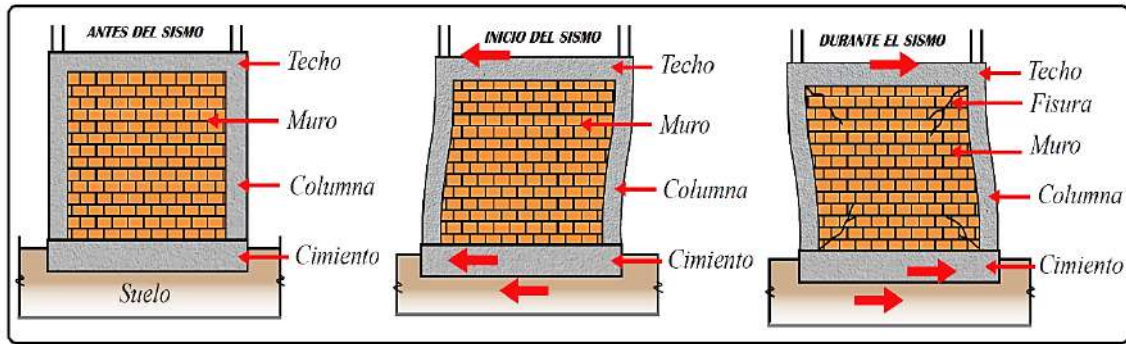


Figura 4. Esfuerzo de muros durante un sismo.

Fuente: Manual Maestro Constructor-Aceros Arequipa.

Luego el suelo se mueve en sentido contrario, al igual que el cimentación. Esto ocasiona que la parte superior de la vivienda cambie el sentido de su movimiento, produciéndose mayores esfuerzos y deformaciones. Después de varias repeticiones de estos movimientos, las paredes comienzan a fisurarse.

1.4.2.2. Efectos de los Sismos en las Viviendas.

Los efectos o daños que los sismos pueden causar en las viviendas, se clasifican en:

- ✓ **Leve:** es sentido por pocas personas. Los objetos colgantes se mueven levemente.
- ✓ **Moderado:** es el que comúnmente se conoce como “temblor”; las personas sienten un ligero movimiento. Los objetos colgantes se mueven; en algunos casos, los muebles tiemblan y se producen golpes de las ventanas y puertas. Asimismo, se pueden producir grietas en algunos muros.
- ✓ **Fuerte:** las personas sienten una fuerte sacudida. Los objetos colgantes se mueven fuertemente, los objetos pequeños se caen y se producen daños como grietas grandes en los muros.
- ✓ **Severo:** las personas no pueden mantenerse fácilmente de pie. Se producen daños graves en las viviendas. Si la vivienda se encuentra mal diseñada y construida, puede presentar daños considerables después de un sismo moderado.

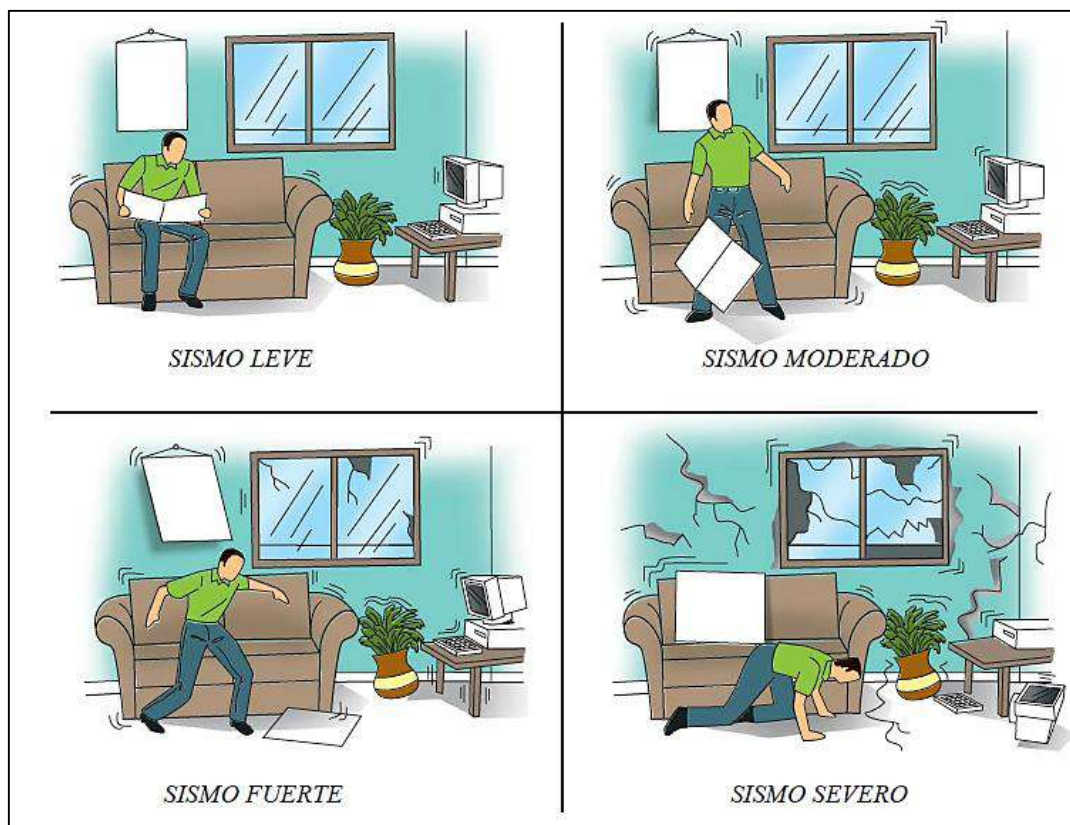


Figura 5. Efecto de los sismos en las viviendas.

Fuente: Alberto Cairo-Anatomía de un Terremoto (2002)

1.4.3. Características de una vivienda sismorresistente

Se dice que una edificación es sismo resistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficiente para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).

Aún cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con los requisitos que indican las normas de diseño y construcción, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aun mas fuerte de lo que haya sido previsto y que deben ser resistido por la edificación, de esa manera se estaría dando cumplimiento a la filosofía sismorresistente establecido en el reglamento nacional de edificaciones E 0.30.

Según lo especificado en el Manual Maestro Constructor, una vivienda sismorresistente es aquella que puede soportar los efectos dañinos de los sismos. Para eso debe cumplir tres condiciones:

- ✓ Buenos planos, es decir, un plano adecuado de estructuras, que indique las dimensiones que tendrán la cimentación, las columnas, los muros, las vigas y los techos; así como las especificaciones de los materiales con los que se harán. La estructura podrá resistir los sismos siempre y cuando se cumpla lo indicado en este plano.
- ✓ Buenos especialistas, es decir, maestros y trabajadores que conozcan a profundidad la ejecución de los procedimientos constructivos, de tal manera que puedan plasmar correctamente lo indicado en los planos.
- ✓ Buenos materiales, que consigan que la estructura de la vivienda no se deteriore a través del tiempo y que alcance la resistencia adecuada para soportar los sismos.

La estructura de la vivienda es la encargada de soportar los efectos del sismo y de otras cargas.

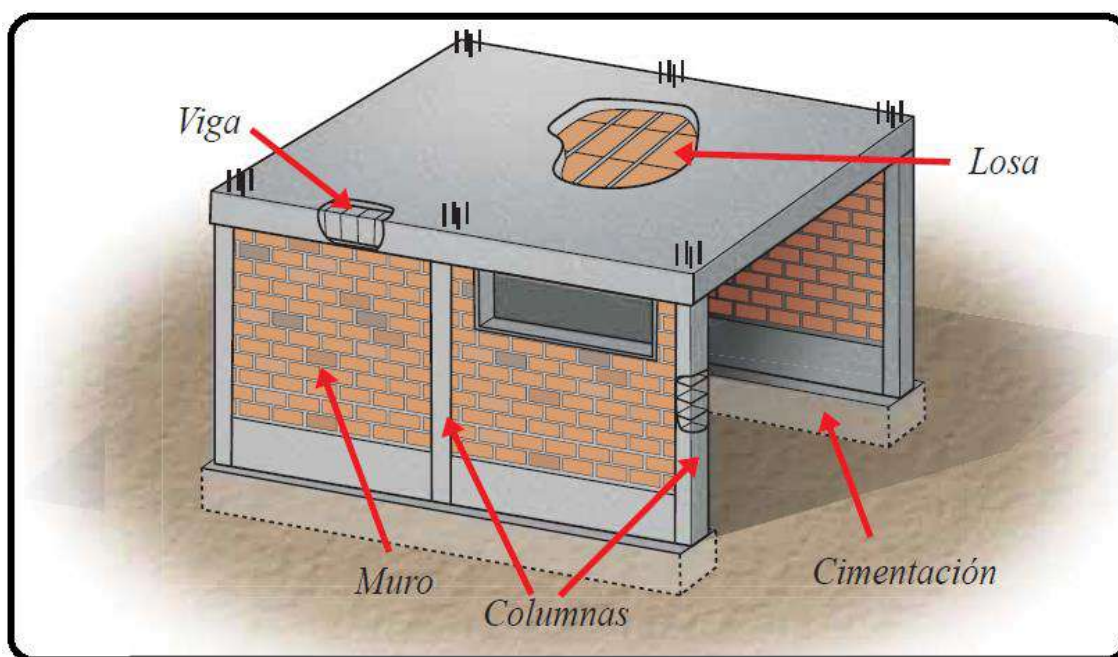


Figura 6. Elementos estructurales de una vivienda de albañilería confinada.

Fuente: Manual Maestro Constructor-Aceros Arequipa.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica establece en su “Manual de Construcción, evaluación y rehabilitación sísmo resistente de Mampostería” principios fundamentales que influyen con la vulnerabilidad sísmica de una vivienda y forman parte de una vivienda sísmo resistente.

1. Forma Regular

La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación. Las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo. Una geometría irregular favorece que la estructura sufra torsión o que intente girar en forma desordena (Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica, 2001, pág. 4)

2. Bajo Peso

Entre mas liviana sea la edificación menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurre un terremoto. Grandes masas o pesos se mueven con mayor severidad al ser sacudidas por un sismo y, por lo tanto, la exigencia de la fuerza actuante será mayor sobre los componentes de la edificación (Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica, 2001, pág. 4).

3. Mayor Rigidez

Es deseable que la estructura se deforme poco cuando se mueve ante la acción de un sismo. Una estructura flexible o poco solida al deformarse exageradamente favorece que se presenten daños en elementos no estructurales como tabiques, instalaciones.



Figura 7. Vivienda de albañilería, Chimote Sur, 31. May.1970, con poca rigidez (muy flexible) y escasa resistencia en la dirección paralela a las fachadas.

Fuente: Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú-2016.

4. Buena Estabilidad

Las edificaciones deben ser firmes y conservar el equilibrio cuando son sometidas a vibraciones de un terremoto, es por ello que se debe evitar estructuras poco solidas e inestables se pueden volcar o deslizar en caso de una cimentación deficiente. La falta de estabilidad y rigidez favorece que edificaciones vecinas se golpeen en forma perjudicial si no existe una suficiente separación entre ellas (Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica, 2001, pág. 4); es debido a ello, que en el RNE se establece que debe haber una junta sismica entre edificaciones.

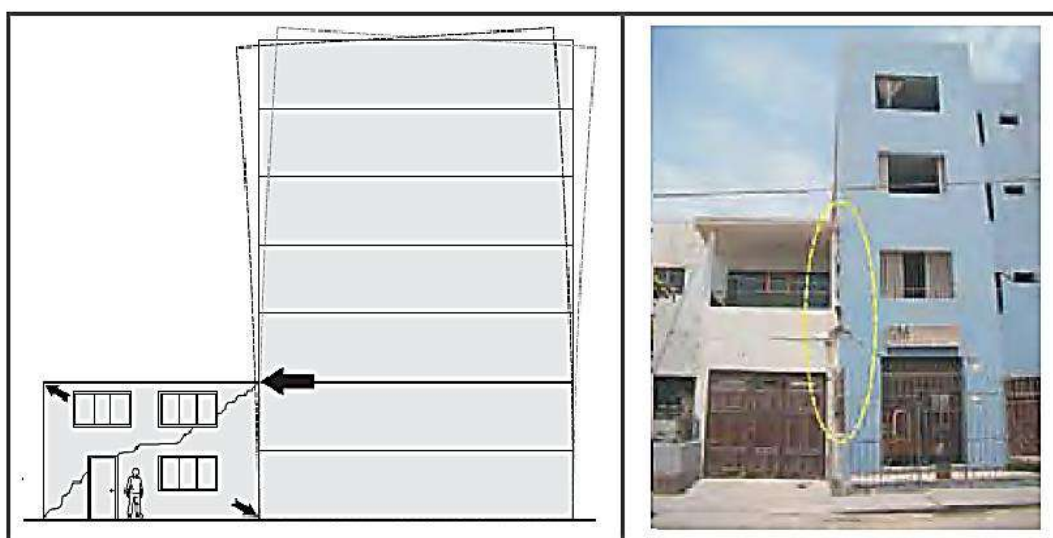


Figura 8. Vivienda de albañilería de dos pisos con una grieta diagonal causada por el impacto del edificio vecino alto y flexible.

Fuente: Manual de Reparación y reforzamiento de viviendas de albañilería

En caso de que se esté encofrando una columna que colinda con el muro de una propiedad vecina, debemos colocar una plancha de tecnopor para conservar la separación entre las dos propiedades. Esta separación permitirá que, durante un sismo, nuestra vivienda se mueva de forma independiente sin chocar con la vivienda vecina.

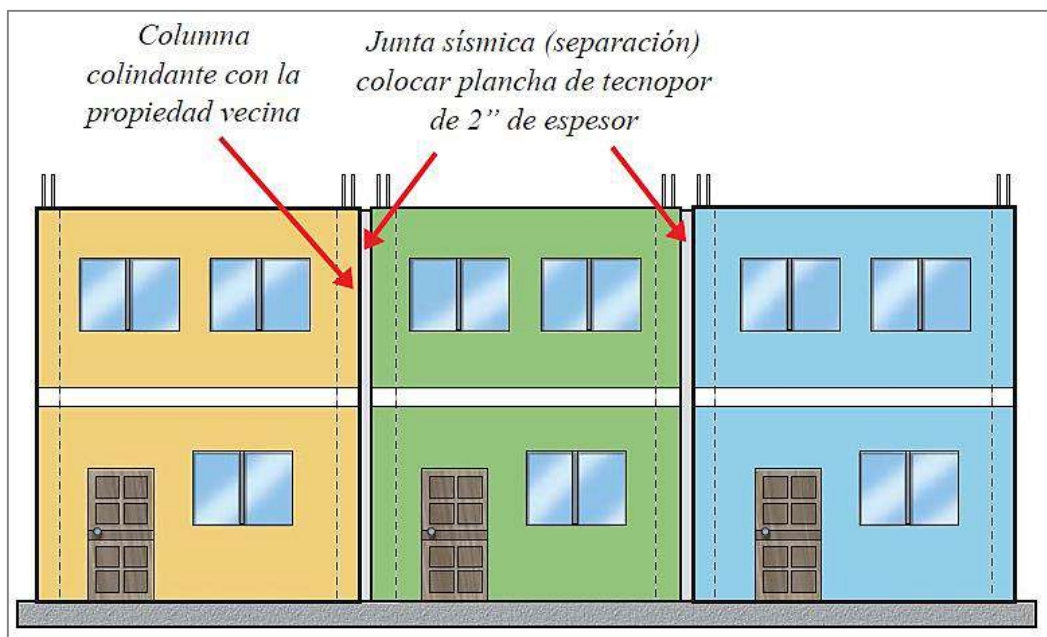


Figura 9. Representación donde se especifica la colocación de junta sísmica.

Fuente: Manual para propietarios – Aceros Arequipa.

5. Suelo Firme y Buena Estabilidad

La cimentación debe ser competente para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. También es deseable que el terreno sea suelo de buena capacidad portante, en caso de ser flexible o blando las ondas sísmicas se amplifican, pero para ello se puede hacer mejoramiento del suelo y/o aplicar otros criterios técnicos.

6. Estructura Apropiada

Para que una edificación soporte un terremoto su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada. Cambios bruscos de sus dimensiones, de su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de la edificación (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001, pág. 5).

7. Materiales Competentes

Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando se sacude.

8. Calidad en la Construcción

Se debe cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción establecidas en el RNE o planos con los que se construye. Los sismos descubren los descuidos errores que se han cometido al construir.

9. Capacidad de Disipar Energía

Una estructura debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil y tenaz se rompe fácilmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001, pág. 5).

10. Fijación de Acabados e Instalaciones

Los componentes no estructurales como tabiques divisorios, acabados arquitectónicos, fachadas, ventanas, e instalaciones deben estar bien adheridos o conectados y no deben interactuar con la estructura .si no están bien conectados se desprenderán fácilmente en caso de un sismo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001, pág. 5).

1.4.4. Definición de términos

1.4.4.1. Albañilería confinada

La albañilería confinada es un sistema de construcción que resulta de la superposición de unidades de albañilería entre si por un mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. Se origina cuando al muro se le coloca en todo su perímetro elementos de concreto armado, con la finalidad de hacerlo mas resistente frente a movimientos sísmicos. (Abanto F. C., 2017, pág. 15).

1.4.4.2. Unidad de albañilería de arcilla

La unidad de albañilería (ladrillo) es el componente básico para la construcción de la albañilería (Gallegos, 1986) .Los ladrillos son hechos artesanalmente o industrialmente, y se caracterizan físicamente por tener buenas propiedades acústicas y térmicas. La principal propiedad mecánica del ladrillo es su resistencia a la compresión.



Figura 10. Ladrillos con su adecuada utilización en la construcción.

Fuente: Manual Maestro Constructor-Aceros Arequipa

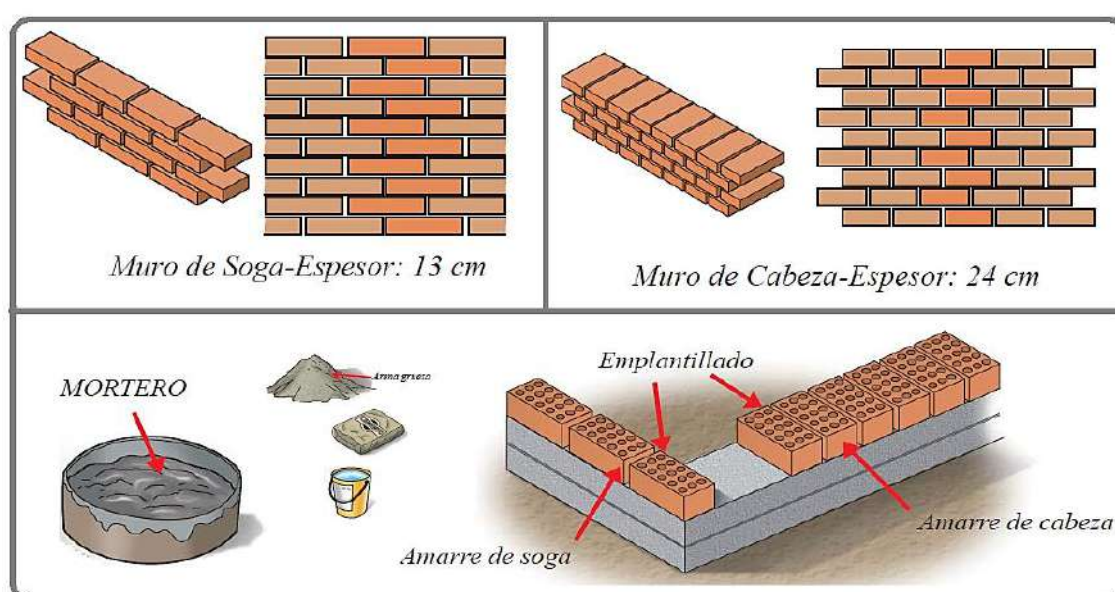


Figura 11. Tipos de asentado del ladrillo mas frecuentes en muros de albañilería.

Fuente: Manual Maestro Constructor-Aceros Arequipa.

Tabla 1. Resistencias características de la albañilería.

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones –E.070.

1.4.4.3. Espesor de las juntas.

Las juntas horizontales y verticales quedaran completamente llenadas de mortero, el espesor será como mínimo 10mm y como máximo 15mm (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006), pues si estas están por encima del límite máximo especificado en esta Norma E.70 del RNE, se reducen sustancialmente la resistencia a compresión y a fuerza cortante de la albañilería.



Figura 12. Vivienda de albañilería con espesor de juntas adecuada en muros.



Figura 13. Muros portantes con espesor de junta inadecuado.

1.4.4.4. Tabiquería

Los tabiques son muros cuyo único fin es la separación de ambientes. Los tabiques no se diseñan como parte de los elementos de la vivienda que resisten la fuerza sísmica. Los tabiques solo soportan cargas generadas por su propio peso y deben ser construidos con ladrillos panderetas o tubulares (Mosqueira Moreno & Tarque Ruíz, 2005).

Los tabiques tienen un principal problema que es inestabilidad al volteo; es por ello que muchas veces no lo aíslan de la estructura, siempre y cuando en la dirección que se ubique, tenga un suficiente aporte de rigidez lateral, para que así no modifique la configuración estructural.

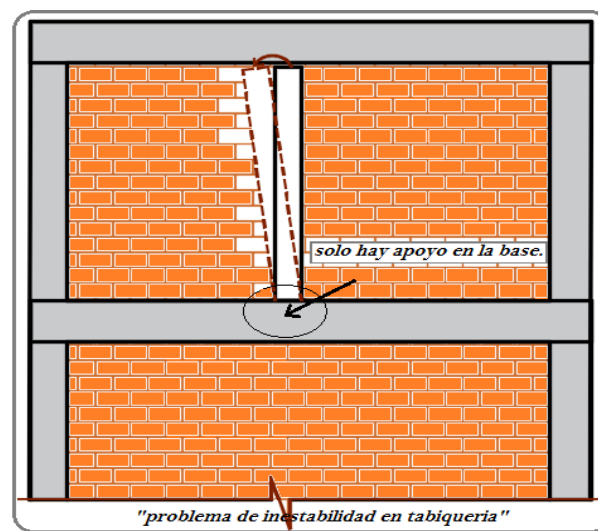


Figura 14. Problema de inestabilidad en tabiquería.

Fuente: Elaboración propia.

1.4.5. Aspectos Que Afectan La Vulnerabilidad Sísmica.

La vulnerabilidad sísmica es la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de un evento sísmico determinado. Esta vulnerabilidad depende de factores como la geometría de la edificación, factores constructivos y factores estructurales.

1.4.5.1. Aspectos Geométricos

Simetría. Uno de los factores que contribuyen a darle formas sencillas y regulares a una edificación, es el que establece la Norma E-070; la cual consiste en procurar que la geometría en planta sea lo más rectangular posible, procurando que el lado largo no sea más de cuatro veces el lado corto (Figura 15).

En el caso que el largo de la edificación sea mayor a 4 veces su ancho, lo que se debe considerar es la aplicación de juntas de separación, de tal manera que se configure en bloques independientes adyacentes, de forma que el movimiento de uno (debido a los efectos de un sismo) se produzca de manera independiente del otro.

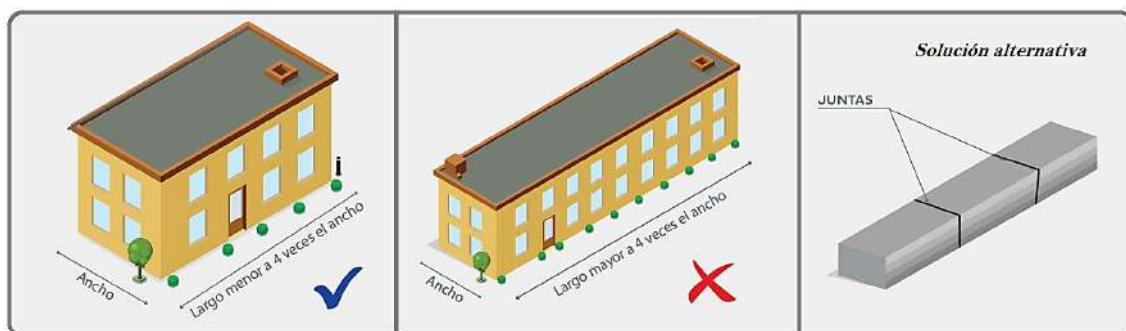


Figura 15. Representación adecuada y desproporcionada referente a la simetría de una edificación y su solución alternativa.

Fuente: Boletín construyendo –Aceros Arequipa.

Continuidad de las losas: Se debe evitar tener en los techos grandes aberturas o muchas aberturas pequeñas, de preferencia estas aberturas deben estar amarradas por elementos de concreto armado (figura 15).

Al respecto, la Norma E-070: Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones menciona que “debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en las que las losas (...) actúen como elementos que integren a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales”. Desafortunadamente en el autoconstrucción es práctica común construir losas que no cumplen las características propias de un “diafragma rígido y resistente”, tal como lo establece la norma, lo que puede generar diversos problemas en la estructura (ver figura 16).

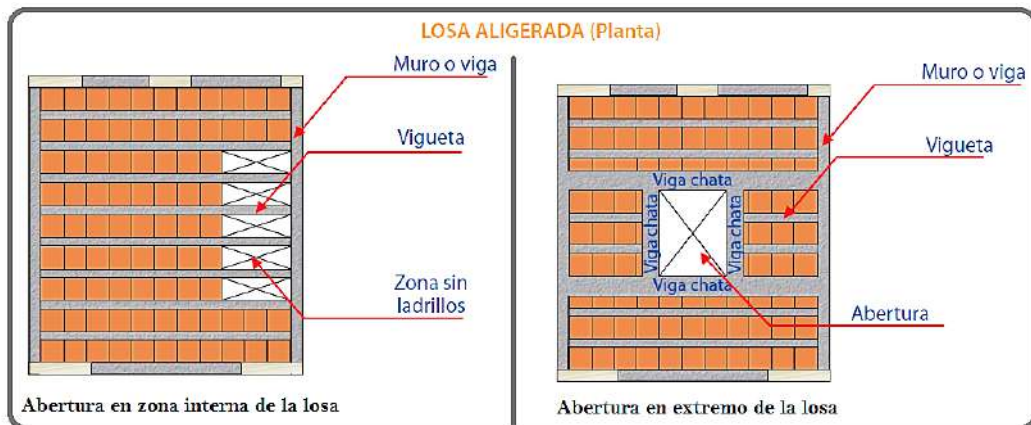


Figura 16. Adecuado arriostramiento en aberturas de una losa aligerada.

Fuente: Boletín construyendo –Aceros Arequipa (2012).

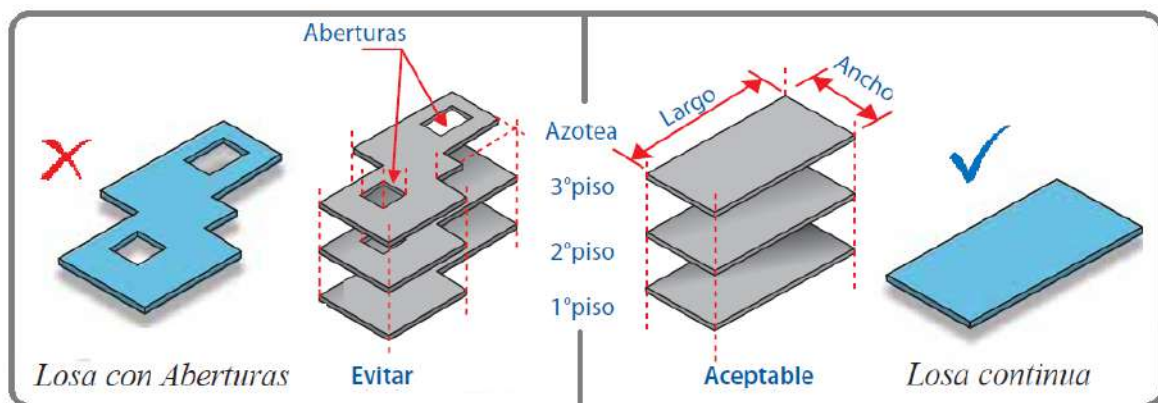


Figura 17. Representación idónea sobre la continuidad de las losas.

Fuente: Manual para Propietarios –Aceros Arequipa.

Ubicación de puertas y ventanas: Las puertas y ventanas deben ser ubicadas en el mismo sitio en todos los pisos. Además, se debe construir sin dinteles, es decir, hasta las vigas .

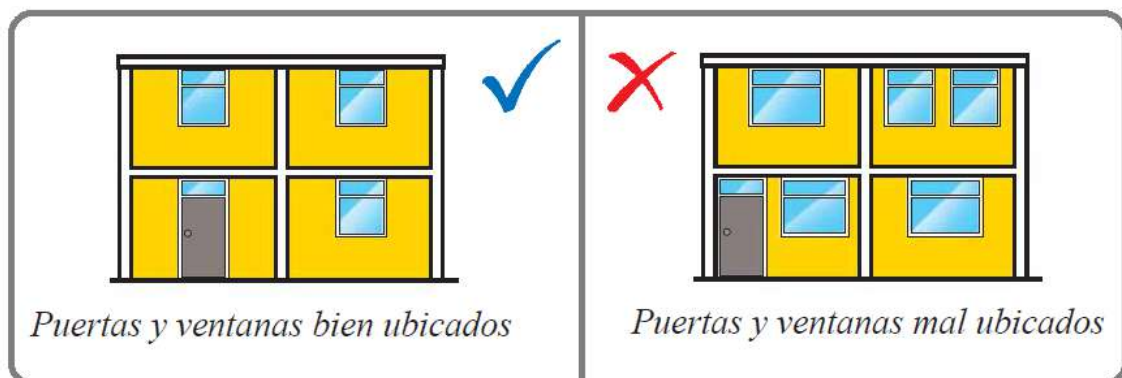


Figura 18. Ubicación de la adecuada colocación de puertas y ventanas.

