



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

T E S I S

**EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS DEL CONCRETO Y
VULNERABILIDAD SÍSMICA EN UNA VIVIENDA
AUTOCONSTRUIDA DEL AA.HH. SIGLO
XXI, ILO - MOQUEGUA, 2020**

PRESENTADA POR

BACH. ANA MARIA ARONE HUALLPA

ASESOR:

MSC. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA – PERÚ

2022

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.1.1. Internacional.....	1
1.1.2. Nacional.....	2
1.1.3. Local.....	4

1.2.	Definición del problema	7
1.2.1.	Problema general.	7
1.2.2.	Problemas específicos.....	7
1.3.	Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1.	Objetivo general.....	7
1.3.2.	Objetivos específicos.	8
1.4.	Justificación	8
1.5.	Alcances y limitaciones	9
1.5.1.	Alcances.....	9
1.5.2.	Limitaciones.....	10
1.6.	Variables	11
1.6.1.	Operacionalización de variables.....	11
1.7.	Hipótesis de la investigación	12
1.7.1.	Hipótesis general.....	12
1.7.2.	Hipótesis específicas.....	12

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	14
2.1.1.	Internacional.	14

2.1.2.	Nacional.....	15
2.1.3.	Local.	16
2.2.	Bases teóricas.....	16
2.2.1.	Patología.	16
2.2.2.	Causas en patologías.	17
2.2.3.	Tipos de patologías.	20
2.2.4.	Diagnóstico de patologías del concreto.	28
2.2.5.	Vulnerabilidad sísmica.....	31
2.2.6.	Metodología de evaluación.....	36
2.2.7.	Albañilería.....	38
2.2.8.	Unidades de albañilería.....	39
2.2.9.	Defectos de construcción.....	42
2.2.10.	Grietas en muros.	44
2.2.11.	Definición de términos.....	46

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.	Tipo de la investigación.....	49
3.2.	Diseño de la investigación.....	50
3.3.	Población y muestra.....	52

3.3.1.	Población.....	52
3.3.2.	Muestra.	53
3.4.	Descripción de instrumentos para recolección de datos	54
3.4.1.	Patologías del concreto.	54
3.4.2.	Vulnerabilidad sísmica.....	59
3.5.	Análisis y procesamiento de información.....	69
3.5.1.	Análisis de la información.	69
3.5.2.	Validación de resultados.	71

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación de resultados	72
4.1.1.	Patologías en el concreto.	72
4.1.2.	Vulnerabilidad sísmica.....	83
4.2.	Contrastación de hipótesis	91
4.2.1.	Contrastación de hipótesis general.....	91
4.2.2.	Contrastación de hipótesis específica uno.	93
4.2.3.	Contrastación de hipótesis específica dos.....	94
4.2.4.	Contrastación de hipótesis específica tres.....	95
4.3.	Discusión de resultados.....	96

4.3.1.	Acerca de dependencia patologías y vulnerabilidad.....	96
4.3.2.	Acerca de la evaluación de patologías.....	97
4.3.3.	Acerca de la evaluación de vulnerabilidad sísmica.....	97
4.3.4.	Acerca de la relación patologías y vulnerabilidad.....	98

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	99
5.2.	Recomendaciones.....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	APÉNDICES.....	114
	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	337
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	338

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cantidad de lotes y su estado de conservación	5
Tabla 2. Cantidad de lotes y su material predominante	6
Tabla 3. Operacionalización de variable dependiente.....	11
Tabla 4. Operacionalización de variable independiente	11
Tabla 5. Límite de ancho de fisuras y grietas.....	21
Tabla 6. Cantidad de lotes y su estado de conservación	34
Tabla 7. Cantidad de lotes y su estado de conservación	35
Tabla 8. Tipos de unidades de albañilería para fines estructurales	40
Tabla 9. Patologías identificadas en la vivienda	72
Tabla 10. Patologías identificadas en las columnas	73
Tabla 11. Grado de severidad patológica en las columnas	74
Tabla 12. Patologías identificadas en las vigas.....	75
Tabla 13. Grado de severidad patológica en las vigas	76
Tabla 14. Patologías en los muros primer piso	76
Tabla 15. Grado de severidad patológica en muros del primer piso.....	77
Tabla 16. Patologías en los muros primer piso	78
Tabla 17. Grado de severidad patológica en muros del segundo piso	79
Tabla 18. Patologías en las losas de la vivienda	80

Tabla 19. Contenido de humedad en columnas y losa primer piso.....	80
Tabla 20. Contenido de humedad en columnas y losa segundo piso	81
Tabla 21. Contenido de humedad en losa tercer piso.....	81
Tabla 22. Ensayo de esclerometría.....	82
Tabla 23. Densidad de muros dirección X	83
Tabla 24. Densidad de muros dirección Y	84
Tabla 25. Verificación de la densidad de muros dirección X	85
Tabla 26. Verificación de la densidad de muros dirección X	85
Tabla 27. Verificación de la densidad de muros dirección Y	85
Tabla 28. Verificación de la densidad de muros dirección y	86
Tabla 29. Estabilidad de muros al volteo primer piso.....	86
Tabla 30. Vulnerabilidad estructural.....	87
Tabla 31. Vulnerabilidad no estructural.....	88
Tabla 32. Vulnerabilidad no estructural.....	90
Tabla 33. Correlación de Pearson vulnerabilidad y patologías.....	92
Tabla 34. Correlación patologías y grado de daño patológico.....	93
Tabla 35. Correlación grado de vulnerabilidad.....	95
Tabla 36. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zonificación sísmica.....	3
Figura 2. Mapa geológico de la falla Chololo.....	4
Figura 3. Delaminación del concreto	24
Figura 4. Escamado de concreto	25
Figura 5. Descascarado en la edificación.....	26
Figura 6. Popout.....	26
Figura 7. Resquebrajamiento del concreto.....	27
Figura 8. Tarjeta utilizada para medir el ancho de la grieta.....	30
Figura 9. Esclerómetro	31
Figura 10. Terremoto, foco y epicentro, magnitud e intensidad	32
Figura 11. Viviendas ubicadas en el AA.HH. Siglo XXI	52
Figura 12. Ubicación de la vivienda en estudio	53
Figura 13. Esclerómetro	55
Figura 14. Trazo en superficie para ensayo de esclerometría	56
Figura 15. Comparador de fisuras.....	57
Figura 16. Diagrama de superficie del concreto y lugar del refuerzo.....	58
Figura 17. Detector de acero	59
Figura 18. Proceso para efectuar el análisis estadístico	69

Figura 19. Combinaciones para obtener la vulnerabilidad sísmica.....	89
Figura 20. Combinaciones para obtener el peligro sísmico	90
Figura 21. Riesgo sísmico	91

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Riesgo sísmico.....	33
Ecuación 2. Variación dimensional.....	65
Ecuación 3. Succión de la albañilería	65
Ecuación 4. Absorción de la albañilería.....	66
Ecuación 5. Resistencia a la compresión de la albañilería.....	67
Ecuación 6. Resistencia a compresión axial de la pila.....	67
Ecuación 7. Coeficiente de corrección por esbeltez.....	67
Ecuación 8. Resistencia a la compresión diagonal.....	68
Ecuación 9. Dimensión diagonal del murete.....	68
Ecuación 10. Área de la diagonal.....	69

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. Patología del concreto, grieta.....	115
Apéndice B. Patología del concreto, fisura.....	119
Apéndice C. Patología del concreto, delaminación	123
Apéndice D. Patología del concreto, escamado	125
Apéndice E. Patologías del concreto, desconchado y popout.....	128
Apéndice F. Ensayo de esclerometría	130
Apéndice G. Humedad del concreto	136
Apéndice H. Ensayos de alabeo y variación dimensional.....	143
Apéndice I. Ensayos de succión y absorción de la unidad de albañilería.....	150
Apéndice J. Ensayos de comprensión axial del ladrillo blocker	160
Apéndice K. Ensayos de comprensión axial del ladrillo gris.....	166
Apéndice L. Ensayos de mecánica de suelos	178
Apéndice M. Detección de acero	181
Apéndice N. Defectos constructivos	186
Apéndice O. Análisis de la vulnerabilidad.....	192
Apéndice P. Fichas de encuesta y reporte.....	206
Apéndice Q. Validación de hipótesis en SPSS	212
Apéndice R. Modelación ETABS	216

Apéndice S. Análisis sísmico y estático según normativa E-030	247
Apéndice T. Ensayos de laboratorio	258

RESUMEN

Por la ubicación geográfica de la ciudad de Ilo, las viviendas autoconstruidas poseen patologías de concreto y vulnerabilidad. Por ello, la presente investigación planteó la interrogante: ¿Qué importancia tiene la evaluación de las patologías del concreto y que tipo de relación existe con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA,HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020?, como problemática, se concretó el objetivo, categorizar la evaluación de las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, se verificó efectivamente el estado real de una vivienda representativa en el AA.HH. Siglo XXI. Se evaluó las patologías del concreto mediante ensayos no destructivos. Para la evaluación de vulnerabilidad sísmica fue mediante las fichas de encuesta y reporte elaboradas en la PUCP. El diseño de investigación fue no experimental del tipo transeccional, correlacional – causal, relacionando la evaluación de patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica. Como resultado de investigación, patológicamente se obtuvo un grado de severidad media, en la vulnerabilidad sísmica un grado de vulnerabilidad media y con respecto a la relación existente entre la vulnerabilidad y las patologías se verifica con un coeficiente de correlación de Pearson r_{xy} : 0,843 y 0,453, el grado de relación resulto fuerte y moderado.

Palabras clave: Vulnerabilidad, sísmica, patologías, correlación, autoconstruidas.

ABSTRACT

Due to the geographical location of the city of Ilo, self-built houses have concrete pathologies and vulnerability. Therefore, the present research raised the question: What is the importance of the evaluation of concrete pathologies and what kind of relationship exists with seismic vulnerability in a self-built house of AA,HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, as a problem, the objective was achieved, categorizing the evaluation of concrete pathologies and seismic vulnerability in a self-built house of AA,HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, the real state of a representative house in AA,HH. Siglo XXI was effectively verified. Concrete pathologies were evaluated by non-destructive testing. Seismic vulnerability was evaluated by means of survey and report forms developed at the PUCP. The research design was non-experimental, transectional, correlational-causal, relating the evaluation of concrete pathologies and seismic vulnerability. As a result of the research, a medium degree of severity was obtained for pathology, a medium degree of vulnerability for seismic vulnerability, and with respect to the existing relationship between vulnerability and pathologies, it was verified with a Pearson correlation coefficient r_{xy} : 0.843 and 0.453, the degree of relationship was strong and moderate.

Keywords: vulnerability, seismic, pathologies, correlation, self-built.

INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019), el acrecentamiento medio anual total de la población del Perú se encuentra en una cobertura de 1,8% por ello, se incrementan de manera acelerada construcciones de viviendas por familias. Se suma a esto que desde el año 2018 se encuentran viviendas con un diseño inadecuado. Varios países aún enfrentan desafíos y problemas como falta de estrategias, planificación, diseños deficientes, instalaciones, servicios inadecuados, falta de asequibilidad de vivienda segura (Zarak, Waqas y Jalal, 2018).

Es necesario también considerar que las viviendas sufren alteraciones por estar expuestos a diversos ataques que reducen sus características con el tiempo, originando con esto la aparición de patologías. Estas patologías se clasifican según su origen, tipo químico como reacción de los álcalis - agregados, físico por ciclo de congelación - descongelación, mecánica por sobrecarga, terremoto, explosión, incendio, fallas de diseño y cálculo (Chabbi, Ferhoune y Bouabdallah, 2018). Bajo acción de ataques fisicoquímicos, las estructuras de concreto armado se degradan presentando patologías que van desde simples fisuras hasta graves deterioros estructurales (Itmaizeh, 2016).

Por tal razón la presente investigación titula: Evaluación de patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020. Busca determinar la relación intrínseca existente entre las patologías del concreto y la vulnerabilidad sísmica. En tal sentido se precisa delimitar la problemática general: ¿Qué importancia tiene la evaluación de las patologías del concreto y que tipo de relación tiene con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del-- AA.HH. siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020?

Consecuente a ello se planteó el objetivo general: Categorizar la evaluación de las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020. Así como también los objetivos específicos: a) Identificar las patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 mediante ensayos no destructivos. b) Estimar la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 mediante fichas de reporte elaboradas por la PUCP. c) Proponer la relación que existen entre las patologías del concreto y la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 por medio de un modelamiento estadístico. Finalmente se validó la hipótesis general: La importancia de la evaluación de patologías del concreto, brindará un conocimiento, para la identificación de la dependencia que existe con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

Considerando que las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Ilo son susceptibles a sufrir daños frente a sismos de alta magnitud. La investigación plantea la justificación: Contribuir a entender la importancia de evaluar las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI. Para conocer el estado de las viviendas autoconstruidas, vislumbrando factores negativos que ínsita la autoconstrucción. La tesis desarrolla la metodología: Evaluación de patologías del concreto con ensayos no destructivos y metodología propuesta por Mosqueira y Tarque (2005), para la evaluación de vulnerabilidad sísmica. El tipo de investigación: Con enfoque correlacional, determinando patologías del concreto y relación con vulnerabilidad sísmica en una

vivienda autoconstruida del AA. HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020. El diseño de la investigación: contempla diseño no experimental transeccional – correlacional, desarrollando relación entre la evaluación de patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

La población de estudio estuvo conformada por trescientas dieciocho viviendas del AA.HH. Siglo XXI. En tal razón la investigación plantea una muestra no probabilística: por conveniencia, debido a la coyuntura que se desarrolla a nivel mundial COVID 19 desde el año 2020. Obteniéndose como muestra representativa por conveniencia una vivienda ubicada en el AA.HH. Siglo XXI Mz – C, Lote 44. Se describe que los instrumentos de recolección de datos, fue evaluar patologías del concreto con inspección visual, esclerometría, ubicación de acero. En el caso de la vulnerabilidad sísmica se ejecutó con fichas de encuestas y reporte elaboradas por investigadores de la PUCP.

En tal virtud la investigación compone capítulos que a continuación se detallan. En primera instancia se desarrolló la problemática investigada, describiendo esta problemática, así como la definición de los problemas a un nivel general y específicos, con ello surgió los objetivos, para posteriormente justificar la investigación, verificando su grado de relevancia. Prosiguiendo se tiene las variables, su operacionalización y finalmente formulando las hipótesis tanto a un nivel general y específicas; para el desarrollo del segundo capítulo ya enmarco el abordamiento del marco teórico, brindando antecedentes y teorías conceptuales; así mismo el tercer capítulo abordó la metodología aplicada en la investigación, su tipología, así como el diseño de investigación empleado.; para el cuarto capítulo ya se expone las evidencias recopiladas en las tablas con resultados, posterior a la

aplicación de la evaluación de vulnerabilidad sísmica y patologías en el concreto, contrastando las hipótesis planteadas mediante pruebas estadísticas, discutiendo los hallazgos con los antecedentes; finalmente para el quinto capítulo se brinda conclusiones y recomendaciones que en calidad de investigador se planteó dirigido hacia futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

1.1.1. Internacional.

América latina es una región del mundo, donde la construcción de la albañilería confinada es ampliamente utilizada y analizada en varios terremotos significativos asociados con alto riesgo sísmico (Schultz, 1994).

La albañilería confinada tiende a ser bastante indulgente con los defectos menores de diseño, construcción y deficiencias de los materiales. Existe rendimiento sísmico deficiente cuando se producen errores graves de construcción, fallas de diseño, deficiencias de materiales empleados en el proceso de diseño y ejecución. El rendimiento deficiente se asocia por omisiones de vigas, columnas de unión discontinuas y diafragmas inadecuados (Brzev, 2007).

La humedad es el factor principal que origina mayor presencia de patologías en viviendas, cuya causa se genera por la circulación de agua dentro o fuera de la estructura. Es un agente catalítico que puede producir alteraciones tanto químicas como físicas, gracias a su apariencia fluida que le permite disolver, mover y transportar sales minerales (Aklil y Achiou, 2014).

Itmaizeh (2016) considera que las viviendas con estructuras de concreto se debilitan por presencia de patologías que afectan la durabilidad del concreto. Se clasifican como peligrosas porque pueden causar el colapso de la estructura por desconsideración de evaluación. Asimismo según Cherrared y Djebar (2012) el riesgo sísmico está vinculado al peligro sísmico y a la vulnerabilidad de la construcción, las viviendas vulnerables en zonas sísmicas generan preocupación por el peligro que representan durante los eventos sísmicos.

1.1.2. Nacional.

La albañilería de ladrillos elaborados con arcilla se confina con elementos de concreto armado, llamado material noble y es preferido para la construcción de viviendas del Perú. En gran mayoría las familias peruanas no tienen recursos necesarios para contratar profesionales o técnicos en la edificación de sus viviendas, motivo principal que construyen viviendas por sí mismos o con mano de obra no capacitada (autoconstrucción), originando serios problemas estructurales debido a que están asentados en terrenos con nulo estudio de suelos, transfiriendo consecuencias por ser sísmicamente vulnerables (Blondet, Tarque y Velásquez, 2006).

Las viviendas de albañilería en Lima presentan tres tipos de ladrillo. pandereta, conocido como tubular con orificio horizontal. La mayor parte de la ciudad usan estos ladrillos por presentar bajo costo y peso liviano. Los sólidos industriales se conocen como King Kong de 18 huecos orientados verticalmente. Este tipo de unidades se utilizan en el primer piso. Los ladrillos macizos son completamente hechos manualmente y se encuentran en las paredes del primer piso (Escalante, 2020).

Desde el 2004 la construcción informal se acrecienta en ciudades del Perú y se refleja con otros países ubicados en regiones altamente sísmicas. La edificación sin asesoramiento técnico adecuado es un factor latente debido al bajo nivel económico. Por tanto, generan viviendas sísmicamente vulnerables (Blondet, Dueñas, Loaiza y Flores, 2004).



Figura 1. Zonificación sísmica

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018

A partir del 2004 los propietarios y constructores vienen desarrollando una idea equivocada acerca de una estructura bien edificada. Consideran que las viviendas solo se componen por vigas y columnas de concreto armado. Generando desfavorables resultados por elaborar concreto con alta relación agua/cemento, tamaño de agregado inadecuado, mezcla y vibraciones desarrolladas de manera incorrecta (Blondet et al., 2004).

Los agregados se obtienen en canteras informales sin control de calidad en limpieza y tamaño del material. Otro efecto importante es el curado del concreto considerado como un procedimiento poco importante, originando vigas y columnas

mal curadas con resistencia de diseño deficiente. Las losas se curan de manera efímera vertiendo cantidad insuficiente de agua en la superficie, estos factores crean un concreto débil, poroso y repleto de vacíos formando panales (Blondet et al., 2004).

La seguridad es una preocupación en la mayoría de los hogares, por lo tanto, los propietarios sueldan puertas y ventanas de metal directamente al refuerzo de acero en columnas y vigas. Sin considerar que el acero utilizado en la construcción de viviendas no está diseñado para ser sometido a soldadura, generando problema de corrosión en el refuerzo de acero debido a mala calidad del concreto, filtración de humedad o lluvia (Blondet et al., 2004).

1.1.3. Local.

Ilo se ubica al sureste del país y esta denominada como zona cuatro según normativa técnica sismorresistente E-030, zona altamente sísmica. Por tanto, es susceptible a la reactivación de la falla geológica Chololo, ocasionando sismo de 6,5 grados de magnitud (Benavente, 2014).

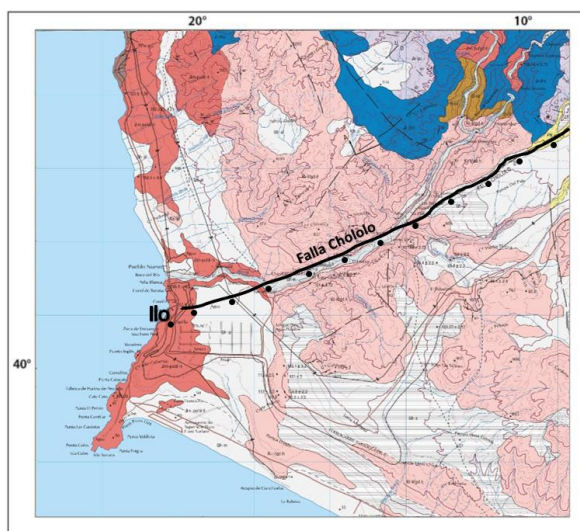


Figura 2. Mapa geológico de la falla Chololo

Fuente: Benavente, Fernández y Rosell, 2019

La provincia de Ilo es una ciudad de medio ambiente severo, con presencia de sales solubles, humedad relativa promedio 80 % y temperatura promedio 22 °C. Las filtraciones de humedad con disolución de sales afectan la durabilidad del concreto originando fisuras y resquebrajamiento (Kosaka, Arias, Bazán, Gonzales, Minaya y Ticona, 2001).

Según Kosaka et al. (2001), existen cinco sectores urbanos en Ilo, la pampa inalámbrica pertenece al sector tres por dominante expansión, contempla subsectores como el asentamiento humano siglo XXI.

La mayoría de las viviendas unifamiliares son susceptibles a sufrir daños estructurales por deficiencias, vulnerando la garantía estructural, debido al incumplimiento de planificación y ejecución de procesos constructivos. El mal uso de materiales, inadecuada configuración desde un punto de vista arquitectónico y estructural, son ejecutadas por el personal no calificado, originan sistemas de autoconstrucción vulnerables frente a eventos sísmicos de elevada magnitud (véase tabla 1 y 2) (Kosaka et al., 2001).

Tabla 1

Cantidad de lotes y su estado de conservación

Altura de edificación	Cantidad de lotes y su estado de conservación					Total
	Bueno	Regular	Malo	Ruinoso	No aplica	
pisos	0	0	0	0	0	0
1 piso	0	2	716	215	0	933
2 pisos	0	4	2	1	0	7
3 pisos	0	0	0	0	0	0
4 pisos	0	0	1	0	0	1
5 pisos	0	0	0	0	0	0

Tabla 1*Cantidad de lotes y su estado de conservación (continuación)*

Altura de edificación	Cantidad de lotes y su estado de conservación					
	Bueno	Regular	Malo	Ruinoso	No aplica	Total
6 pisos	0	0	0	0	0	0
7 pisos	0	0	0	0	0	0
8 pisos	0	0	0	0	0	0
Total de lotes						941

Fuente: Municipalidad Provincial de Ilo, 2019

Tabla 2*Cantidad de lotes y su material predominante*

Cantidad de lotes y su material predominante							
Concreto y/o ladrillo	Adobe o tapial	Drywall	Piedra	Madera	Otros	No aplica	Total
0	0	0	0	0	0	0	0
888	0	1	0	43	1	0	933
0	0	0	0	0	7	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
Total de lotes							941

Fuente: Municipalidad Provincial de Ilo, 2019

Frente a esta preocupante situación, es de vital importancia dar a conocer de una manera cuantitativa, la evaluación patológica del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida localizada en el AA.HH. Siglo XXI perteneciente a la provincia de Ilo del departamento de Moquegua desarrollado en el año 2020.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

- ¿Qué importancia tiene la evaluación de las patologías del concreto y que tipo de relación tiene con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo no se tiene identificada las patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua - 2020, presentará un grado de daño indeterminado?
- ¿Qué intensidad de vulnerabilidad sísmica presenta la vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua - 2020, en el entorno de la zona cuatro RNE.?
- ¿Cómo se mide la relación entre las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua - 2020?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

- Categorizar la evaluación de las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Identificar las patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 mediante ensayos no destructivos.
- Estimar la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 mediante la ficha de reporte elaboradas por la PUCP.
- Proponer la relación que existen entre las patologías del concreto y la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 por medio de un modelamiento estadístico.

1.4. Justificación

La evaluación de vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes permite dar un mejor panorama en pérdidas y reducción de consecuencias económicas originado por terremotos (Menasri, 2009).

Toriac (2004) da a conocer el acelerado desarrollo de edificaciones construidos por concreto armado y albañilería confinada, con elaboración técnica y diseño de construcción. Cumpliendo normativas y especificaciones vigentes, estos aspectos se ven afectados por patologías, donde las más significativas son fisuras y grietas, por su condición superficial que inciden de forma directa funcional, afectan la durabilidad de una estructura. Por tal razón, se debe establecer un correcto diagnóstico desde su identificación hasta las causas que lo originen, permitiendo minimizar o erradicar su efecto por medio de medidas preventivas.

El Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (2009) indica que los daños causados por eventos sísmicos son en su mayoría inevitables, sin

embargo; con un adecuado enfoque es posible disminuir y evadir desastres. Se debe construir viviendas menos vulnerables, evitando defectos de diseño, materiales, construcción, seleccionando una adecuada ubicación para la edificación y respetando criterios de diseño según las normativas correspondientes.

Esta investigación realizó evaluación de patologías del concreto, mediante ensayos no destructivos a fin de no alterar la estructura existente. Considerando que la susceptibilidad de viviendas autoconstruidas a sufrir daños frente a sismos de elevada magnitud originadas por la reactivación de la falla geológica Chololo. Se evaluó la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida mediante la aplicación de fichas de encuesta y de reporte elaboradas por los investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú según Mosqueira y Tarque (2005).

La investigación planteada contribuyó a entender este importante aspecto sobre el estado real de una vivienda analizada como muestra representativa del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020 mediante la evaluación de patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica. Los resultados del estudio ayudaron a categorizar de una manera más asertiva los factores negativos que conllevaron la autoconstrucción.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances.

Referido al estudio de patologías del concreto, se evaluó por medio de ensayos no destructivos como:

- Ensayo de esclerometría para determinar la dureza del concreto.

- Inspección visual para identificar patologías que presentan la vivienda como grietas, fisuras, delaminación, escamado, desconchado, popout, resquebrajamiento y eflorescencia.
- Ubicación de aceros de refuerzo longitudinal y transversal.

En el ámbito de vulnerabilidad sísmica, se realizó la evaluación con la metodología propuesta por Mosqueira y Tarque (2005), el cual contemplo lo siguiente:

- Ficha de recolección de datos, para determinar la asesoría técnica.
- Año de construcción.
- Niveles construidos.
- Esquema de la vivienda, a fin de obtener datos necesarios para elaborar ficha de reporte.
- Análisis por sismo, estabilidad de los muros.
- Se determinó grado de vulnerabilidad sísmica en la vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

1.5.2. Limitaciones.

La principal limitante fue la ausencia de bibliografía y artículos de investigación referente a vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acceso abierto en la ciudad de Ilo.

Debido a la coyuntura que viene afectando a nivel mundial COVID-19, se contempló que propietarios del AA.HH. Siglo XXI no brindaron acceso al interior de sus viviendas para evaluación del estudio. Es por ello, que se analizó una muestra por conveniencia.

El estudio brinda un alcance descriptivo para determinar de manera explícita con ensayo no destructivos, definidos por normativas vigentes en la evaluación de patologías del concreto y grado de vulnerabilidad sísmica que presenta la vivienda analizada como muestra representativa del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua 2020, quedo fuera de esta investigación un estudio geotécnico de las cimentaciones.

1.6. Variables

Variable independiente: Patologías del concreto.

Variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica.

1.6.1. Operacionalización de variables.

Tabla 3

Operacionalización de variable dependiente

Variables	Dimensión	Indicadores	Valores finales
Variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica	Estructural	Densidad	Adecuada Aceptable Inadecuada
	No estructural	Materiales	Buena calidad Regular calidad Mala calidad
Tabiquería		Estable Poco estable Inestable	
Variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica	Peligro	Sismicidad	Baja Media Alta
		Topografía	Plana Media Pronunciada

Tabla 4

Operacionalización de variable independiente

Variables	Dimensión	Indicadores	Valores finales
Variable independiente:	Inspección visual	Delaminación	mm ²
		Escamado	mm ²

Tabla 4*Operacionalización de variable independiente (continuación)*

Variables	Dimensión	Indicadores	Valores finales
Patologías del concreto	Inspección visual	Desconchado	mm ²
		Popout	mm ²
		Resquebrajamiento	mm ²
		Eflorescencia	mm ²
		Fisura	mm
		Grieta	mm
	Inspección mecánica	Dureza	kgf/cm ²
	Scanner de acero	Ubicación de acero de refuerzo	cm

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

- La importancia de la evaluación de patologías del concreto brindara un conocimiento, para la identificación de la dependencia que existe con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

1.7.2. Hipótesis específicas.

- El grado de daño para la evaluación de patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, mediante ensayos no destructivos, es medio.
- Utilizando la metodología simple con fichas de reporte elaboradas por la PUCP, se determina bajo nivel de vulnerabilidad sísmica en la vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020.

- Con el coeficiente de correlación de Pearson, se evidencia que existe relación significativa entre las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional.

Fernández (2015) en su investigación referido al mantenimiento como herramienta para evitar patología de viviendas, menciona ejemplos presentados en el estudio de Body of the Guard, confirmando importancia de problemas relacionados con mantenimiento por prevención, limitación de patologías futuras para un adecuado desempeño de viviendas, costo derivado a nuevas patologías, entre otros aspectos.

International Council for Research and Innovation in Building and Construction (2013) referido al informe patologías indica, la metodología de recopilación de datos obtenidos por ensayos, encuestas de anomalías en viviendas proporcionando parámetros necesarios para llevar intervención correcta. La investigación experimental del proyecto constituye primera fase con estudio ambiental, material, tecnología y problemas de zona a rehabilitar.

Nurul, Mashfiq, Rahman y Mahabubul (2010) referido a evaluación de vulnerabilidad sísmica de viviendas en la antigua ciudad de Dhaka indica, evaluación indispensable para viviendas de Shakhari Bazar con resultado riesgo

alto a severo. Existen carencias de mantenimiento en viviendas por parte de propietarios. Viviendas encuestadas con 37 % se encontraron en grupo de categoría con alto riesgo y 25 % viviendas en riesgo severo o situación de colapso.

Kerstin (2002) referido a vulnerabilidad sísmica de viviendas existentes indica, viviendas con estructura mixta por elementos de concreto armado, albañilería presentan comportamiento deficiente debido a malas configuraciones en planta y elevación. El riesgo sísmico de Basilea es considerable, sin embargo; no se afirma riesgo sísmico real sin conocimiento del peligro sísmico local.

2.1.2. Nacional.

Mamani y Huarcaya (2018) referido a identificación y evaluación de patologías en viviendas autoconstruidas de barrios urbanos-marginales de la ciudad de Puno, da a conocer que más del 50 % viviendas autoconstruidas tiene fallas, defectos, debido a una falta de conocimiento técnico originando daños en columnas, pisos y techos. Se determinó fisuras por contracción, grietas por deflexión, corte en muros, desprendimiento de recubrimiento por ascensión capilar, curado inadecuado del concreto, pandeo excesivo en techos por el paso del tiempo y filtraciones de agua en cubiertas cuyos daños son de un nivel moderado.

Flores (2019) en referencia a evaluación de riesgo sísmico de la infraestructura del primer pabellón del colegio emblemático José Carlos Mariátegui – llave -Puno” indica, como resultado de investigación análisis del riesgo sísmico de la infraestructura del primer pabellón de la institución educativa José Carlos Mariátegui – llave presenta riesgo sísmico alto porque, la zona de ubicación tiene peligro sísmico medio con una vulnerabilidad sísmica alta debido al deterioro por antigüedad de la misma infraestructura.

2.1.3. Local.

Flores (2015) referido a vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, Región Moquegua indica, como efecto investigación de vulnerabilidad sísmica de viviendas en el distrito de Samegua con 56 % en alto riesgo sísmico y medio en 44 %, debido a factores como mano de obra deficiente, utilización de materiales defectuosos durante la construcción de viviendas sin supervisión técnica, originando viviendas altamente vulnerables ante un evento sísmico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Patología.

El término patología define como estudio sistemático de enfermedades con objetivo en comprender causas y síntomas. En un contexto médico, la persona se convierte en objeto para examen detallado de investigación teniendo en cuenta edad, salud y estilo de vida. Un enfoque relevante en estudio de viviendas es la práctica metódica y estudio forense denominado patología de la construcción (Watt, 2007).

La definición patología está dada por Association D'experts Européens du Bâtiment et de la Construction (1994) que resaltan tres actividades principales:

- Identificar, investigar y determinar defectos de construcción.
- Recomendar el curso de acción más apropiado.
- Diseño, supervisión y seguimiento de trabajos correctivos.

La patología en el concepto de hombre como en general, se utiliza para definir enfoque holístico constructivo de viviendas. Requiere conocimiento

detallado de diseño, construcción y mantenimiento que pueden afectar condiciones ambientales (Watt, 2007).

Desde un punto de vista etimológico, el término patología se divide en "pathos" significa "enfermedad" y "logos" representa "estudio". Este término define "ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en viviendas después de su construcción". Por lo tanto, designa todas las fallas de una vivienda (Aklil y Achiou, 2014).

La patología precisa tratamiento sistemático de defectos constructivos debido a causas, consecuencias y reparaciones. Los procesos detallan métodos, herramientas para identificar defectos a fin de disponer soluciones, reducir fallas y evitar cualquier costo imprevisto de reparaciones (Malcolm, 2013).

2.2.1.1. Patología del Concreto.

El concreto puede sufrir fisuras, grietas a temprana edad dependiendo de la composición de la mezcla, ambiente de exposición, tasa de hidratación y las condiciones de curado (Malcolm, 2013).

2.2.2. Causas en patologías.

2.2.2.1. Degradación mecánica.

Se manifiestan con frecuencia por presencia de grietas, originadas por deformación inaceptable de la estructura. Existen tracciones repentinas como impacto, explosión, que causan separación significativa del concreto (Itmaizeh, 2016).

Las patologías resultantes por sobrecarga permanente son más lentas en aparecer debido a la fluencia del concreto (Itmaizeh, 2016).

2.2.2.2. Degradación química.

Estos elementos no causan fisuración directa al hormigón en medio y largo plazo. Son mecanismos que hay que tener en cuenta con respecto al agrietamiento y las alteraciones que puede generar (Lissandre, 2006)

a. Reacciones de los álcalis - agregados.

Resulta de la interacción entre álcalis en el concreto, cemento, aditivos y agregados potencialmente reactivos. La reacción de los álcalis – agregados forman productos expansivos como un gel sílice alcalina capaz de atraer agua y causar hinchamiento. Generándose tensiones internas de tracción en el concreto originando agrietamiento y ruptura de los refuerzos (Itmaizeh, 2016).