Fuente: Marcial Blondet (2005).

Asimismo, se debe reforzar los vanos con vigas y columnas alrededor de los mismos y la longitud total de los vanos debe ser menor que la mitad de la longitud total del muro como se aprecia en la figura. También, no se deben dejar espacios en la parte superior del muro, cerca de la columna de confinamiento. Un sismo puede hacer fallar fácilmente la columna si el muro no esta completo en toda la altura (ver figura 18). Esta situación se le conoce como “efecto de columna corta” dado que la fuerza sismica se concentra en el tramo de columna que no tiene el muro (Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica, 2001, pág. 29).

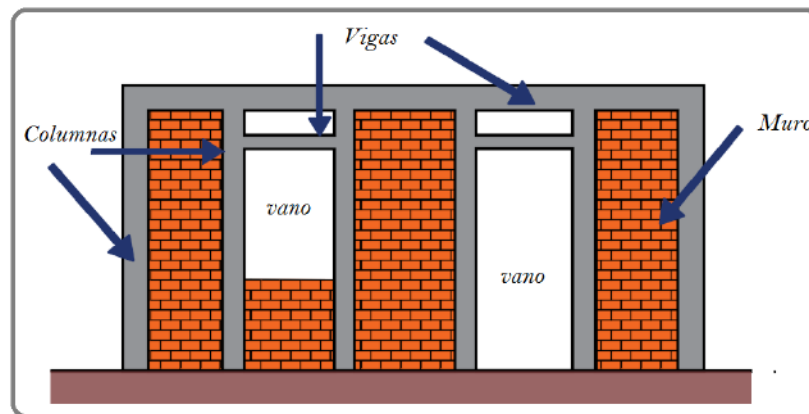


Figura 19. Adecuado reforzamiento de vanos con vigas y columnas.

Fuente: Elaboración Propia.

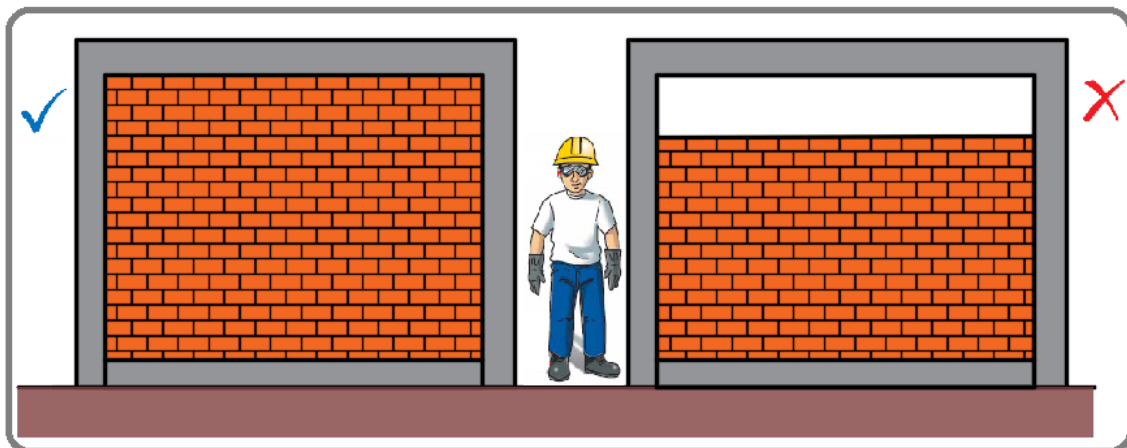


Figura 20. Representación del adecuado levantamiento de muros, para evitar efecto de columna corta.

Fuente: Elaboración Propia.

Cantidad de muros: Se debe construir los muros en las dos direcciones de edificación, tratando que la cantidad de dichos muros sea la misma. Esto es importante, ya que los muros tienen la función de resistir los sismos que pueden venir en cualquier dirección .

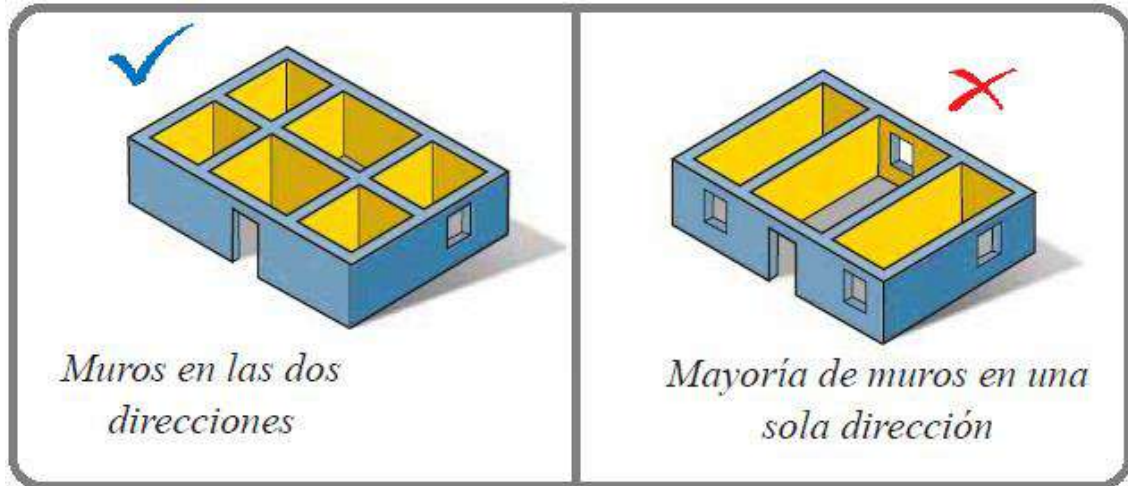


Figura 21. Representación la cantidad de muros en las dos direcciones.

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2001).

Continuidad de los muros: Los muros de pisos superiores deben estar ubicados sobre los muros de pisos inferiores .

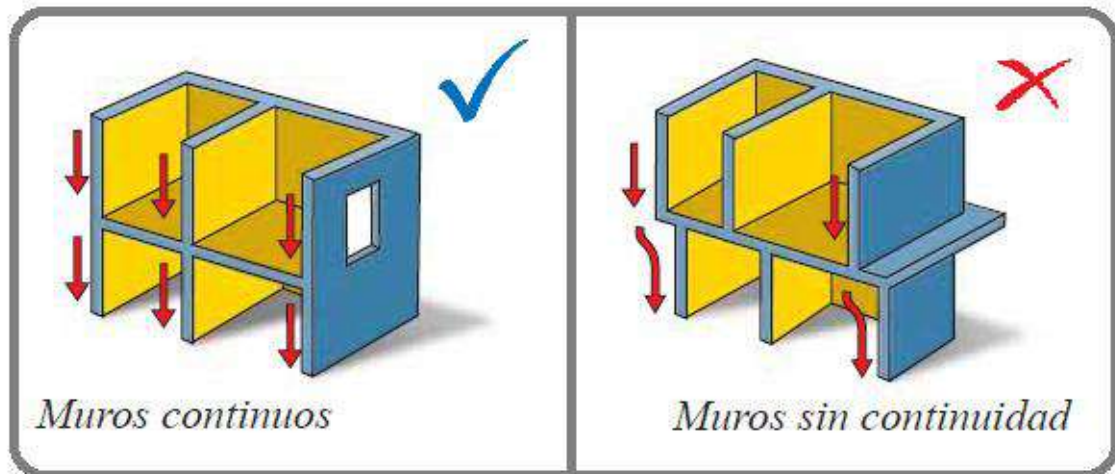


Figura 22. Representación con la adecuada indicación referente a la continuidad de los muros.

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2001).

Calidad de las juntas de pega y el mortero.

El mortero debe ser de buena calidad y presentar buena adherencia con las unidades de albañilería, además de juntas uniformes y continuas no mayor a 15mm de espesor (ver figura 22 y 23).

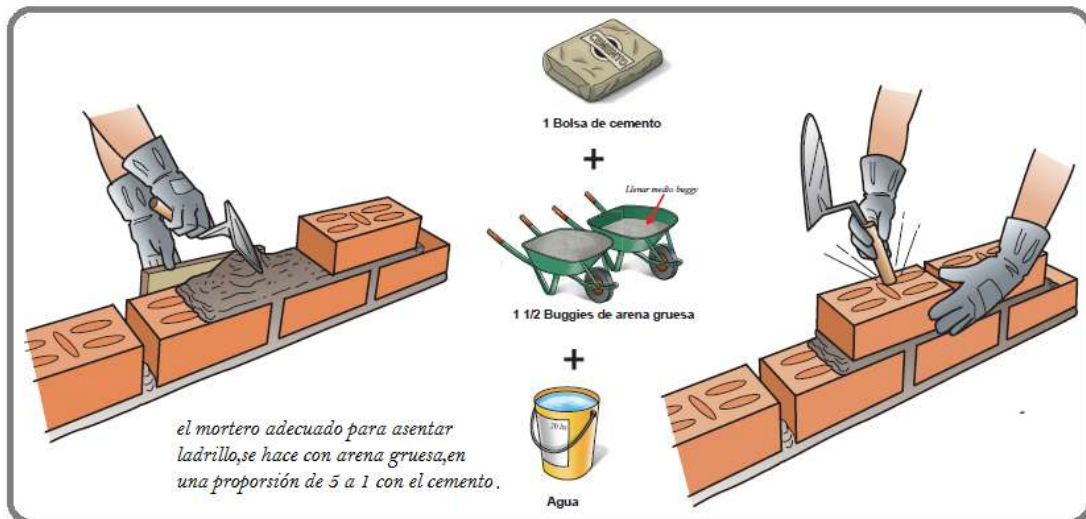


Figura 23. Calidad del mortero para las juntas entre las unidades de albañilería.

Fuente: Manual para propietarios-Aceros Arequipa.

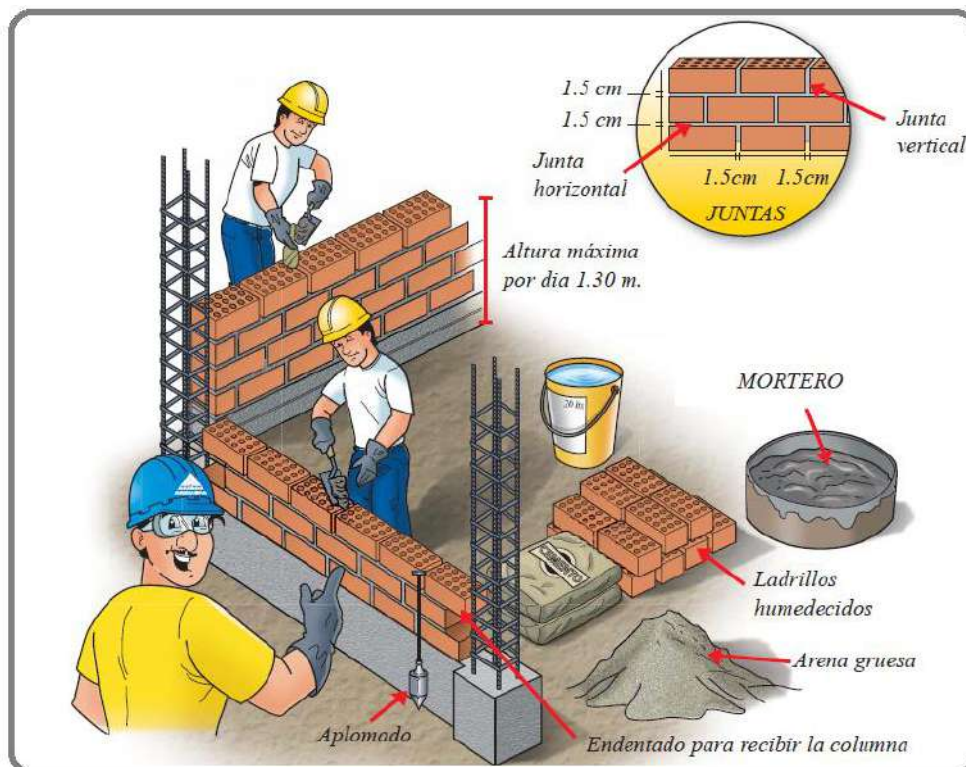


Figura 24. Adecuado espesor las juntas horizontales y verticales en muros.

Fuente: Manual para propietarios-Aceros Arequipa.

I.4.5.2.Aspectos Constructivos

Tipo y disposicion de las unidades de la albañileria. las unidades deben estar bien trabadas,ser de buena calidad, o que esteen deterioradas y fisuras.Deben estar colocadas de manera uninforme hilada tras hilada como se aprecia en la figura 24.

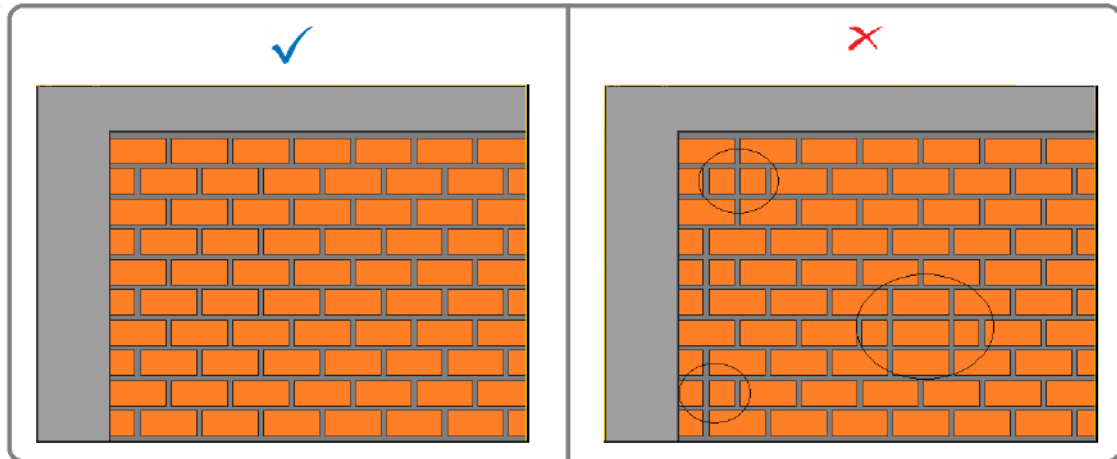


Figura 25. Representación idonea referente a la disposion de los ladrillos .

Fuente:Elaboración propia.



Figura 26. Inadecuado proceso constructivo para asentado de ladrillo y mala trabazon en los muros de albañileria.

Calidad de los materiales.

Los materiales usados para la construcción tienen que ser los adecuados, de buena calidad, resistentes, estar libre de polvo, entre otras características significativas de tal manera que cumpla con su especificación para la cual sea requerida, así la adecuada calidad de los materiales.



Figura 27. materiales usados en la construcción.

Fuente: Manual para propietarios –Aceros Arequipa.

I.4.5.3. Aspectos Estructurales

Confinamiento y arriostramiento en muros. Todos los muros deben estar debidamente arriostrados y confinados por elementos de concreto armado, tratando que toda la estructura quede monolítica como se indica en la figura 27.

Para lograr una conexión más efectiva entre la columna y la viga, se puede hacer lo siguiente: Luego que los muros llegaron a su altura (H), vaciar el concreto de las columnas hasta donde se indica en la figura 28. Luego en la segunda etapa consiste en completar el vaciado del concreto de la columna, como se indica en la figura antes mencionada, pero se debe hacer al mismo tiempo que el vaciado del concreto de las vigas soleras y del techo.

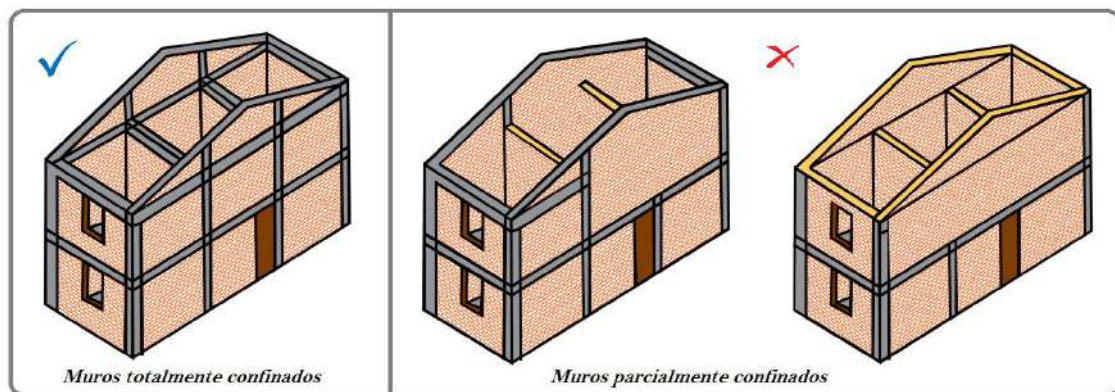


Figura 28. Confinamiento y arriostramiento en muros de albañilería.

Fuente: Elaboración propia.

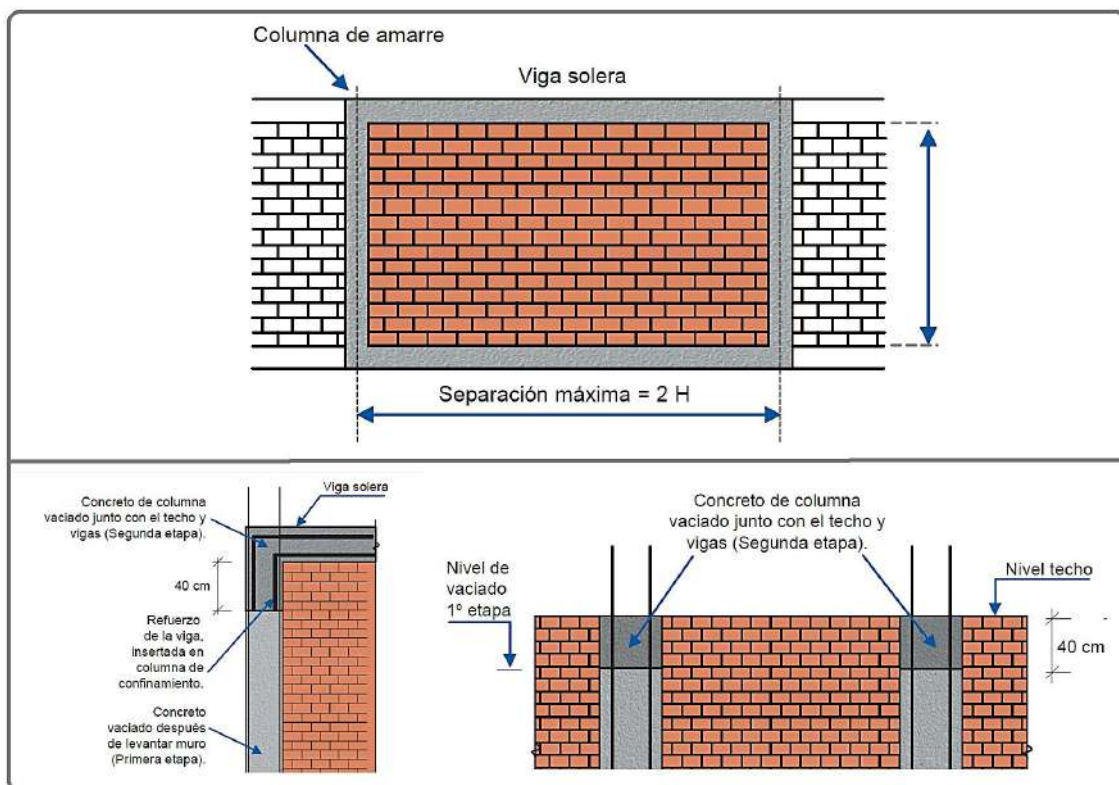


Figura 29. conexión entre columna de amarre y viga transversal.

Fuente: Manual Maestro de Obra – Aceros Arequipa.

Tipo y disposición de pisos. El entrepiso es continuo, monolítico y uniforme en relación con los materiales que lo componen. Evitar en lo posible discontinuidades abruptas.

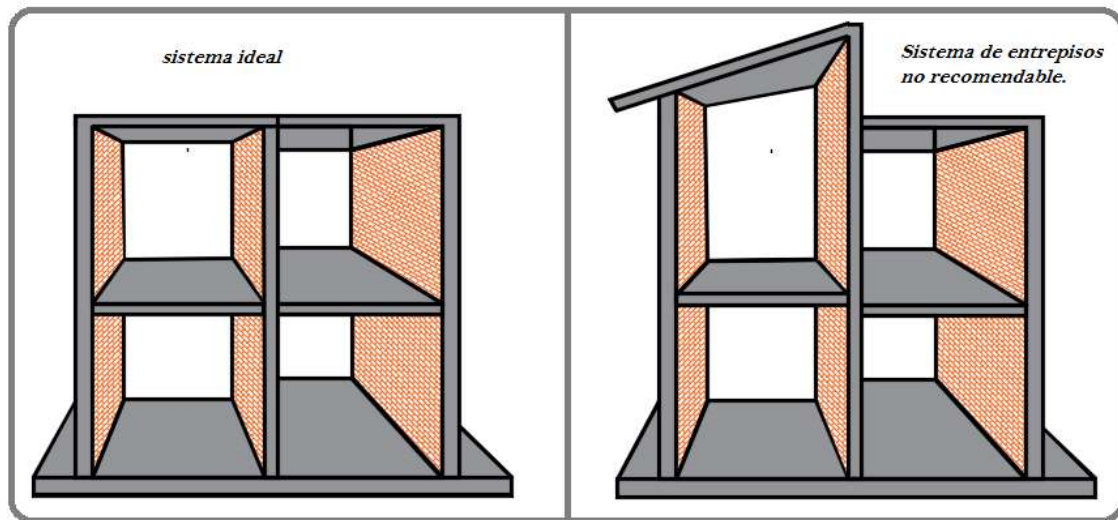


Figura 30. Idealización recomendada para la disposición de pisos.

Fuente: Elaboración propia.

Amarre o fijación de la cubierta. La cubierta debe ser liviana, estar debidamente amarrada y apoyada a la estructura. existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo a los muros.

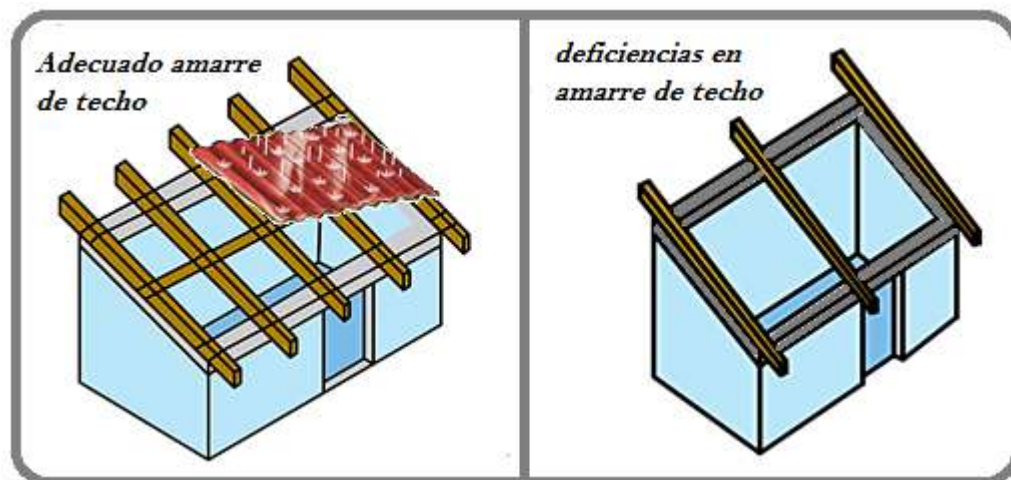


Figura 31. Fijación de cobertura liviana.

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2001).

Adecuada Cimentación. Debido a la presencia de muros portantes, el tipo de cimentación que se usa generalmente es el denominado “cimiento corrido”. Es el encargado de transmitir las cargas al terreno de fundación.

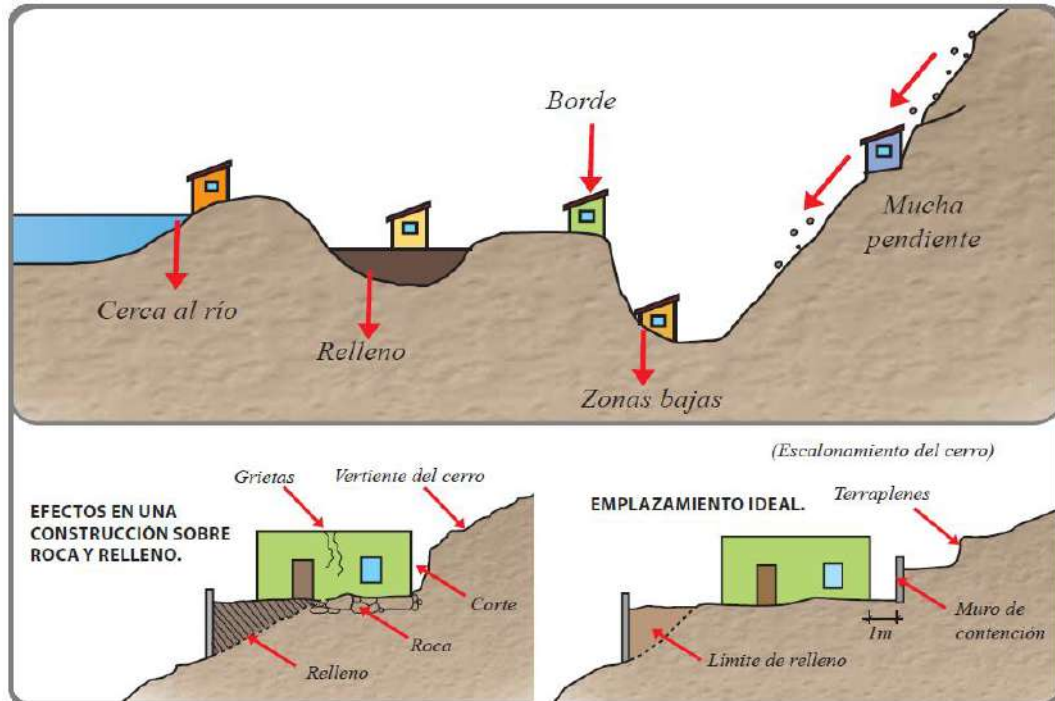


Figura 32. Lugares donde no es recomendable construir una edificación, por el peligro que este representa.

Fuente: Manual maestro constructor – Aceros Arequipa.

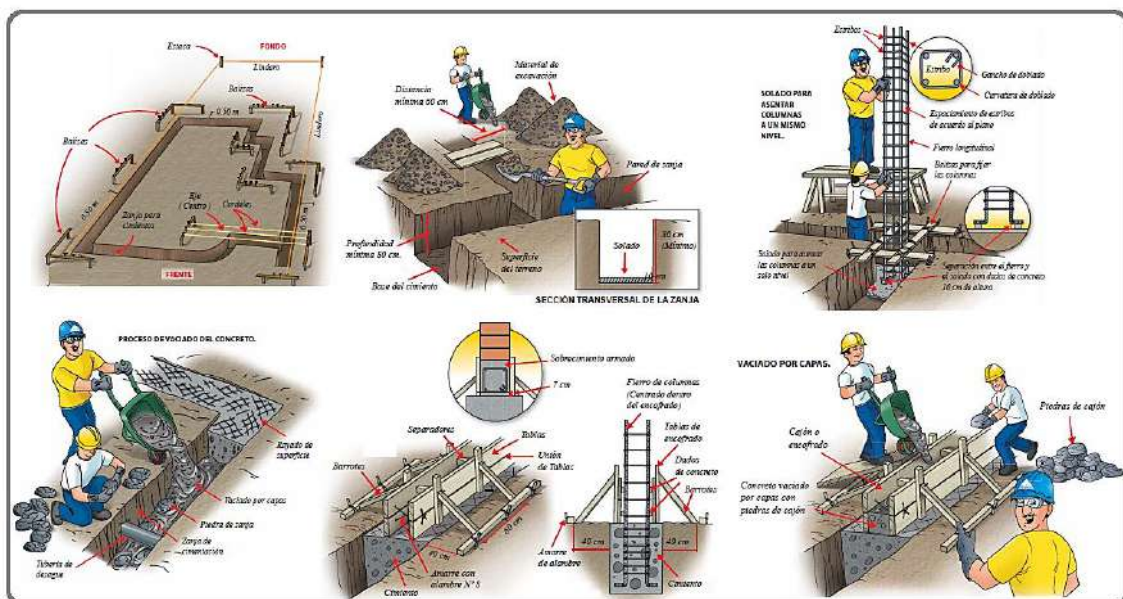


Figura 33. Consideraciones al construir una cimentación para una vivienda de albañilería.

Fuente: Manual Maestro Constructor-Aceros Arequipa.

1.4.6. Sismicidad en Perú

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto, está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo (Castillo & Alva, 1993).

1.4.2.1. Sismicidad en Jaén

El ámbito geográfico de Jaén, Bagua, Chachapoyas es una zona amenazada por dos sistemas sísmicos tectónicos, y uno de ellos incluye la franja de la Cordillera del Cóndor hasta Jaén. (INDECI, 2005).

Uno de los sismos que afectó a la ciudad está fechado el 14 de mayo de 1928, de fuerte intensidad, desvió del cauce del río Jaén, destruyó el templo, casa Municipal y todas las viviendas de adobe.

Actualmente en la ciudad de Jaén vienen ocurriendo sismos de intensidad moderada, ver anexo 4.

La ciudad de Jaén y su entorno inmediato se ubican dentro de la fase de deformación Mezoterciaria, como última fase de deformación andina y dentro de esta unidad de deformación, la actividad sísmica es de carácter intermedio a alto; por lo tanto, las intensidades que pueden desarrollarse en roca o suelo duro serían del orden de VII (M.M.) (INDECI, 2005, pág. 77).

1.4.7. Vulnerabilidad sísmica

1.4.3.1. Definición

Se debe tener en cuenta que se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características” (Vizconde, 2004, pág. 37).

La vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma y además es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. En otras palabras una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica. (Vizconde, 2004, pág. 37).

Es evidente que, para mitigar el riesgo sísmico de una zona, es necesario disminuir la amenaza, la vulnerabilidad y el costo de reparación de las estructuras afectadas. El conocimiento adecuado de la amenaza sísmica existente, permite definir tanto la acción que debe considerarse en el diseño de nuevas estructuras como el sitio donde pueden ser construidas, de tal forma que las condiciones de los emplazamientos sean optimas, esto es: alejados de las fallas, evitando los rellenos, los lugares con posibles asentamientos o deslizamientos y los de alto potencial de licuefacción. Sin embargo, poco puede hacerse para reducir la amenaza a la que están expuestas las estructuras existentes, por lo tanto, si se desea disminuir el riesgo, se requiere una intervención directa sobre la vulnerabilidad. (Bonett, 2003, pág. 9).

1.4.3.2. Clasificación de la vulnerabilidad sísmica

a. Según los elementos a evaluar:

Vulnerabilidad estructural:

Se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o dañados son los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos. Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, etc. Debido a ello como se dirá que un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos como lo son los terremotos. (Vizconde, 2004, pág. 38).

Vulnerabilidad no estructural:

Un estudio de vulnerabilidad no estructural busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos puedan presentar. Sabemos que al ocurrir un sismo la estructura puede quedar inhabilitada debido a daños no estructurales, sean por colapso de equipos, elementos arquitectónicos, etc., mientras que la estructura permanece en pie. Dentro de los elementos arquitectónicos tenemos las fachadas,

vidrios, tabiques, mamparas, puertas, ventanas, escaleras, etc. (Vizconde, 2004, pág. 39).

Vulnerabilidad funcional:

Un estudio de la vulnerabilidad funcional busca determinar la susceptibilidad de una edificación a sufrir un “colapso funcional” como consecuencia de un sismo. Esto es sólo visible en el momento en que ocurre una emergencia. A fin de determinar en esta tercera etapa la vulnerabilidad funcional, se evalúa lo referente a la infraestructura. En primer lugar, el sistema de suministro de agua y de energía eléctrica, que son las partes más vulnerables. También son afectadas por los sismos las tuberías de alcantarillado, gas y combustibles, para lo cual se realizan investigaciones sobre su resistencia y flexibilidad. (Vizconde, 2004, pág. 40).

1.4.8. Peligro Sísmico.

Es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes y licuefacción de suelos (Bommer J, Salazar , & Samayoa , 1998).

1.4.9. Riesgo Sísmico

Es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Barbat, 1998). También el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico ,que de forma general se puede expresar como: $Riesgo = Peligro \times vulnerabilidad$ (Kuroiwa Horiuchi, Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza, 2002). Esta evaluación de riesgo es en forma individual para cada estructura.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Sector Pueblo Libre, ciudad de Jaén-2020.

2.2. Específicos

- a. Evaluar los parámetros de medición de vulnerabilidad de las viviendas de albañilería confinada del Sector Pueblo Libre-Ciudad de Jaén.
- b. Evaluar las condiciones en las que se encuentran las viviendas de albañilería confinada del sector en estudio.
- c. Generar un mapa de zonificación con los diferentes niveles de vulnerabilidad sísmica de sector en estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Población y muestra

3.2.1. Población

Las viviendas de albañilería confinada del sector en estudio.

3.2.2. Muestra

“Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014, pág. 189).

La selección de la muestra se realizó mediante el procedimiento de “método del cuarteo”. Las muestras fueron tomadas teniendo en cuenta las siguientes características.

- ✓ Viviendas del sistema constructivo de albañilería confinada de 1-5 pisos.
- ✓ Los entrepisos y techos de las viviendas sean de madera, losa aligerada o maciza.

(Ver Anexo 10. Plano de lotes identificados en el sector Pueblo Libre (Área de Estudio).).

Para el cálculo del tamaño de la muestra representativa de la población se utilizará la fórmula de Cochran:

$$n = \frac{Z^2 N p \cdot q}{E^2 (N - 1) + Z^2 p \cdot q} \dots \dots \dots Ec. (2.1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población o universo

Z = Nivel de confianza

q: La probabilidad en contra de los datos a evaluar donde q=1-p

p: es la probabilidad esperada de los datos a evaluar.

E= el error que se prevé cometer esta relación con la precisión y confianza; en nuestro caso no será mayor al 5%.

Las unidades de análisis de la población serán las viviendas ubicadas en la ciudad de Jaén en el sector Pueblo Libre. Con respecto a la muestra se tomará de forma aleatoria y según la significancia a tomarse del universo.

3.2. Tipo de investigación

3.3.1. Según su finalidad

Es básica, porque tiene el propósito de evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del sector pueblo libre, de la ciudad de Jaén, dichos resultados obtenidos se difundirán para que los involucrados en esta actividad puedan tomar acciones si fuese necesario, apliquen acciones preventivas de mitigación ante un evento sísmico y así reducir esta amenaza. El propósito es la aplicación inmediata y, no aporta conocimiento nuevo.

3.3.2. Según su diseño

Es no experimental, pues no se harán ningún tipo de modificación de las variables, y los resultados de los parámetros medidos servirán para identificar el nivel de vulnerabilidad sísmica en que se encuentre las viviendas de albañilería, cuyo procedimiento será meramente descriptivo.

3.3.3. Según su enfoque

Es cualitativa, porque es un método aproximado propuesto por Benedetti-Petrini, para la evaluación sísmica de la vulnerabilidad de edificaciones existentes apoyándose en cálculos simplificados identificando los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural.

3.3. Línea de investigación

Mecánica y análisis estructural.

3.4. Fuentes de información

- Fuente primaria: Aquellas que han sido registradas en los parámetros de estudio evaluados en cada vivienda de albañilería confinada.
- Fuente Secundaria: Información citada de diferentes fuentes bibliográficas artículos, monográficas, libros y otras fuentes de información relacionada con investigaciones sobre vulnerabilidad sísmica por el método de Benedetti Petrini.

3.5. Ubicación geográfica

Este proyecto de investigación se realizó en el departamento de Cajamarca, provincia y distrito de Jaén; en el sector pueblo libre comprendido entre La Calle Iquitos -Avenida Mesones Muro-Calle Coricancha-Calle 28 de julio - la avenida Ejercito y calle pardo miguel En La Ciudad De Jaén.

El distrito de Jaén, presenta los siguientes límites:

- ✓ **Por el norte** : Provincia de San Ignacio
- ✓ **Por el Sur** : Provincias de Cutervo, Ferreñafe y Lambayeque.
- ✓ **Por el Este** : Provincias de Bagua y Utcubamba
- ✓ **Por el Oeste** : Provincia de Huancabamba

A continuación, se detalla la ubicación del sector de estudio a través de mapas.



Figura 34. Mapa político del Perú, donde se muestra la región donde se ha realizado la investigación.

Fuente: Elaboración propia

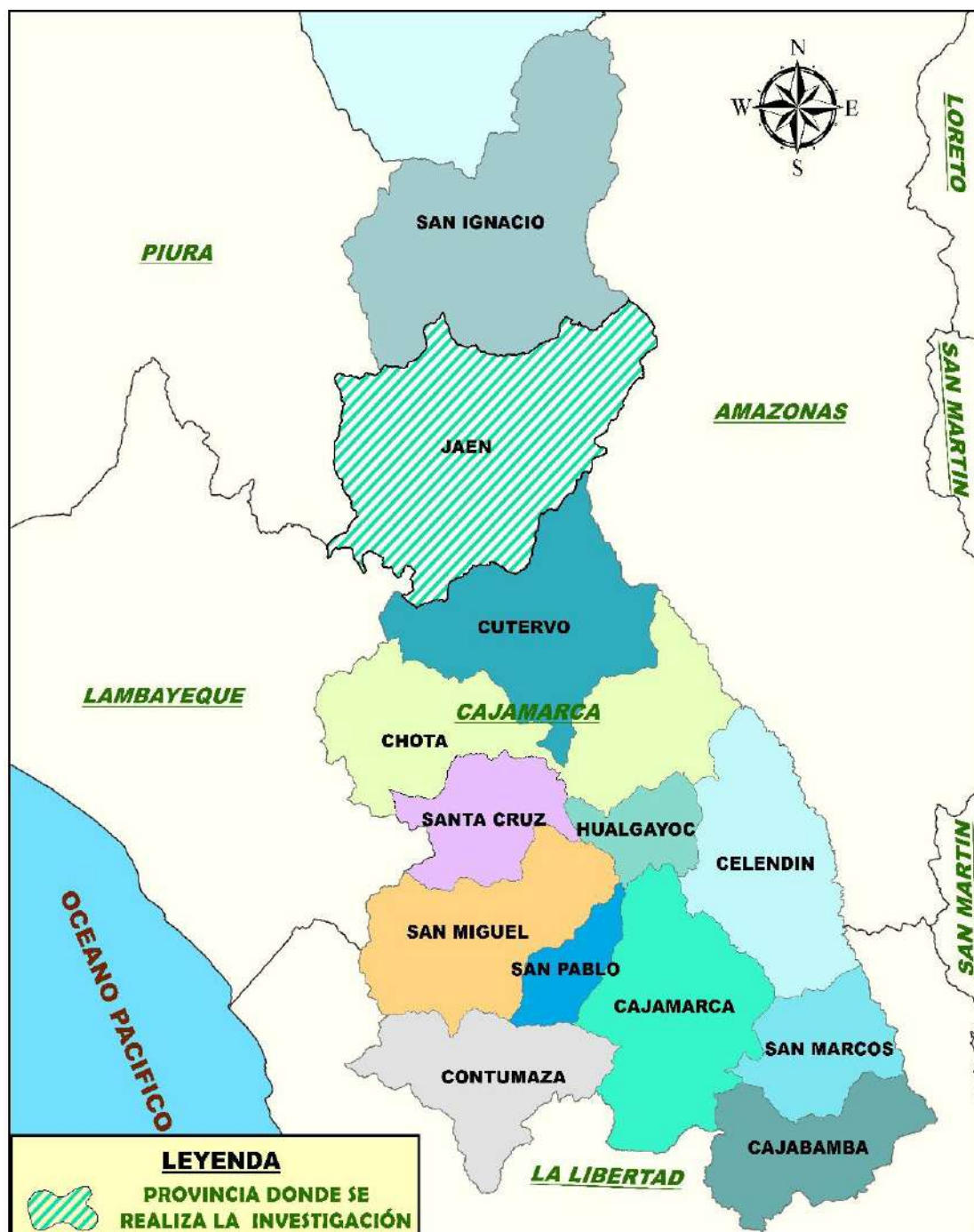


Figura 35. Mapa político de la Región de Cajamarca, donde se especifica la provincia donde se ha realizado la investigación.

Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Mapa político de la Provincia de Jaén, donde se indica el distrito donde se ha realizado la investigación.

Fuente: Elaboración propia

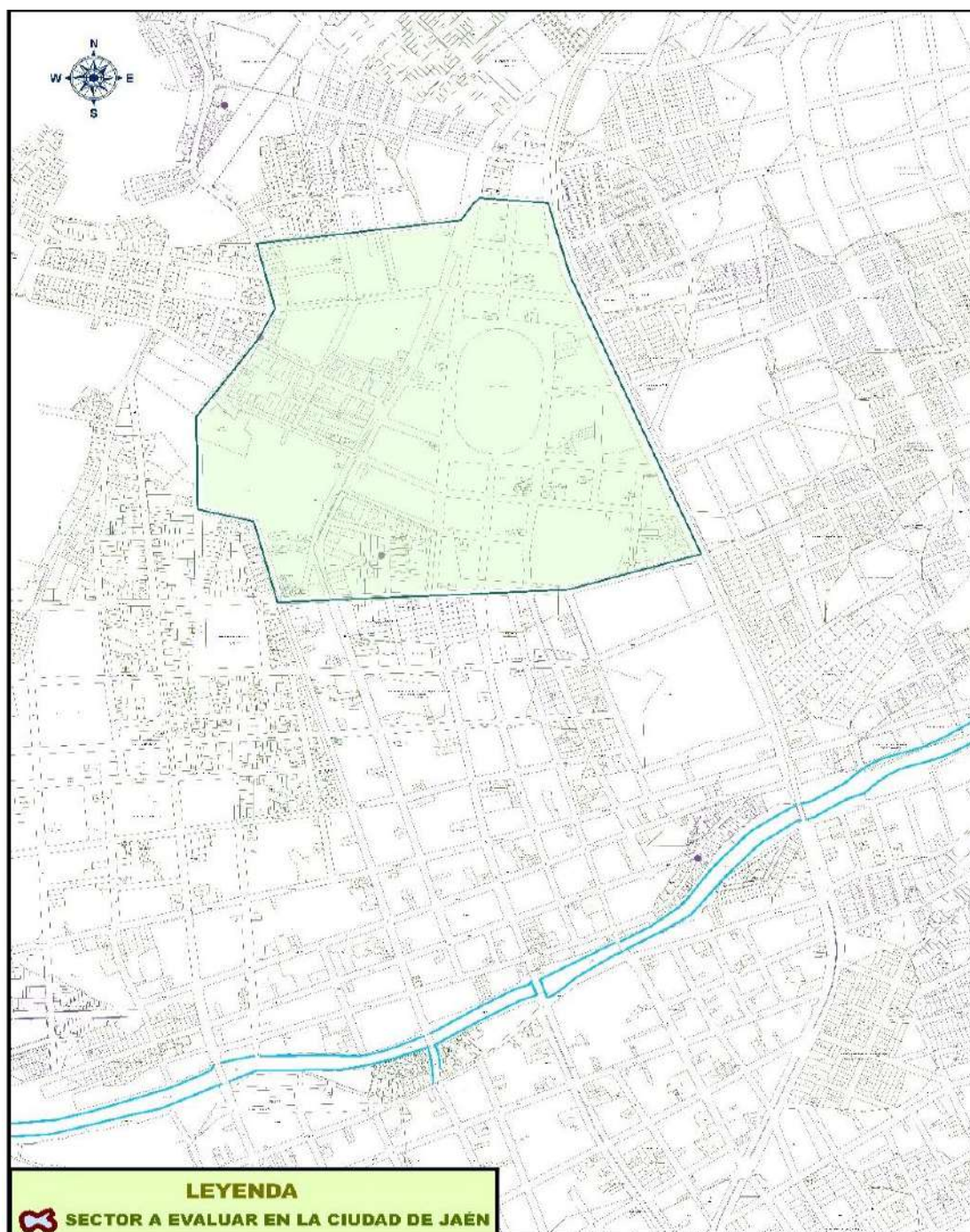


Figura 37. Plano de la ciudad de Jaén, donde se señala el sector donde se ha realizado la investigación.

Fuente: Elaboración propia

3.6. Hipótesis

Las viviendas de albañilería confinada del sector pueblo libre de la ciudad de Jaén, se encuentran en el nivel de vulnerabilidad “BAJA” significativa, seguida de MEDIA y ALTA.

Variables

3.7.1. Variables dependientes

Nivel de vulnerabilidad sísmica.

3.7.2. Variables independientes

Las viviendas de albañilería confinada.

3.7. Método

El método del conocimiento será, deductivo - inductivo y análisis - síntesis.

La metodología propuesta para esta investigación consiste en evaluar la vulnerabilidad sísmica por el método de índice de vulnerabilidad desarrollado por Benedetti-Petrini, que ha sido adaptada a la realidad de la zona, donde se determina el nivel de vulnerabilidad (bajo, medio, alto), en el cual se trabajará con la normativa vigente para las concordancias respectivas:

- NTE.020: Cargas.
- NTE.030: Diseño Sismo resistente.
- NTE.050: Suelos y Cimentaciones
- NTE.060: Concreto Armado.
- NTE.070: Albañilería.

¿Por qué utilizar el método de Índice de vulnerabilidad de vulnerabilidad?

El método del índice de vulnerabilidad por Benedetti – Petrini, hemos considerado conveniente utilizarlo en ésta investigación por su evaluación rápida y sencilla donde éste método ha sido ampliamente utilizado en Italia durante los últimos 20 años y su gran aceptación en Perú ha quedado demostrado por GNDT (Grupo Nazionale per la Difesa Dei Terremoti) que lo adoptado para los planes de mitigación de desastres a nivel gubernamental.

3.8.1. Descripción de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad

Este método del índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini consta de un formulario de once parámetros para edificaciones de adobe, albañilería y concreto armado cada uno de ellos con el propósito de proporcionar al observador de campo un criterio de selección.

Para éste proyecto de investigación las edificaciones a evaluar son de albañilería confinada; en la cual el método considera a cada parámetro una serie de instrucciones designando con las letras A, B, C y D, atribuyéndole a cada uno de ellas un valor de vulnerabilidad diferente.

Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- Está fundamentada en datos reales.
- Se tiene la experiencia de haberse aplicado a diferentes ciudades de Italia con buenos resultados y consecuentemente se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental llamado Gruppo Nazionale Per La Difesa Dei Terremoti (GNDT).

De acuerdo con la escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la "calidad sísmica" de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales que, se considera, juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería. A cada parámetro se le atribuye, durante las visitas técnicas (inspecciones), una de las cuatro clases A, B, C y D. La calificación "A" es óptima con un valor numérico $K_i=0$, mientras que la "D" es la más desfavorable con un valor numérico $K_i=45$, tal y conforme se observa en la tabla 2. Así, por ejemplo, si el parámetro número cuatro "posición del edificio y cimentación" corresponde a una configuración insegura desde el punto de vista sísmico, se le asigna la calificación "D" y el valor numérico $K_4 = 45$.

Una vez evaluado cada parámetro se realiza una suma ponderada utilizando los factores de peso, para obtener el índice de vulnerabilidad final mediante la siguiente expresión:

$$IV = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i \dots\dots\dots \text{Ec. (01).}$$

Donde:

IV: Índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini

K_i : Valor numérico del índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini

W_i : Coeficiente de Peso del índice de vulnerabilidad de Benedetti – Petrini

En esta investigación se trabajó con los once parámetros originales no se añadió ningún parámetro adicional al del índice de vulnerabilidad.

Tabla 2. Escala de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini para edificaciones de albañilería confinada.

Parámetros	Clase K_i				Peso W_i
	A	B	C	D	
1. Organización del sistema resistente.	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del Sistema Resistente.	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia Convencional.	0	5	25	45	1.50
4. Posición del edificio y cimentación.	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas horizontales.	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en Planta.	0	5	25	45	0.50
7. Configuración en elevación.	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre los muros.	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de Cubierta.	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no Estructurales.	0	0	25	45	0.25
11. Estado de Conservación.	0	5	25	45	1.00

FUENTE: (Benedetti & Petrini, 1984)

Después de haber evaluado el índice de vulnerabilidad (I_v) para cada edificación de albañilería confinada, el cual varía entre los valores de 0 a 382.5 para albañilería según la metodología propuesta, se procede a normalizar el Índice de Vulnerabilidad (I_{vn}), en un rango de 0 a 100, para ello utilizaremos las siguiente formula:

$$I_{vn} = \frac{I_v * 100}{382.5} \dots\dots\dots \text{Ec. (02).}$$

Donde:

I_{vn} = Índice de Vulnerabilidad Normalizado.

I_v = Índice de vulnerabilidad

Tabla 3. Interpolación lineal para el método de índices de vulnerabilidad

Interpolación lineal	
0	0
I_v	I_{vn}
382.5	100

FUENTE: Elaboración propia

Luego de encontrar el índice de vulnerabilidad normalizado que está en un rango de 0 a 100, lo clasificamos en los siguientes rangos de vulnerabilidad tomando como referencia de (Quispe, 2004).

Tabla 4. Rangos de Índices de Vulnerabilidad.

Escala de valorización de la Vulnerabilidad	
Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
$0 < Iv \text{ norm.} < 20$	BAJA
$20 \leq Iv \text{ norm.} < 40$	MEDIA
$Iv \text{ norm.} \geq 40$	ALTA

FUENTE: (Quispe, 2004)

3.8.1.1. Parámetro N°01: Tipo y organización del sistema resistente.

Con este parámetro se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. Para las edificaciones de albañilería, el elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Además, se hace un especial énfasis en el uso de la norma de diseño Sismorresistente para la construcción de la edificación, así como la intervención de un profesional con experiencia.

La aplicación de la norma de diseño Sismo resistente es muy importante, pues dicho parámetro analiza las características del sistema resistente y también se considera la participación de un profesional con experiencia.

Por lo tanto, el parámetro 1, se asignará de acuerdo a los puntos descritos a continuación:

A: Edificaciones de albañilería que cumplan la norma E 070.

B: Edificaciones que no cumplen con al menos un requisito de la norma E 070.

C: Edificaciones que presentan vigas y columnas que confinan solo parcialmente los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo

D: Edificaciones sin vigas ni columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica. Paredes ortogonales deficientemente conectadas.

3.8.1.2. Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente.

Para las edificaciones de albañilería con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando de modo cualitativo su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de una edificación a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores:

- El tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería.
- Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas (bloques, ladrillos – cemento, ya sean pre fabricados, cocidos o con un leve refuerzo) por toda el área del muro.

A : El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

- ✓ Ladrillo de buena calidad y resistencia con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
- ✓ Presencia de buen amarre entre unidades de albañilería.
- ✓ Mortero de buena calidad con espesor de 10 - 15 mm.

B : El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C : El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D : El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

3.8.1.3. Parámetro N°03: Resistencia convencional.

Para las edificaciones de albañilería con este parámetro se evalúa la fiabilidad de la resistencia que puede presentar el edificio frente a cargas horizontales. Aquí se realizan unos cálculos sencillos, en la que se tienen en cuenta la resistencia de los muros en las direcciones principales.

Para este parámetro se decidió utilizar la metodología propuesta por Hurtado y Cardona, en donde se determinó escoger la clase, no por el factor a como acontece con el método del Índice de Vulnerabilidad, sino por la demanda de ductilidad DD , que es el inverso de a . Esta metodología fue desarrollada en 1990 y se desarrolla de la siguiente manera:

1. Determinar A_x y A_y que son las áreas totales resistentes de muros (m^2) en la dirección x e y respectivamente, cuyo valor para este trabajo se inferirá de los estudios realizados.

Cuando los paneles resistentes no siguen las direcciones ortogonales x o y , sino que forman un ángulo b diferente de cero con dichos ejes, los valores de A_x y de A_y se evalúan multiplicando dichas áreas por $(\cos b)^2$.

2. Determinar la resistencia cortante menos favorable, considerando la menor área de muros en un plano en el primer piso de la edificación. La resistencia cortante se calcula como:

$$V_R = \min (A_x, A_y) \dots E_c (03).$$

Donde v es el valor de la resistencia a cortante de los muros, cuyo valor se calcula en ensayos experimentales de muestras de los edificios de estudio. Cuando este valor no se obtiene experimentalmente, se pueden recurrir a los valores que se muestran en la siguiente tabla 4 y 5.

Tabla 5. Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería de edificios históricos.

VALORES RECOMENDADOS DE ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO PARA MAMPOSTERÍA DE EDIFICIOS HISTÓRICOS.				
PROPIEDADES MECÁNICAS DE ALGUNOS TIPOS DE MAMPOSTERÍA DE EDIFICIOS HISTÓRICOS.				
Material	Peso Volumétrico	Resistencia a Compresión	Resistencia a cortante kg/cm^2	Módulo de Elasticidad
Adobe	1.8	2 – 5	0.5	3000
Bloques de lepetate con mortero de lodo	1.8	5 – 10	0.5	5000
Ladrillo con mortero de lodo	1.6	5 – 10	1.0	5000
Ladrillo con mortero de cal	1.6	15 – 20	2.0	10000
Mampostería de piedra irregular con mortero de cal	2.0	10 – 15	0.5	5000
Mampostería de piedra de buena calidad	2.0	30	2.0	20000

Fuente: Ingeniería Estructural de los edificios históricos, (Roberto Meli, México).

Así como también se pueden utilizar datos del siguiente cuadro.

Tabla 6. Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paneles de mampostería (Yépez, 1996).

VALORES RECOMENDADOS DE ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO PARA PANELES DE MAMPOSTERÍA (YÉPEZ, 1996)	
Tipo de material	Esfuerzo cortante (Tn/m ²)
Ladrillo macizo, calidad regular	6 – 12
Piedra mal tallada	2
Piedra bien tallada	7 – 9
Ladrillo macizo, buena calidad	18
Bloque macizo, mortero – Cemento	18
Mampostería nueva. Ladrillo macizo	20
Mampostería nueva. Bloque macizo	20
Mampostería nueva. Ladrillo/ Bloque Hueco	18

Para este trabajo se utilizó los siguientes valores promedio, $v = 15 \text{ tn/m}^2$ para mampostería confinada, $v = 7.5 \text{ tn/m}^2$ para mampostería no confinada y $v = 5 \text{ tn/m}^2$ para mampostería de adobe y piedra irregular.

3. Calcular el peso de la edificación que es resistido por la estructura (W), lo cual será la contribución tanto del peso de los muros, peso de los pisos y cubiertas.

$$W = N \cdot (A_x + A_y) \cdot h \cdot P_m + M \cdot P_s \cdot A_t + A_c \cdot P_c \quad \dots \text{Ec (04)}.$$

En donde:

- A_t : Área total construida en planta (m²).
- A_x, A_y : Áreas totales resistentes de muros (m²) en las direcciones X y Y respectivamente.
- h : Altura Promedio de entrepiso (m).
- N : Número de pisos de la edificación.
- P_m : Peso específico de la mampostería (tn / m³)
- P_s : Peso por unidad de área del diafragma horizontal (tn / m²).
- M : Es el número de diafragmas horizontales.

A_c : Área total de cubierta (m^2).
 P_c : Peso por unidad de cubierta (tn / m^2).

Valores para P_m :

- A. Para mampostería de adobe se utilizará $1.6 \text{ tn}/m^3$
- B. Para mampostería de ladrillo solido se utilizara $1.8 \text{ tn}/m^3$
- C. Para otro tipo de material como mampostería de caliza, granito y otro se utilizó los valores según a los pesos unitarios que proporciona la norma u otra bibliografía.

Valores para P_s :

- A. Para valores de aligerados se utilizará $0.3 \text{ tn}/m^2$
- B. Para valores de diafragmas abovedados de un promedio de espeso de 0.40 m se utilizará $0.70 \text{ tn}/m^2$

Para otros valores de diafragmas horizontales se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 7. Diafragmas tipo, utilizado para el cálculo de coeficiente.

Descripción del forjado	Peso (Kg/m^2)	
	Rango	Promedio
1. Viguetas de madera y entarimado.	40 – 70	55
2. Viguetas de madera y bovedillas de yeso	100 – 160	130
3. Viguetas de madera y tablero de ladrillo	60 – 140	100
4. Viguetas metálicas y bovedillas de ladrillo.	130 – 280	205
5. Viguetas metálicas y mortero ligero.	160 – 390	275
6. Viguetas de concreto y bovedillas de ladrillo	180 – 290	235
7. Viguetas de concreto y bloques huecos	100 – 180	440
8. Losa de concreto armado	190 – 480	335
9. Losa aligerada de concreto armado	200 – 320	260
10. Losa de cerámica armada.	150 – 240	195

Valores para P_c

- A. Para valores de coberturas de teja y barro se utilizará 0.16 tn/m^2 .
- B. Para valores de coberturas de zinc se utilizará 0.01 tn/m^2 .
- C. Para valores de coberturas de asbesto cemento se utilizará 0.05 tn/m^2 .

Para el valor del área de cubierta se considera un 20% más del área construida, debido a los aleros y pendientes que tienen las viviendas de la zona, este incremento solo será para construcciones que tienen pendientes.

4. Calcular el coeficiente sísmico resistente CSR, es decir, el porcentaje del peso de la edificación que es resistido por la estructura, como cortante horizontal en la dirección más desfavorable.

$$CSR = VR/W \dots\dots Ec (05).$$

5. Calcular el coeficiente sísmico exigido CSE el cual será el valor del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo de vibración dado, tal como menciona el reglamento sismorresistente.

Para albañilería (E – 030):

$$CSE = ZUSC/R \dots\dots Ec (06).$$

6. Calcular la demanda de ductilidad DD como la relación:

$$DD = CSE W/VR \dots\dots Ec (07).$$

7. Se podrá clasificar con la siguiente adaptación:

- A : $DD < 0.50$
- B : $0.50 \leq DD < 1.00$
- C : $1.00 \leq DD < 1.50$
- D : $1.50 \leq DD$

3.8.1.4. Parámetro N°04: Posición del edificio y cimentación

Con este parámetro se evalúa hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como:

- La consistencia y la pendiente del terreno.

- La eventual ubicación de la cimentación a diferente cota.
 - La presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
 - Presencia de humedad, sales, etc.
- A. : Edificación cimentada sobre suelo rígido y según la norma E – 070, sin presencia de humedad ni sales.
- B. : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, sin presencia de humedad ni sales.
- C. : Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E – 070, con presencia de humedad y sales.
- D. : Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, con presencia de sales y humedad. Estado de conservación deteriorado.

3.8.1.5. Parámetro N°05: Diafragmas horizontales.

En ambas construcciones (mampostería y concreto armado), la calidad del sistema resistente del piso tiene una notable importancia al influir en el buen funcionamiento de los elementos resistentes verticales. A partir de las experiencias con terremotos pasados, se ha observado que es de singular importancia que el sistema de diafragmas horizontales se encuentre bien conectado al sistema resistente vertical, que pueda transmitir tanto las cargas verticales que soporta el edificio, como las horizontales debidas al sismo hacia los paneles y de allí a la cimentación. Cuando dichas conexiones no se encuentran en estado aceptable, la vibración lateral de los paneles resistentes tiende a separarlos de los diafragmas horizontales, provocando la caída de estos últimos y el desarrollo de un mecanismo de falla con características de reacción en cadena con el resto del sistema; dicha reacción se producirá como consecuencia de altas cargas de impacto.