Las causas de reacción álcalis – agregados son las siguientes:

- Presencia de agregados potencialmente reactivos, la reacción ocurre por contenido reactivos de rango crítico o pésimo cuyos límites dependen de composición mineralógica (Itmaizeh, 2016).
- Humidificación permanente o regular de la estructura con alto contenido alcalino de concreto, la reacción de álcalis -agregados se manifiestan por una facies de craqueo bastante aleatoria (Itmaizeh, 2016).

b. Ataques sulfáticos.

Los sulfatos del medio ambiente reaccionan con el concreto formando etringita. Esta cristalización va acompañada de una expansión muy importante y puede ocurrir tanto durante la fase plástica de endurecimiento conocida como etringita primaria, después del curado se llama etringita secundaria (Itmaizeh, 2016).

La etringita secundaria es perjudicial para el concreto debido a tensiones internas producidas por la expansión que originan grietas y decadencia de la estructura. El agrietamiento acentúa la penetración de sulfatos, degradando en forma progresiva con el tiempo hasta originar destrucción completa del concreto (Lissandre, 2006).

El calentamiento excesivo del hormigón endurecido puede dar lugar a la formación de etringita, durante el tratamiento térmico (destinado a acelerar el desarrollo de la resistencia del hormigón) o durante la liberación de calor (Itmaizeh, 2016).

2.2.2.3. Degradación física.

a. Mecanismos desarrollados por congelación y descongelación de sales.

Los mecanismos de degradación del concreto están vinculados por variación de fases de congelación y descongelación. El riesgo de fallas es mayor al grado saturado de agua del concreto en estructuras no protegidas del clima y contacto directo con agua saturada de sal. El diseño, ejecución y concreto incorrecto puede amplificar el daño de la estructura (Ademovic, Oliveira y Lourenço, 2019).

El daño causado por congelación son dos tipos:

El micro craqueo se distribuye en la masa del concreto, presentando laminación paralela a las paredes originado por mecanismo interno de congelación (Itmaizeh, 2016).

Desintegración en zona superficial es llamada desprendimiento bajo efecto combinado con ciclos de congelación, descongelación y sales. El gradiente térmico

generado por aplicación de sales curativas en capa de hielo amplifica degradación de superficie afectando la durabilidad de la estructura (Ademovic et al., 2019).

b. Sales de deshielo.

Las sales de deshielo se utilizan para derretir el hielo que inducen una reacción endotérmica, es decir una reacción de ambiente circundante cede calor que ocupa la capa superficial del concreto debido a repentina caída de temperatura produce choque térmico y está expuesto al riesgo de astillado (Alam, Mashfiq, Rahman y Haque, 2010).

2.2.3. Tipos de patologías.

2.2.3.1. Grietas.

El agrietamiento ocurre cuando los esfuerzos de tracción exceden resistencia a la tracción del material. Estas grietas proporcionan fácil acceso para la infiltración de soluciones agresivas en el concreto hasta alcanzar el acero de refuerzo u otros componentes de la estructura que conducen al deterioro (The National Academies, 2006).

a. Tipos de grietas.

- *Grietas finas.*

Son fisuras lineales visibles que afecta la superficie de muros de albañilería, piso, etc. Presentan ancho entre 0,2 mm y 2 mm. Por debajo de 0,2 mm, es una fisura y encima de 2 mm, se conoce como grieta peligrosa. Las fisuras no presentan un peligro inmediato, su desventaja es generalmente estética. Las grietas se vuelven peligrosas cuando se infiltran dentro de la estructura (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2018).

- *Grietas Peligrosas.*

Son graves por superar 2 mm de ancho que cruzan el grosor de albañilería en un patrón recto, largo y en zigzag. Son causados por una construcción deficiente, terreno inestable. Se considera benigna o peligrosa dependiendo de su longitud y ancho (Almarwae, 2017).

El ACI, presenta tabla de guía, determinando límite ancho que debe presentar las fisuras y grietas en concreto armado sometidas a cargas deservicio (Almarwae, 2017).

Tabla 5

Límite de ancho de fisuras y grietas

Condición de exposición	Ancho de fisura	
	in	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo y suelo	0,012	0,30
Descongelación por productos químicos	0,007	0,18
Agua de mar, humectación y secado	0,006	0,15
Estructuras con retención de agua	0,004	0,10

Fuente: American Concrete Institute, 2008

b. Características de una grieta.

- *Tiempo.*

Es parámetro difícil de estimar cuando no está directamente relacionado con una causa accidental conocida. Permite captar el estado de grieta, obstrucción por formación de cristales de cal (Lauzin, 2018).

- *Apertura.*

Valor máximo de distancia entre labios de grieta. Es fácilmente medible en grietas de apariencia rectilínea y complicado en grietas de apariencia aleatoria (Lauzin, 2018).

- *Curso.*

La orientación es indicativa del origen de la patología. En grietas continuas el eje de orientación se llama grieta abierta. Cuando se interrumpe el eje de orientación, se denomina grieta discontinua. La longitud de la grieta se considera como parte desarrollada de la parte visible (Lauzin, 2018).

- *Profundidad.*

Lissandre (2006) indica que dependiendo de la fisura se califica en grieta superficial por no atravesar espesor de la estructura presentando apertura máxima en la superficie y nula dentro del material. Grieta pasante, visible en ambas caras de la estructura y grieta ciega, presentan profundidad sin atravesar la estructura.

- *Actividad.*

Capacidad de variar dimensionalmente con el tiempo. Existe distinción entre grietas muertas con apertura constante y sin variar con el tiempo, independientes por condiciones de temperatura, cargas aplicadas y grietas activas, son aquellas que varía con el tiempo en función de sus gradientes térmicos, higrométricos, tensiones en la estructura y mano de obra deficiente. Se llama aliento de grieta, aquella apertura inconstante debido a factores externos (Lauzin, 2018).

2.2.3.2. Fisura.

Es un signo que manifiesta posible falla en la estructura y se considera peligroso cuando compromete vida útil por permitir infiltración de agua, originando

resistencia mecánica reducida en elementos estructurales (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2018).

a. Causas de fisuras.

Según Itmaizeh (2016) las causas son múltiples y se consideran en cuatro categorías:

- Causas debido a propiedades de materiales, por contracción después de evaporación del agua de mezcla, hinchamiento generado por reacción exotérmica aglutinante o incluso resistencia mecánica de cohesión del aglutinante (Baret, 2011).
- Causas externas directas, por deformaciones excesivas bajo acción de cargas, deformaciones por cambios de temperatura o infiltración de humedad (Baret, 2011).
- Causas externas indirectas, al tener consecuencias en estructuras que se originan a partir de otros elementos, como asentamiento diferencial de fundaciones (Baret, 2011).
- Las causas debido a corrosión de refuerzos tienen mayor volumen en aceros de buenas condiciones, el estado de tensión del concreto a nivel de un refuerzo corroído es mayor y producen grietas pronunciadas (Baret, 2011).

b. Tipo de fisuras.

- *Micro fisura.*

Son aberturas filiformes, difícilmente visibles, cuyo ancho es inferior a 0,05 mm. Se producen fisuras finas en revoques de pared, columna, losa o cualquier otro soporte (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2018).

- *Macro fisura.*

Son ligeramente visibles y superficiales con ancho inferior a 0,2 mm. Son redes finas de microfisuras en forma de mallas cerradas que encajan en áreas localizadas. Manifiestan contracción superficial excesiva en la capa de yeso o pintura. Es problema estético a diferencia de grietas que afectan a los materiales en todo su espesor (Benavente, 2014).

2.2.3.3. *Delaminación.*

Es el desprendimiento del concreto en capas delgadas dejando la superficie expuesta a todo tipo de abrasivos de la atmósfera, generando probabilidad de debilitar la estructura (The Constructor Civil Engineering Home, 2016).



Figura 3. Delaminación del concreto

Fuente: The Constructor Civil Engineering Home, 2016

2.2.3.4. Escamado (scaling).

Es la degradación de superficies de un elemento de concreto, se manifiesta por el desprendimiento gradual de pequeños fragmentos de mortero. La gravedad de este fenómeno depende de los niveles de escamado como severidad leve por no exhibe al agregado grueso del concreto, medio involucra pérdida del mortero con profundidad de 5 mm a 10 mm dejando expuesto al agregado grueso, severo presenta profundidad de 5 mm a 10 mm incluyen pérdida de agregados, en casos extremo existen escamado severo que involucran pérdida de mortero y agregado grueso con profundidad mayores a 20 mm (Garzón y Landin, 2017).



Figura 4. Escamado de concreto

Fuente: Garzón y Landin, 2017

2.2.3.5. Desconchado.

Defecto superficial debido a impacto, intemperie en volado o borde de un elemento de concreto endurecido (Brandois, 2006).



Figura 5. Descascarado en la edificación

Fuente: Itmaizeh, 2016

2.2.3.6. Popout.

Es un fragmento que se desprende de la superficie del concreto, dejando un orificio que suele tener de 6 a 50 mm (1/4 a 2 pulgadas) de diámetro, se origina por absorción y gravedad específica relativamente. A medida que el agregado ofensivo absorbe humedad, su hinchamiento crea presiones internas suficientes para romper la superficie del concreto (Portland Cement Association, 2002).



Figura 6. Popout

Fuente: Portland Cement Association, 2002

2.2.3.7. Resquebrajamiento.

Son microfisuras superficiales muy finas que se asemejan a telarañas o vidrio roto. Pueden ocurrir en cualquier losa de concreto cuando la parte superior pierde humedad demasiado rápido. El resquebrajamiento o cuarteadura pueden ser antiestéticas, pero no son un problema estructural (Branco y Brito, 2018).



Figura 7. Resquebrajamiento del concreto

Fuente: Branco y Brito, 2018

2.2.3.8. Eflorescencia.

Es depósito cristalino de sales solubles en agua, sulfatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonatos de aluminio y cloruros en superficie de albañilería de ladrillo. Se manifiesta por manchas de color blanco, antiestético, difícil de eliminar y generalmente inofensivo. Ocurre debajo de la superficie causando grietas, hinchazón o desprendimientos llamado criptoflorescencia (Careño y Serrano, 2005).

El mecanismo de formación es debido disolución de sales que existen en muros de albañilería o suelo. Existe migración del agua acarreado sales,

evaporación en superficie cristalizando sales disueltas (cristalización) (Careño y Serrano, 2005).

2.2.4. Diagnóstico de patologías del concreto.

Permite valorar posibles patologías y gravedad de la estructura. Se realiza por presencia de irregularidades y fallas en estructuras de viviendas (Cédric, 2010).

Existen dos propósitos principales, auscultar la evolución de diferentes patologías a tiempo corto, medio o largo plazo y cuantificar patologías evaluadas de cada elemento con objetivo a reparación inmediata (Cédric, 2010).

Para interpretar correctamente resultados de cualquier tipo de prueba, es importante comprender la cuantificación de resultados. La alternativa más rápida y menos disruptiva es el uso de técnicas de pruebas no destructivas (NDT) in situ (Guelmine, 2019).

2.2.4.1. Investigaciones no destructivas.

El hormigón es un material integral utilizado para la construcción. El concepto de ensayo no destructivo (NDT), es obtener las propiedades del material de las muestras in situ sin la destrucción de la muestra ni de la estructura de la que se toma (Cruz y Pérez, 2017)

Radican en analizar parte o toda la estructura sin comprometer su integridad, constituyen prácticas para evaluar características del concreto como propiedades mecánicas, físicas y químicas (Cruz y Pérez, 2017).

Según Cruz y Pérez (2017) los principales métodos no destructivos se encuentran:

a. *Inspección visual.*

La inspección visual es el primer paso vital en cualquier investigación. Se realiza mediante iluminación convencional. Se utiliza fotografía digital y se puede utilizar el procesamiento de imágenes mediante software adecuado y eficiente para mejorar calidad de imagen generando fiabilidad (Chabbi, Ferhoune y Bouabdallah, 2018).

El diagnóstico visual consiste en ir al lugar y analizar a detalle cada elemento de la estructura. Permitiendo conocer elementos, características geométricas de cada elemento y materiales que lo componen. En segundo lugar, es necesario enumerar diferentes patologías presentes en la estructura (Diaz, 2014).

Según Diaz (2014) las principales patologías que se encuentran en estructuras de concreto armado son los siguientes:

- Grietas
- Fisuras
- Delaminaciones
- Escamado del concreto
- Desconchado
- Popout
- Resquebrajamiento
- Eflorescencia

Según ACI (2008) la ubicación de fisuras presentes en estructuras de concreto se registra en un esquema considerando observaciones patológicas como descascaramientos, aceros expuestos, deterioros superficiales y se complementan

con fotografías. El ancho de fisuras en estructuras se estima con regleta de comparación.

La tarjeta de medición simple brinda alternativa económica para determinar ancho de grieta en el concreto u otros materiales de construcción (Elcometer, 2015).

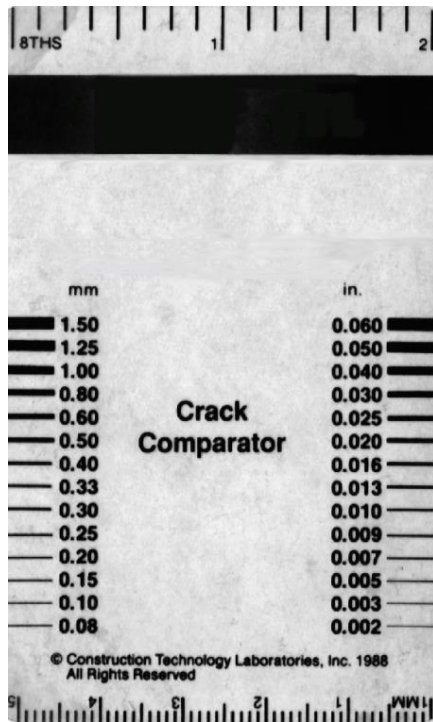


Figura 8. Tarjeta utilizada para medir el ancho de la grieta

Fuente: American Concrete Institute, 2008

b. Esclerómetro - ASTM C-805.

Es un método no destructivo de antigüedad para probar la dureza superficial del concreto. Fue desarrollada por Ernst Schmidt EN (1948) y se conoce como prueba de martillo de Schmidt o prueba de esclerómetro (Itmaizeh, 2016).

La prueba se basa en el principio del rebote de una masa elástica que depende de dureza superficial contra que incide la masa. Se utiliza en todo el mundo como ensayo de índice para estimar homogeneidad del concreto debido a su

velocidad, facilidad de ejecución, portabilidad, bajo costo y no destructividad (Association Standards Technical Specifications, 2018).



Figura 9. Esclerómetro

c. Radar método electromagnético

La técnica del radar es una solución efectiva para monitorear estructuras sin destruirlas. Un radar o GPR es un dispositivo capaz de emitir ondas electromagnéticas a una frecuencia determinada (Alim'zé, 2018).

La propagación de ondas electromagnéticas depende de la permitividad dieléctrica, conductividad y permeabilidad del material examinado. Esta técnica permite detectar rápidamente armaduras, cables pretensados, defectos vacíos en el concreto (Chabbi et al., 2018)

2.2.5. Vulnerabilidad sísmica.

La estimación de pérdidas específicas resultantes de terremoto requiere evaluación de viviendas desarrollando relación entre intensidad del movimiento sísmico y el grado de daño. El daño sísmico de viviendas es el foco de varios estudios realizados para predecir, estimar pérdidas específicas en términos de daños y víctimas (Cherrared y Djebar, 2012).

Según Duco (2012) existen viviendas vulnerables sin presentar riesgo por ubicación de área segura contra terremotos y viviendas sin capacidad de disipar fuerzas transmitidas por ondas sísmicas, debido a su naturaleza y diseño son vulnerables a tensiones. Por lo tanto, la vulnerabilidad sísmica es relación entre grados de daños constantes y diferentes niveles de fuerza sísmica.

La vulnerabilidad expresa capacidad de estructura para responder sismos en función de parámetros físicos, como material de construcción utilizado, geometría en planta y elevación de la estructura (Menasri, 2009).

2.2.5.1. *Eventos sísmicos.*

Duco (2012) define como movimiento violento del suelo dividido artificialmente en tres direcciones como norte-sur, este-oeste y vertical. El componente (Z) del movimiento vertical es débil con componentes horizontales. Cada temblor se caracteriza por su punto focal se fragmenta falla, epicentro es punto vertical ubicado al punto focal, magnitud e intensidad.