Por otro lado, la deficiencia de estas conexiones genera inestabilidad en la estructura global, permitiendo los diafragmas horizontales su capacidad de arriostrar los muros, aumentando con ello drásticamente la longitud de pandeo de los paneles y llegándose así a un debilitamiento drástico de su capacidad de recibir cargas. En resumen, este efecto podría causar el colapso total y violento de todo edificio. Este parámetro, en ambas construcciones se calculará con la información del tipo de diafragmas horizontales y desniveles de estos, así como su tipo de conexiones.

La calidad del sistema resistente del piso tiene una considerable importancia al influir en el buen funcionamiento de los elementos resistentes verticales.

A : Edificaciones con diafragma que satisfacen las siguientes condiciones.

1. Ausencia de planos a desnivel.
2. La deformabilidad del diafragma es despreciable (Ideal de concreto armado).
3. La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz.

B : Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.

C : Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.

D : Edificación que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase A.

3.8.1.6. Parámetro N°06: Configuración en planta.

El comportamiento sísmico de un edificio depende en parte de la forma en planta del mismo. La asignación de las edificaciones posibles se puede explicar definiendo los parámetros $b_1 = a/L$ y $b_2 = b/L$, donde:

a: Representa la dimensión menor del edificio.

L: Representa la dimensión mayor del edificio.

b: Representa la dimensión de los elementos que sobresalgan de las dimensiones principales a y L de la planta.

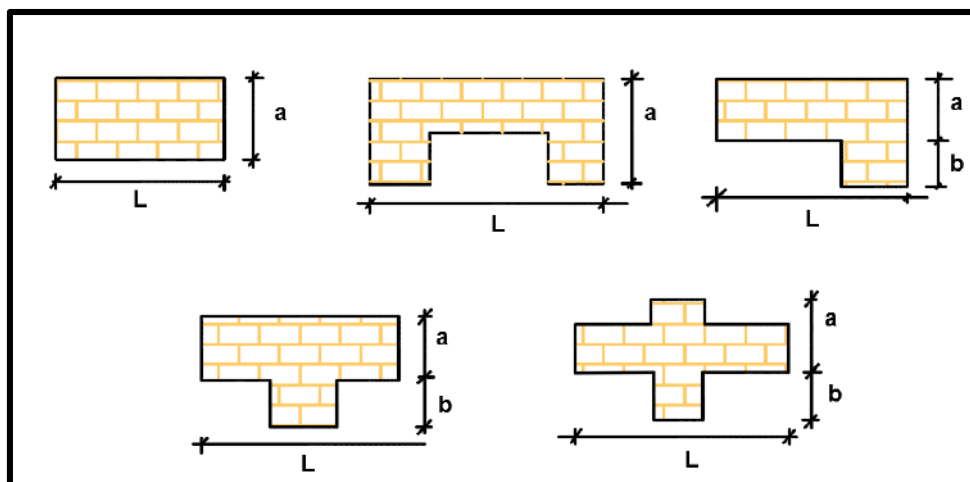


Figura 38. Configuración en planta de la estructura considerada en la metodología de índice de vulnerabilidad.

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, proponiendo los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, las cuales pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y rigidez.

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ o $0.3 < \beta_2$

La implementación de este parámetro dentro del sistema de información geográfica o dependiendo de la forma de la edificación en algunos casos, impide evaluar el parámetro como lo indica la metodología original, lo que obliga a desarrollar un método alternativo para evaluar dicha regularidad.

Debido a que este parámetro depende de la geometría de la planta del edificio, el método propuesto es el siguiente para ambos tipos de edificios.

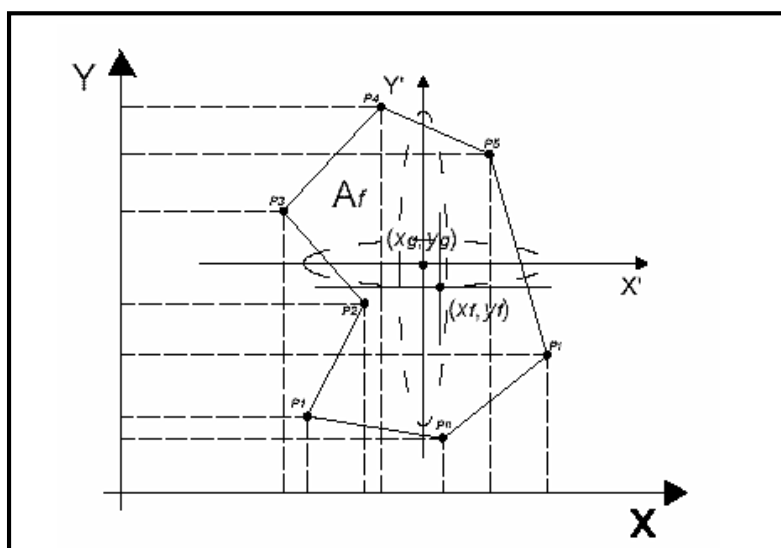


Figura 39. Forma general de una planta considerada para el cálculo del parámetro 6 (configuración en planta del edificio).

Sean $P1, P2, \dots, Pi, \dots, Pn$, los puntos de la forma geométrica anterior correspondientes a las coordenadas $(X1, Y1), (X2, Y2), \dots, (Xi, Yi), \dots, (Xn, Yn)$, que definen la planta de cada

edificio. El centroide o centro de gravedad (x_g, y_g) se obtiene de las siguientes ecuaciones:

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \dots \text{Ec (08)}.$$

$$y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \dots (\text{Ec 09}).$$

En donde A_i , son las áreas parciales auxiliares de la figura que sirven para obtener el centro de gravedad y se obtienen multiplicar $x_i \cdot y_i$. Se calcula además, un valor medio de los puntos más alejados de la figura en donde cruza una línea imaginaria que pasa por el centro de gravedad, en donde, $x_{\min}$, $x_{\max}$, $y_{\min}$ y $y_{\max}$, corresponden a los valores de los puntos $P_{x_{\min}}$, $P_{x_{\max}}$, $P_{y_{\min}}$ y $P_{y_{\max}}$, respectivamente.

$$x_m = \frac{(P_{x_{\min}} + P_{x_{\max}})}{2} \quad \dots \text{Ec (10)}.$$

$$y_m = \frac{(P_{y_{\min}} + P_{y_{\max}})}{2} \quad \dots \text{Ec (11)}.$$

Una vez calculados estos valores se sustituyen en las ecuaciones, con lo que se obtienen los valores de la regularidad en las direcciones x e y de la estructura. El valor máximo obtenido, permitirá obtener el parámetro 6.

$$IR_x = \frac{|x_g - x_m|}{\frac{1}{2} |x_{\max} - x_{\min}|} \quad \dots \text{Ec (12)}.$$

$$IR_y = \frac{|y_g - y_m|}{\frac{1}{2} |y_{\max} - y_{\min}|} \quad \dots \text{Ec (13)}$$

$$IR = \max(IR_x, IR_y) \quad \dots \text{Ec (14)}.$$

A : $IR \leq 0.10$

B : $0.10 < IR \leq 0.50$

C : $0.50 < IR \leq 1.00$

D : $IR > 1.00$

Esta metodología es tan solo una alternativa en caso de observar una configuración en planta demasiado irregular, y contar con un plano que tenga el suficiente detalle en planta. A nuestro entender la metodología original para calcular este parámetro es la ideal; sin embargo, es necesario contar con la segunda alternativa, pues es mas general.

3.8.1.7. Parámetro N°07: Configuración en elevación.

En el caso de edificaciones de albañilería se reporta la variación de masa en porcentaje $\pm \frac{\Delta M}{M}$ entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la variación de áreas respectivas $\pm \frac{\Delta A}{A}$, evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.

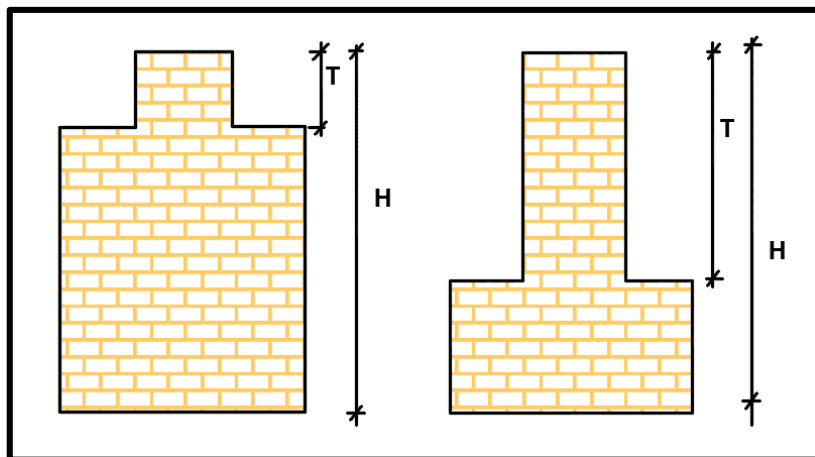


Figura 40. Formas originales consideradas para la evaluación del parámetro 7.

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

A: Edificio con: $\pm \Delta A/A \leq 10\%$

B : Edificio con: $10\% < \pm \Delta A/A \leq 20\%$

C: Edificio con: $20\% < \pm \Delta A/A \leq 50\%$; Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes

D : Edificio con: $\pm \Delta A/A \geq 50\%$; Presenta irregularidades de piso blando.

3.8.1.8. Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros o columnas.

Para los edificios de mampostería, se tiene en cuenta el posible espaciamiento excesivo entre los muros ubicados transversalmente a los muros maestros. La clasificación se define en función del factor L/S , donde S es el espesor del muro maestro y L es el espaciamiento máximo entre los muros transversales. Este parámetro indica que al aumentar el espaciamiento máximo, producto de la eliminación de muros internos secundario, se altera la vulnerabilidad sísmica del edificio. Este es un típico efecto de las ampliaciones y remodelaciones arquitectónicas que se realizan en las construcciones existentes, generalmente como consecuencia del cambio de uso de ciertos pisos en las edificaciones. Por otra parte para el caso de los edificios de concreto armado, a diferencia de los edificios de mampostería, analiza el tipo de conexión entre elementos críticos resaltando la importancia que tienen las uniones vigas-columnas o losa-columnas.

1. Para muros de mampostería de ladrillo de arcilla y concreto, para los cuales se tomó con un espesor promedio de 23 cm y 13 cm.
2. Para muros de mampostería de adobe, con espesores promedio de 40 cm.
 - A. : Edificio con $L/S < 15$
 - B. : Edificio con $15 \leq L/S \leq 18$
 - C. : Edificio con $18 \leq L/S \leq 25$
 - D. : Edificio con $L/S \geq 25$

3.8.1.9. Parámetro 9: Tipo de cubierta.

En el caso de los edificios de mampostería y concreto armado la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio es muy importante, factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento.

Según las observaciones de campo se pudieron apreciar dos tipos de cubiertas: eternit y calamina; y combinaciones entre estas.

- A : Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.
- B : Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.
- C : Cubierta inestable de material liviano y en malas condiciones.
- D : Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

3.8.1.10. Parámetro 10: Elementos no estructurales.

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de balcones, cornisas, parapetos, tanques elevados o cualquier otro elemento no estructural que pueda causar daño. Se trata de un parámetro secundario para fines de evaluación de la vulnerabilidad.

- A. Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
- B. Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.
- C. Edificación con balcones y parapetos mal conectados al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.
- D. Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construido, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificios con balcones construidos posteriormente a la estructura principal y conectada a esta de modo deficiente y en mal estado.

3.8.1.11. Parámetro 11: Estado de conservación.

Para éste último, este parámetro, enteramente subjetivo califica de una manera visual la presencia de desperfectos internos de la estructura, así como posibles irregularidades como productos de fallos en el proceso constructivo.

- A. Muros en buena condición, sin fisuras visibles.
- B. Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a dos (02) milímetros
- C. Edificación que no presenta fisuras, pero en mal estado de conservación; o muros con fisuras de tamaño medio de dos a tres milímetros.
- D. Muros con fuerte deterioro en sus componentes.

3.8. Técnicas

La técnica que se utilizó en la investigación fue la observación directa, a través del cual se pudo chequear las condiciones en que esta la vivienda y así rellenar las guías de evaluación del índice de vulnerabilidad.

3.9. Procedimiento de recolección de datos

3.10.1. Etapa N°01. Elaboración de planos de lotes del sector en estudio.

En la primera etapa, se ha tenido que realizar mediciones de las viviendas y /0 terrenos de las manzanas del sector pueblo libre, puesto que la mayoría de ellas según el plano proporcionado por MPJ –GIDUR, no contaban con lotes. Es por ello que se ha tenido que realizar mediciones y contabilización de viviendas para luego completar los lotes y elaborar un plano.

3.10.2. Etapa N°02: Identificación de las viviendas de albañilería en el sector en estudio.

En esta etapa se ha dado un recorrido por el sector identificando las viviendas de albañilería, en donde se ha tenido que algunos casos ingresar al interior para poder identificar. Después de identificar cada lote por su tipología se ha elaborado un plano general del sector en el que se ha podido identificar la cantidad de viviendas de albañilería para posteriormente obtener nuestra muestra representativa a evaluar.



Figura 41. Identificación de las viviendas por su tipología.



Figura 42. Identificación de viviendas de albañilería.

3.10.3. Etapa N°03: Elaboración de guías de evaluación

En la primera etapa ya teniendo los 11 parámetros se elaboró la ficha técnica de índice de vulnerabilidad, atribuyendo a cada parámetro una serie de instrucciones a cada letra o calificación A, B, C y D. (Ver anexo 7). Guía de evaluación del índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini).

3.10.4. Etapa N°04: Toma de datos de cada vivienda a evaluar

Se realizó la inspección de las viviendas a evaluar, identificando los principales defectos estructurales; con lo observado se ha rellenado las fichas de evaluación.



Figura 43. Identificación del estado de la vivienda de albañilería



Figura 44 y Figura 45. Identificación de la calidad de mampostería e inspección en interior de vivienda, encontrándose viguetas con exposición de acero y empezándose a corroer.



Figura 46 y Figura 47 .Losa aligerada en mal estado, acero de viguetas expuestas a la intemperie.



Figura 48 y Figura 49 . Volado en estado deteriorado, oxidación de acero de viga chata y desprendimiento de concreto, además mal confinamiento en muros de volado.

3.10.5. Etapa N°05: Vaciado de datos.

Una vez terminado con las visitas de campo, se procede a realizar el vaciado de datos en gabinete, donde se hará uso del software MS Excel para realizar los cálculos correspondientes al método que aplicaremos.

3.10.6. Etapa N°06: Análisis de datos.

Con los resultados obtenidos, se procederá a evaluar la vulnerabilidad sísmica en las viviendas del sector pueblo libre-ciudad de Jaén. Con ello elaborar sus respectivas tablas, gráficos y planos para el informe final.

a. Parámetro N°01: Tipo y organización

La edificación presenta deficiencias en confinamiento y procesos de construcción, por que solo confina parcialmente los muros portantes es por ello que se le asignará la calificación C.

b. Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente

De acuerdo a la observación realizada, se determino que la mampostería de ladrillo es artesanal de piezas homogéneas y resistentes, pero no presenta buen amarre entre las unidades de albañilería y el mortero de sus juntas es de (2-4) mm de espesor; por lo que según el método se le asignara la calificación C.



Figura 51. No hay presencia de buen amarre entre las unidades de albañilería.



Figura 52. Mortero de mala calidad con espesor de 20-40mm.

c. Parámetro N°03: Resistencia convencional.

Tabla 8. Área de muros resistentes en X

ELEMENTOS	h	l	a	$L*a*h$
Muros				6.75
Mx	2.7	10	0.25	6.75

Tabla 9. Área de muros resistentes en Y

ELEMENTOS	h	l	a	$L*a*h$
Muros				6.23
My	2.65	2.4	0.25	6.23

Area total construida en Planta	At =	98.70m ²
N (numero de pisos)	N =	3.00
Ax (area de muros en x)	Ax =	6.75m ²
Ay (area de muros en y)	Ay =	6.23m ²
H (altura promedio)	H =	2.80m
Pm (Peso especifico de la mamposteria)	Pm =	1.80tn/m ²

Ps (peso por unidad de area del diafragma horizontal	Ps =	0.30tn/m2
M numero de diafragmas horizontales	M =	2.00
Ac area total de cubierta	Ac =	120.00m2
PC Peso por unidad de cubierta	Pc =	0.01tn/m2

Vr = Resistencia cortante menos favorable

$$V = 15.00\text{tn/m}^2$$

V = 15tn/m2 para mampostería confinada; 7.5 tn/m2 para mampostería no confinada y 5tn/m2 para mampostería de adobe y piedra irregular

$$V = 7.50\text{tn/m}^2$$

$$V = 5.00\text{tn/m}^2$$

$$C = 2.5 \cdot (T_p / T) \quad T = H_n / C_t \quad \mathbf{0.14}$$

C = 2.5

$$T_p = \mathbf{0.6}$$

$$T_L = 2$$

$$C_T = 60$$

(S) Suelo	S = 1.20
-----------	----------

(U) Uso	U = 1.00
---------	----------

(Z) Zona Sísmica	Z = 0.25
------------------	----------

(C) Coeficiente Sísmico	C = 2.50
-------------------------	----------

(R) Coeficiente de reducción sísmica	R = 3
--------------------------------------	-------

1.00	Vr = Resistencia cortante menos favorable
-------------	---

$$V_r = \min(A_x; A_y) \cdot \tau$$

$$\mathbf{V_r = 93.45}$$

2.00	W = Cálculo del peso de la edificación que es resistido por la estructura:
-------------	--

$$W = N \cdot (A_x + A_y) \cdot h \cdot P_m + M \cdot P_s \cdot A_t + A_c \cdot P_c$$

$$\mathbf{W = 256.6776}$$

3.00 Cálculo del coeficiente sísmico resistente CSR:

$$CSR = V_r/W$$

$$CSR = 0.3640$$

4.00 Cálculo del coeficiente sísmico exigido CSE:

$$CSE = ZUCS/R$$

$$CSE = 0.25$$

5.00 Relación entre la fuerza resistente y la fuerza de diseño (α_h)

$$DD = CSE \cdot W / V_R$$

$$DD = 0.687$$

Por lo tanto, le corresponde la calificación B, porque el valor de DD: 0.687 se encuentra entre los valores de 0.5 a 1.00.

d. Parámetro N°04: Posición del edificio y cimentación

Para la calificación de éste parámetro se tomó en cuenta la pendiente, teniendo la pendiente mínima, ubicándose la cimentación a una sola cota. La edificación esta cimentada en un suelo intermedio según estudio de INDECI y sin presencia de sales; por lo tanto, le asignamos la letra B.

e. Parámetro N°05: Diafragmas horizontales.

La vivienda no presenta deformabilidad del diafragma, ausencia de planos a desnivel, pero si una mala conexión entre el diafragma y el muro, por lo tanto, le corresponde una calificación B.



Figura 53. Conexión entre el diafragma y muro no es el adecuado, en uno de los ambientes.

f. Parámetro N°06: Configuración en planta

	Dimensiones
a	9.4 m
L	10 m
b	0.00 m
$\beta_1 =$	0.94 m
$\beta_2 =$	0.00 m

Por lo tanto, a la vivienda le corresponde la calificación A.

g. Parámetro N°07: Configuración en Elevación

	Dimensiones
Área de piso bajo (A)	75.2 m
Área del piso inmediato superior	98.7 m
Cambio de área de pisos (ΔA)	23.5
$\Delta(A)/A\%$	31.25%

Entonces la vivienda le corresponde la calificación “C”.

h. Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros o columnas

La distancia entre muros (espaciamiento transversal entre muros) es 4.60 m y el espesor de muro maestro de muro es 0.23 (esta sin tarrajear); por tanto, la calificación de éste parámetro será C.

i. Parámetro N°09: Tipo de cubierta.

La cubierta de la edificación es inestable de material liviano y en malas condiciones, por lo tanto, las edificaciones tienen una calificación C.



Figura 54. cubierta inestable y en malas condiciones.

j. Parámetro N°10: Elementos no estructurales

Para la edificación, se le asignará la calificación D, por que presenta elementos mal conectados a la estructura, parapetos mal contruidos y balcones en mal estado.



Figura 55. Parapeto mal conectado al resto de la estructura y losa aligera en malas condiciones.



Figura 56. Acero de viga chata empezándose a corroerse y mala trabazón entre las unidades de albañilería.

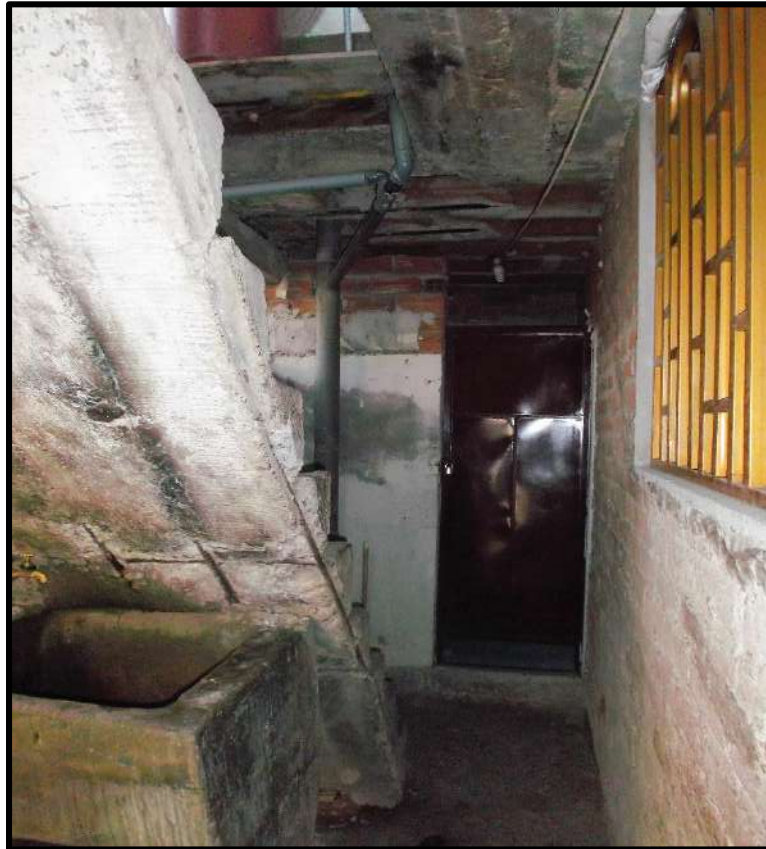


Figura 57. Escalera en mal estado y acero de viguetas expuestas.



Figura 58. Muro portante agrietado y mala colocación de tuberías sanitarias.

a. Parámetro 11: Estado de conservación.

Como éste parámetro es netamente cualitativo hemos optado por todo lo observado darle una calificación D, ya que se encuentra ligeramente dañado algunos elementos estructurales expuestos a la intemperie, como es el acero en vigas y columnas y alguna parte de la losa, viguetas en la parte frontal que presenta desprendimiento del recubrimiento.



Figura 59. Elementos estructurales en mal estado y corroídos.



Figura 60. tabique fisurado y parte de losa aligera en muy malas condiciones debido exposición de acero de las viguetas y reducción de su sección de acero producto de la oxidación.



Figura 61. Vista posterior de la vivienda evaluada y de los principales problemas que presenta.

Resultados finales del CS – 01

Tabla 10. Evaluación índice de vulnerabilidad Benedetti - Petrini para lote 4 de manzana 15.

i	Parámetro	K_iA	K_iB	K_iC	W_i	KW_i
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	20
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	6.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	7.5
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	3.75
5	Diafragma horizontales	0	5	15	45	5
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	25
8	Distancia máxima entre muros y columnas	0	5	25	45	6.25
9	Tipo de Cubierta	0	15	25	45	25
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	11.25
11	Estados de conservación	0	5	25	45	45
IV (Índice de Vulnerabilidad)						155.000
IVn (Índice de Vulnerabilidad normalizado)						40.523

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 11. Nivel de vulnerabilidad para vivienda de manzana 25 y lote 4

CODIGO	MANZANA	LOTE	Iv	Ivn	NIVEL DE VULNERABILIDAD
101505	15	4	5.88	40.523	ALTA

FUENTE: Elaboración propia

4.2. RESULTADOS DE LOS 11 PARAMETROS DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA EVALUADAS.

Para poder obtener los resultados de la evaluación de vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de albañilería confinada ubicados en el sector pueblo libre, comprendido entre La Calle Iquitos -Avenida Mesones Muro-Calle Coricancha-Calle 28 de julio - la avenida Ejercito y calle pardo miguel En La Ciudad De Jaén, Distrito Jaén, Departamento Cajamarca mediante el método de Índices de Vulnerabilidad se procedió a realizar lo siguiente:

- a) Trabajo de Campo, donde se realizó el llenado de los formatos de acuerdo al tipo de construcción inspeccionada.
- b) Trabajo de Gabinete, análisis de los datos tomados en campo.
- c) Clasificación Baja, Media y Alta de acuerdo a cada puntaje obtenido.

Se ha considera para la evaluación una muestra que correspondiente al 17.22% de las viviendas del sector pueblo libre En La Ciudad De Jaén, Distrito Jaén, Departamento Cajamarca. En el sector se ha identificado la población que corresponde a un total de **448** viviendas de albañilería para justificar el porcentaje de muestra se ha utilizado el método probabilístico mediante una muestra probabilística, en donde hemos considerado que el nivel de confianza sea el **95%** y el error estándar sea el **5 %**, que quiere decir que 100 casos , 95 veces mi predicción será correcta, estos valores son tomado por nosotros después de haber hecho investigación del método, para calcular el tamaño de nuestra se ha aplicado la formula que a continuación se muestra:

Tabla 12. Datos para el cálculo, de la muestra de estudio.

DATOS		
TOTAL =	448	viviendas
Error Estándar	5	%
Probabilidad=	95	%

Ecuaciones para el cálculo del porcentaje de muestra.

$$n = \frac{Z^2 N p . q}{E^2 (N - 1) + Z^2 p . q} \dots\dots\dots \text{Ec. (15).}$$

Tabla 13. Calculo de valores de cada variable y tamaño de la muestra.

POBLACIÓN	NOMBRE	VALORES
q	PROBABILIDAD EN CONTRA DE LOS DATOS	0.95
Z	NIVEL DE CONFIANZA	1.96
n'	MUESTRA SIN AJUSTAR	62.88
n	TAMAÑO DE LA MUESTRA	63
p	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	0.95
N	TAMAÑO DE LA POBLACION	448.00
E	NIVEL DE DESCONFIANZA	0.05

Aplicando las formulas con los datos proporcionados obtenemos un tamaño de muestra ajustada de 63 viviendas que corresponde al 14.06% del total de viviendas, por lo cual obostamos que el porcentaje sea el 14.96 % que corresponde 67 viviendas que se evaluaran de las cuales enfatizaremos en las 2 pisos a mas ,puesto que las 1 nivel con o sin losa aligerada no son muy vulnerables puesto que su desplazamiento lateral es casi insignificante, para obtener la población se ha identificado todas las viviendas del sector se agrupa en tres tipologías (no se ha incluido lotes de otros usos), como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 14. Distribución de Edificaciones por tipología.

TIPOLOGÍA	EDIFICACIONES	
	N° Lotes	%
Adobe	86	8.32%
Albañilería	448	43.33%
Conc.Armado	375	36.27%
TOTAL	909	100%

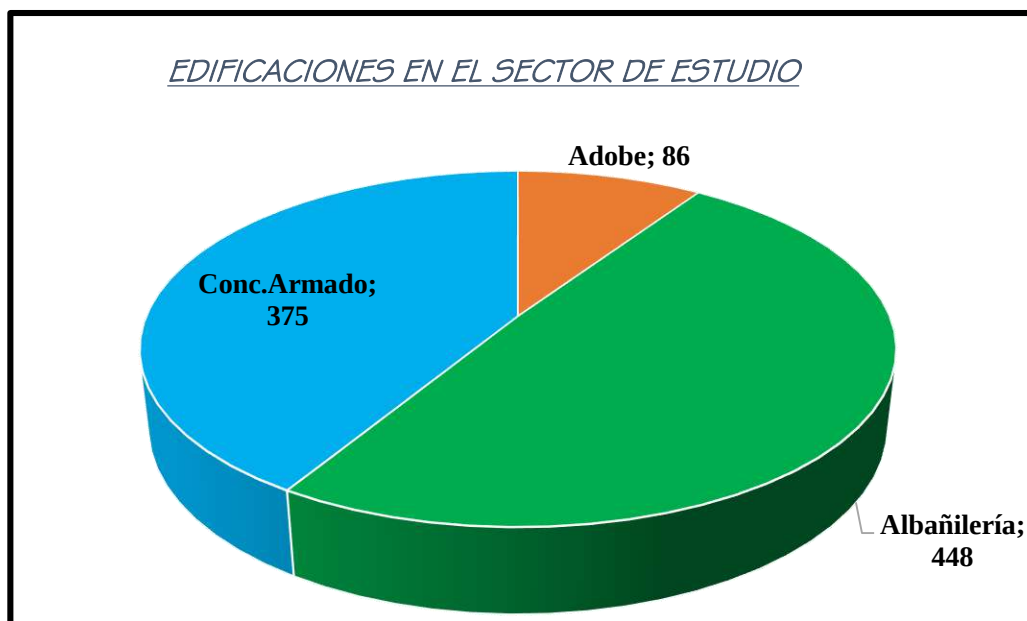


Figura 62. Distribución de Edificaciones por tipología.

Se ha obtenido 375 edificaciones de concreto armado, 448 de albañilería y 86 de adobe.