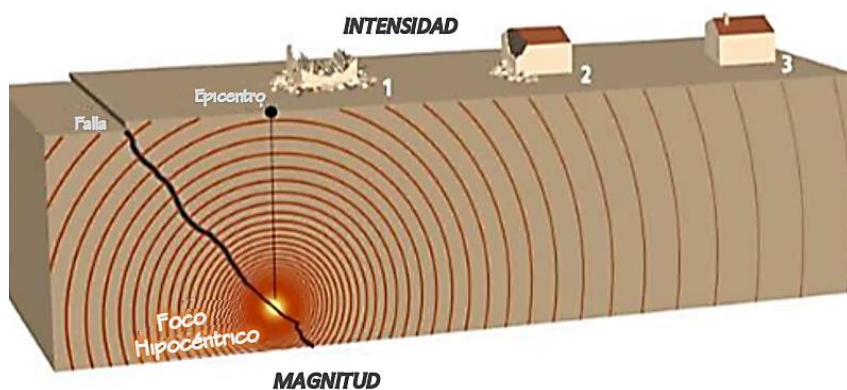


Figura 10. Terremoto, foco y epicentro, magnitud e intensidad

Fuente: Duco, 2012

2.2.5.2. Riesgo sísmico.

Wang (2009) indica que el riesgo sísmico es probabilidad de pérdidas, daños estructurales de viviendas al estar expuestos a riesgo sísmico. Es interacción entre el peligro sísmico y vulnerabilidad

Se expresará cualitativamente como se aprecia en la ecuación 1:

$$\text{Riesgo sísmico} = \text{Peligro sísmico} \times \text{Vulnerabilidad} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 1}]$$

2.2.5.3. Peligro sísmico.

Probabilidad ocurrente de movimiento sísmico del suelo para un sitio, región en período de mismo tiempo (Menasri, 2009).

2.2.5.4. Medición de un terremoto.

Los parámetros utilizados para clasificar terremoto relacionado con energía emitida incluyen magnitud e intensidad de un terremoto constituyendo dos escalas principales (Environmental Building Solutions, 2003).

Desde el 2013 se frecuenta medición de terremoto por escala Richter y los antiguos terremotos se evalúan con Mercalli (Houari y Zakaria, 2013).

a. Magnitud *M*.

La escala Richter, es evaluación de energía liberada en foco del terremoto. El epicentro puede estar a varios kilómetros debajo de la superficie y a varios cientos de kilómetros del área dada (Abderrahmane y Tarek, 2012).

Fue creado en 1935 por el sismólogo estadounidense Charles F. Richter, se utiliza para cuantificar magnitud de un terremoto. Se basa en amplitud de ondas

medidas por un sismógrafo. La medición se ajusta para determinar distancia entre sismógrafo y epicentro del terremoto (Herrera, 2016).

La magnitud medida en escala de Richter es logarítmica, significa que cada nivel es diez veces más fuerte que el anterior. Cada graduación corresponde a un nivel de destrucción causado por el terremoto. Para estimar magnitud de terremotos, Richter introdujo noción de magnitud, corresponde a energía liberada en el foco del terremoto, depende de longitud de falla activada y cantidad de desplazamiento (Gadri, 2007).

Tabla 6

Concepto de magnitud

Descripción	Magnitud	Efectos	Frecuencia
Micro	Menos de 1,9	Micro terremoto, no se siente.	8,000 por día
Muy menor	2,0 a 2,9	Generalmente no se siente, pero se detecta / registra.	1,000 por día
Luz	4,0 a 4,9	Notable temblor de objetos dentro de las casas, ruidos de golpe. Daño significativo poco frecuente.	6,000 por año
Moderado	5,0 a 5,9	daños importantes a viviendas mal diseñados en áreas restringidas. Daños leves a viviendas bien construidos.	800 por año
Fuerte	6,0 a 6,9	Posiblemente destructivo en áreas hasta 180 km alrededor si está poblado.	120 por año
Mayor	7,0 a 7,9	Puede causar daños moderados a severos en áreas más grandes.	18 por año
Importante	8,0 a 8,9	Puede causar daños graves en áreas de cientos de kilómetros a la redonda.	1 por año
Devastador	9,0 y superior	Devasta áreas de varios miles de kilómetros a la redonda.	1 a 5 por siglo aproximadamente

Fuente: Houari y Zakaria, 2013

b. Intensidad I.

La escala de Mercalli se desarrolló en 1902 y se modificó en 1931. Indica intensidad de terremoto en escala de I a XII. Esta intensidad determina extensión del daño causado por un terremoto y percepción de la población sobre el terremoto (Gilles, 2012).

Esta evaluación requiere buena cantidad de subjetividad, percepción de población y extensión del daño que variarán dependiendo de la distancia al epicentro (Granados, 2019).

Tabla 7

Correspondencia entre la escala de Mercalli y Richter

	Escala de intensidad de Mercalli	Richter
I.	Terremoto percibido por pocas personas en circunstancias particulares.	2
II.	Percibido por algunas personas en reposo y en pisos superiores, equilibrio de objetos suspendidos.	3
III.	Percibido principalmente por personas dentro de viviendas. Autos estacionados pueden moverse.	4
IV.	Percibido por mayoría de personas dentro de viviendas y por afuera.	5
V.	Percibido por todos; personas asustadas y corren afuera, algunos muebles se mueven, daños leves	6
VI.	Percibido por todos; personas asustadas, corren al exterior, algunos muebles se mueven, daños leves.	7
VII.	La mayoría de las personas entran en pánico y corren al exterior; Daño mínimo en construcciones diseñadas para zonas sísmicas, muebles volcados.	8
VIII.	Daños leves en construcciones diseñadas para zonas sísmicas, construcciones buenas con posibles colapsos, catastróficas en construcciones malas.	9
IX.	Daños considerables en construcciones diseñadas para zonas sísmicas. viviendas se mueven sobre sus cimientos, agrietamiento por fractura del suelo de tuberías.	10
X.	Algunas construcciones de madera y albañilería están destruidas, suelo muy agrietado. Se producen varios deslizamientos de tierra.	11
XI.	Pocas construcciones de albañilería permanecen intactas; puentes destruidos, grietas en suelo.	12

Tabla 7

Correspondencia entre la escala de Mercalli y Richter (continuación)

	Escala de intensidad de Mercalli	Richter
XII.	Destrucción total. ondulaciones visibles en superficie del suelo objetadas en aire	9

Fuente: Houari y Zakaria, 2013

La mayoría de los terremotos están relacionados con movimiento de placas litosféricas y ocurren en borde. Los terremotos se encuentran a lo largo de falla. Las capas de roca se apoyan entre sí durante años sin moverse. Cuando existe presión acumulada se vuelve fuerte, las capas en contacto se deslizan repentinamente vibrando el suelo alrededor del hogar. Se crean ondas sísmicas que se propagan en cualquier dirección (Guida, 2012).

Las ondas sísmicas son elásticas, pueden pasar a través de un entorno sin modificar permanentemente. Las vibraciones generadas por terremoto se propagan en todas direcciones del hogar por velocidad de propagación y amplitud (Guida, 2012).

2.2.6. Metodología de evaluación.

Existen varios métodos para evaluar vulnerabilidad la sísmica. Se utilizan dos familias de métodos, por un lado, métodos empíricos basados en retroalimentación de experiencia, características estructurales básicas de viviendas y métodos de vulnerabilidad calculados que utilizan modelado sofisticado de vivienda para obtener curva de capacidad vinculando fuerzas y desplazamientos. Estos métodos satisfacen conocimiento parcial de viviendas estudiadas (Menasri, 2009).

2.2.6.1. Método empírico.

Los estudios de vulnerabilidad se aplican a grupo de viviendas, ciudad entera o región específica. El enfoque considerado es generalmente estadístico, porque el conocimiento de la vivienda existente es parcial. Los métodos empíricos para análisis de vulnerabilidad están basados en retroalimentación y características estructurales de viviendas con inspecciones visuales (Duco, 2012).

a. Método de determinación de detección visual rápida.

Utiliza metodología basada en levantamiento de viviendas. Se llena formulario de recolección de datos basado en observación visual de vivienda desde el exterior y en el mejor de los casos desde el interior (Güvenir, 2019).

Estos métodos requieren un análisis detallado del material, geometría del edificio evaluado que requiere tiempo, mano de obra y capacidad de cálculo (Güvenir, 2019).

b. Metodología propuesta por representantes de la PUCP.

Se basa en realizar trabajos en campo y gabinete. Los trabajos en campo se realizan para recolectar información preliminar en fichas de encuesta detallando características constructivas, arquitectónicas y estructurales de la vivienda. Se adjunta croquis de la estructura (Blondet, Dueñas, Loaiza, y Flores, 2004).

El trabajo de gabinete se procesa en fichas de reporte con hojas de cálculo MS Excel, sintetizando y asociando falencias constructivas, arquitectónicas y estructurales que presenta la vivienda (Blondet et al., 2004).

Se realiza análisis sísmico para determinar la vulnerabilidad sísmica de una vivienda, para el peligro sísmico se ejecuta estudio topográfico de la zona, tipo de

suelo y zona sísmica donde fue construido la vivienda y se calcula el riesgo sísmico (Blondet et al., 2004).

2.2.7. Albañilería.

La albañilería es material de construcción que posee excelentes propiedades como estético, durabilidad y costo. La calidad de albañilería depende de materiales utilizados que deben cumplir estándares mínimos. Los componentes básicos de albañilería como bloque, ladrillo y mortero, siendo este último compuesto de cemento, cal, arena y otros componentes (Hendry, Sinha y Davies, 2004).

El código peruano denominado “Norma E.070 Albañilería” enfoca diseño, análisis, materiales, construcción y control de obras para estructuras de albañilería. El código no admite la construcción de estructuras de albañilería no reforzadas y no confinadas (Çitiloğlu, 2016).

2.2.7.1. Albañilería confinada.

La construcción consta de muros de ladrillo, refuerzo horizontal y vertical. Los elementos de confinamiento de concreto armado construidos en extremos del muro llamados columnas de unión, se asemejan a columnas con marcos de concreto armado, excepto a tener dimensiones de sección transversal más pequeñas (Meli et al., 2011).

Los confinamientos por concreto armado se construyen después del muro de albañilería. Los elementos horizontales llamados tirantes se asemejan a vigas por marcos de concreto armado, sin funcionar convencionalmente debido a muros de albañilería confinada que soportan cargas (Institute for Research in Construction National Research Council Canada, 1993).

Los confinamientos vigas y columnas son efectivos para mejorar estabilidad e integridad de los muros de albañilería para efectos de terremotos dentro y fuera del plano. Evitan respuesta sísmica en muros de albañilería y protegen desintegración en grandes terremotos. Las columnas de amarre contribuyen estabilidad general de vivienda para cargas de gravedad (Meli et al., 2011).

2.2.7.2. Albañilería armada.

Se utilizan refuerzos de acero o métodos de pretensado para fortalecer paredes, columnas, vigas de albañilería contra flexión y corte. Construcción de albañilería armada consiste en colocar barras de refuerzo en unidades de albañilería hueca y rellenarlas con concreto. El refuerzo puede estar incrustado en juntas horizontales de mortero (Çitiloğlu, 2016).

2.2.7.3. Albañilería no armada.

En este tipo de albañilería no existe miembros estructurales verticales, columnas alrededor de los muros de carga. Este tipo de construcción se da en regiones de baja sismicidad para viviendas de dos a tres pisos. Los códigos sísmicos de Perú, Argelia y Chile rechazan construcción de albañilería no armada. Los muros de albañilería no armada se construyen uniendo unidades de ladrillos con mortero. La resistencia en muros depende propiedades mecánicas de ladrillos y mortero utilizado. Pueden soportar cargas verticales según material y calidad de la construcción y son vulnerables a cargas laterales debido a su naturaleza heterogénea (Kairu, 2016).

2.2.8. Unidades de albañilería.

Las propiedades de albañilería afectan directamente al desempeño total en términos de peso, capacidad y costo. Los muros de albañilería son mecanismos de carga y

deben poseer resistencia mínima. La relación de vacíos está definida especificaciones de cada código nacional (Kairu, 2016).

Según la normativa referido a la albañilería establece que la clasificación de unidades de albañilería, valores de los ladrillos para fines estructurales, con base de variación dimensional máxima, alabeo y resistencia a la compresión de la unidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 8

Tipos de unidades de albañilería para fines estructurales

Tipo	Variación de la dimensión			Alabeo (Max en mm)	Resistencia a compresión Mpa (Kg/cm ²)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6 (180)

Fuente: San Bartolomé y Quiun, 2007

2.2.8.1. Variación dimensional.

Es indispensable para determinar altura de hiladas que ostentan variaciones en mayor o menor espesor de la junta de mortero. Las pruebas de variación dimensional deben cumplir procedimientos indicados en las normas NTP 399.613 y NTP 399.604. La variación de junta que se encuentran por encima de los requisitos por adhesión que es 10 mm a 15 mm, originan una albañilería con baja resistencia en compresión (INDECOPI, 2005).

2.2.8.2. *Alabeo.*

Es la concavidad de la unidad de ladrillo que acrecienta o disminuye espesor de juntas por adhesión. Debido a su convexidad y por cargas existentes en hiladas superiores, puede originar fallas de tracción por flexión en la unidad (INDECOPI, 2005).

2.2.8.3. *Succión.*

Se define como mensura de velocidad donde el ladrillo embebe agua y es cualidad primordial para precisar relación de adherencia entre mortero - unidad de albañilería, que influye en resistencia a la tracción de albañilería (INDECOPI, 2005).

2.2.8.4. *Absorción.*

La prueba de absorción demuestra capacidad de agua embebida en 24 horas de inmersión en unidades de albañilería, hasta alcanzar fase de saturación. Los procedimientos para prueba de ensayo se rigen a la norma NTP 399.613 (INDECOPI, 2005).

2.2.8.5. *Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.*

El ensayo de resistencia a la compresión determina la capacidad de carga que poseen los ladrillos bajo compresión para resistir fallas en forma de fisuras y grietas. Por lo tanto, es importante conocer la resistencia a la compresión de los ladrillos para verificar su idoneidad para la construcción (INDECOPI, 2005).

La resistencia a la compresión del ladrillo ($f'b$), calidad de mortero aplicado en el asentado del ladrillo, perfección de la muestra y buena mano de obra son

elementos primordiales para resistencia a la compresión de albañilería (INDECOPI, 2005).

2.2.8.6. Pilas.

Las pruebas de compresión axial de pilas comprenden el control de calidad de la norma técnica peruana NTP 399.605, para demostrar cómo los componentes de albañilería funcionan juntos. Por esta razón, las pilas se construyen típicamente en unión con junta de mortero. La resistencia a la compresión se corrige para tener en cuenta las diferentes relaciones permisibles de altura y espesor de las pilas. Esta fuerza corregida debe ser igual o superior a $f'm$ (INDECOPI, 2013).

2.2.8.7. Murete.

Los muretes son representaciones de muros de albañilería a escala natural, su construcción comprende mínimo dos unidades completas de ladrillo en cada hilada. Las muestras deben mantenerse in situ durante 7 días para ser acarreado y 28 días de almacenamiento para ser sometidos a prueba (INDECOPI, 2004).

El ensayo a compresión diagonal (corte) en murete de albañilería consta en aplicar una carga de compresión en la extensión diagonal del murete suscitando falla por tracción diagonal hasta producir fisura en trayectoria paralela a la carga, en ensayos sin instrumentación, la velocidad de carga debe ser en forma continua hasta la carga última y no debe ser menos de un minuto (INDECOPI, 2004).

2.2.9. Defectos de construcción.

Se define como falla o deficiencia de materiales y construcción. Los defectos aspectos que no se completan en el diseño generando defectos patentes y latentes.

(Metropolitan Engineering Consulting, Forensics and Environmental Services, 2014).

Los defectos pueden ser reales o percibidos. Sus orígenes se remontan a interacción complicada entre falta de conocimiento, falta de educación, capacitación, experiencia, atención y cumplimiento (Merhaba, 2018).

Las causas intrínsecas son aquellas que residen en la estructura misma. Tienen su origen en componentes y materiales de la estructura. Estas causas son generadas por errores humanos en fase de ejecución, por agentes externos y naturales como ataques químicos e incluso accidentes. Sin embargo, las causas extrínsecas son aquellas independientes de la estructura misma, como composición o fallas debido a la ejecución. Pueden entenderse como factores que atacan las estructuras, "desde afuera hacia adentro", durante todo el proceso de concepción, ejecución o diseño de la vida útil (Itmaizeh, 2016).

2.2.9.1. Defectos latentes.

Son aquellos defectos que están ocultos y no son fácilmente observables tras una inspección razonable. Incluso con inspecciones in situ más completas, la construcción defectuosa puede pasar desapercibida. Los defectos latentes son desconocidos y aparecerán después de la construcción (Dires, 2016).

- Falta de refuerzo en muros, losas de concreto armado
- Falta de amarre de ladrillo y/o refuerzo de albañilería.
- Sistema de impermeabilización instalado incorrectamente.
- Estucado incorrecto en pared exterior.

- Concreto mal consolidado.
- Refuerzo no incrustado totalmente en la estructura del concreto.

2.2.9.2. Defectos patentes.

Son aquellos defectos que son evidentes tras una inspección. El proceso de inspección en viviendas (Tayeh, Hamad, Salah y Almanassra, 2018)

- Orificios de drenaje no instalados en paredes de ladrillo.
- Pasamanos omitidos en escaleras.
- Juntas de expansión.
- Grietas.
- Falta de drenaje del techo.

2.2.10. Grietas en muros.

Las principales fallas que ocurren en muros de albañilería están relacionadas con fisuras, grietas o fenómenos relacionados por acción del agua. Las paredes son rígidas y no se flexionan como la viga. Sin embargo, en algunas situaciones, las paredes pueden agrietarse (Branco y Brito, 2018).

Las causas de grietas son tensiones que actúan en secciones de albañilería debido a acciones externas o internas. Las grietas tienen la misma causa, ya sea en muros de carga o en muros sin carga (Branco y Brito, 2018).

Las características de materiales, diseño, ejecución y acciones de mantenimiento son factores decisivos para el buen desempeño de albañilería durante su vida útil, minimizando la aparición de fallas (L'Association Béton Québec, 2014).