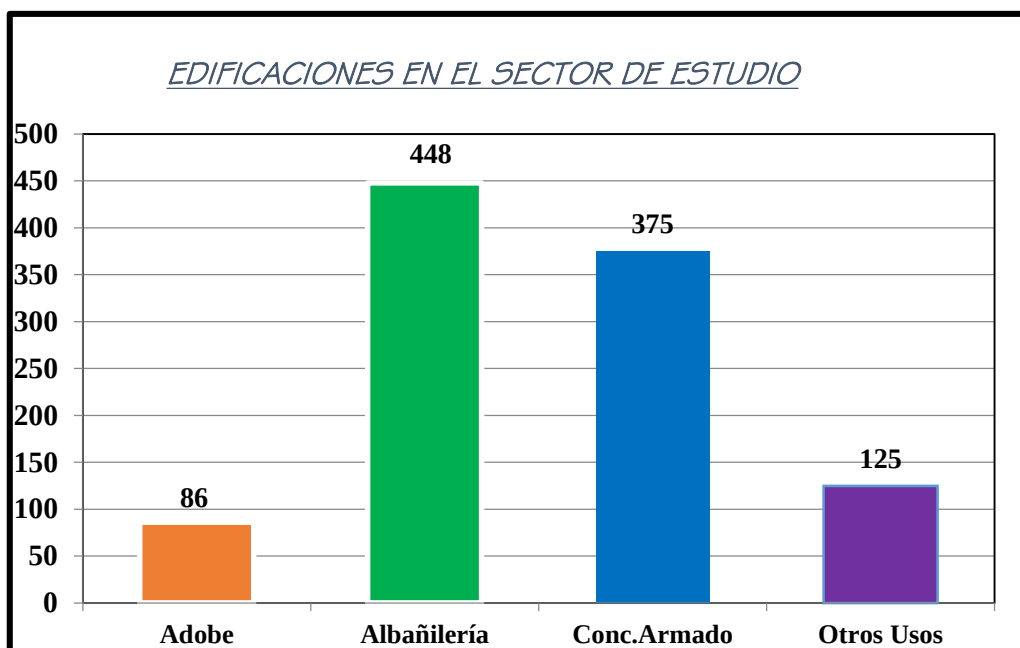


Figura 63. Total de lotes identificados en el sector de estudio.

La aplicación de la metodología del Índice de vulnerabilidad consistió en evaluar las 67 vivienda de albañilería del sector en estudio utilizando una ficha de evaluación correspondiente a cada tipología.



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA
MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA - TIPOLOGIA ALBAÑILERIA



DATOS REFERENCIALES	PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
Fecha: Ubicación: Manzana: Lote: Propietario: Uso actual:	1	TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado: Asesoría técnica ☐ Nueva construcción y/o Reparación según Norma. ☐ Elementos de arrioste horizontales y verticales ☐ Deficiencias en confinamiento y proceso de construcción ☐ Muros sin confinar o autoconstrucción. ☐
	2	CALIDAD DEL S.R.	Marcar según lo observado: Mampostería de buena calidad. ☐ sí ☐ no Muros con mampostería artesanal. ☐ sí ☐ no Buena trabazón en mampostería. ☐ sí ☐ no Mortero de buena calidad (9-12mm). ☐ sí ☐ no
	3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Especificar según lo observado en la estructura: Número de pisos: (N): Ax: Área de muros en X (m2): Ay: Área de muros en Y (m2): h :Altura promedio de entrepiso (m): M :Número de diafragmas: Ps :Peso del diafragma (ton/m2): At :Área techada (m2): Ac:Área de cubierta (m2): Pc: Peso de cubierta (ton/m2):
	4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN	Marcar según lo observado: Presencia de sales ☐ sí ☐ no Presencia de filtraciones ☐ sí ☐ no Estado de conservación deteriorado ☐ sí ☐ no
	5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marcar según lo observado: Discontinuidades abruptas. ☐ sí ☐ no Buena conexión diafragma-muro. ☐ sí ☐ no Deflexión del diafragma. ☐ sí ☐ no
	6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros: a: b: L:
	7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Especificar y marcar según lo observado: Aumento o reducción de masas o áreas: %T/H: Piso blando: ☐ sí ☐ no Irregularidad del S.R. ☐ sí ☐ no
	8	DIST. MAXIMA ENTRE MUROS	Especificar: L(espaciamento de muros trans en metros): S(espesor del muro maestro en metros): Factor L/S:
	9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según lo observado: Cubierta estable. ☐ sí ☐ no Conexión cubierta-muro adecuada. ☐ sí ☐ no Cubierta plana. ☐ sí ☐ no Material liviano. ☐ sí ☐ no Cubierta en buenas condiciones ☐ sí ☐ no
	10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B(bueno), R(regular) y M(malo) según conexión al S.R.: 10.1.-Cornisa y parapetos ☐ 10.2.-Tanques de agua prefabricados. ☐ 10.3.-Balcones y volados. ☐ 10.4.-Pequeños elementos. ☐
	11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Marcar según lo observado en la estructura: 11.2.- Estado de conservación: ☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo 12.2.- Muros en buena condición, sin fisuras visibles. ☐ 12.3.- Edificio que no presenta fisuras pero en mal estado de conservación. ☐ 12.4.- Muros que presentan fisuras pequeñas. ☐ 12.5.- Muros con fisuras de tamaño medio y/o producidas por sismos. ☐ 12.6.- Muros con fuerte deterioro en sus componentes. ☐

Por lo tanto, luego de realizar todos estos pasos les presentamos los resultados obtenidos para cada parámetro y por tipología.

5.1.1 PARÁMETRO 01: TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

La evaluación de este parámetro ha sido en la visualización de elementos resistentes, así como su proceso constructivo. Además, se hace un especial énfasis en el uso de una norma sismorresistente para la construcción del edificio.

Tabla 15. Resultados del parámetro 1 para las edificaciones de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	2	2.99%
B	23	34.33%
C	36	53.73%
D	6	8.96%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 36 (53,73%), se ha calificado con la letra C, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería presenta vigas y columnas que confinan solo parcialmente los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo.

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 64. Edificaciones de Albañilería ubicada en Calle Coricancha, con deficiencias en confinamiento, en el tercer piso no presenta elementos de arriostre ya sea viga y columnas.

5.1.2 PARÁMETRO 02: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

La evaluación de este parámetro ha sido en función de dos factores: Primero, el tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas por toda el área del muro.

Tabla 16. Resultados del parámetro 2 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	2	2.99%
B	41	61.19%
C	22	32.84%
D	2	2.99%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 41 (61.19%), se ha Calificado con la letra B, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería son construidas con ladrillos artesanales de buena calidad y resistencia, tienen buen amarre las unidades de albañilería, pero mortero de mala calidad (16mm-30mm).

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 65. Edificaciones de Albañilería ubicada en la calle Constituyo. Con mal proceso constructivo de asentado de ladrillos, ladrillos artesanales de regular calidad y estado de mortero no homogéneo.

5.1.3 PARÁMETRO 03: RESISTENCIA CONVENCIONAL.

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

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

Tabla 17. Resultados del parámetro 3 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	16	23.88%
B	45	67.16%
C	6	8.96%
D	0	0.00%
TOTAL	67	100%

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 45 (67.16%), se ha calificado con la letra B, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería al analizarlas obtuvieron un $1 > DD \geq 0,5$.



Figura 66. Edificaciones de Albañilería ubicada en el Jr. Chillón. Con deficiencias en su proceso constructivo.

5.1.4 PARÁMETRO 04: POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN.

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

La asignación de las clases A, B, C, D en este parámetro ha sido en base a la visualización en campo de los elementos resistentes, a la aplicación de la norma de diseño sismorresistente vigente.

Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota, la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén, presencia de humedad, sales, etc.

Tabla 18. Resultados del parámetro 4 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	5	7.46%
B	51	76.12%
C	10	14.93%
D	1	1.49%
TOTAL	67	100%

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 51 (76.12%), se ha calificado con la letra B, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, están cimentadas sobre suelo intermedio y flexibles sin presencia de sales y humedad.



Figura 67. Vivienda de albañilería ubicada en la intersección de la calle Inti Raymi y la calle la Antisuyo, edificación con presencia de Sales y presencia de humedad, ocasionando el deterioro de las unidades de albañilería.



Figura 68. Vivienda de albañilería ubicada en la intersección de la psj. Chillón con el pasaje Chillón, edificación con presencia de Sales y presencia de humedad, ocasionando un fuerte deterioro de las unidades de albañilería.

5.1.5 PARÁMETRO 05: DIAFRAGMAS HORIZONTALES.

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio según su tipología y calificación dada A, B, C, y D.

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. El que el diafragma funcione como tal, permitirá que la fuerza sísmica se distribuya en cada nivel proporcional a los elementos resistentes.

La ejecución de un proyecto sin planos aprobados hace que se observen deficiencias ocasionadas por la mala práctica constructiva.

Tabla 19. Resultados del parámetro 5 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	51	76.12%
B	15	22.39%
C	1	1.49%
D	0	0.00%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 51 (76,12%), se ha calificado con la letra A, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, cumplen las siguientes condiciones: Ausencia de planos a desnivel, deformación del diafragma despreciable, la conexión entre el diafragma y el muro es eficaz.



Figura 69. Vivienda de albañilería ubicada en la Calle Pardo Miguel; edificación que presenta mala conexión de diafragma-muro y falta de densidad de muros.

5.1.6 PARÁMETRO 06: CONFIGURACIÓN EN PLANTA.

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

El parámetro evalúa la condición de simetría en planta de las edificaciones, proponiendo los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, las cuales pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y de rigidez.

Tabla 20. Resultados del parámetro 6 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	15	22.39%
B	20	29.85%-
C	21	31.34%
D	11	16.42%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 21 (31.34%), se ha calificado con la letra C, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, están en el rango con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$.



Figura 70. Vivienda de albañilería ubicada en la Calle Inti Raymi; edificación que presenta irregularidad en planta por esquinas entrantes.

5.1.7 PARÁMETRO 07: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN.

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

La asignación de las clases A, B, C y D en este parámetro ha sido en base a la inadecuada configuración en elevación que conlleva a problemas como el piso blando, el cual se produce cuando hay un cambio brusco de rigidez entre pisos consecutivos. También se encuentra que elementos que conforman parte del sistema resistente no son continuos en toda la altura de la edificación.

Tabla 21. Resultados del parámetro 7 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	53	79.10%
B	11	16.42%
C	2	2.99%
D	1	1.49%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 53 (79.10%), se ha calificado con la letra A, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, no presenta irregularidad en elevación, con un $DA/A \leq 10\%$.

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 71. Edificación de albañilería ubicada en la calle 28 de julio; la cual presenta irregularidad de masas del 2 piso respecto al 1 piso.

5.1.8 PARÁMETRO 08: DISTANCIA MÁXIMA ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES.

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D. Se evaluó en base a la distancia máxima entre muros para edificaciones albañilería.

Tabla 22. Resultados del parámetro 8 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	21	31.34%
B	17	25.37%
C	23	34.33%
D	6	8.96%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 23 (34.33%), se ha calificado con la letra C, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, presentan una separación entre muros o columnas inadecuada, donde $18 \leq L/S < 25$

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 72. Edificación de albañilería ubicada en la Collasuyo; en la cual se aprecia la separación de muros de $L = 3.70\text{m}$, y el espesor del muro $S=0.25\text{m}$, teniendo $L/S=14.8$. Por lo que $L/S < 15$ mayor, entonces para este parámetro le corresponde la letra A.

5.1.9 PARÁMETRO 09: TIPO DE CUBIERTA

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

En este parámetro se clasificaron los diferentes tipos de cubierta encontrados según la capacidad que tengan para resistir la fuerza sísmica. Cuando estas cubiertas no son lo suficientemente estables, fallaran, y los muros sobre los que se apoya actuaran en voladizo, siendo vulnerable ante acciones perpendiculares a su plano.

En el caso de los edificios de mampostería la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio es muy importante. Factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento. La evaluación de parámetro se realiza utilizando el campo correspondiente a la edad de los edificios y el material utilizado en la construcción de la cubierta.

Tabla 23. Resultados del parámetro 9 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	37	55.22%
B	23	34.33%
C	5	7.46%
D	2	2.99%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 37 (55.22%), se ha calificado con la letra A, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, tienen cubierta estable debidamente amarrada a los muros, de material liviano y plana.

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 73. Vivienda de albañilería ubicada entre las calles Cruz de Cajamarca y Coricancha, con cubierta de calaminas en malas condiciones, la cual no tiene una adecuada unión con el muro.

5.1.10 PARÁMETRO 10: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

Este parámetro considera elementos que no tienen función estructural, pero cuyo desplome representa un peligro.

Se intenta tener en cuenta el efecto de los elementos que no forman parte del esquema estructural resistente, tales como cornisas, parapetos, balcones o cualquier elemento que sobresalga de la estructura y cuya caída pueda provocar víctimas.

Tabla 24. Resultados del parámetro 10 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	8	11.94%
B	46	68.66%
C	11	16.42%
D	2	2.99%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 46 (68.66%), se ha calificado con la letra B, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería tienen balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 74. Vivienda de albañilería ubicada en la Calles Cahuide y jr. Chillón, Se puede observar la vivienda de albañilería presenta parapetos sin confinar, deterioro en pequeña parte del volado, deficientes procesos constructivos, etc.



Figura 75. Vivienda de albañilería ubicada en la Calle Atahualpa, Se puede observar la vivienda de albañilería presenta fuerte deterioro en parte del volado en donde se ve el acero corroído, oxidado y desprendimiento del recubrimiento.

5.1.11 PARÁMETRO 11: ESTADO DE CONSERVACIÓN

En la siguiente tabla se presentamos la cantidad y porcentaje de las viviendas en estudio y calificación dada A, B, C, y D.

La antigüedad de las edificaciones produce el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales, haciendo que en caso de un terremoto su capacidad de soportarlo sea mínima.

Tabla 25. Resultados del parámetro 11 para las edificaciones evaluadas de albañilería.

CLASE	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
A	37	55.22%
B	17	25.37%
C	11	16.42%
D	2	2.99%
TOTAL	67	100%

De acuerdo a los resultados podemos observar:

La mayor cantidad de viviendas de albañilería, con un total de 37 (55.22%), se ha calificado con la letra A, esto quiere decir que la mayoría de viviendas de albañilería, tienen muros en buena condición sin fisuras visibles.

Para llegar a estos resultados, veremos algunas fotos de viviendas, su descripción y su calificación dada.



Figura 76. Vivienda de albañilería ubicada en pasaje Chillón, la cual se aprecia en mal estado de conservación.

5.2 RESULTADOS DEL INDICE DE VULNERABILIDAD

Después de haber evaluado el índice de vulnerabilidad (IV) para cada edificación, el cual varía entre los valores de 0 a 382.5 para albañilería y de 0 a 94.12 para concreto armado según la metodología propuesta, se procede a normalizar el Índice de Vulnerabilidad (IVn), en un rango de 0 a 100, para ello utilizaremos las siguientes formulas:

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad de las edificaciones de adobe y albañilería se utiliza la siguiente ecuación:

$$Ivn = \frac{Iv \cdot 100}{382.5} \dots \dots \dots \text{Ec. (19).}$$

Donde:

Ivn = Índice de Vulnerabilidad Normalizado.

Iv= Índice de vulnerabilidad

Luego de encontrar el índice de vulnerabilidad normalizado que está en un rango de 0 a 100, lo clasificamos en los siguientes rangos de vulnerabilidad

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| A. Baja Vulnerabilidad | $0 \leq IVn < 20$ |
| B. Media Vulnerabilidad | $20 \leq IVn < 40$ |
| C. Alta Vulnerabilidad | $40 \leq IVn \leq 100$ |

Los rangos de vulnerabilidad se tomaron como referencia de Quispe (2004). En este estudio se evaluaron 67 edificaciones. Los resultados en detalle de la vulnerabilidad se muestran en los siguientes cuadros.

5.2.1 RESULTADOS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE TIPOLOGIA DE ALBAÑILERIA.

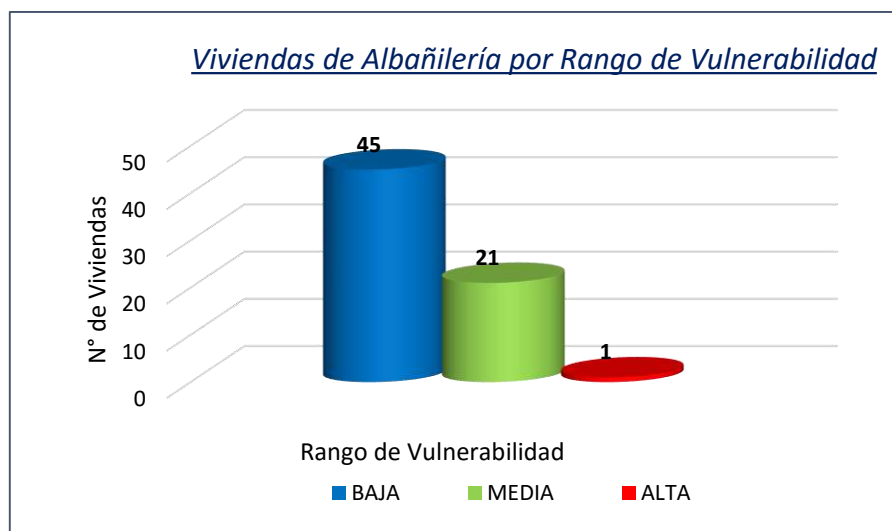


Figura 77. Viviendas de Albañilería por Rango de Vulnerabilidad.

Se puede observar que casi la totalidad de edificaciones de albañilería presentan una vulnerabilidad baja, varios aspectos influyen en que un edificio de albañilería tenga

vulnerabilidad de baja a media, la mayoría de los cuales son resultado de la construcción informal (autoconstrucción).

Tabla 26. Resultados de los rangos de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería.

Rango de Vulnerabilidad	ALBAÑILERÍA	
	N° Lotes	%
BAJA	45	67.16%
MEDIA	21	31.34%
ALTA	1	1.49%
TOTAL	67	100%

En la tabla 25, se puede observar que la mayoría de los edificios se encuentran en vulnerabilidad baja y media, es decir, el 67.16% (45) de los edificios de albañilería tiene un índice de vulnerabilidad baja, mientras que el 31.34% (21) presenta un índice de vulnerabilidad media, y el 1.49% (1) presenta un índice de vulnerabilidad alta. Esto significa que existe un grado de vulnerabilidad de baja a media en el sector en estudio.

5.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Se han evaluado 67 viviendas de albañilería, se planteó como hipótesis que el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del sector Pueblo Libre En La Ciudad De Jaén, Distrito Jaén, Departamento Cajamarca se encuentren entre Media y Alta, pero con los resultados obtenidos, tenemos que se encuentran entre Baja y Media, pero debemos tener en cuenta la cantidad y el porcentaje obtenido es el siguiente:

- a) Una cantidad de 45 viviendas (67.16%), con Vulnerabilidad Baja.
- b) Una cantidad de 21 viviendas (31.34%), con Vulnerabilidad Media.
- c) Una cantidad de 1 vivienda (1.49%), con Vulnerabilidad Alta.

La mayor cantidad de edificaciones de albañilería se encuentran en un nivel de vulnerabilidad baja, con un total de 45 (67.16%).

Entre los principales problemas estructurales encontrados tenemos:

- A. En la mayoría de edificaciones se utilizaron ladrillos artesanales de arcilla artesanal, utilizan ladrillo pandereta para la construcción de los muros portantes siendo su uso restringido a solo parapetos y tabiques. Además, el asentado de ladrillo debe

utilizarse de acuerdo al numero de pisos que este destinado la vivienda, para ello se debe calculo el esfuerzo axial máximo de los muros portantes de acuerdo a la Norma E.070 actualizada, debido a que el muro de asentado de cabeza soporta mayor carga respecto a los de sogá y el asentado de canto que casi no se realiza en nuestro país. Si se tiene en cuenta ello y los arriostres y confinamientos adecuados en muros y la colocación de elementos de concreto de concreto armado que sean requeridos se podría construir hasta 5 niveles con el sistema de albañilería confinada, ya que es el mas económico respecto a otros sistemas.

- B. En la mayoría de edificaciones los muros portantes y no portantes solo son arriostrados parcialmente y en los pisos superiores no son arriostrados por elementos verticales ni horizontales, la cual no garantiza una adecuada transferencia de esfuerzos, quedando debilitados y expuestos a voltearse ante un evento sísmico.
- C. La falta de densidad de muros también fue un problema en varias viviendas, que no cumplían con los requisitos mínimos de la norma y además que, al cumplirlos, estos muros eran contruidos con ladrillos de baja calidad y no garantiza que vayan a soportar los esfuerzos axiales máximos que se generen en el muros puesto que se construyen varios pisos que la cargas recaen en ellos y que dichos muros en ocasiones no son arriostrados por elementos de concreto armado, produciendo fisuras y grietas; que al producirse un fuerte movimiento sísmico estos fallarían.
- D. Para ganar espacio en los pisos superiores, se recurre a voladizos en las fachadas de las viviendas, cerrando el ambiente con tabiques de ladrillo pandereta o King Kong artesanal sin un debido arriostramiento y además en ocasiones sin una buena trabazón entre las unidades de albañilería. El desconocimiento por parte del dueño hace que construya mas pisos sin saber si baya a soportar la edificación ante efecto de cargas sísmicas ,puesto que en la totalidad las edificaciones están preparadas para soportar las cargas de gravedad; es así que se debe recurrir a un asesoramiento técnico y si la vivienda lo a medita hacer una reparación según normativa vigente para post construcción de niveles superiores y así reducir la vulnerabilidad de la vivienda.

V. DISCUSIÓN

El estudio sobre la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de albañilería confinada en el sector pueblo libre de la ciudad de Jaén, demostró que la vulnerabilidad sísmica es de baja a media, lo que quiere decir, que sigue habiendo muchas falencias en el sector construcción, en las etapas de estructuración, diseño y proceso constructivo; para ello es necesario que se apliquen los criterios establecidos en las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones actualizado y que la mano de obra sea calificada para garantizar el adecuado comportamiento de la estructura y así poder reducir la vulnerabilidad sísmica; debido a que estas “*se comporta como se construyen, no como las analizas*”.

Aunque la prevalencia de la vulnerabilidad encontrada con otra metodología en estudios en esta zona nororiental, en donde se encuentra la ciudad de Jaén, fue de alta y media como lo indica respectivamente, las tesis “*Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector morro solar bajo, ciudad de Jaén-Cajamarca*” (Villegas Ramírez, 2014) y “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en el sector los aromos, Jaén-Cajamarca*” (Guevara Pinedo, 2017). Este estudio demostró el relativo bajo impacto de la informalidad en la construcción para la zona del sector pueblo libre, con una prevalencia de 67.16% que establecen a las viviendas de albañilería confinada con vulnerabilidad baja, con la evaluación muestral de 67 viviendas, tomadas de forma aleatoria.

En el “Manual para la Reducción de Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú” (Kuroiwa Horiuchi, Manual para la Reducción de Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú, 2016) menciona, que el método constructivo de Albañilería Confinada CH-70, se desarrolló en Chimbote luego del sismo en Ancash, después de haber estudiado en detalle varias casas del Proyecto de Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería Confinada (PRRVA), se verificó que existía una correlación directa entre la densidad de muros y grado de daños, además los daños fueron más severos en el primer piso que en el segundo, por que los muros del primer piso soportan tanto el peso de su techo, como el peso del techo del segundo piso.

Esos datos antes mencionados por Julio Kuroiwa y contrastando con los obtenidos en nuestro estudio, inducen a que se han mejorado los intervalos de confianza en la construcción, ya que se ha observado que la mayoría de viviendas presenta una adecuada densidad de muros y que están confinados por elementos de concreto armado, en donde estos han sido contruidos con ladrillo artesanal de buena calidad no solo en el primer piso ,sino también en el resto de niveles y ello justifica la consideración del asentado de cabeza en los muros en la mayoría de los casos evaluados, pudiéndose verificar en la tabla 16, calificación del parámetro de resistencia convencional, un parámetro que depende mucho de este criterio y de aspectos geométricos de la estructura; parámetro influyente en el método utilizado para determinar la vulnerabilidad sismica ,en donde el 67.16% tienen una resistencia convencional adecuada.

(Abanto Castillo, 2017) en su libro “Análisis y diseño de edificaciones de Albañilería” considera como uno de los criterios estructurales inadecuados como es el de “*considerar muros en aparejo de cabeza donde es suficiente de soga debido a la alta densidad o cantidad existente y, al contrario, donde realmente se necesita muros en aparejo cabeza por la baja densidad o escasas existente, colocan muros en aparejo de soga*” ,contractando con los resultados de nuestra investigación se ve justificado en el numero de pisos contruidos que son mayor a 2 niveles y ello considerando el esfuerzo axial máximo que soportan los muros debido a la carga axial por gravedad y esfuerzo de corte por sismo.

Estudios adicionales que contribuyen a esta investigación, como la evaluación de las “*Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal y ladrillo industrial en la ciudad de Jaén-Cajamarca*” (Hernández Machado, 2019) , en donde revela que las unidades de albañilería presentan valores de resistencia característica a la compresión axial(f'_b) entre 94-108 kg/cm²,correspondiente a una clasificación tipo III, que contribuyen a suponer que la resistencia característica a compresión axial de la albañilería(f'_m) esta dentro los márgenes permisibles establecidos en la tabla 9 de la norma E.070 vigente del RNE y tabla 7 de la nueva propuesta de norma de albañilería; este supuesto es asumido porque no se ha ensayado pilas a compresión axial y diagonal para obtener un resultado mas específico.

En consecuencia, el no saber sobre la resistencia de las unidades de albañilería utilizados en las viviendas ya contruidas, puede generar una incertidumbre; pero tras la investigación se ha observado el buen estado en que se encuentran las unidades de albañilería que conforman los muros, garantizando que, si se ha venido utilizando materiales adecuados para su

fabricación. Pero la identificación de muros con algunas unidades de albañilería, que asumiendo se han venido deteriorando con el tiempo por su exposición a la intemperie, por efecto de sales, humedad u otro agente, observables en la figura 34 y 35; esto requiere una evaluación e identificación de las causantes de dicho problema, que además de afectar al ladrillo, afecta al concreto y acero de algunas viviendas apreciables en la figura 33 y 42.

Actualmente, es prácticamente imposible realizar el análisis estructural y obtener los esfuerzos a que esta sometida la edificación según, sin la ayuda de un software especializado, para el cual se requiere de criterios prácticos y de fácil aplicación buscando así mejorar y corregir la mala práctica que se daba y sigue dando en el sector construcción. Por ello, es necesario otras investigaciones para profundizar en aspectos específicos de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en las zonas rurales y urbanas del país como es el diseño por desempeño (Análisis PUSHOVER), con el fin de desarrollar estrategias diferenciadas de prevención que puedan reducir o mitigar dicha vulnerabilidad. En conclusión para que la prevalencia de la vulnerabilidad sea relativamente baja, es necesario el cumplimiento de los criterios establecidos en las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones y lo presentado en esta investigación.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- a.** Luego de la evaluación de los parámetros de medición por el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti Petrini, se determinó que el 67.36% (45 viviendas) presentan vulnerabilidad baja, el 31.34% (21 viviendas) vulnerabilidad media y el 1.49% (1 vivienda) vulnerabilidad alta, estableciéndose así que el índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del sector pueblo libre se encuentran con nivel de vulnerabilidad de baja a media.
- b.** Se evaluaron los 11 parámetros de medición de la vulnerabilidad sísmica, en donde el parámetro de medición más influyente fue el parámetro 3, denominado resistencia convencional con una prevalencia de 67.16%(45 viviendas) con calificación B, influyendo así en el relativo bajo impacto de la vulnerabilidad en las viviendas de albañilería del sector estudiado.
- c.** Las viviendas evaluadas en su mayoría se encuentran en buenas condiciones, pero en una cantidad considerable presentan deficiencias, como la falta de arriostramiento en muros de albañilería 34.33% (23 viviendas), mala densidad de muros 8.96% (6 viviendas), conexión diafragma-muro inadecuada 22.39% (15 viviendas), fallencias en espesor de junta de mortero 32.84%(22 viviendas) y entre otras; esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales la causa principal que aun existan deficiencias en la construcción.
- d.** Se ha realizado la elaboración de una base de datos con los diferentes niveles de vulnerabilidad para las viviendas de albañilería del sector en estudio, donde para desde $0 < \text{Índice de vulnerabilidad normalizado} < 20$ presentan vulnerabilidad baja, de $20 \leq \text{Índice de vulnerabilidad normalizado} < 40$ presentan vulnerabilidad media y $\text{Índice de vulnerabilidad normalizado} \geq 40$ presentan vulnerabilidad alta, datos para que pueden ser utilizados en estudios referentes a vulnerabilidad sísmica, riesgo sísmico y otras investigaciones que se puedan desprender de esta investigación como puede ser la evaluación del deterioro del concreto y corrosión del acero, en elementos estructurales de las viviendas de la ciudad de Jaén.

6.2. Recomendaciones

- a. El método del índice de vulnerabilidad sísmica desarrollado en esta investigación, nos da una estimación de la respuesta de las estructuras ante un posible evento sísmico; sin embargo, es necesario una optimización para ello se recomienda visitar las edificaciones estudiadas cuando se vean afectadas por un evento sísmico, para observar la respuesta de las viviendas y evaluar en que manera la vulnerabilidad sísmica determinada de la estructura sufre modificaciones; no obstante, se puede corroborar el índice de daño obtenido de manera general a través de funciones calibradas para el sector en estudio.
- b. Según lo observado, para las viviendas con deficiencias y/o problemas encontrados en su construcción se plantea lo siguiente:
 - ✓ Revestir con concreto los muros para que no se vea afectado por la humedad, además se estaría agregando un pequeño, pero, útil porcentaje de resistencia.
 - ✓ Las grietas (mas de 1mm de espesor), deben ser cubiertas con mallas metálicas fijadas con grapas y luego tarrajeados con mezcla de cemento y arena.
 - ✓ Los muros con rajaduras considerables se deben reemplazar, reconstruyendo primero las paredes; dejando espacio libre en las columnas para su posterior vaciado y confinamiento.
 - ✓ Evitar cimentar sobre suelos malos, sin antes dar un mejoramiento del terreno; pues algunos daños en la vivienda pueden sufrir por los asentamientos diferenciales que sufre la estructura.
 - ✓ Confinar y arriostrar adecuadamente los muros usando elementos de concreto armado, ya que de esa manera se incrementa su resistencia sísmica.
 - ✓ Mejorar la densidad de muros en las viviendas en las dos direcciones, en caso no cumplierse se puede compensar con muros de concreto armado.
 - ✓ No se debe permitir la construcción de viviendas económicas, sobre suelos blandos de grano fino, suelos rellenados y tampoco se debe construir sobre suelos sueltos, sobre pendientes inestables.
 - ✓ Para la reparación de vigas, viguetas o columnas levemente dañadas por corrosión por intemperismo y con daños importantes en el acero y concreto, se tiene que picar y retirar la sección dañada, para luego reemplazar la sección

original del acero, recubriéndolo adecuadamente garantizando su adecuada adherencia.

- ✓ Si hay indicios de presencia de agentes agresivos como cloruros incorporados en el concreto antiguo, se debe proteger el acero colocando resina epóxica entre el concreto contaminado y el mortero de reparación, esto ayudara a evitar la contaminación del mortero de reparación.
 - ✓ Por lo general cada vivienda tiene sus propias características de ubicación, diseño y construcción, por ello es necesario que, ante la presencia de problemas en la vivienda, es mejor que el poblador, consulte a un ingeniero civil, para que detalle la forma, procedimiento de construcción o reparación de la vivienda.
- c. Es necesario que las autoridades municipales monitoreen el cumplimiento y la aplicación de la normatividad vigente y exigir la licencia de construcción como requisito para construir; además todo este proceso debe ser realizado por profesionales de ingeniera civil con capacitaciones en el área de diseño y construcción; para así dar cumplimiento a lo establecido en el reglamento nacional de edificaciones; evitando así, posibles problemas en su estructuración ,diseño y garantizar el adecuado proceso constructivo de las edificaciones.
- d. Se recomienda realizar estudios de riesgo sísmico con los datos obtenidos para así conocer los daños de las edificaciones con ello estimar costos de reparación o perdidas; además que las estructuras de albañilería confinada se analicen con procedimientos basados en desempeño, procedimiento de análisis no lineal (PUSHOVER), que permite estimar de manera razonable el comportamiento de las edificaciones de albañilería confinada mas allá de su limite elástico; establecido en la propuesta de norma E 0.70.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, T. F. (2017). Analisis y diseño de edificaciones de Albañileria. lima: san marcos.
- Abanto, S., & Cardenas, D. J. (2015). Determinacion de la vulnerabilidad sismica aplicando el metodo de Benedetti-Petrini en las instituciones educativas del centro historico de Trujillo, provincia de Trujillo, region la Libertad. "Tesis de Titulo". Universidad Antenor Orrego, Trujillo.
- Alva, G., & Castillo, G. (1993). Dsistribucion de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años. Lima.
- Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica. (2001). Manual de Construcción,evaluacion y rehabilitacion sismo resistente de Mamposteria. Colombia.
- Barbat, A. (1998). El riesgo sísmico en el diseño de edificios, calidad siderúrgica. Madrid,España.
- Bazan, J. E. (2007). Vulnerabilidad Sismica de las Viviendas de Albañileria Confinada en la Ciudad de Cajamarca. "Tesis de Grado". Pontifica Universidad Catolica del Peru, Lima.
- Bommer J, J., Salazar , W., & Samayoa , R. (1998). “Riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador. San Salvador, El Salvador: Programa Salvadoreño de Investigación sobre desarrollo y medio ambiente.
- Bonett, R. L. (2003). Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios - Aplicación a Entornos Urbanos en Zonas de Amenaza Alta y Moderada. "Tesis Doctoral". Departamento de Ingenieria del Terreno, Cartografia y Geofisica, Barcelona.
- Caballero Guerrero, A. (2007). Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica.
- Castillo, J. L., & Alva, J. E. (1993). PELIGRO SÍSMICO EN EL PERÚ. Lima. Obtenido de http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis15_a.pdf

- Gallegos, H. (1986). Conceptos estructurales: diseño sismo-resistente de edificios. Lima,Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Guevara Pinedo, R. L. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad sismica de las edificaciones en el sector los aromos, Jaén- Cajamarca. Jaén: Universidad Nacional de Cajamrca,sede Jaén.
- Hernández Machado, Y. L. (2019). Propiedades fisicas y mecanicas del ladrillo artesanal y ladrillo industrial,en la ciudad de Jaén-Cajamarca-Peru 2017. Jaén.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, C. (2014). Metodologia de la Investigacion. 6° Edicion. Mexico.
- INDECI. (2005). PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACION DE DESASTRES EN LA CIUDAD DE JAEN. JAÉN.
- Instituto Geofisico del Peru. (2019).
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2002). Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima, Perú: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2016). Manual para la Reducción de Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Lima: Industrias Gráficas Ausangate S.A.C.
- Laucata, J. E. (2013). Analisis de la vulnerabilidad sismica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo. "Tesis de Titulo". Pontifica Universidad Catolica del Peru, Lima.
- Llanos López, L. F., & Vidal Gómez, L. M. (2003). Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de las escuelas publicas de Cali: una propuesta metodologica. Santiago de Cali,Colombia: Universidad del Valle.
- Martinez Cuevas, S. (2014). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA URBANA BASADA EN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS Y DISPOSICIÓN URBANA DE LA EDIFICACIÓ. APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE LORCA, REGIÓN DE MURCIA.

- Mosqueira Moreno, M. Á., & Tarque Ruíz, S. N. (2005). Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad. Lima,Peru: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Nervi, L. M. (2017). Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada según la norma E - 070 del RNE en la Ciudad de Juliaca Puno. "Tesis de Título". UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, Puno.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006).
- Santana Tapia, R. D. (2012). DISEÑO SÍSMICO POR DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA. Lima,Peru: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Sarria, A. (1995). Ingeniería Sísmica. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.
- Villegas Ramírez, J. O. (2014). Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector morro solar bajo, ciudad de Jaén-Cajamarca. Jaén: Unversidad Nacional de Cajamarca, sede Jaén.
- Vizconde, A. (2004). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un edificio existente:clinica San Miguel de Piura. "Tesis de Titulo". Universidad de Piura, Piura.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por brindarnos salud y las energías necesarias para poder culminar nuestro proyecto de investigación en este largo y fructífero trayecto.

A mis padres, que son los pilares de mi formación personal y profesional, estar infinitamente agradecidos por su apoyo incondicional permitiéndome así llegar a este punto de mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional de Jaén, por el apoyo brindado en toda nuestra formación profesional.

A los ingenieros Antonio Horna Cabrera y Roger Cruz Migar por su apoyo brindado durante la ejecución de mi tesis y por la información brindada.

A mi amigo Ramón Farceque Alberca por su apoyo brindado durante la recolección de información durante la ejecución de mi tesis.

A mi asesor, Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón por su paciencia, apoyo y su orientación, le agradecemos por su generosidad al brindarnos la oportunidad de acudir a su capacidad.

DEDICATORIA

Con mucho cariño y amor le dedico mi tesis a mi Dios por darme la oportunidad de vivir y una hermosa familia, por cuidarme siempre, por ser la fortaleza en todos mis momentos de vida buenos y malos, encaminándome por el camino del bien, y darme la convicción que con esfuerzo y dedicación se pueden lograr grandes cosas; enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad y humildad.

A mis padres Edgar y María, por ser la motivación más grande de seguir adelante, por el gran amor y apoyo incondicional que siempre me brindan, por la orientación y creer siempre en mi persona.

A mi hermana Klisvany, por su apoyo incondicional, y compartir conmigo cada etapa de mi vida. porque siempre me brinda todo el apoyo que necesito, por tu amor, por tu comprensión y por animarme e impulsarme a seguir adelante a pesar de cualquier situación que estemos pasando.

Ronaldo Michael.

ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULO DEL INDICE DE DAÑO DEL EL SECTOR PUEBLO LIBRE COMPRENDIDO ENTRE LA CALLE IQUITOS -AVENIDA MESONES MURO-CALLE CORICANCHA-CALLE 28 DE JULIO - LA AVENIDA EJERCITO Y CALLE PARDO MIGUEL EN LA CIUDAD DE JAÉN, DISTRITO JAÉN, DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

1. CÁLCULO DEL INDICE DE DAÑO

El tema central de nuestro proyecto de investigación, es encontrar la vulnerabilidad sísmica mediante el método de Índice de vulnerabilidad de las edificaciones del sector comprendido entre la calle LA CALLE IQUITOS -AVENIDA MESONES MURO-CALLE CORICANCHA-CALLE 28 DE JULIO - LA AVENIDA EJERCITO Y CALLE PARDO MIGUEL EN LA CIUDAD DE JAÉN, DISTRITO JAÉN, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, se optó por agregar los escenarios de daño, para poder tener una idea de la magnitud de las consecuencias que podría producir un terremoto.

Para ellos debemos entrar en el tema de peligro sísmico, para lo cual hemos recorrido a información recopilada de otras investigaciones.

Tomaremos información tales como datos, tablas, mapas y funciones de vulnerabilidad, de otros proyectos de investigación, que se ira referenciando y explicando en cada ítem correspondiente.

En primera instancia debemos conocer la aceleración máxima del terreno, para ello presentamos los siguientes mapas y cuadros:

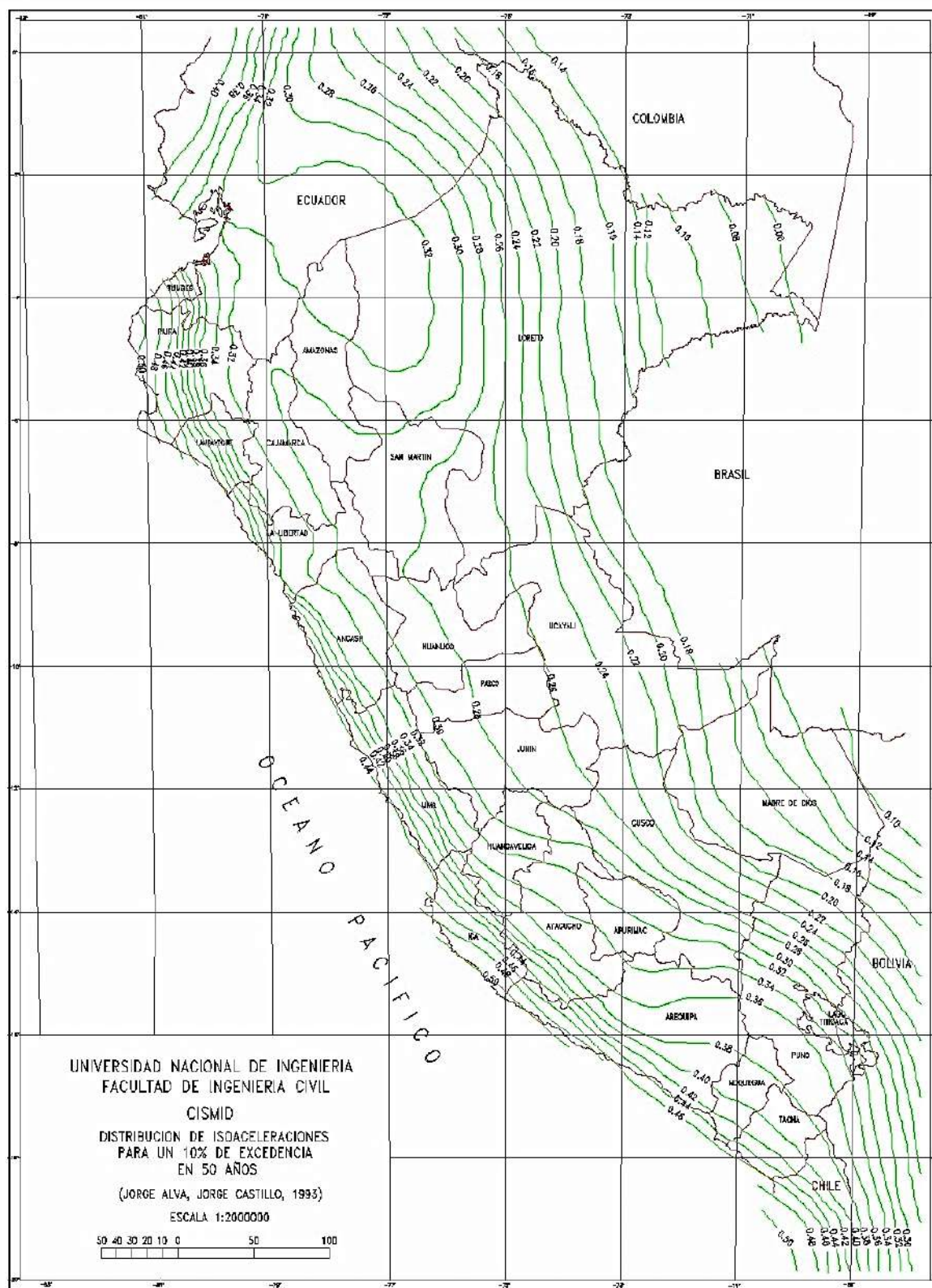


Figura 78. Mapa de distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años para el Perú (Alva & Castillo, 1993).

Según esta distribución para el sector en estudio que pertenece al distrito de Jaén le corresponde una aceleración de 0.30g, para 10% de excedencia en 50 años.

También en la Norma Técnica E-030, Diseño Sismorresistente, nos proporcionan la siguiente información:

Norma Técnica E-030.- Parámetros de sitio – Zonificación.

El territorio nacional se considera dividido en 4 zonas, como se muestra en la Figura. (A.02). La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información geotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

Tabla 27. Factores de Zona.

ZONA	Z
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

A continuación, citaremos algunos tipos de sismos recomendados por el comité VISION 2000, para edificaciones de uso común, como viviendas, restaurantes, hoteles, etc.

Tabla 28. Cuadro de sismos recomendados por el comité Visión 2000.

sismo	Vida útil	Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno
Frecuente	30 años	50%	45 años
Ocasional	50 años	50%	75 años
Raro	50 años	10%	475 años
Muy raro	100 años	10%	950 años

El Sector en estudio que pertenece al distrito de Jaén tiene una vida útil que solo es influenciado por los sismos frecuente, ocasional y raro.

Según la distribución de isoaceleraciones de Alva y Castillo, el sector en estudio tiene una aceleración máxima esperada de 0.30g con una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años, que corresponde al sismo raro.

Para obtener las aceleraciones máximas para los sismos frecuentes y ocasional, se hacen referencia a las investigaciones desarrolladas en la PUCP, por Alejandro Muñoz, donde obtuvo las siguientes relaciones:

Tabla 29. Relaciones de aceleraciones utilizadas para la zona 2 del Perú.

$\frac{A_{max.sismo\ Muy\ Raro}}{A_{max.Sismo\ Raro}} = 1.25$
$\frac{A_{max.sismo\ Raro}}{A_{max.Sismo\ Frecuente}} = 2.00$
$\frac{A_{max.sismo\ Ocasional}}{A_{max.Sismo\ Frecuente}} = 1.25$

Con el uso de la tabla anterior, hallaremos las aceleraciones para los sismos frecuente y ocasional, y sumados estos a la aceleración del sismo raro propuesto por Alva, del cual se obtuvieron los siguientes resultados

Sismo de 0.15g: Este sismo representa al sismo frecuente con un periodo de retorno de 45 años, y una probabilidad de excedencia de 50% en 30 años. Corresponde a la intensidad MM entre V y VI.

Sismo de 0.20g: Este sismo representa al sismo ocasional con un periodo de retorno de 75 años, y una probabilidad de excedencia de 50% en 50 años. corresponde a la intensidad MM entre VI y VII.

Sismo de 0.30g: Este sismo representa al sismo raro con un periodo de retorno de 475 años y probabilidad de excedencia del 10% en 50 años. corresponde a una intensidad MM igual VIII.

Con lo mencionado anteriormente puede construirse la siguiente tabla A.04 .la cual relaciona periodo de retorno, aceleración máxima esperada e intensidad esperada.

Tabla 30. Aceleraciones máximas e intensidades esperadas para distintos sismos del sector en estudio.

Sismo	Periodo de retorno	Aceleración Máxima esperada en roca	Intensidad MM
Frecuente	45 años	0.15g	V-VI
Ocasional	75 años	0.20g	VI-VII
Raro	475 años	0.30g	VIII

Fuente: Alva (1993), Muñoz (2002) y Pique (2003).

A.2. FUNCIONES DE VULNERABILIDAD.

El daño estructural lo estimaremos utilizando las funciones de vulnerabilidad para las tipologías existentes en el sector de estudio, que relacionan el índice de vulnerabilidad normalizado (I_{vn}) con el índice de daño, condicionado por las aceleraciones horizontales máximas del suelo debido a los sismos influyentes en el diseño de viviendas para periodos de retorno relacionados con la vida útil de la estructura, tales como sismos frecuentes (0.15 g), ocasional (0.20g) y raro (0.30 g).

Estas funciones fueron tomadas de Julca-Orbegoso (2008), quienes construyeron funciones de vulnerabilidad para el cercado de Chiclayo a partir de las curvas vulnerabilidad-daño de Ayacucho (Quispe, 2004), calibrando los datos con los daños obtenidos luego del sismo de Ica (15 de agosto del 2007). También usaron para la calibración, las relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA (Grafico 04).

A.2.1 FUNCIONES DE VULNERABILIDAD DAÑO-ACELERACIÓN, PARA EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA:

Para 0.15g: $y = -3E-11X^6 + 7E-09X^5 - 3E-07X^4 + 7E-06X^3 + 0.0034X^2 + 0.1364X - 0.037$

Para 0.20g: $y = 4E-07X^4 - 3E-06X^3 + 0.0032X^2 + 0.2572X - 0.0538$

Para 0.30g: $y = 3E-07X^4 + 2E-05X^3 + 0.0073X^2 + 0.4455X - 0.0561$

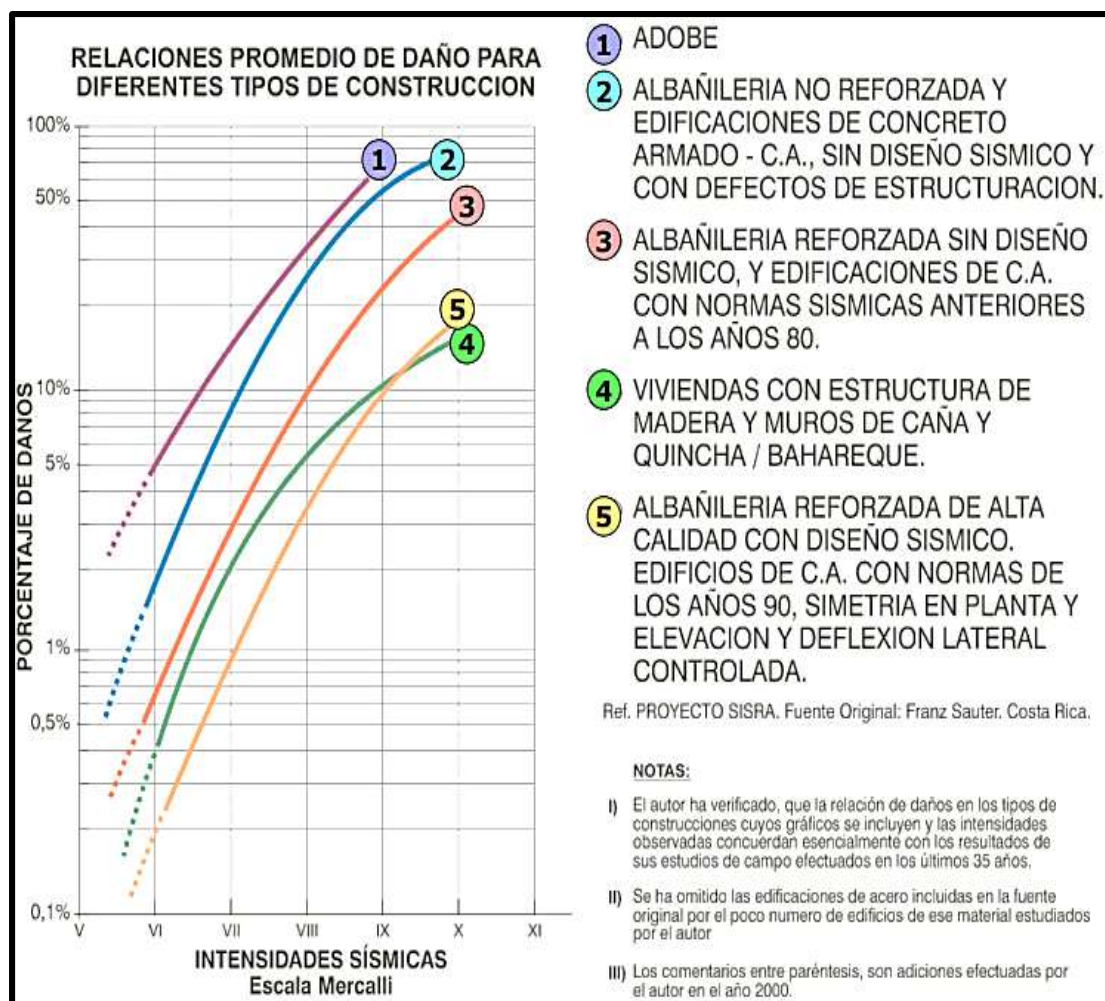


Figura 79. Relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA.

Fuente: Programa de ciudades sostenibles en el Perú 1998-2011-J. Kuroiwa.

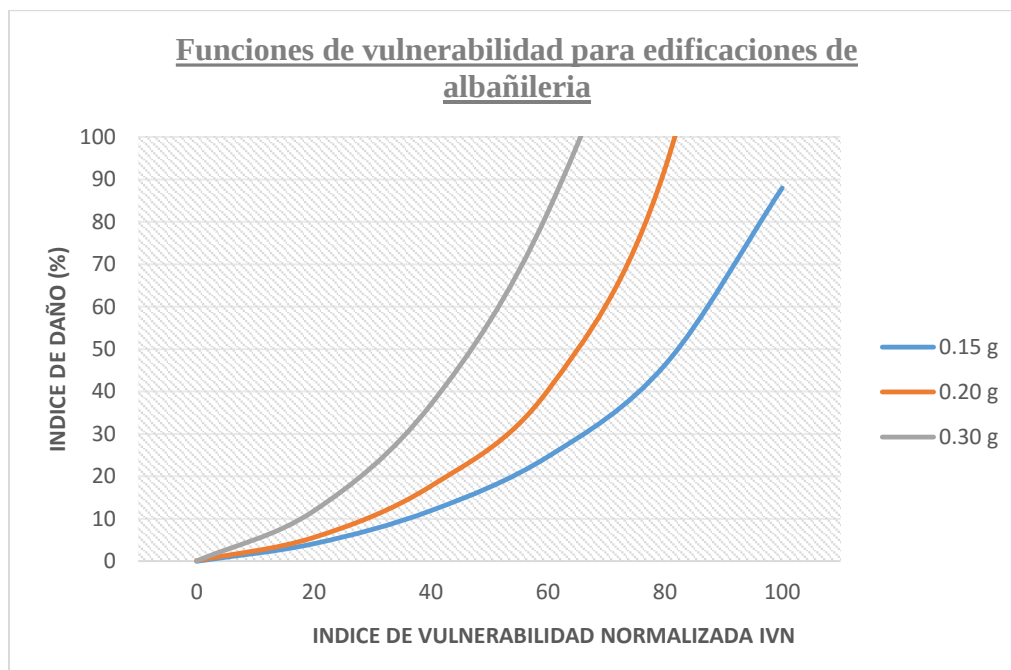


Figura 80. Relaciones promedio de daño para albañilería.

A.3. CALCULO DE DAÑO.

Una vez aplicado las funciones de vulnerabilidad para obtener los resultados de índices de daño, lo clasificamos en diferentes niveles daños propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute, California); en cual propone una guía para evaluar el daño que pueden sufrir diferentes clases de edificios después de un terremoto.

Los niveles de daño se detallan a continuación.

Tabla 31. Niveles de daño según EERR.

NIVEL DE DAÑO	RANGO DE DAÑO (%)	DEFINICIÓN
Ligero	0-5	Daño no estructural aislado, no se requiere reparación. El efecto en la estructura es despreciable
Moderado	5-25	Daño estructural ligero y daño no estructural considerable. Costo de reparación menor al 25% de valor de la edificación. Fisuras menores en edificación del °C°A.

Severo	25-50	Daño estructural considerable y daño no estructural excesivo. Costo de reparación menor al 50% del valor de la edificación
Total	50-100	Daño muy considerable. Es necesario demoler si antes no ha colapsado la estructura.

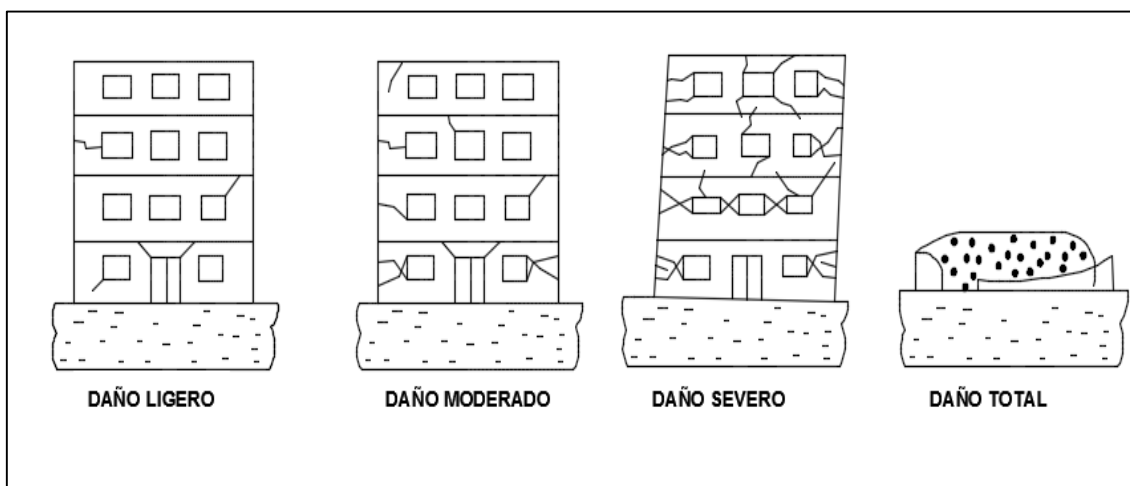


Figura 81. Niveles de daño.

Los resultados que se detallan a continuación, utilizando la tabla propuesta por la **EERI**, corresponden a las viviendas del Sector en estudio.

Estos resultados son presentados en los siguientes cuadros y gráficas y aceleración máxima de sismo frecuente, ocasional y raro, también los resultados totales de las edificaciones del Sector en estudio.

A.5. RESULTADOS DE DAÑO ESTIMADO PARA LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA.

Tabla 32. Daño obtenido en edificaciones de albañilería.

Tipología	Nivel de Daño	0.15g	Sismo Frecuente	0.20g	Sismo Ocasional	0.30g	Sismo Raro
		N° Lotes	%	N° Lotes	%	N° Lotes	%
Albañilería	Daño Ligero	51	76.12%	33	49.25%	14	20.90%
	Daño Moderado	16	23.88%	34	50.75%	49	73.13%
	Daño Severo	0	0.00%	0	0.00%	4	5.97%
	Daño Total	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
	Total Edific.	67	100%	67	100%	67	100%

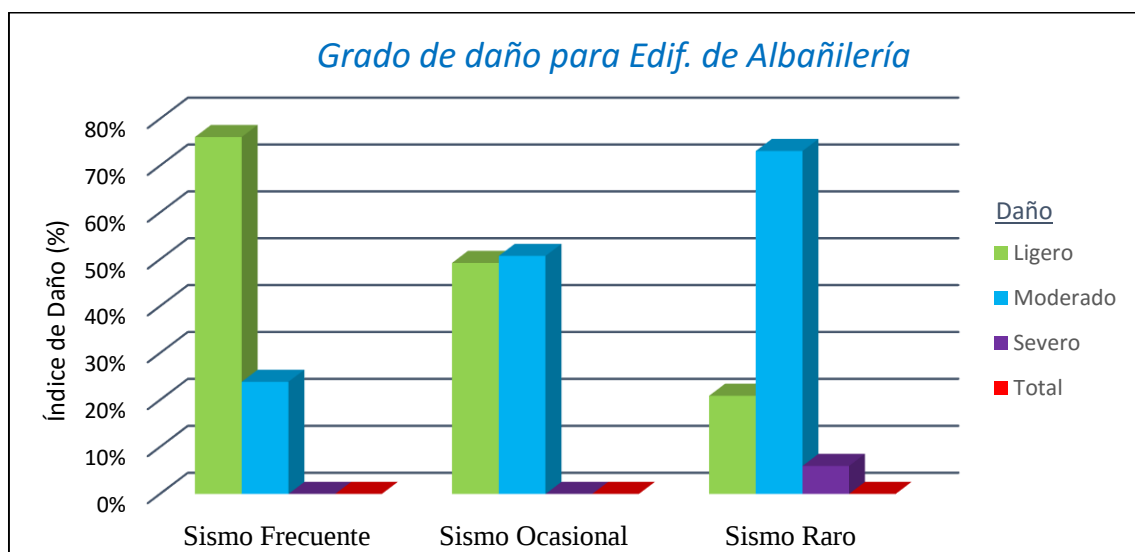


Figura 82. Daño obtenido en edificaciones de albañilería.

En edificaciones de albañilería, según la tabla 31, Podemos observar que para un sismo frecuente con el mayor porcentaje (76.12%) para las edificaciones de albañilería, el nivel de daño estimado es Ligero, para un sismo ocasional con el mayor porcentaje (50.73%), el nivel de daño estimado es Moderado, para un sismo raro con el mayor porcentaje (73.13%), el nivel de daño estimado es Moderado.