2.2.10.1. Deformación de la estructura.

En estructuras con marco de concreto armado la fluencia y deformación de elementos estructurales pueden imponer altos esfuerzos de albañilería, principalmente en dinteles de ventanas, secciones en voladizo y otras ubicaciones donde se concentran esfuerzos (López, Rodríguez, Santa Cruz, Idelfonso y Ubeda, 2004).

Las paredes de albañilería tienen capacidad de deformación elástica relativamente baja. Sus causas son deflexiones en elementos de concreto armado, flexibles con secciones transversales delgadas por características de albañilería como tamaño de ladrillos, tipo de junta, características del mortero de colocación y longitud de muro (López et al., 2004)

a. Grietas debido a asentamientos diferenciales.

Las anomalías ocurren cuando los asentamientos son diferenciales, causando distorsiones que dañan elementos estructurales como paredes de relleno. Este tipo de anomalía producen grietas diagonales debido a tensiones que se encuentran (Lor, 2010).

Las causas principales por asentamiento diferencial es consolidación del terreno, heterogeneidad del suelo de cimentación, fundamentos en vertederos, tipos de fundaciones y diseño deficiente de elementos básicos (Lor, 2010).

b. Grietas debido a la aplicación de cargas.

La pared de albañilería tiene capacidad limitada para absorber cargas que se aplican directamente. Una vez que alcanza la resistencia a tracción de los ladrillos, comienzan a aparecer grietas (Branco y Brito, 2018).

La grieta tiende a propagarse a través del mortero que rodea el ladrillo para tensiones bajas. Las causas principales por acciones de cargas son verticales, binarias, concentradas y excéntricas. A nivel de diseño, este aspecto es importante para evitar que las vigas se carguen directamente en paredes de albañilería o excluyendo detalles como accesorios fijados a las paredes (Branco y Brito, 2018).

c. Grietas debido a un soporte insuficiente de la albañilería.

Anomalía frecuente en paredes externas, normalmente paredes de doble hoja debido a falta de soporte en cada piso. Las causas principales son corrección externa de puentes térmicos debido a la estructura de concreto armado, ejecución de paredes sin revestir (Mamani y Huarcaya, 2018).

d. Grietas debido a cambios de temperatura.

Los cambios de temperatura, estacionales y diarios causan cambios dimensionales de expansión, contracciones de la albañilería y a movimientos de la estructura (Mamani y Huarcaya, 2018).

Las causas principales son propiedades físicas de materiales, coeficientes de expansión térmica, cambios de temperatura, amplitud, velocidad del fenómeno térmico, tipo de estructura y falta de juntas de dilatación (Mamani y Huarcaya, 2018).

2.2.11. Definición de términos.

Albañilería: Construcción de estructuras a partir de unidades individuales, se colocan y unen mediante mortero (Monjo, 1997).

Patología: Es un enfoque holístico para estudiar y comprender viviendas, defectos de vivienda y acciones correctivas asociadas (Marin, 2017).

Defectos: Significa carencia, carencia e imperfección. Los defectos de construcción pueden ser complicados y simples, como defecto de diseño, mano de obra o materiales (Careño y Serrano, 2005).

Vulnerabilidad: Propiedad intrínseca de viviendas que limita el cierto nivel de daño a sufrir cuando se somete a un evento sísmico determinado de intensidad definida (Neufert, 2014).

Anomalía: En el plano de diagnóstico, las alteraciones de un objeto o sistema se identifican como "Anomalías" visibles y funcionales (Othuman, 2014).

Acción: Evento producido por el agente (Parra y Vásquez, 2014).

Efecto: Resultado de la acción (Pullarao, 2017).

Causa: Evento o condición necesaria para producir condición como alteración, degradación, falla (Philipparie, 2011).

Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (Quiun, Muñoz y Tinman, 2001).

Falla: Reducir en mal estado, inoperable, idea de irremediable, diferencia de degradación, el término está ligado a un concepto de función (American Concrete Institute, 2008).

Escala de Richter: Es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar energía liberada en un terremoto, denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Richter (San Bartolomé, 2007).

Escala de Mercalli: Es una escala subjetiva, evalúa la percepción humana del sismo. Sirve para recolectar información en zonas donde no existen aparatos detectores, o instrumentos de medición (San Bartolomé y Quiun, 2004).

Criptoflorescencia: Es recristalización de sales disueltas en interior de la estructura afectada (Sarkar, 2018).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o algún grado de asociación existente entre dos o más variables, en muestra para un determinado contexto que el investigador utilice. En primer lugar, se mide cada una de las variables, se cuantifican, analizan y se establecen vinculaciones que posean entre ellas. Estas correlaciones serán sustentadas mediante hipótesis las cuales esta sometidas a prueba.

La investigación desarrolló enfoque correlacional con la finalidad de conocer la relación entre patologías del concreto y el grado de vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020.

Para establecer vinculación de variables se midió, analizó y cuantificó patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020.

3.2. Diseño de la investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) se dispone dos tipos de diseño de investigación, experimental y no experimental. El proyecto desarrollará diseño de investigación no experimental, porque no realizará manipulación deliberada de las variables. Por lo tanto, se observará fenómenos que se desarrollan en contexto original para analizarlos.

Este tipo de estudio no genera situación alguna, por lo tanto, las situaciones, fenómenos que ocurran en ello se observaran sin ser provocadas, manipuladas intencionalmente para fines de investigación o por el investigador (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Referido al diseño no experimental, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) existen dos tipos de diseño transeccional y longitudinal. El proyecto desarrollará una investigación no experimental transeccional o transversal, donde la recolección de datos se realiza en un solo momento, tiempo único. El propósito es describir las variables y ver su incidencia en un determinado momento.

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) dentro del diseño no experimental transeccional, se considera el propósito que sigue la investigación, siendo diseño transeccional correlacional -causal, que describe relaciones entre dos categorías o variables, en un momento determinado. Solo en términos correlacionales.

El proyecto desarrolló diseño de investigación no experimental, porque no realizó manipulación deliberada de las variables. Por lo tanto, las patologías, defectos, deficiencias que presento la vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo

XXI, Ilo –Moquegua 2020 siendo observados sin ser provocado y manipulados intencionalmente.

Dentro del diseño no experimental transeccional, se consideró el propósito que planteó la investigación, siendo diseño transeccional correlacional - causal, describiendo relaciones entre patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020, en un momento determinado.

El proyecto desarrolló investigación de campo y teórico. La investigación en campo se evaluó patologías del concreto realizando in situ con instrumentos no destructivos identificando fisuras, grietas, ubicación de aceros de refuerzo, dureza del concreto y en vulnerabilidad sísmica se recopiló información en fichas de encuesta perfiladas por la PUCP, recopilando detalles de construcción, condiciones del sitio, calidad de construcción, características arquitectónicas y estructurales de las viviendas. Se dibujaron esquemas de viviendas, apuntes de notas y fotografías de principales defectos constructivos. Para validar condiciones de sitio, se realizó estudio de suelos con una calicata en área no ocupada de la vivienda representativa del AA.HH. Siglo XXI Mz C, Lte 44, se extrajo muestra de 30 kg para análisis respectivos.

La investigación teórica compendió en patologías del concreto con procesamiento de imágenes realizadas por ensayo de esclerometría, inspección visual y scanner de acero. En vulnerabilidad sísmica se procesó información obtenida en campo plasmando en hojas de cálculo Ms Excel y modelamiento sísmico de una vivienda seleccionada como muestra de conveniencia, en software ETABS 2016.

Se determinó relación que existe entre patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020 por coeficiente de correlación Pearson, con software IBM SPSS Statistics.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

Esta investigación considero como población al Promuvi – II del AA.HH. Siglo XXI, por predominar autoconstrucción de viviendas, presentando deficiencias constructivas. La investigación dispuso una población de 175 viviendas.

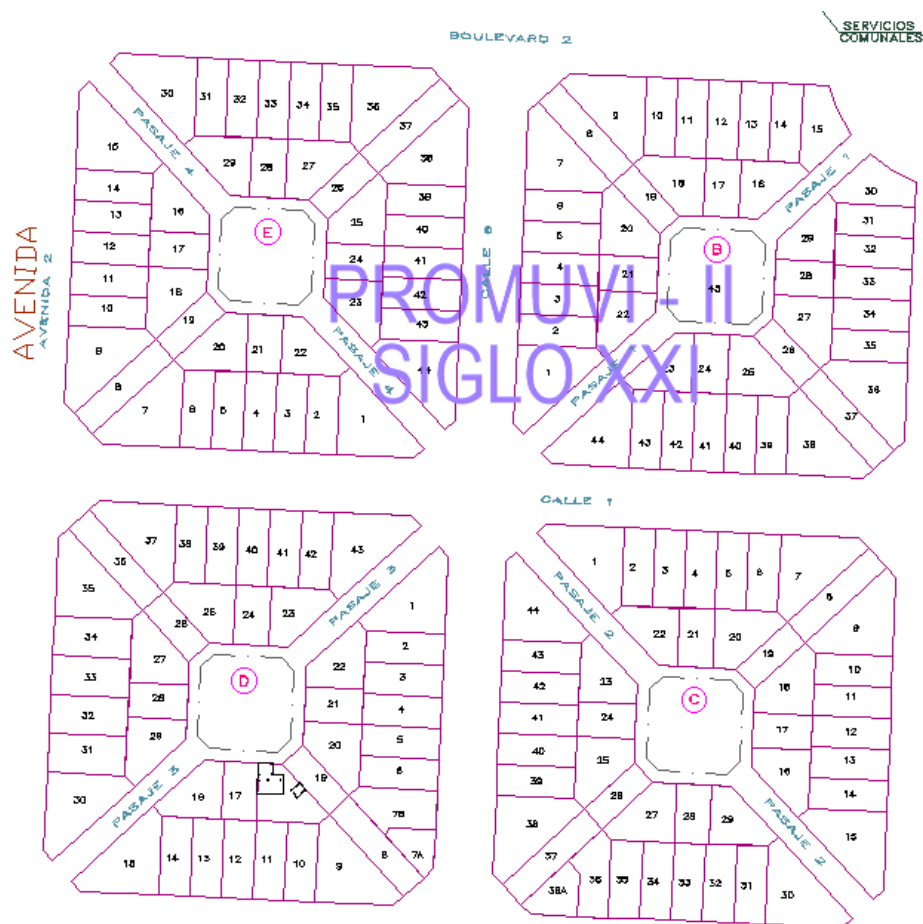


Figura 11. Viviendas ubicadas en el AA.HH. Siglo XXI

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Patologías del concreto.

3.4.1.1. Ensayo de esclerometría.

Se realizó medición de dureza del concreto en losas, vigas y columnas cumpliendo estándares de la norma ASTM-C805 y Norma Técnica Peruana 339.181. Las mediciones de rebote se realizaron con un martillo industrial SCHMIDT. La varilla metálica del esclerómetro se presionó perpendicularmente sobre el punto de medición. El número R se obtuvo de la escala graduada, oprimiendo botón costado del dispositivo para bloquear el émbolo en posición retraída. Las pruebas se ejecutaron en posición horizontal, verticalmente hacia abajo, verticalmente hacia arriba.

a. Requisitos para selección de superficie.

Para selección de superficie de prueba para ensayo de esclerometría se cumplió lineamientos de la NTP 339.18:2013 y ASTM C805:

- Elementos de concreto con espesor mayor a 10 cm.
- Áreas libres de panales, descamación o alta porosidad.
- Superficie de prueba en 150 cm de diámetro.
- En superficies muy texturizadas, blandas o con mortero suelto se pulieron con piedra abrasiva.
- No se realizó prueba en concreto húmedo.

b. Descripción de instrumento.

- Estructura ensayada (elemento donde se realizó el ensayo)

- Ubicación del área de ensayo (cara de superficie del ensayo)
- Características de la superficie (presencia de rugosidad notoria sí o no)
- Altura sobre el nivel del terreno (altura respecto del terreno natural)
- Identificación del martillo (modelo, serie)
- Orientación del martillo (ángulo $+90^\circ$, ángulo -90° , ángulo 0°)
- Índice de rebote (valor promedio de acuerdo con impactos)
- Abaco del esclerómetro según fabricante:
- Índice de resistencia promedio



Figura 13. Esclerómetro

c. Procedimiento.

Realizado la selección de superficie con 15 cm de diámetro, se procedió en trazar cuadrículas de líneas con espaciamiento de 2,5 cm

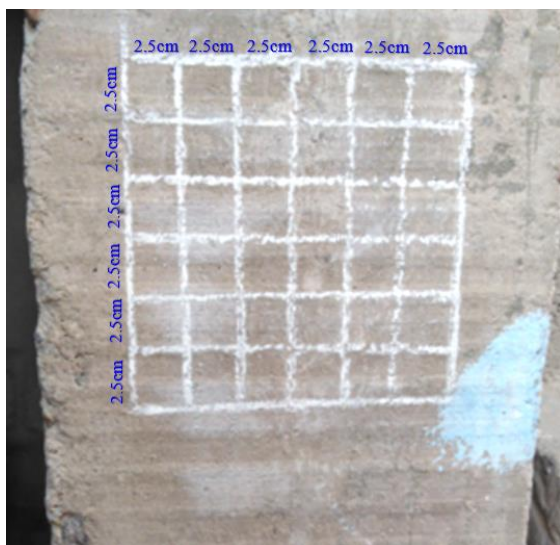


Figura 14. Trazo en superficie para ensayo de esclerometría

Se realizaron 10 lecturas de rebote con valor “n” en losa y columnas de la vivienda Siglo XXI Mz C Lte 44.

El cálculo para determinar el índice de rebote siguió líneas estipuladas en las normas NTP 339.18:2013 y ASTM C805. Se promedió entre 8 a 10 valores de rebote en orden decreciente, descartando valores de rebote demasiado altos y bajo (INDECOPI, 2005).

El cálculo de mediana consideró condiciones estipuladas por las normas mencionadas:

- En “n” impar, la mediana se calcula con $(n + 1) / 2$.
- En “n” par, corresponde a media aritmética.

En valores con mayor al 20 % del total de lecturas que difirieron en la mediana de seis unidades, se descartó la lectura.

El valor obtenido se registró en el gráfico de ábaco del fabricante para obtener el valor aproximado de la resistencia del concreto.

3.4.1.2. Inspección visual.

Es la forma de investigación más sencilla y económica. Se utilizó de guía la norma ACI 201.1R08, para realizar inspección visual en la vivienda (American Concrete Institute, 2008).

Considerando norma ACI 224.1R – 93, se utilizó un comparador de fisuras para identificar ancho de fisuras y grietas (American Concrete Institute, 1993).



Figura 15. Comparador de fisuras

Se obtuvo información con toma de fotografías identificando las siguientes patologías:

- Fisuras y grietas.
- Delaminaciones
- Escamado

- Desconchado
- Popout
- Resquebrajamiento
- Eflorescencia

3.4.1.3. Determinación de acero de refuerzo.

Se utilizó para ubicar barras de refuerzo, determinar profundidad del revestimiento del concreto y diámetro de barra de acero. El dispositivo tiene dos componentes; un medidor y una sonda de localización. El medidor tiene una pantalla que muestra el acero de refuerzo en la superficie del concreto (Cruz y Pérez, 2017).

La sonda de localización del medidor de cobertura es una unidad encapsulada rectangular que contiene una bobina de búsqueda direccional. El medidor proporciona un indicador audible que guía sobre la fuerza de señal y ubicación del acero incrustado (Cruz y Pérez, 2017).

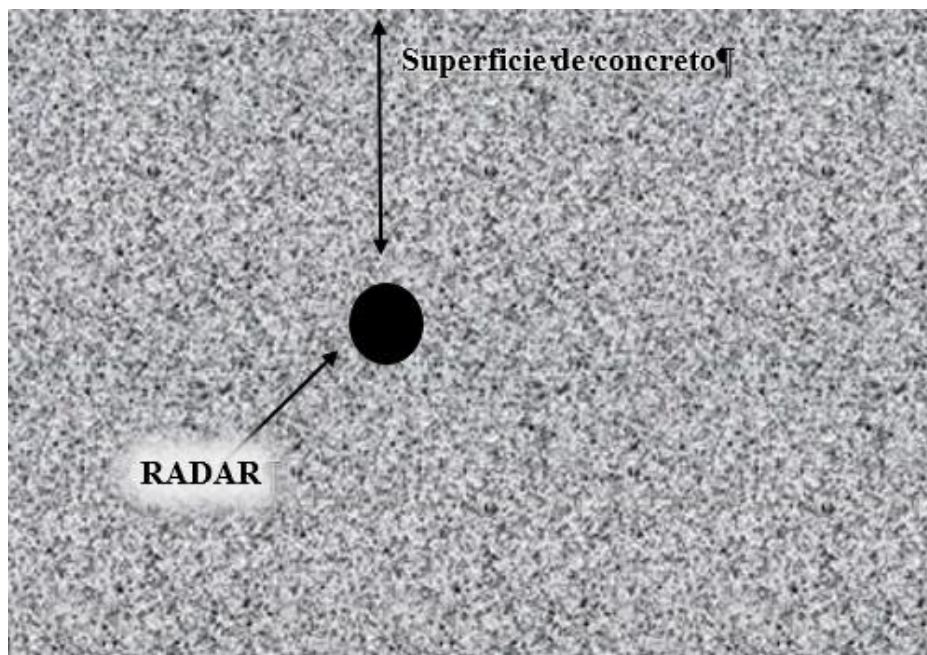


Figura 16. Diagrama de superficie del concreto y lugar del refuerzo



Figura 17. Detector de acero

3.4.2. Vulnerabilidad sísmica.

3.4.2.1. Ficha de encuesta.

Se elaboró ficha de encuesta perfiladas por los representantes de la PUCP, a fin de detallar características estructurales y no estructurales de una vivienda (Mosqueira y Tarque, 2005).