Tabla 33. Daño obtenido para todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio- Sismo frecuente.

Tipología	Nivel de Daño	0.15g	Sismo Frecuente
		N° Lotes	%
Albañilería	Daño Ligero	51	76.12%
	Daño Moderado	16	23.88%
	Daño Severo	0	0.00%
	Daño Total	0	0.00%
	Total Edific.	67	100%

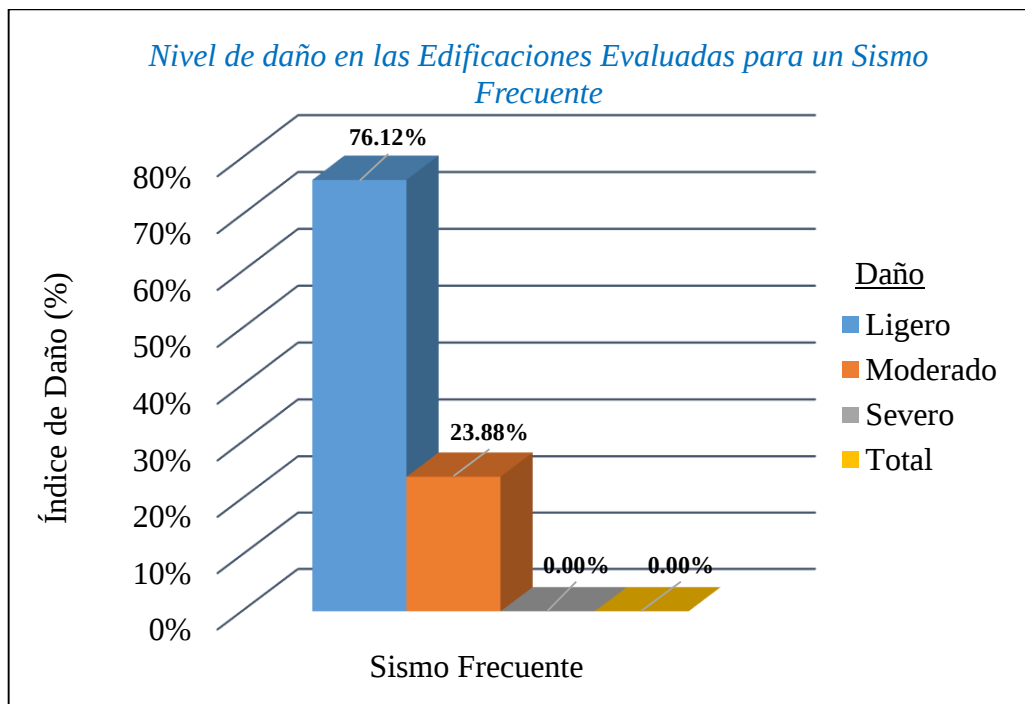


Figura 83. Daño obtenido en todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio para Sismo Frecuente.

En la tabla 32, Para el escenario de daño correspondiente al sismo frecuente (0.15g), podemos observar que para un sismo frecuente con los mayores porcentajes 76.12% y 23.88% para las viviendas del sector en estudio, el nivel de daño estimado es Ligero y Moderado respectivamente.

Tabla 34. Daño obtenido para todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio- Sismo ocasional.

Tipología	Nivel de Daño	0.20g Sismo Ocasional	
		N° Lotes	%
Albañilería	Daño Ligero	33	49.25%
	Daño Moderado	34	50.75%
	Daño Severo	0	0.00%
	Daño Total	0	0.00%
	Total Edific.	67	100%

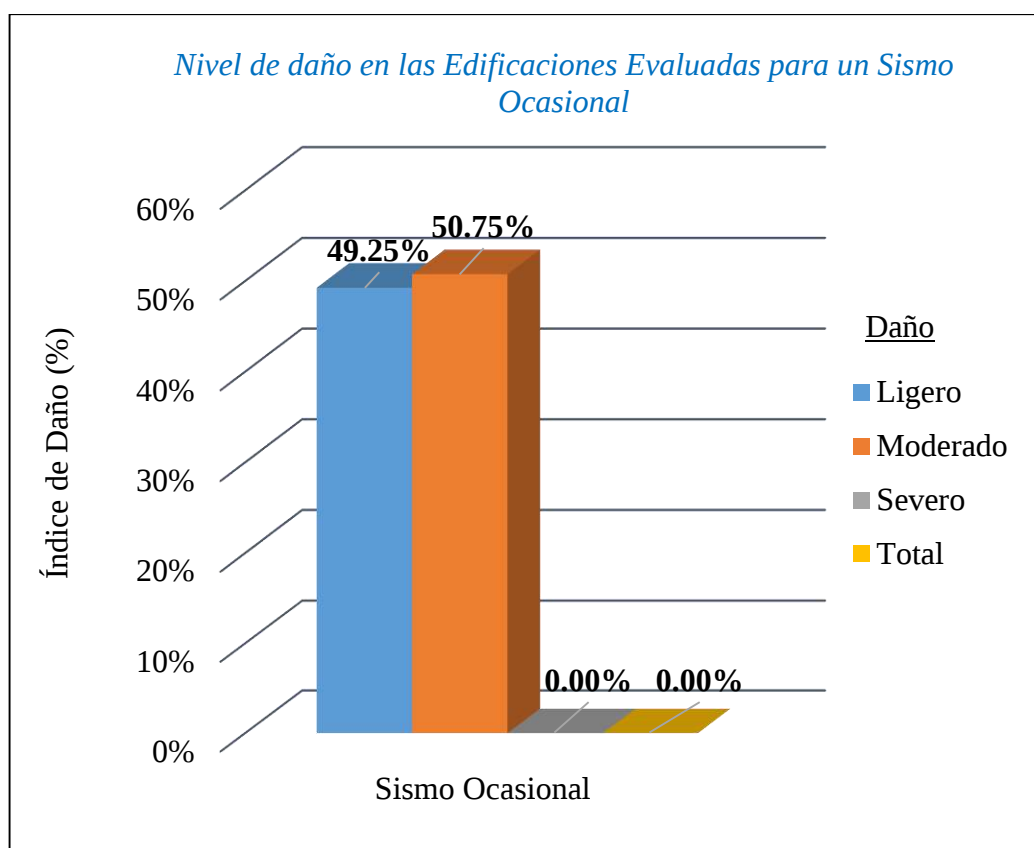


Figura 84. Daño obtenido en todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio para Sismo Ocasional.

En la tabla 33, para el escenario de sismo Ocasional (0.20g). Podemos observar que para un sismo ocasional con el mayor porcentaje 50.75% y 49.25% para las viviendas del sector en estudio, el nivel de daño estimado es Moderado y ligero respectivamente.

Tabla 35. Daño obtenido para todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio – Sismo Raro.

Tipología	Nivel de Daño	0.30g Sismo Raro	
		N° Lotes	%
Albañilería	Daño Ligero	14	20.90%
	Daño Moderado	49	73.13%
	Daño Severo	4	5.97%
	Daño Total	0	0.00%
	Total Edific.	67	100%

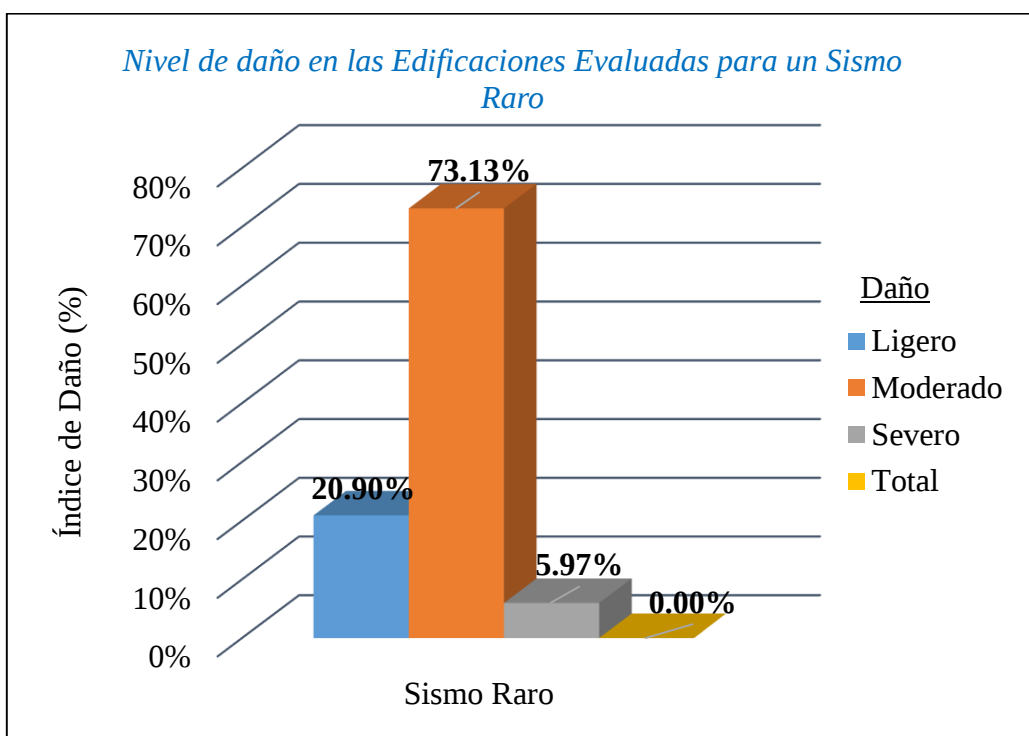


Figura 85. Daño obtenido en todas las edificaciones evaluadas del sector en estudio para Sismo Raro.

Por ultimo según la tabla 34, para el escenario de sismo raro (0.30g), Podemos observar que para un sismo raro con el mayor porcentaje 73.13% para las viviendas del sector en estudio, el nivel de daño estimado es Moderado.

Anexo 2. Correspondencia entre las escalas sísmicas.

CORRESPONDENCIA ENTRE ESCALAS SÍSMICAS			
<u>Escala de Richter</u> Mide la energía de un temblor en su centro, o foco, determinando intensidades que crecen de forma exponencial en una escala medible entre 1 y 10.		<u>Escala de Mercalli</u> Determina la intensidad aparente de los terremotos de acuerdo a la distancia del observador y el centro, realizando descripciones subjetivas en escalas de I a XII.	
Valores	Descripción	Valores	Descripción
2.5	En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.	I	Casi nadie lo ha sentido
		II	Muy pocas personas lo han sentido
3.5	Sentido por mucha gente.	III	Temblor notado por mucha gente que, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto.
		IV	Se ha sentido en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio.
		V	Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.
4.5	Pueden producirse algunos daños locales pequeños.	VI	Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños.
		VII	Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.
6.0	Terremoto destructivo.	VIII	Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban.
		IX	Todos los edificios muy dañados, desplazamientos de muchos centímetros. Grietas apreciables en el suelo.
7.0	Terremoto importante.	X	Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.
8.0 ó más	Grandes terremotos.	XI	Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo.
		XII	Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean.

Anexo 3. Ubicación geográfica a través de google Earth del sector en estudio donde se realizó la investigación.

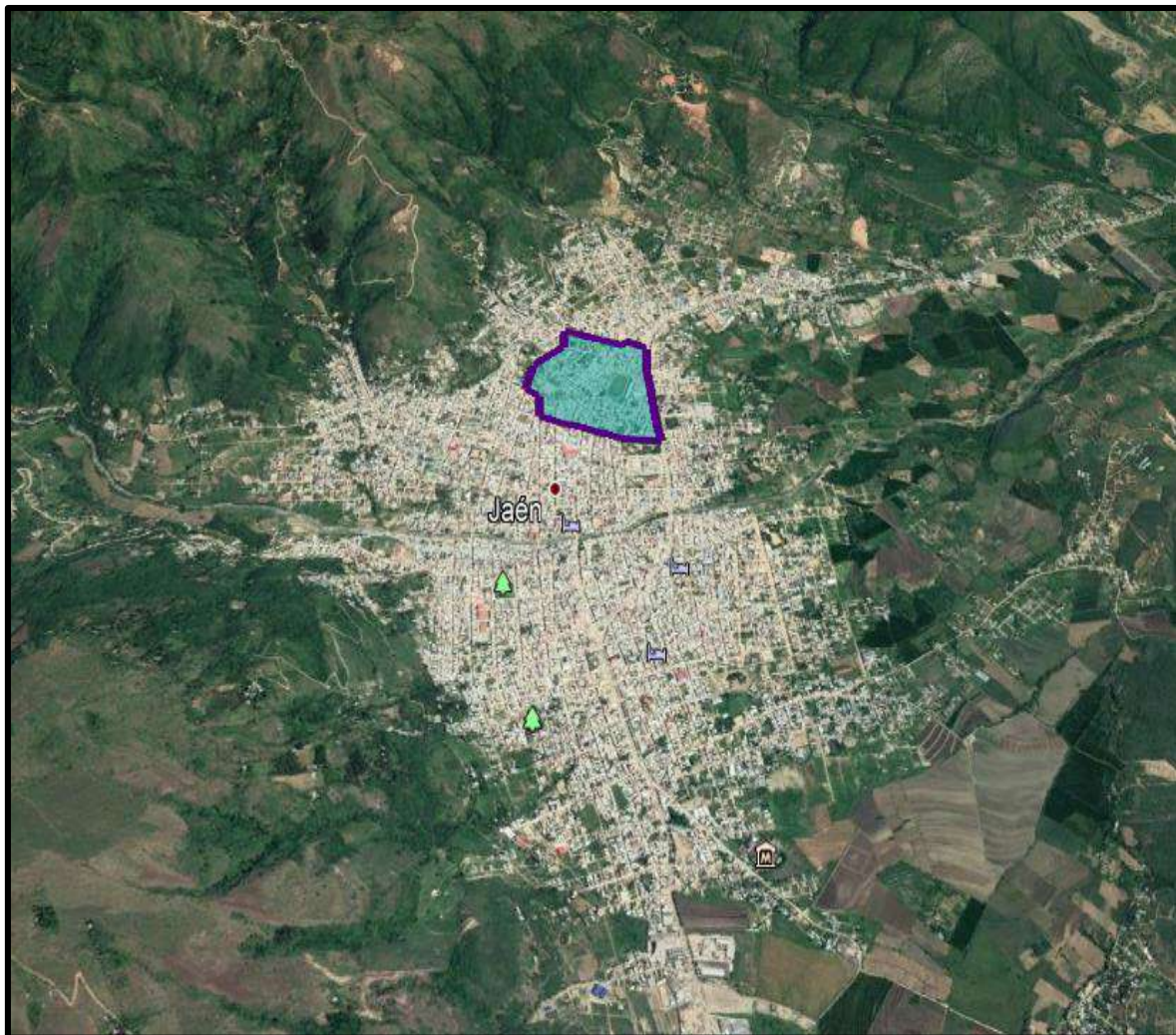


Figura 86. Ubicación del sector en estudio en la ciudad de Jaén.

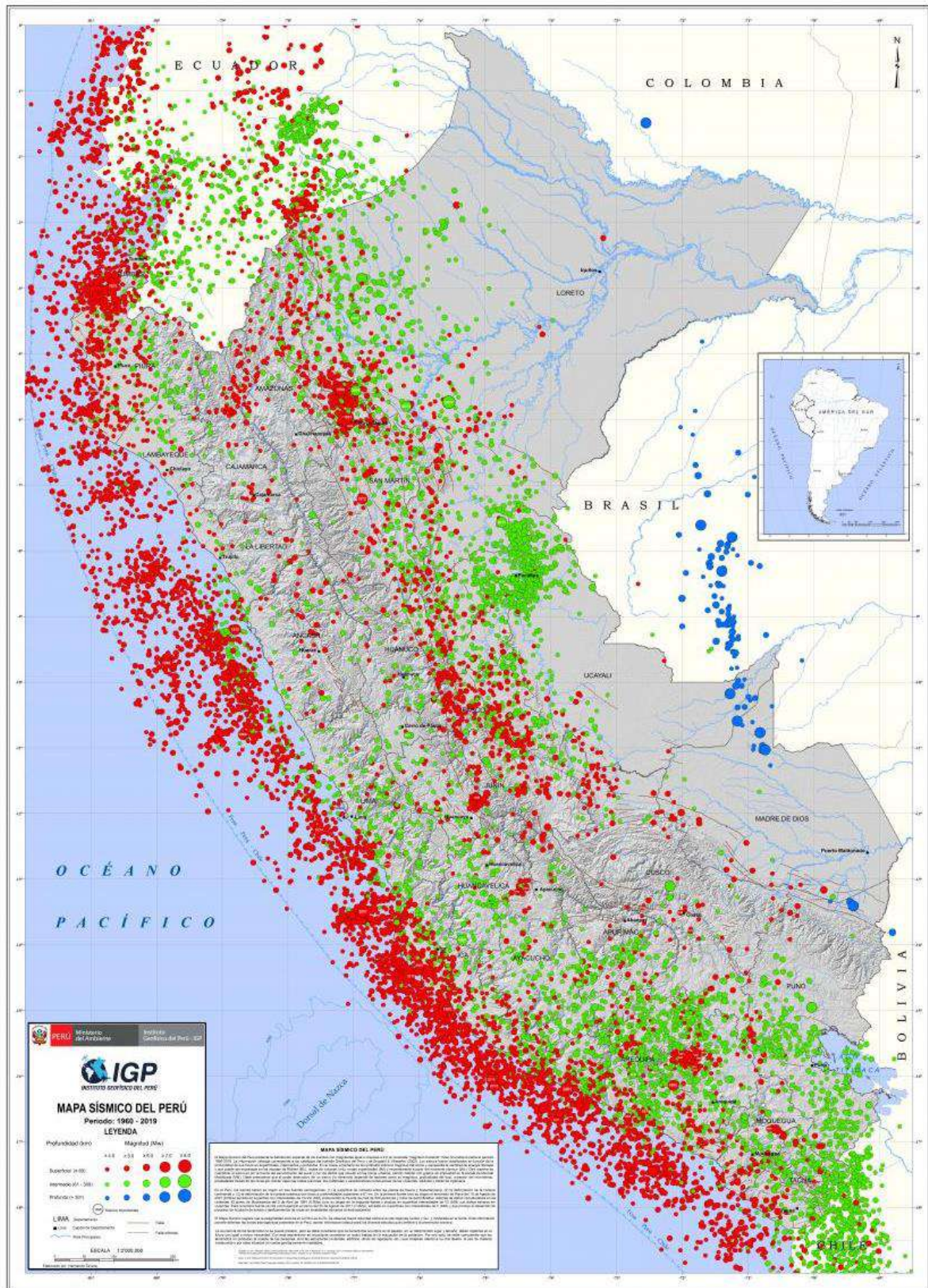
FUENTE: Google Earth – marzo 2020.

Anexo 4. Cuadro resumen de data sísmica registrada por acelerógrafo UNJ – 2019.

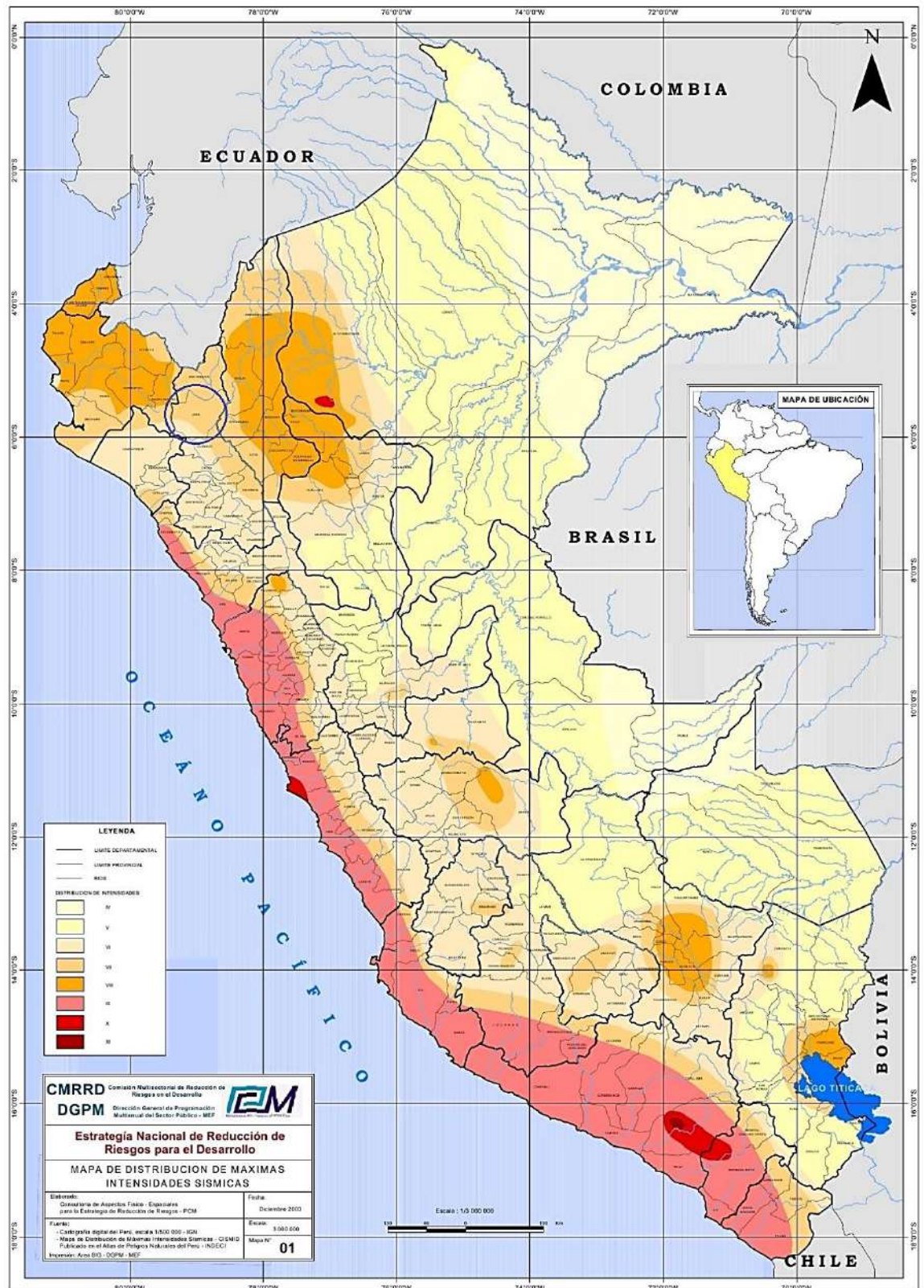
Nº	Fecha	Hora epicentral		Lugar del Epicentro			Magnitud	Intensidad Max.	Profundidad en	Est. UNJ	TIEMPO DE LLEGADA A ESTACION UNJ	Aceleraciones máximas Est. UNJ (cm/seg ²)			Aceleración
		Local	UTC	Región	Provincia	Localidad	(IGP)	Mercalli (IGP)	epicentro (km)	Distancia a epicentro (Km)		PGA EO	PGA NS	PGA V	máxima (g)
1	03/01/2019	16:11:48	21:11:48	San Martín	Rioja	25 km al Norte Este de Nueva Cajamarca	5	IV	19	181.19		0.63	0.9	0.19	0.001
2	04/01/2019	3:49:52	8:49:52	Loreto	Alto Amazonas	25 km al Oeste de Pastaza	4.6		120	396.66		0.14	0.16	0.13	0
3	08/01/2019	5:00:09	10:00:09	Loreto	Nauta	29 km al Oeste de Nauta,	6.3	V	15	571.13		0.22	0.27	0.14	0
4	15/01/2019	15:24:07	20:24:07	Ancash	Santa	84 km al Oeste de Chimbote	5.3	II - III	24	382.08		0.18	0.22	0.1	0
5	18/01/2019	16:26:58	21:26:58	Loreto	Alto Amazonas	66 km al Sur Oeste de Pastaza	5.8	III	111	349.42		1.59	1.15	0.61	0.002
6	19/01/2019	7:25:49	12:25:49	San Martín	Rioja	36 km al Norte Este de Nueva Cajamarca	4.5	II - III	56	188.92		0.1	0.13	0.06	0
7	04/02/2019	12:45:45	17:45:45	Tumbes	Zarumilla	116 km al Norte de Zarumilla	5.9	III	73	386.28		1.41	1.09	0.47	0.001
8	05/02/2019	4:53:01	9:53:01	Tumbes	Zarumilla	186 km al Norte Este de Zarumilla	4.9	II - III	94	324.95		0.23	0.22	0.11	0
9	22/02/2019	5:17:18	10:17:18	Loreto	Alto Amazonas	133 km al Norte Oeste de Pastaza	7.7	IV-V	113	447.57		21.69	19.45	9.01	0.022
10	22/02/2019	5:40:38	10:40:38	Tumbes	Zarumilla	130 km al Norte de Zarumilla	5.7	III-IV	87	393.3		0.58	0.53	0.29	0.001
11	20/03/2019	11:23:19	16:23:19	Loreto	Amazonas	105 km al Oeste de Pastaza,	5.5	II-III	88	389.6		0.43	0.33	0.17	0
12	06/03/2019	23:05:05	4:05:05	Lambayeque	Ferreñafe	46 km al Norte Este de Ferreñafe	5.4	III - IV	18	104.63		1.5	1.36	0.43	0.002
13	17/04/2019	10:01:00	15:01:00	Amazonas	Condorcanqui	69 km al Sur Oeste de Sta. María De Nieva	5.5	III	85	93.83		51.68	39.32	10.1	0.053
14	26/05/2019	2:41:12	7:41:12	Loreto	Alto Amazonas	70 km al Sur Es	8	VI-VII	135	391.6		29.24	32.6	19.23	0.033

FUENTE: Estación acelográfica UNJ.

Anexo 5. Mapa Sísmico del Perú (1960-2019).



Anexo 6. Mapa de Distribución de Máximas intensidades Sísmicas.



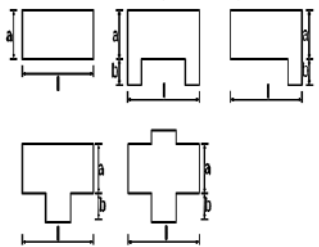
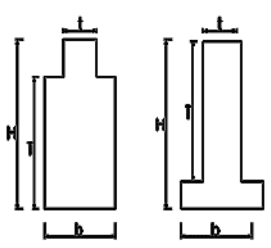
FUENTE: Instituto geofísico del Perú.

Anexo 7. Guía de evaluación del índice de vulnerabilidad de Benedetti – Petrini, tipología albañilería.



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA
MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA - TIPOLOGIA ALBAÑILERIA**



DATOS REFERENCIALES	PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
Fecha: Ubicación: Manzana: Lote: Propietario: Uso actual:	1	TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado: Asesoría técnica ☐ Nueva construcción y/o Reparación según Norma. ☐ Elementos de arriostre horizontales y verticales ☐ Deficiencias en confinamiento y proceso de construcción ☐ Muros sin confinar o autoconstrucción. ☐
	2	CALIDAD DEL S.R.	Marcar según lo observado: Mampostería de buena calidad. ☐ si ☐ no Muros con mampostería artesanal. ☐ si ☐ no Buena trabazón en mampostería. ☐ si ☐ no Mortero de buena calidad (9-12mm). ☐ si ☐ no
	3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Especificar según lo observado en la estructura: Número de pisos: (N): Ax: Área de muros en X (m2): Ay: Área de muros en Y (m2): h :Altura promedio de entrepiso (m): M :Número de diafragmas: Ps :Peso del diafragma (ton/m2): At :Área techada (m2): Ac:Área de cubierta (m2): Pc: Peso de cubierta (ton/m2):
Parámetro 6: Configuración en planta.  $B1 = a/l$ $B2 = b/l$	4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN	Marcar según lo observado: Presencia de sales ☐ si ☐ no Presencia de filtraciones ☐ si ☐ no Estado de conservación deteriorado ☐ si ☐ no
	5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marcar según lo observado: Discontinuidades abruptas. ☐ si ☐ no Buena conexión diafragma-muro. ☐ si ☐ no Deflexión del diafragma. ☐ si ☐ no
	6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros: a: b: L:
Parámetro 7: Configuración en elevación. 	7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Especificar y marcar según lo observado: Aumento o reducción de masas o áreas: %T/H: Piso blando: ☐ si ☐ no Irregularidad del S.R. ☐ si ☐ no
	8	DIST. MAXIMA ENTRE MUROS	Especificar: L(espaciamento de muros trans en metros): S(espesor del muro maestro en metros): Factor L/S:
	9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según lo observado: Cubierta estable. ☐ si ☐ no Conexión cubierta-muro adecuada. ☐ si ☐ no Cubierta plana. ☐ si ☐ no Material liviano. ☐ si ☐ no Cubierta en buenas condiciones ☐ si ☐ no
	10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B(bueno), R(regular) y M(malo) según conexión al S.R.: 10.1.-Corniza y parapetos ☐ 10.2.-Tanques de agua prefabricados. ☐ 10.3.-Balcones y volados. ☐ 10.4.-Pequeños elementos. ☐
11 ESTADO DE CONSERVACIÓN	Marcar según lo observado en la estructura: 11.2.- Estado de conservación: ☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo 12.2.- Muros en buena condición, sin fisuras visibles. ☐ 12.3.- Edificio que no presenta fisuras pero en mal estado de conservación. ☐ 12.4.- Muros que presentan fisuras pequeñas. ☐ 12.5.- Muros con fisuras de tamaño medio y/o producidas por sismos. ☐ 12.6.- Muros con fuerte deterioro en sus componentes. ☐		

Anexo 8.

Resultado del estudio de vulnerabilidad sismica.

CÓDIGO	TIPOLOGÍA	PAR. 1	PAR. 2	PAR. 3	PAR. 4	PAR. 5	PAR. 6	PAR. 7	PAR. 8	PAR. 9	PAR. 10	PAR. 11	Ivn	Rango de Vulnerabilidad	Daño para 0.15 g	Daño para 0.20 g	Daño para 0.30 g
100231	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	A	9.47712418	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
100311	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	C	A	B	A	B	A	8.16993464	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
100519	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	C	A	C	A	C	C	17.6470588	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
100614	ALBAÑILERÍA	C	D	B	C	B	D	A	C	A	C	B	26.7973856	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
100620	ALBAÑILERÍA	C	B	A	B	B	B	A	A	B	C	C	20.5882353	MEDIA	Ligero	Moderado	Moderado
100703	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	A	C	A	B	C	A	A	19.9346405	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
100706	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	A	C	C	C	B	B	B	25.1633987	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
100712	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A	4.5751634	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
100714	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	A	D	A	B	C	A	A	22.5490196	MEDIA	Ligero	Moderado	Moderado
100723	ALBAÑILERÍA	C	C	C	B	A	C	A	A	A	B	B	22.2222222	MEDIA	Ligero	Moderado	Moderado
100803	ALBAÑILERÍA	B	C	B	B	A	D	A	D	A	B	A	14.7058824	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
100808	ALBAÑILERÍA	C	C	A	D	A	D	A	C	B	B	D	38.8888889	MEDIA	Moderado	Moderado	Severo
100916	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	A	C	A	C	A	B	A	13.3986928	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
100926	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	A	B	A	B	A	C	B	12.4183007	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101009	ALBAÑILERÍA	C	C	B	C	A	C	B	B	B	C	B	25.4901961	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
101015	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	A	B	A	A	B	B	A	13.0718954	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101108	ALBAÑILERÍA	D	C	B	B	A	C	A	C	B	B	A	25.1633987	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
101117	ALBAÑILERÍA	C	B	A	B	A	A	A	B	A	C	B	9.80392157	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101130	ALBAÑILERÍA	B	B	C	B	A	C	A	C	A	B	A	17.3202614	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
101203	ALBAÑILERÍA	C	D	A	C	B	A	A	A	B	B	A	18.3006536	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
101262	ALBAÑILERÍA	C	B	B	C	A	A	A	C	A	B	A	14.0522876	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101301	ALBAÑILERÍA	B	B	A	B	A	A	B	A	A	B	A	3.92156863	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero

101306	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	A	B	A	B	B	B	A	13.3986928	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101312	ALBAÑILERÍA	B	C	B	B	A	B	B	A	A	B	A	7.84313725	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
101331	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	C	A	A	A	B	B	9.1503268	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
101333	ALBAÑILERÍA	D	C	A	A	A	C	A	C	D	A	C	36.6013072	MEDIA	Moderado	Moderado	Severo
101334	ALBAÑILERÍA	D	B	B	B	B	C	A	C	B	A	A	25.1633987	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
101340	ALBAÑILERÍA	C	B	A	A	A	B	A	A	B	A	C	16.6666667	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
101401	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	A	D	A	C	A	A	B	17.3202614	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
101415	ALBAÑILERÍA	D	C	B	B	A	C	A	C	A	A	A	21.2418301	MEDIA	Ligero	Moderado	Moderado
101432	ALBAÑILERÍA	D	C	A	B	A	A	B	B	C	B	B	23.8562092	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
101504	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	B	A	C	C	C	D	D	40.5228758	ALTA	Moderado	Moderado	Severo
101516	ALBAÑILERÍA	C	B	A	B	A	A	A	C	A	C	A	9.80392157	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101703	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	B	A	A	A	A	B	B	12.4183007	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101710	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	A	B	C	B	B	A	11.4379085	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101809	ALBAÑILERÍA	C	A	B	B	A	D	A	C	B	B	A	19.6078431	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
101827	ALBAÑILERÍA	B	B	A	B	B	B	A	D	B	B	B	12.745098	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101829	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	A	A	D	A	B	A	7.51633987	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
101901	ALBAÑILERÍA	B	C	B	C	C	C	B	A	B	B	C	28.7581699	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
101923	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	D	B	C	A	B	B	14.7058824	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
101924	ALBAÑILERÍA	C	B	B	C	A	D	A	C	A	B	B	21.2418301	MEDIA	Ligero	Moderado	Moderado
102115	ALBAÑILERÍA	B	B	A	B	A	B	A	C	A	B	A	4.90196078	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
102120	ALBAÑILERÍA	A	B	A	B	A	B	A	D	A	B	A	4.90196078	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
102213	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	B	C	A	D	A	B	A	17.3202614	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
102302	ALBAÑILERÍA	B	C	B	B	A	A	A	A	B	B	B	11.1111111	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado

102316	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	B	B	A	B	B	B	A	16.0130719	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
102502	ALBAÑILERÍA	C	C	B	C	B	C	A	B	A	C	C	26.7973856	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
102718	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	B	D	A	A	A	B	A	15.6862745	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
102801	ALBAÑILERÍA	D	B	B	C	B	B	B	B	C	B	A	29.0849673	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
102920	ALBAÑILERÍA	C	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A	8.82352941	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
102923	ALBAÑILERÍA	B	C	B	B	A	C	A	A	A	B	A	9.1503268	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
102928	ALBAÑILERÍA	C	C	B	B	B	B	A	A	A	C	C	19.9346405	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
102937	ALBAÑILERÍA	B	B	C	B	A	D	A	D	A	B	A	21.2418301	MEDIA	Ligero	Moderado	Moderado
103013	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	B	A	A	A	B	C	11.7647059	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
103208	ALBAÑILERÍA	B	B	B	A	A	B	A	A	A	C	C	12.4183007	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
103302	ALBAÑILERÍA	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B	B	5.55555556	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
103313	ALBAÑILERÍA	C	B	B	B	B	A	D	C	A	B	A	23.2026144	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
103322	ALBAÑILERÍA	C	B	A	B	A	C	A	C	A	A	C	17.9738562	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
103323	ALBAÑILERÍA	C	C	B	C	A	C	A	C	B	D	A	25.4901961	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
103335	ALBAÑILERÍA	B	B	B	A	A	A	A	B	A	B	A	3.92156863	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
103510	ALBAÑILERÍA	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	A	9.47712418	BAJA	Ligero	Ligero	Ligero
103521	ALBAÑILERÍA	C	B	C	B	A	B	A	B	A	B	A	17.3202614	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
103617	ALBAÑILERÍA	C	B	A	B	B	B	B	A	B	B	A	13.7254902	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
103811	ALBAÑILERÍA	B	B	C	B	A	C	A	C	A	B	A	17.3202614	BAJA	Ligero	Moderado	Moderado
103817	ALBAÑILERÍA	C	B	A	B	A	C	A	B	B	B	B	15.3594771	BAJA	Ligero	Ligero	Moderado
103818	ALBAÑILERÍA	C	B	C	B	A	D	B	A	B	B	B	28.7581699	MEDIA	Moderado	Moderado	Moderado
103906	ALBAÑILERÍA	C	C	B	C	A	B	B	B	D	C	C	35.9477124	MEDIA	Moderado	Moderado	Severo

Anexo 9. Plano del sector pueblo de la ciudad de Jaén – área en estudio.

743000

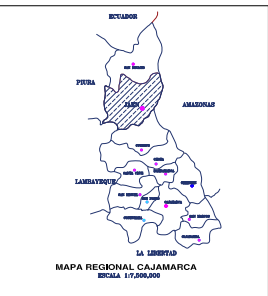


PLANO: **U-01**

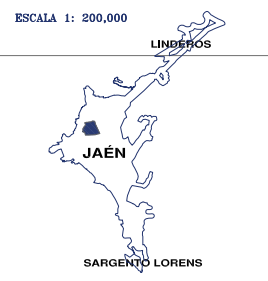
743000

**Anexo 10. Plano
de lotes
identificados en el
sector Pueblo
Libre (Área en
Estudio).**

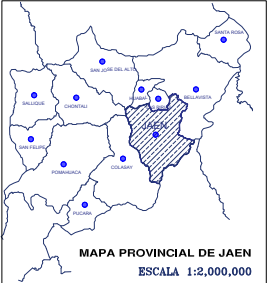
LOCALIZACIÓN EN EL DEPARTAMENTO



SECTOR DE EVALUACIÓN (AMBITO URBANO)

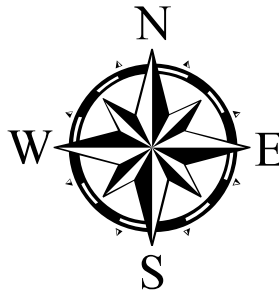
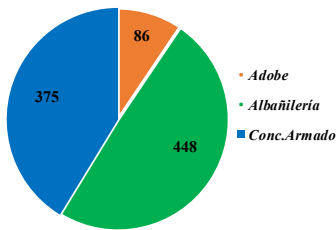


LOCALIZACIÓN EN LA PROVINCIA



TIPOLOGÍA	EDIFICACIONES	
	N° Lotes	%
Adobe	86	8.32%
Albañilería	448	43.33%
Conc.Armando	375	36.27%
Otros Usos	125	12.09%
TOTAL	1034	100%

EDIFICACIONES EN EL SECTOR DE ESTUDIO



Vivienda de albañilería ubicada en la calle Inti Raymi (sector pueblo libre, manzana 22, lote 11)



Vivienda de albañilería ubicada en la calle Pardo Miguel (sector pueblo libre, manzana 28, lote 23)

ASENTAMIENTO HUMANO PUEBLO LIBRE

ESTADIO MUNICIPAL VICTOR MONTAÑA SEGURA

LEYENDA

- AVENIDA
- LOTES EVALUADOS
- Rango de Vulnerabilidad
 - BAJA
 - MEDIA
 - ALTA
- NO EVALUADOS
 - MANZANAS
 - NO EVALUADOS

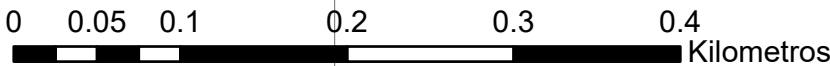
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA UBICADAS EN EL SECTOR PUEBLO LIBRE EN LA CIUDAD DE JAÉN, CAJAMARCA-2020"

LÁMINA: PLANO DE LOTES IDENTIFICADOS POR SU TIPOLOGIA EN SECTOR PUEBLO LIBRE DE LA CIUDAD DE JAÉN (AREA DE ESTUDIO).		REGIÓN : CAJAMARCA	
		PROVINCIA : JAEN	
		DISTRITO : JAEN	
RESPONSABLE: RAMOS RIVERA RONALDO MICHAEL		DIBUJO : RRRM	
		FECHA : MARZO - 2020	
		ESCALA : 1 / 1500	
ASESOR: ING. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERON		PLANO: PL-01	
DATUM: PSAD56 SIST. DE PROYEC.: UTM HEMISFERIO: SUR-ZONA 17			

Escala Gráfica



Anexo 11. Plano de Zonificación – Vulnerabilidad Sismica de las Viviendas Evaluadas.

742500

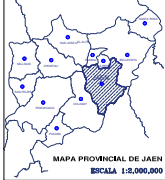
742750

743000

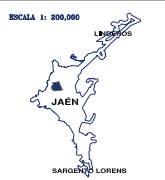
LOCALIZACIÓN EN EL DEPARTAMENTO



LOCALIZACIÓN EN LA PROVINCIA



SECTOR DE EVALUACIÓN (ÁMBITO URBANO)



TIPOLOGÍA :ALBAÑILERÍA

Rango de Vulnerabilidad	ALBAÑILERÍA	
	Nº Lotes	%
BAJA	45	67.16%
MEDIA	21	31.34%
ALTA	1	1.49%
TOTAL	67	100%

Viviendas de Albañilería por Rango de Vulnerabilidad

Vivienda de albañilería ubicada en la calle 4 de junio (sector pueblo libre, manzana 55, lote 53).
VULNERABILIDAD MEDIAVivienda de albañilería ubicada en la calle Antisuyo (sector pueblo libre, manzana 15, lote 04).
VULNERABILIDAD ALTAASENTAMIENTO HUMANO
PUEBLO LIBREESTADIO MUNICIPAL
VICTOR MONTAÑA SEGURA

LEYENDA

- AVENIDA
- LOTES EVALUADOS
- Rango de Vulnerabilidad
- BAJA
 - MEDIA
 - ALTA
- NO EVALUADOS
- MANZANAS
 - NO EVALUADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

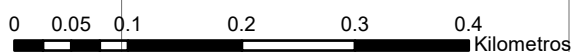
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA
UBICADAS EN EL SECTOR PUEBLO LIBRE EN LA CIUDAD DE JAÉN, CAJAMARCA-2020*

LÁMINA:	ZONIFICACIÓN - VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS EVALUADAS.	REGIÓN :	CAJAMARCA
RESPONSABLE:	RAMOS RIVERA RONALDO MICHAEL	PROVINCIA :	JAÉN
ASESOR:	ING. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERON	DISTRITO :	JAÉN
DATUM:	PSAD56	DIBUJO :	RRRM
SIST. DE PROYECC.	UTM	FECHA :	MARZO - 2020
HEMISFERIO:	SUR-ZONA 17	ESCALA :	1 / 1500
		PLANO:	VS-01

Escala Gráfica



742500

742750

743000

9369750

9369750

9369500

9369500

9369250

9369250

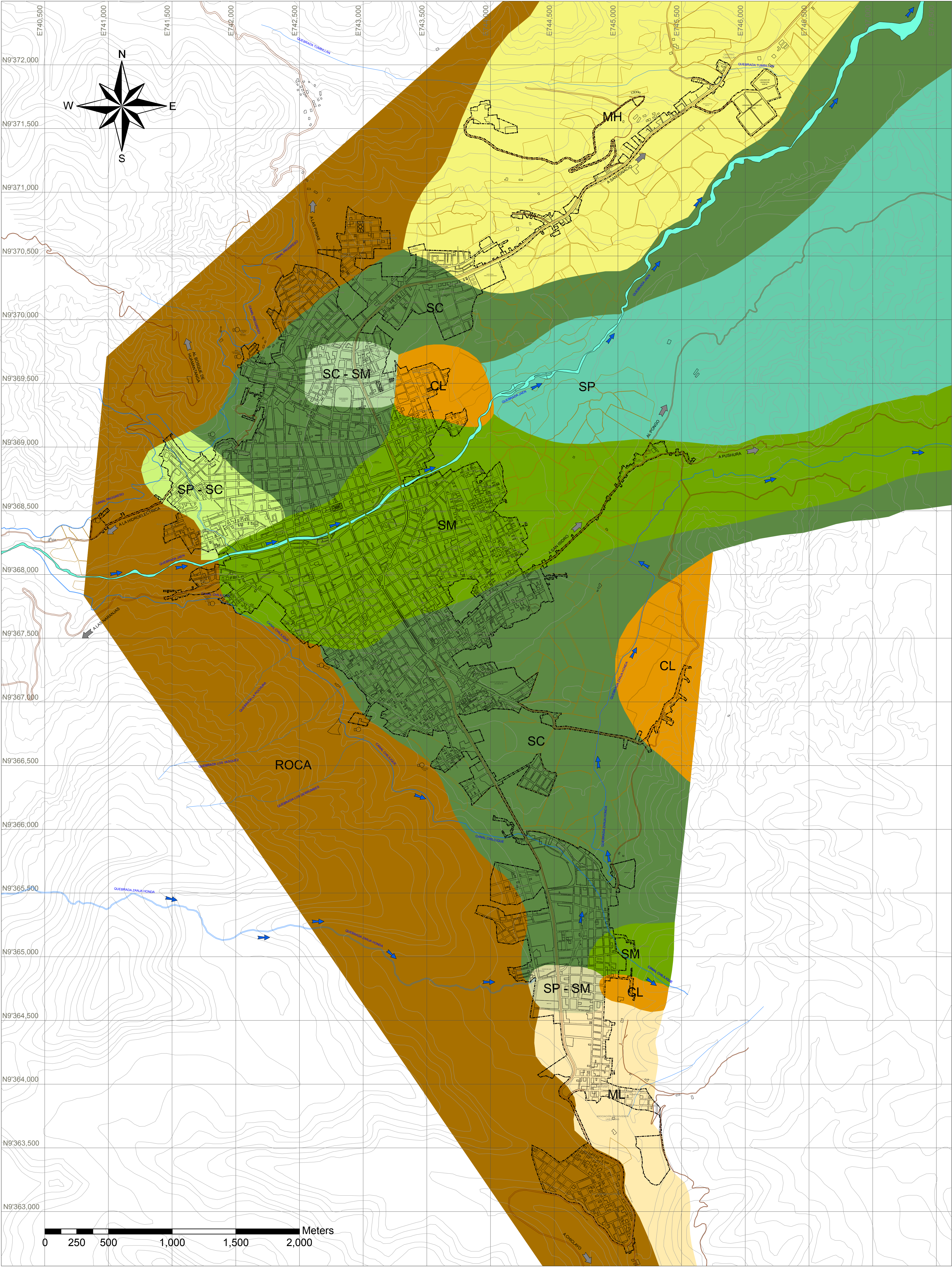
9369000

9369000

Vivienda de albañilería ubicada en la calle Antisuyo (sector pueblo libre, manzana 11, lote 30).
VULNERABILIDAD BAJA

Anexo 12. Mapa de Zonificación del suelo de la ciudad de Jaén – INDECI.

CIUDAD DE JAEN



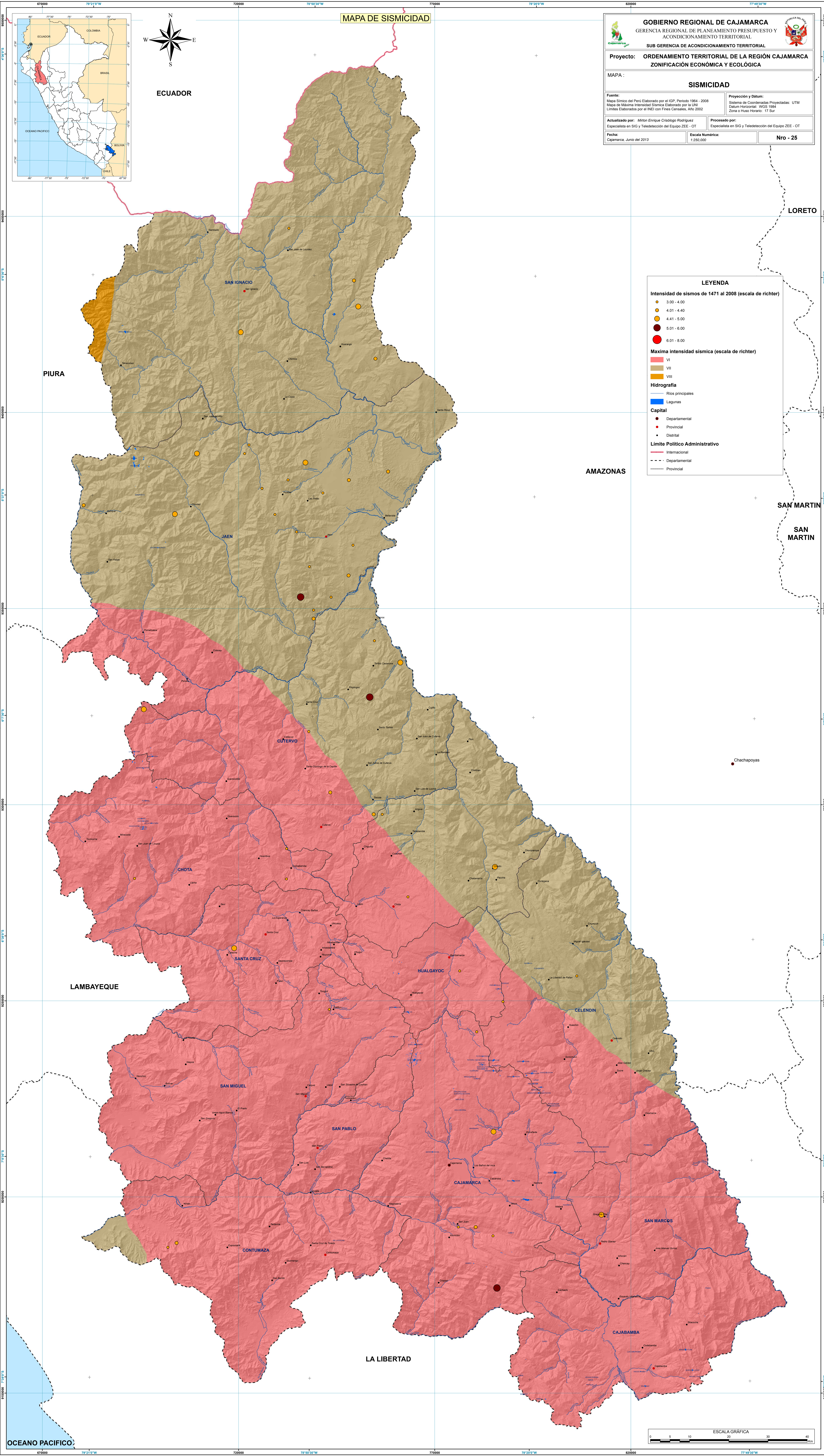
FUENTE: INDECI - PENUD - PER / 02 / 051 (2005)

SECTOR	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
I		ROCA		
II		ARENA POBREMENTE GRADADA (SP)		ARENA LIMOSA - ARCILLOSA (SC-SM)
		ARENA ARCILLOSA (SC)		ARENA POBREMENTE GRADADA - LIMOSA (SP-SM)
		ARENA LIMOSA (SM)		ARENA POBREMENTE GRADADA - ARCILLOSA (SP-SC)
III		ARENA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)		LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD (MH)
		LIMOS INORGANICOS DE BAJA PLASTICIDAD (ML)		



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN		
ESTUDIO :	PLAN DE DESARROLLO URBANO CIUDAD DE JAÉN 2013 - 2025	
DESCRIPCIÓN :	MICROZONIFICACIÓN DEL SUELO	LÁMINA Nº :
FECHA :	ABRIL 2013	ESCALA :
		GRÁFICA

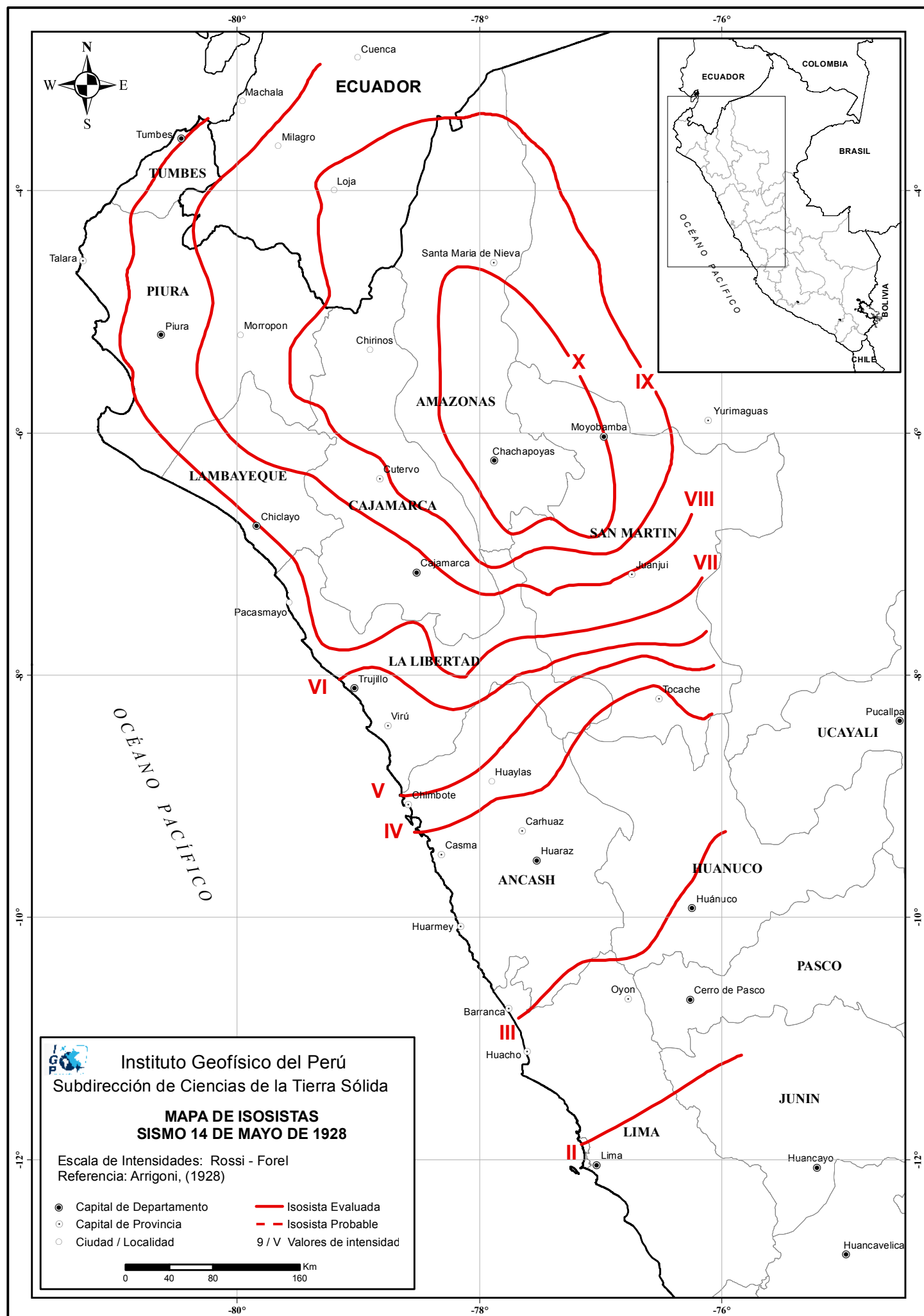
Anexo 13. Mapa de Sismicidad en la Región Cajamarca (Provincia Jaén).



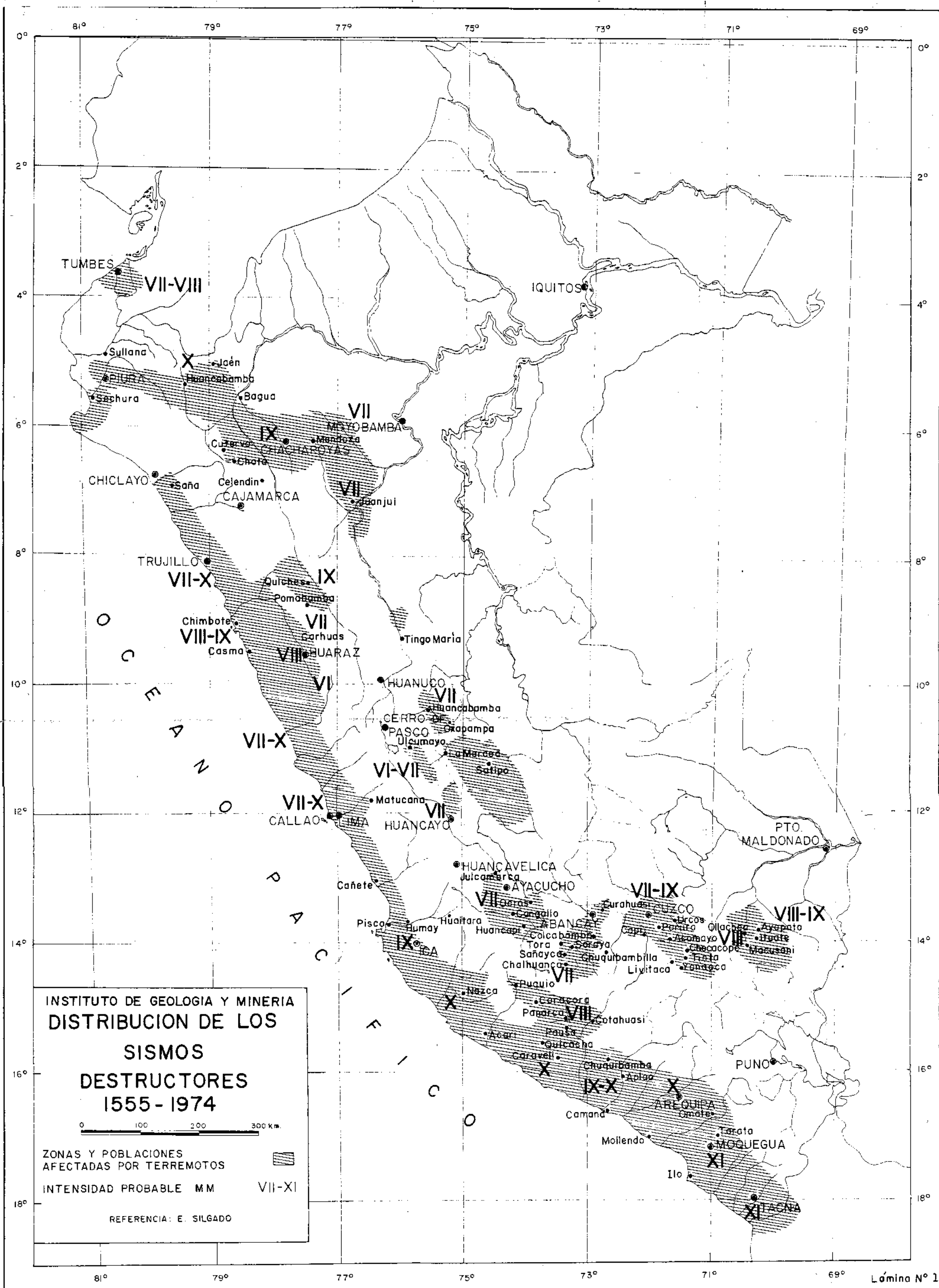
Anexo 14. Mapa de Sismos Históricos Importantes IGP (1500-1959).



Anexo 15. Mapa de Isosistas, Sismo 14 de Mayo de 1928 IGP.



Anexo 16. Mapa de Distribución de los Sismos Destruyentes (1555-1974).



Anexo 17. Mapa de calificación de Provincias según niveles de Peligros Sísmicos.