Según Mosqueira y Tarque (2005) esto se compone de tres páginas, donde se desarrolló en la primera página datos de la familia, proceso constructivo y características técnicas de la construcción. La segunda página se realizó un esquema de la estructura, describiendo observaciones que presento la vivienda. En la tercera página se adjuntó fotografías de los problemas que presentaron la vivienda.

Para la inspección de la vivienda y desarrolló de recolección de datos en ficha de encuesta según Mosqueira y Tarque (2005), contiene lo siguiente brindado a continuación:

a) Datos generales.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

- Recibió asesoría técnica para construir su vivienda (referido a, se construyó la vivienda considerando parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones).
- ¿Cuándo empezó a construirlo? (Fecha de inicio de construcción de vivienda).
- ¿Cuándo termino? (Fecha de culminación de construcción de vivienda).
- Tiempo de residencia de la vivienda.

b) Datos técnicos.

Según Mosqueira y Tarque (2005) :

1. Parámetros del suelo (referido a parámetros geotécnicos de suelos existentes en la vivienda).
 - Rígidos, intermedios, flexibles.
2. Características de los principales elementos de la vivienda, acorde a elementos estructurales encontrados en la vivienda.
 - Elemento (cimiento, muros, techo, vigas).
 - Características (cimiento corrido, zapata, ladrillo macizo, ladrillo pandereta, diafragma rígido, concreto, otros).

c) Esquema de la vivienda.

Según Mosqueira y Tarque (2005):

1. Se realizó un plano indicando elementos estructurales y no estructurales ubicados en la vivienda.

d) Observaciones y comentarios.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

1. Problemas de ubicación (Tipo de suelo que está asentado la vivienda).
2. Estructuración (Verificación de estructuración requerida en función al reglamento nacional de edificaciones).
3. Factores degradantes (Aquellos factores que generan alguna patología en elementos estructurales).
4. Materiales deficientes (Tipo de materiales utilizados en elementos no estructurales).
5. Mano de obra (Calidad de mano de obra que realizó la vivienda).

3.4.2.2. Ficha de reporte.

Según Mosqueira y Tarque (2005) para el desarrollo se tiene la primera página donde se sintetizó información de antecedentes, aspectos técnicos y deficiencias constructivas que presentó la vivienda. Se realizó análisis sísmico comparando densidad. La segunda página se calculó estabilidad de volteo de los muros, esquema de la vivienda, se realizó estimación de vulnerabilidad, riesgo y peligro sísmico. La tercera página se adjuntó fotografías con problemas más resaltantes que presentó la vivienda.

La ficha de reporte desarrollado por Mosqueira y Tarque (2005) detalló los siguientes ítems:

a) Antecedentes.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

- Ubicación.
- Dirección técnica del diseño.
- Dirección técnica de la construcción.
- Pisos construidos, pisos proyectados y antigüedad de la vivienda.
- Topografía y geología.
- Estado de la vivienda.
- Secuencia de la construcción.

b) Aspectos técnicos.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

- Elementos de la vivienda.
- Elemento y características (Cimientos, muros, techo, columna, vigas).

c) Deficiencia de la estructura.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

- Problemas de ubicación.
- Problemas constructivos.
- Problemas estructurales.

- Mano de obra.

d) Análisis por sismo.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

- Área de piso (área de la vivienda analizada).
- Cortante basal (Peso acumulado, $V = ZUCSP/R$).
- Área de muros (Existente, requerido).
- Densidad (área existente/ área de piso).
- Resistencia (Resistencia al corte).

e) Estabilidad de muros al volteo.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

- Muro.
- Factores.
- Momento actuante.
- Momento resistente.
- Resultado.

f) Factores influyentes en el resultado.

Según Mosqueira y Tarque (2005) se tiene:

1. Vulnerabilidad:

- Estructural (Densidad, mano de obra y materiales).
- No estructural (Tabiquería y parapetos).

2. Peligro:

- Sismicidad.
- Suelo.
- Topografía y pendiente.

3. Calificación:

- Vulnerabilidad.
- Peligro.

4. Resultado:

- Riesgo sísmico.

3.4.2.3. Análisis sísmico.

El análisis de sísmico de la vivienda se realizó cotejando el área de muro de albañilería existente con la densidad mínima área de la pared requerida para resistir adecuadamente un fuerte sismo que establece que el esfuerzo cortante base promedio producido por el terremoto de diseño debe ser menor que el promedio. Se realizó el modelamiento sísmico de la vivienda representativa determinada como muestra por conveniencia, tomando como referencia el croquis de los planos perfilados a mano alzada se plasmó en el Software AutoCAD y modelado en el programa computacional ETABS 2016, y el informe en una hoja de cálculo del software PTC Mathcad Prime 7.0.0 y Microsoft Excel.

3.4.2.4. *Ensayos de unidades de albañilería.*

a. *Variación dimensional.*

Para la determinación de variación dimensional se realizó con procedimientos indicados en las normas NTP 399.613 y 399.604 (INDECOPI, 2005).

Se tomó dimensiones en aristas de 5 ladrillos (base, longitud y ancho), las medidas se registraron en la parte intermedia de cada superficie (véase apéndice H, fotografía H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9).

Se utilizó dimensiones proporcionadas por el fabricante y dimensiones promedios adquiridas en el ensayo para aplicar en la ecuación 2:

$$\text{Variación dimensional (\%)} = \frac{(D_n - D_p) \times 100}{D_n} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 2}]$$

Donde:

D_n = Dimensión nominal

D_p = Dimensión promedio

b. *Alabeo.*

Se realizó prueba de concavidad siguiendo procedimientos indicados en las normas NTP 399.613 y 399.604 (INDECOPI, 2005). El ensayo consistió, situando la unidad de ladrillo sobre una mesa plana, se colocó una regla metálica graduada al milímetro en forma diagonal conectando extremos de la cara tabla del ladrillo para medir mayor deflexión (véase apéndice H, fotografías H10, H11, H12, H13, H14).

c. *Succión.*

Por ser pruebas de campo, según normas NTP 399.613 y 399.604 (INDECOPI, 2005). Se procedió a pesar la unidad en estado seco para luego colocar en un

recipiente con profundidad de 25 mm de agua, a fin de obtener peso de succión del ladrillo (véase apéndice I, fotografía I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7).

El cálculo de succión se halló aplicando la ecuación 3 expresada como:

$$\text{Succión} = \frac{(W_{\text{suc}} - W_s)}{A} \times 200 \dots \dots \dots [\text{Ecuación 3}]$$

Donde:

W_s = Peso seco de la unidad de albañilería (gr).

W_{suc} = Peso de succión

A = Área de contacto de la unidad con el agua (cm²).

d. Absorción.

Se realizó el ensayo con procedimientos indicados en la norma NTP 399.613 (INDECOPI, 2005). Donde se pesó la muestra en estado natural para sumergirlo durante 24 horas en una poza de agua. Después de haber cumplido el tiempo determinado se retiró la muestra para obtener peso saturado (véase apéndice I, fotografía I8, I9, I10, I11, I12, I13, I14, I15, I16, I17, I18, I19, I20, I21, I22).

Se calculó porcentaje de absorción para cada unidad de albañilería con la ecuación 4:

$$\text{Absorción \%} = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 4}]$$

Donde:

W_s = Peso seco de la unidad de albañilería (gr).

W_d = Peso de la unidad saturada, después de inmersión en agua fría durante 24 horas.

Después de haber culminado con los pesos de la unidad de albañilería, se calculó promedio de absorción con aproximación al 0,1 %.

e. Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.

Se realizó ensayos de resistencia a la compresión en muestras de ladrillos blocker y macizo gris, cumpliendo procedimientos de la norma técnica peruana NTP 399.613 (INDECOPI, 2005). Donde se rellenaron ambas caras de las unidades con 40 % a 60 % de azufre derretido a profundidad de 6 mm.

Los procedimientos de cálculo iniciaron con la medición de ancho y largo de las muestras a fin de obtener el área de los especímenes. El resultado del ensayo consistió en dividir carga máxima aplicada entre área del ladrillo

$$F'b = \frac{P_u}{A} \dots \dots \dots [Ecuación 5]$$

F'b = Resistencia a la compresión de unidad.

Pu = Carga ultima aplicada del ladrillo.

A = Área del ladrillo.

f. Resistencia a la compresión axial – pilas.

Se cumplió lineamientos de la norma técnica peruana NTP 399.605 (INDECOPI, 2005). Construyendo en campo pilas con ladrillos blocker y macizo gris, para ser ensayados a compresión axial. Antes de iniciar la compresión se anotó dimensiones en alto, ancho, largo de cada muestra para calcular promedios respectivos, área neta de sección transversal del prisma y esbeltez de cada pila.

Se obtuvo cálculo de resistencia en pilas de ladrillo blocker y macizo gris, aplicando la siguiente formula:

$$f'_m = \frac{P}{A} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) \dots \dots \dots [\text{Ecuación 6}]$$

Donde:

f'_m = Resistencia a compresión axial de la pila.

P = Carga compresión axial aplicada.

A = Área bruta de sección transversal.

Se calculó coeficiente de corrección por esbeltez empleando la siguiente formula:

$$CC = -0.0053.E^3 + 0.051.E^2 - 0.0631.E + 0.7074 \dots \dots \dots [\text{Ecuación 7}]$$

Donde:

E = Esbeltez.

La resistencia a compresión de cada pila fue corregida por su factor esbeltez

g. Resistencia a la compresión diagonal – muretes.

Los ensayos de resistencia a la compresión diagonal de muretes fueron realizados acorde a la norma técnica peruana NTP 399.621 (INDECOPI, 2005), donde se obtuvo dividiendo la carga de rotura aplicada en cada murete entre el área de la diagonal (véase ecuación 8):

$$v_m = \frac{P}{A} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 8}]$$

Donde

P = Carga de rotura en kg.

L_p = Longitud promedio del murete.

H_p = Altura promedio del murete.

D = Dimensión Diagonal.

tp = Espesor del murete.

A = Área de la diagonal.

vm = Resistencia a la compresión diagonal en kg/cm².

Dimensión diagonal del murete (D):

$$D = \sqrt{L_p^2 + H_p^2} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 9}]$$

Área de la diagonal

$$A = D \times t_p \dots\dots\dots [\text{Ecuación 10}]$$

3.5. Análisis y procesamiento de información

3.5.1. Análisis de la información.

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) los datos obtenidos mediante métodos diversos como encuestas, fichas u otros, se analizan cuantitativamente por un computador u ordenador y el procedimiento sugerido es como se figura a continuación en la figura 18:

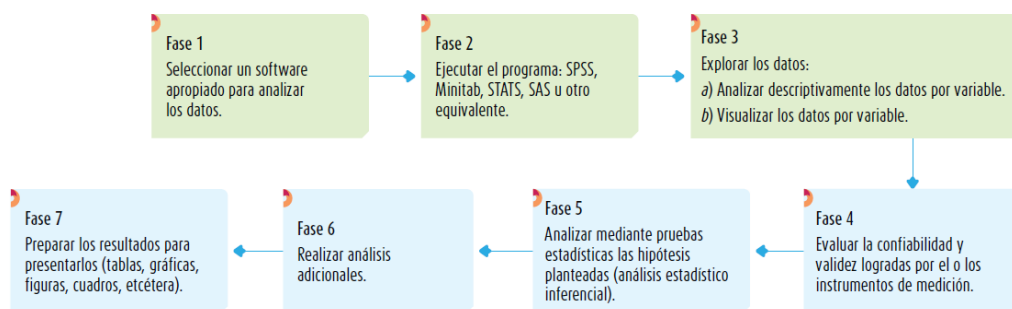


Figura 18. Proceso para efectuar el análisis estadístico

Fuente: Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018

3.5.1.1. Patologías del concreto.

a. Ensayo de esclerometría.

Para evaluar la uniformidad que presenta el concreto in-situ se cumplió lineamientos regidos en la NTP 339.18:2013 y ASTM C805. Se utilizó programa Ms Excel para el cálculo de dureza del concreto (véase apéndice F).

b. Detección de acero.

El registro de ubicación y naturaleza de acero de refuerzo en vigas y columna fue con equipo especializado (véase apéndice M)

c. Inspección visual.

Se procesó identificación de patologías del concreto en programa Excel considerando dimensiones afectadas (véase apéndice A, B, C, D, E)

3.5.1.2. Vulnerabilidad sísmica.

a. Ensayos de unidades de albañilería.

Se procesó en formatos de hojas de cálculo, siendo estos datos obtenidos en campo para determinar la variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión de unidad de albañilería, pilas y resistencia a la compresión diagonal de muretes. Los resultados se obtuvieron por muestras de ladrillo macizo, blocker y bloqueta (véase apéndice H, I, J, K).

b. Ficha de encuesta.

Los datos localizados en campo se digitaron en hojas de Microsoft Excel, a fin de tener data de investigación (véase apéndice P).

c. Ficha de reporte.

Se procesó datos preliminares de la ficha de encuesta en tres hojas de cálculo Ms Excel (véase apéndice P figura P4, P5, P6)

d. Análisis sísmico.

Se realizó evaluación de análisis sísmico de una vivienda ubicada en el AA. HH. Siglo XXI, Mz C – Lte 44 según normativa E-030 (véase apéndice R, S)

3.5.2. Validación de resultados.

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) la prueba estadística de correlación de Pearson sirve para analizar relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. Se conoce también como “coeficiente producto-momento”. Su forma de simbolizar es la letra r

Las hipótesis para probar mediante esta prueba estadística son del tipo de “a mayor X, mayor Y” también “a mayor X, menor Y”, o grado de asociación con valores de una de las variables en la otra. Mediante las hipótesis de investigación señala que la correlación es significativa (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La prueba estadística, no considera a una como independiente o a otra como dependiente, ya que no evalúa la causalidad. Considerando la noción de causa-efecto (independiente – dependiente) es posible establecerla teóricamente, pero la prueba no asume dicha causalidad (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Este coeficiente de correlación se calcula de puntuaciones obtenidas en una muestra en dos variables (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Patologías en el concreto.

4.1.1.1. Inspección visual.

Luego de haber realizado los ensayos no destructivos, se determinó las patologías en el concreto, de una vivienda ubicada en el AA.HH. Siglo XXI Mz C - Lt 44 obteniéndose lo siguiente:

Tabla 9

Patologías identificadas en la vivienda

Descripción	Símbolo	Tipo de patologías identificadas							
		Muros		Columnas		Vigas		Losa	
		m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
Grietas	A	1,47	1,00	0,29	80	0,00	0,00	0,00	0,00
Fisuras	B	1,17	11,0	0,07	20	0,345	100	5,43	9,27
Delaminación	C	1,58	15,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Escamado	D	3,17	30,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desconchado	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Popout	F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,77	60,00
Resquebrajamiento	G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	35,00

Tabla 9*Patologías identificadas en la vivienda (continuación)*

		Tipo de patologías identificadas							
Descripción	Símbolo	Muros		Columnas		Vigas		Losa	
		m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
Eflorescencia	H	3,14	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		10,52	100	0,36	100	0,35	100	57,70	100

La tabla 9 muestra el resumen de las patologías encontradas en la vivienda resaltándose que se tienen un mayor grado patológico en los muros y losas de la vivienda analizada.

Tabla 10*Patologías identificadas en las columnas*

Elemento	Ancho	Alto	Área	A	B
	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
C-01	0,39	2,24	0,87	0,00	0,00
C-01	0,39	2,24	0,87	0,00	0,00
C-02	0,50	2,50	1,26	0,00	0,00
C-03	0,61	2,50	1,52	0,00	0,00
C-04	0,65	2,50	1,63	0,00	0,00
C-05	0,98	2,50	2,45	0,00	0,00
C-06	1,17	2,50	2,92	0,00	0,00
C-07	1,27	2,50	3,18	0,00	0,00
C-08	0,98	2,50	2,45	0,00	0,07
C-09	1,02	2,50	2,55	0,288	0,00
C-10	1,44	2,50	3,60	0,00	0,00
C-11	1,04	2,50	2,60	0,00	0,00
C-12	1,06	2,50	2,65	0,00	0,00
C-13	0,79	2,50	1,98	0,00	0,00

Tabla 10*Patologías identificadas en las columnas (continuación)*

Elemento	Ancho	Alto	Área	A	B
	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
C-14	0,84	2,50	2,10	0,00	0,00
C-15	0,84	2,50	2,10	0,00	0,00
C-16	1,08	2,50	2,70	0,00	0,00
C-17	0,92	2,50	2,30	0,00	0,00
C-18	1,06	2,50	2,65	0,00	0,00
C-19	1,00	2,50	2,50	0,00	0,00
C-20	1,08	2,50	2,70	0,00	0,00
Total			47,57	0,288	0,07

La tabla 10 muestra las patologías que fueron identificadas en las columnas de la vivienda analizada por inspección visual referidos a las grietas (A) y fisuras (B) (ver apéndice A; apéndice B; apéndice E).

Tabla 11*Grado de severidad patológica en las columnas*

Elemento	Área afectada		Grado de severidad	Dimensión
	m ²	%		
C-01	0,00	0,00	Leve	1
C-01	0,00	0,00	Leve	1
C-02	0,00	0,00	Leve	1
C-03	0,00	0,00	Leve	1
C-04	0,00	0,00	Leve	1
C-05	0,00	0,00	Leve	1
C-06	0,00	0,00	Leve	1
C-07	0,00	0,00	Leve	1
C-08	0,07	2,9	Leve	1

Tabla 11*Grado de severidad patológica en las columnas (continuación)*

Elemento	Área afectada		Grado de severidad	Dimensión
	m ²	%		
C-09	0,29	11,3	Leve	1
C-10	0,00	0,00	Leve	1
C-11	0,00	0,00	Leve	1
C-12	0,00	0,00	Leve	1
C-13	0,00	0,00	Leve	1
C-14	0,00	0,00	Leve	1
C-15	0,00	0,00	Leve	1
C-16	0,00	0,00	Leve	1
C-17	0,00	0,00	Leve	1
C-18	0,00	0,00	Leve	1
C-19	0,00	0,00	Leve	1
C-20	0,00	0,00	Leve	1
Total	0,36	0,75%	Leve	1

La tabla 11 muestra el grado de severidad de las patologías existentes identificadas por inspección visual en las columnas siendo estas de un grado de severidad leve.

Tabla 12*Patologías identificadas en las vigas*

Elemento	Ancho	Alto	Área	A	B
	m	m	m ²	m ²	m ²
V-01	2,16	0,30	0,65	0,00	0,225
V-02	4,74	0,30	1,42	0,00	0,12
V-03	4,74	0,30	1,42	0,00	0,00
Total			3,49	0,00	0,345

La tabla 12 muestra las patologías identificadas en las vigas de la vivienda analizada por inspección visual referidos a las grietas (A) y fisuras (B) (ver apéndice A, fotografía A1, A2; apéndice B, fotografía B18).

Tabla 13

Grado de severidad patológica en las vigas

Elemento	Área afectada		Grado de severidad	Dimensión
	m ²	%		
V-01	0,225	35	Moderado	2
V-02	0,12	8	Leve	1
V-03	0,00	0	Leve	1
Total	0,345	10	Leve	1

La tabla 13 muestra el grado de severidad de las patologías existentes identificadas por inspección visual en vigas de la vivienda analizada.

Tabla 14

Patologías en los muros primer piso

Elemento	Ancho	Alto	Área	A	B	C	D	H
			m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
M-01	3,43	2,50	8,58	0,375	0,00	0,00	0,00	0,00
M-02	3,35	2,50	8,38	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
M-03	2,70	2,50	6,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-04	3,67	2,50	9,18	0,00	0,27	0,00	1,00	0,00
M-05	1,42	2,50	3,55	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
M-06	3,35	2,50	8,38	0,00	0,14	0,00	1,08	0,00
M-07	3,65	2,50	9,13	0,00	0,05	0,18	0,00	0,35
M-08	3,48	2,50	8,70	0,21	0,00	0,80	0,00	0,00
M-09	4,31	2,50	10,78	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
M-10	2,20	2,50	5,50	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00
M-11	2,16	2,50	5,40	0,00	0,00	0,60	0,39	0,00
M-12	2,26	2,50	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-13	2,85	2,50	7,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
M-14	3,94	2,50	9,85	0,00	0,00	0,00	0,70	1,58
M-15	3,75	2,50	9,38	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 14*Patologías en los muros primer piso (continuación)*

Elemento	Ancho	Alto	Área	A	B	C	D	H
	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
M-16	2,18	2,50	5,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-17	2,66	2,50	6,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-18	0,91	2,50	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total			130,68	1,41	0,54	1,58	3,17	3,14

La tabla 14 da a conocer las patologías identificadas en los muros del primer piso referido a grietas (A), fisuras (B), delaminación (C), escamado (D) y eflorescencia (H) (ver apéndice A, apéndice B; apéndice C; apéndice D)

Tabla 15*Grado de severidad patológica en muros del primer piso*

Elemento	Área afectada	Grado de severidad	Dimensión	Dimensión
	m ²	%		
M-01	0,00	0,0	Leve	1
M-02	0,06	1,0	Leve	1
M-03	0,00	0,0	Leve	1
M-04	1,27	14,0	Leve	1
M-05	0,25	7,0	Leve	1
M-06	1,22	15,0	Moderado	2
M-07	0,58	6,0	Leve	1
M-08	1,01	12,0	Leve	1
M-09	0,38	3,0	Leve	1
M-10	0,00	0,4	Leve	1
M-11	1,14	21	Moderado	2
M-12	0,00	0	Leve	1
M-13	1,21	17	Moderado	2
M-14	2,28	23	Moderado	2
M-15	0,20	2	Leve	1
M-16	0,00	0	Leve	1
M-17	0,00	0	Leve	1
M-18	0,00	0	Leve	1

La tabla 15 muestra el grado de severidad de las patologías existentes identificadas por inspección visual en los muros del primer piso destacándose que en su mayoría estos son leves.

Tabla 16

Patologías en los muros segundo piso

Elemento	Ancho	Alto	Área	A	B	C	D	H
	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
M-19	3,04	2,50	7,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-20	3,66	2,40	8,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-21	3,65	2,40	8,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-22	3,97	2,40	9,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-23	3,69	2,40	8,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-24	3,36	2,40	8,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-25	4,00	2,40	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-26	3,51	2,40	8,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-27	3,62	2,40	8,68	0,06	0,15	0,00	0,00	0,00
M-28	4,77	2,40	11,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-29	3,96	2,40	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-30	2,58	2,40	6,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-31	2,22	2,40	5,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-32	1,01	2,40	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-33	3,64	2,40	8,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-34	2,44	2,40	5,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-35	1,02	2,40	2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-36	1,21	2,40	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-37	0,98	2,40	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M-38	2,23	2,50	5,58	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00
Total			141,07	0,06	0,63	0,00	0,00	0,00

Patologías identificadas en los muros del primer piso referido a grietas (A), fisuras (B), delaminación (C), escamado (D) y eflorescencia (H) (ver apéndice A).

Tabla 17*Grado de severidad patológica en muros del segundo piso*

Elemento	Área afectada	Grado de severidad	Dimensión	Dimensión
	m ²	%		
M-19	0,00	0,00	Leve	1
M-20	0,00	0,00	Leve	1
M-21	0,00	0,00	Leve	1
M-22	0,00	0,00	Leve	1
M-23	0,00	0,00	Leve	1
M-24	0,00	0,00	Leve	1
M-25	0,00	0,00	Leve	1
M-26	0,00	0,00	Leve	1
M-27	0,21	2,42	Leve	1
M-28	0,00	0,00	Leve	1
M-29	0,00	0,00	Leve	1
M-30	0,00	0,00	Leve	1
M-31	0,00	0,00	Leve	1
M-32	0,00	0,00	Leve	1
M-33	0,00	0,00	Leve	1
M-34	0,00	0,00	Leve	1
M-35	0,00	0,00	Leve	1
M-36	0,00	0,00	Leve	1
M-37	0,00	0,00	Leve	1
M-38	0,48	8,61	Leve	1

La tabla 17 muestra el grado de severidad de las patologías existentes identificadas por inspección visual en los muros del segundo piso destacándose que todas son grado de severidad leve.

Tabla 18*Patologías en las losas de la vivienda*

Elemento	Área	A	B	F	G
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
Losa 3 ^{er} nivel	77,49	0,00	2,50	0,00	0,00
Losa 2 ^{do} nivel	58,60	0,00	2,93	0,00	20,00
Losa 1 ^{er} nivel	45,58	0,00	0,00	34,77	0,00
Total	104,18	0,00	5,43	34,77	20,00

Patologías identificadas en las losas aligeradas de la vivienda referido a grietas

(A), fisuras (B), popout (F) y resquebrajamiento (G) (ver apéndice B)

4.1.1.2. Contenido de humedad.

Tabla 19*Contenido de humedad en columnas y losa primer piso*

Cod	Descripción	Tipo	Humedad	Altura
			%	m
H-01	Columna	C-01	2,90	1,30
H-02	Columna	C-01	15,20	1,90
H-04	Columna	C-02	3,50	1,30
H-05	Columna	C-03	9,90	1,30
H-06	Columna	C-04	6,60	1,30
H-07	Columna	C-05	5,00	1,30
H-08	Columna	C-06	3,90	1,30
H-09	Columna	C-07	4,40	1,20
H-10	Columna	C-08	3,70	0,90
H-25	Losa	V-01	4,40	0,00

La tabla 19 muestra el porcentaje de contenido de humedad en columna y losa del primer piso destacándose un 15,20 % de humedad en las columnas (ver apéndice G)

Tabla 20*Contenido de humedad en columnas y losa segundo piso*

Cod	Descripción	Tipo	Humedad	Altura
			%	m
H-03	Columna	C-01	20,40	0,75
H-11	Columna	C-09	4,40	0,90
H-12	Columna	C-10	3,40	0,30
H-13	Columna	C-11	5,40	1,30
H-14	Columna	C-12	3,60	1,30
H-15	Columna	C-13	3,80	0,90
H-16	Columna	C-14	3,50	1,30
H-17	Columna	C-15	3,00	1,30
H-18	Columna	C-16	3,00	1,00
H-19	Columna	C-17	4,00	1,00
H-20	Columna	C-18	3,00	1,00
H-21	Columna	C-19	4,50	1,00
H-22	Columna	C-20	2,70	0,90

La tabla 20 indica el porcentaje de contenido de humedad en columna y losa del primer piso (ver apéndice G)

Tabla 21*Contenido de humedad en losa segundo y tercer piso*

Cod	Descripción	Tipo	Humedad	Altura
			%	m
H-23	Losa	L-02	18,0	-
H-24	Losa	L-03	3,20	-

La tabla 21 indica el porcentaje de contenido de humedad en losa del segundo y tercer piso (ver apéndice G)

4.1.1.3. Esclerometría.

Tabla 22

Ensayo de esclerometría

Cod	Descripción	Tipo	Dirección de aplicación	Resistencia a la
				compresión $f'c$ kg/cm ²
E-01	Columna	C-01	Horizontal	130
E-01'	Columna	C-01	Horizontal	186
E-02	Columna	C-02	Horizontal	116
E-03	Columna	C-03	Horizontal	230
E-04	Columna	C-04	Horizontal	151
E-05	Columna	C-05	Horizontal	166
E-06	Columna	C-06	Horizontal	190
E-07	Losa	L-01	Horizontal	341
E-08	Columna	C-07	Horizontal	92
E-09	Columna	C-08	Horizontal	219
E-010	Columna	C-09	Horizontal	156
E-11	Columna	C-10	Horizontal	145
E-12	Columna	C-11	Horizontal	107
E-13	Columna	C-12	Horizontal	74
E-14	Columna	C-13	Horizontal	106
E-15	Columna	C-14	Horizontal	228
E-16	Columna	C-15	Horizontal	202
E-17	Columna	C-16	Horizontal	330
E-18	Columna	C-17	Horizontal	225
E-19	Columna	C-18	Horizontal	301
E-20	Columna	C-19	Horizontal	216
E-21	Columna	C-20	Horizontal	82

La tabla 22 muestra los resultados del ensayo de esclerometría en las columnas de la vivienda analizada (ver apéndice F)

4.1.2. Vulnerabilidad sísmica.

4.1.2.1. Densidad de muros existente.

Tabla 23

Densidad de muros dirección X

Muro	Longitud	t	t.l
	m	m	m ²
M1	4,14	0,15	0,62
M2	3,98	0,15	0,60
M3	4,24	0,15	0,64
M4	3,79	0,15	0,57
M6	0,00	0,15	0,00
M7	0,00	0,15	0,00
M8	0,00	0,15	0,00
M9	0,00	0,15	0,00
M10	1,29	0,15	0,19
M11	2,14	0,15	0,32
M12	2,40	0,15	0,36
M13	1,73	0,15	0,26
M14	0,00	0,15	0,00
M15	2,62	0,15	0,39
M16	2,02	0,15	0,30
M17	0,87	0,15	0,13
M18	2,07	0,15	0,31
M19	2,65	0,15	0,40
M20	2,84	0,15	0,43
M21	2,74	0,15	0,41
M22	2,79	0,15	0,42
	Total		6,35

La tabla 23 muestra la densidad de muros analizada en la dirección X verificándose una densidad de 6,35 m² (véase apéndice O)

Tabla 24*Densidad de muros dirección Y*

Muro	l	t	t.l
	m	m	m ²
M1	0,00	0,15	0,00
M2	0,00	0,15	0,00
M3	0,00	0,15	0,00
M4	0,00	0,15	0,00
M6	1,53	0,15	0,23
M7	1,34	0,15	0,20
M8	3,02	0,15	0,45
M9	3,06	0,15	0,46
M10	0,00	0,15	0,00
M11	0,00	0,15	0,00
M13	2,16	0,15	0,32
M14	0,81	0,15	0,12
M15	1,62	0,15	0,24
M16	2,62	0,15	0,39
M17	2,17	0,15	0,32
M18	1,25	0,15	0,19
M19	2,07	0,15	0,31
M20	3,40	0,15	0,51
M21	3,05	0,15	0,46
M22	2,74	0,15	0,41
Total			4,62

La tabla 24 muestra la densidad de muros analizada en la dirección X verificándose una densidad de 4,62 m² (véase apéndice O)

4.1.2.2. Verificación de la densidad de muros adecuada.

Tabla 25*Verificación de la densidad de muros dirección X*

Análisis en el sentido "X"					
Área: Piso 1	Cortante Basal		Área de muros	Requerida: Ar	Ae/Ar
	Peso acum.	V=ZUCSP/R	Existente: Ae		
m²	KN/m²	KN	m²	m²	Adimensional
58,6	35,95	929,342	6,35	1,9	3,34

La tabla 25 da a conocer la revisión realizada para determinar la densidad de muros adecuada en la dirección X extraído de la ficha de reporte (véase apéndice P)

Tabla 26*Verificación de la densidad de muros dirección X*

Análisis en el sentido "X"			
Densidad Ae/Área piso 1	Resistencia VR	VR/V	VR/V
%	KN	Adimensional	
10,84	-	-	Adecuado

La tabla 26 da a conocer la revisión de la densidad de muros adecuada en la dirección X extraído de la ficha de reporte (véase apéndice P)

Tabla 27*Verificación de la densidad de muros dirección Y*

Análisis en el sentido "Y"					
Área: Piso 1	Cortante Basal		Área de muros	Requerida: Ar	Ae/Ar
	Peso acum.	V=ZUCSP/R	Existente: Ae		
m²	KN/m²	KN	m²	m²	Adimensional
58,6	35,95	929,342	4,62	1,9	2,43

La tabla 27 da a conocer la revisión de la densidad de muros adecuada en la dirección Y extraído de la ficha de reporte (véase apéndice P)

Tabla 28*Verificación de la densidad de muros dirección Y*

Análisis en el sentido "Y"			
Densidad Ae/Área piso 1	Resistencia VR	VR/V	VR/V
%	KN	Adimensional	
7,88	-	-	Adecuado

La tabla 28 da a conocer la revisión de la densidad de muros adecuada en la dirección Y extraído de la ficha de reporte (véase apéndice P).

4.1.2.3. Estabilidad de muros al volteo.

Tabla 29*Estabilidad de muros al volteo primer piso*

Muro	Factores				Mom. Act	Mom. Rest.	Resultado
	C₁	m	P	t			
	adim	adim	kN/m²	m			
M1	2	0,074	2,70	0,15	3,08	0,5625	inestable
M2	2	0,074	2,70	0,15	2,85	0,5625	inestable
M3	2	0,074	2,70	0,15	3,23	0,5625	inestable
M4	2	0,087	2,70	0,15	3,04	0,5625	inestable
M6	2	0,129	2,70	0,15	0,73	0,5625	inestable
M7	2	0,131	2,70	0,15	0,57	0,5625	inestable
M8	2	0,097	2,70	0,15	2,15	0,563	inestable
M9	2	0,097	2,70	0,15	2,21	0,563	inestable
M10	2	0,140	2,70	0,15	0,57	0,563	inestable
M11	2	0,118	2,70	0,15	1,32	0,563	inestable
M12	2	0,097	2,70	0,15	2,46	0,563	inestable
M13	2	0,122	2,70	0,15	1,08	0,563	inestable
M14	2	0,128	2,70	0,15	0,82	0,563	inestable
M15	2	0,087	2,70	0,15	2,91	0,563	inestable
M16	2	0,097	2,70	0,15	2,07	0,563	inestable
M17	2	0,129	2,70	0,15	0,72	0,563	inestable

Tabla 29*Estabilidad de muros al volteo primer piso (continuación)*

Muro	Factores				Mom. Act	Mom. Rest.	Resultado
	C1	m	P	t			
	adim	adim	kN/m ²	m			
M18	2	0,106	2,70	0,15	2,20	0,563	inestable
M19	2	0,074	2,70	0,15	3,34	0,563	inestable
M20	2	0,074	2,70	0,15	3,13	0,563	inestable
M21	2	0,074	2,70	0,15	2,71	0,563	inestable
M22	2	0,106	2,70	0,15	2,01	0,563	inestable

La tabla 29 a da a conocer el análisis realizado de estabilidad de muros al volteo en el primer piso verificándose que estos son inestables (ver apéndice O)

4.1.2.4. Vulnerabilidad estructural y no estructural.

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica se consideró la vulnerabilidad estructural y no estructural de la siguiente manera:

Tabla 30*Vulnerabilidad estructural*

Vulnerabilidad estructural			
Densidad (60 %)		Mano de obra y materiales (30 %)	
Adecuada	1	Buena calidad	1
Aceptable	2	Regular calidad	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

Según los resultados obtenidos en las tablas 25, 26, 27, 28 y cotejando con la tabla 30 se obtuvo una densidad de muros adecuada:

Densidad (60 %) = Adecuada = 1

Según los resultados obtenidos de la ficha de recopilación de datos (véase apéndice

P, figura P2) se obtuvo:

Mano de obra y materiales (30 %) = Mala calidad = 3

Tabla 31

Vulnerabilidad no estructural

Vulnerabilidad no estructural	
Tabiquería y parapetos (10%)	
Todos estables	1
Algunos estables	2
Todos inestables	3

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

Según los resultados obtenidos en las tablas 29 y cotejando con la tabla 31 se obtiene que la vulnerabilidad no estructural es:

Tabiquería y parapetos = Todos inestables = 3

4.1.2.5. Índice de vulnerabilidad sísmica.

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Vulnerabilidad} = 0,6 \times \text{densidad}_{\text{muros}} + 0,3 \times \text{Mano}_{\text{obra}} + 0,1 \times \text{Estabilidad}_{\text{muros}}$$

$$\text{Vulnerabilidad} = 0,6 \times 1 + 0,3 \times 3 + 0,1 \times 3$$

$$\text{Vulnerabilidad} = 1,8$$

Así mismo corroborando con la tabla de combinaciones propuestas por Mosqueira y Tarque (2005) se verifica la figura 19:

Vulnerabilidad Sísmica	Estructural						No estructural			Valor Numérico
	Densidad de Muros (60%)			Calidad M.O. y Materiales (30%)			Estabilidad de tabiquerías (10%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estable	Algunos Estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1.0
	X			X				X		1.1
	X			X					X	1.2
	X				X		X			1.3
	X				X			X		1.4
MEDIA	X				X				X	1.5
	X					X	X			1.6
	X					X		X		1.7
	X					X			X	1.8
		X		X			X			1.6
		X		X				X		1.7
		X		X					X	1.8
		X			X		X			1.9
		X			X			X		2.0
		X			X				X	2.1

Figura 19. Combinaciones para obtener la vulnerabilidad sísmica

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

Por tanto, según la figura 19 el índice de vulnerabilidad sísmica corresponde a 1,8.

Siendo el grado de vulnerabilidad de la vivienda media.

4.1.2.6. Peligro sísmico.

Para el cálculo del peligro sísmico se tomó en cuenta los parámetros sismicidad, suelo, topografía y pendiente como indica Mosqueira y Tarque (2005):

Tabla 32

Vulnerabilidad no estructural

Peligro					
Sismicidad (40 %)		Suelo (40 %)		Topografía y pendiente (10%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

$$\text{Peligro}_{\text{sismico}} = 0,4 \times \text{sismicidad} + 0,4 \times \text{suelo} + 0,2 \times \text{Topografía y pendiente}$$

$$\text{Peligro}_{\text{sismico}} = 0,4 \times 3 + 0,4 \times 1 + 0,2 \times 1$$

$$\text{Peligro}_{\text{sismico}} = 1,8$$

Sismicidad (40%)	Suelo (40%)			Topografía (20%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada		
ALTA	X			X			Bajo	1.8
	X				X		Medio	2.0
	X					X		2.2
		X		X				2.2
		X			X		Alto	2.4
		X				X		2.6
			X	X				2.6
			X		X			2.8
			X			X		3.0

Figura 20. Combinaciones para obtener el peligro sísmico

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

Por tanto, según la figura 20 el peligro sísmico que tuvo la vivienda es de 1,8 lo cual indica un peligro sísmico bajo.

4.1.2.7. Riesgo sísmico.

Para el cálculo del riesgo sísmico, se realizó considerando la vulnerabilidad y peligro sísmico previamente obtenido para la vivienda (véase figura 21).

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

Figura 21. Riesgo sísmico

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005

Por tanto, considerando la figura 21 el riesgo sísmico de la vivienda analizada fue de nivel medio.

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Contrastación de hipótesis general.

a. *Planteamiento de hipótesis nula (H_0) e hipótesis alterna (H_1).*

H_0 : La importancia de la evaluación de patologías del concreto no brindara un conocimiento, para la identificación de la dependencia que existe con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

H_1 : La importancia de la evaluación de patologías del concreto brindara un conocimiento, para la identificación de la dependencia que existe con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

b. *Establecimiento de un nivel de significancia.*

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5\% = 0.05$.

c. *Seleccionar estadístico de prueba.*

Coefficiente de correlación de Pearson.

d. *Resultados de la correlación de Pearson.*

Tabla 33

Correlación de Pearson vulnerabilidad y patologías

	Correlaciones	Vulnerabilidad	Patologías
Vulnerabilidad	Correlación de Pearson	1	0,843**
	Sig. (bilateral)		0,000002
	N	21	21
Patologías	Correlación de Pearson	0,843**	1
	Sig. (bilateral)	0,000002	
	N	21	21

e. *Toma de decisiones.*

Con un coeficiente de correlación de 0,843 y una probabilidad de error de 0,000002 se acepta la hipótesis alterna, por tanto, se puede asegurar que:

La importancia de la evaluación de patologías del concreto brindara un conocimiento, para la identificación de la dependencia que existe con la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

4.2.2. Contrastación de hipótesis específica uno.

a. *Planteamiento de hipótesis nula (H_0) e hipótesis alterna (H_1).*

H_0 : El grado de daño para la evaluación de patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, mediante ensayos no destructivos, no es medio.

H_1 : El grado de daño para la evaluación de patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, mediante ensayos no destructivos, es medio.

b. *Establecimiento de un nivel de significancia.*

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5\% = 0.05$.

c. *Seleccionar estadístico de prueba.*

Coefficiente de correlación de Pearson.

d. *Resultados de la correlación de Pearson.*

Tabla 34

Correlación patologías y grado de daño patológico

	Correlaciones	Patologías	Grado de daño patológico
Patologías	Correlación de Pearson	1	0,458*
	Sig. (bilateral)		0,037
	N	21	21
Grado de daño patológico	Correlación de Pearson	0,458*	1
	Sig. (bilateral)	0,037	
	N	21	21

e. Toma de decisiones.

Con un coeficiente de correlación de 0,458 y una probabilidad de error de 0,037 se acepta la hipótesis alterna, por tanto, se puede asegurar que:

El grado de daño para la evaluación de patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, mediante ensayos no destructivos, es medio.

4.2.3. Contrastación de hipótesis específica dos.

a. Planteamiento de hipótesis nula (H_0) e hipótesis alterna (H_1).

H_0 : Utilizando la metodología simple con fichas de reporte elaboradas por la PUCP, se determina nivel medio de vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020.

H_1 : Utilizando la metodología simple con fichas de reporte elaboradas por la PUCP, se determina bajo nivel de vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua, 2020.

b. Establecimiento de un nivel de significancia.

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5\% = 0.05$

c. Seleccionar estadístico de prueba.

Coeficiente de correlación de Pearson.

d. *Resultados de la correlación de Pearson.*

Tabla 35

Correlación grado de vulnerabilidad

Correlaciones		Grado de vulnerabilidad sísmica	Vulnerabilidad
Grado de vulnerabilidad sísmica	Correlación de Pearson	1	0,180
	Sig. (bilateral)		0,434
	N	21	21
Vulnerabilidad	Correlación de Pearson	0,180	1
	Sig. (bilateral)	0,434	
	N	21	21

e. *Toma de decisiones.*

Con un coeficiente de correlación de 0,180 y una probabilidad de error de 0,434 se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, por tanto, se puede asegurar que:

Utilizando la metodología simple con fichas de reporte elaboradas por la PUCP, se determina nivel medio de vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI Ilo – Moquegua, 2020.

4.2.4. Contrastación de hipótesis específica tres.

Al haberse obtenido previamente un coeficiente de correlación $r = 0,843$ según la tabla 33 y un coeficiente de $r = 0,458$ según la tabla 34, entonces se procede a verificar la significancia del coeficiente de correlación de Pearson.

Según Hernández-Lalinde et al. (2018) la interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson aplicado a dos variables cualesquiera es la siguiente:

Tabla 36

Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson

Rango de valores de r_{xy}	Interpretación
$0,00 \leq r_{xy} < 0,10$	Correlación nula
$0,10 \leq r_{xy} < 0,30$	Correlación débil
$0,30 \leq r_{xy} < 0,50$	Correlación moderada
$0,50 \leq r_{xy} < 1,00$	Correlación fuerte

Fuente: Hernandez-Lalinde et al., 2018

Por lo tanto, con el valor de $r = 0,843$ y $0,453$ y verificando la tabla 36, existe un grado de correlación moderada y fuerte.

Entonces podemos asegurar que:

Con el coeficiente de correlación de Pearson, se evidencia que existe relación significativa entre las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Acerca de dependencia patologías y vulnerabilidad.

A partir de los resultados obtenidos con los índices de vulnerabilidad y patologías de nivel medio, se acepta la hipótesis general que establece que es importante la evaluación de las patologías del concreto ya que brindaron un conocimiento para la identificación de la dependencia que existe con la vulnerabilidad en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo – Moquegua.

Estos resultados guardan relación con Seclen (2019) que indica, que después de un estudio de patologías se verifico la existencia de diversos factores que perjudican al concreto en su durabilidad y resistencia siendo necesario realizar

ensayos de durabilidad y resistencia para estar precavidos frente a un evento sísmico que pudiera ocurrir.

4.3.2. Acerca de la evaluación de patologías.

A partir de los resultados obtenidos mediante los ensayos no destructivos se aceptó la hipótesis ya que se tiene que el grado de daño para la evaluación de patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020, es medio debido a que se pudo apreciar y determinar con mayor influencia las patologías en losas y muros de una vivienda.

Estos resultados guardan relación con Cruz y Pérez (2017) que indican, que por inspección visual por sí sola no es un diagnóstico verídico del estado de los elementos de la estructura, puesto que se desconoce las propiedades mecánicas de los diversos elementos. Y que debido a las limitantes que se encontraron, se plantea la realización de ensayos no destructivos, determinando con ellos las diversas propiedades de los elementos estructurales.

4.3.3. Acerca de la evaluación de vulnerabilidad sísmica.

A partir de los resultados obtenidos se aceptó la hipótesis nula ya que, utilizando la metodología simple con fichas de reporte elaboradas por Mosqueira y Tarque (2005) se determinó que el nivel de vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI Ilo – Moquegua es medio esto se debe a que no se tiene un adecuado confinamiento en los muros de una vivienda, y la mano de obra fue totalmente sin dirección técnica adecuada.

Estos resultados guardan relación con Granados (2019) que utilizando las fichas elaboradas por la PUCP determinó que el 31% de las viviendas analizadas

presentan densidad de muros adecuada, cumpliendo con espesores y áreas mínimas según reglamento, además se verifica que el 46% de las viviendas presentan muros inestables debido a la ausencia de confinamiento, con lo cual obtuvo una vulnerabilidad sísmica alta principalmente por la inestabilidad de muros y la baja calidad de mano de obra y materiales.

4.3.4. Acerca de la relación patologías y vulnerabilidad.

A partir de los resultados obtenidos y con el coeficiente de correlación de Pearson, se evidencio que existe relación significativa entre las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo ya que la vulnerabilidad sísmica fue de grado medio y las patologías también fueron de grado medio, teniendo así un índice de correlación de 0,843 y 0,453 por lo cual se tuvo un grado de correlación fuerte entre las dos variables de estudio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. En la presente tesis se categorizó la evaluación de las patologías del concreto con un nivel patológico medio y la vulnerabilidad sísmica cuyo índice es medio, en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI concluyendo por tanto que ambas categorizaciones son de nivel medio.

Segunda. Se identificó las patologías del concreto en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI mediante ensayos no destructivos llegando a la conclusión que la vivienda en estudio presenta un índice patológico de nivel medio.

Tercera. Se estimó la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI mediante fichas de reporte elaboradas por la PUCP dando como conclusión que esta posee un índice de vulnerabilidad sísmica media.

Cuarta. Se propuso la relación que existen entre las patologías del concreto y la vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI por medio del coeficiente de correlación de Pearson llegando a la

conclusión que existe una relación fuerte entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica.

5.2. Recomendaciones

Primera. Se recomienda que para el análisis de patologías en las viviendas se tengan la instrumentación necesaria y que para futuras investigaciones se realice mediante ensayos destructivos con el fin de conocer de una manera más efectiva el estado actual de la edificación estudiada.

Segunda. Se recomienda la utilización de las fichas de reporte elaboradas por la PUCP siempre en cuando se disponga de los datos necesarios para la recopilación exacta de la información, a futuras investigaciones se debería de considerar anexar a las fichas ensayos de albañilería, ya que para el caso de unidades de mampostería artesanal de concreto el reglamento no brinda adecuados parámetros.

Tercera. Se recomienda que se siga investigando la relación existente entre las patologías del concreto y la vulnerabilidad sísmica ya que es de importancia para poder dar a conocer el estado patológico de la vivienda y su relación con la vulnerabilidad sísmica.

Cuarta. A futuras investigaciones sobre las patologías y vulnerabilidad sísmica, se recomienda que se considere metodologías que puedan utilizarse de manera que no se tenga mucho contacto con los propietarios debido al marco de la pandemia de la COVID-19 que estamos viviendo actualmente en nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderrahmane, C. y Tarek, D. (2012). *Vulnérabilité sismique des bâtiments existants cas de la ville de bejaia* (Tesis de maestría). Université de Béjaïa, Argelia.
- Ademovic, N., Oliveira, D. y Lourenço, L. (2019). Seismic evaluation and strengthening of an existing masonry building in sarajevo. *Buildings*, 9(2).
- Aklil, A. y Achiou, L. (2014). *Les pathologies structurelles et humides dans le vieux bâti : cas de l'ancienne ville de bejaia* (Tesis de maestría). Université de Béjaïa, Argelia.
- Alam, N., Mashfiq, K., Rahman, A. y Haque, S. (2010). *Seismic vulnerability assessment of buildings in heritage and non-heritage areas in the older part of Dhaka city*. Dhaka.
- Alim'zé, W. (2018). *Évaluation non destructive de la contamination du béton par les chlorures avec la technique radar* (Tesis doctoral). Université de Toulouse, Francia.
- Almarwae, M. (2017). Structural failure of buildings: Issues and challenges. *The Scientific Journal*, 66, 97-108.
- American Concrete Institute. (1993). *Causas, evaluación y reparación de fisuras en estructuras de hormigón*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2008). *Control of cracking in concrete structures*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

- American Concrete Institute. (2008). *Guía para la realización de una inspección visual del concreto en servicio - ACI 201.1R-08*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Association D'experts Européens du Bâtiment et de la Construction. (1994). *AEEBC*. Recuperado de <https://www.aeebc.org/>
- Association Standards Technical Specifications. (2018). *ASTM C805 Standard test method for rebound number of hardened concrete*. Estados Unidos: ASTM International. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/C805.htm>
- Baret, Y. (2011). *Traiter l'humidité*. Paris: Eyrolles.
- Benavente, C. (2014). *Falla de Chololo podría generar sismo de 6,5 grados*. Recuperado de Diario la Republica: <https://larepublica.pe/archivo/838424-falla-de-chololo-podria-generar-sismo-de-65-grados/>
- Benavente, C.; Fernández, B. y Rosell, L. (2019). *Informe geotectónico de la falla geológica activa Chololo (provincias de Ilo-mariscal nieta, departamento de Moquegua)*. Moquegua: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
- Blondet, M., Dueñas, M., Loaiza, C. y Flores, R. (2004). *Seismic vulnerability of informal construction dwellings in Lima, Perú: preliminary diagnosis*. Trabajo presentado en la 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada.
- Blondet, M., Tarque, N. y Velásquez, J. (2006). *Seismic risk assessment of informally built confined masonry dwellings in Peru*. Trabajo presentado en la 13th ECEE y 30th General Assembly of the ESC, Geneva, Switzerland.

- Branco, F. y Brito, J. (2018). *Pathology of brick masonry. Lisboa, Portugal.*
 Recuperado de <https://es.scribd.com/document/384166649/6b-Pathology-of-Brick-Masonry-pb>
- Brandois, P. (2006). *Manuel de sensibilisation à la restauration de la maçonnerie.*
 Francia: Ministère de la Culture et de la Communication, Direction de l'architecture et du Patrimoine, département communication et documentation.
- Brzev, S. (2007). *Earthquake-resistant confined masonry construction.* India: National Information Center of Earthquake Engineering.
- Carreño, J. y Serrano, R. (2005). *Metodología de evaluación en patología estructural* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Cédric, A. (2010). *Analyse et réduction de la vulnérabilité sismique des structures existantes: renforcement par collage de tissus de fibres de carbone* (Tesis doctoral). Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Francia.
- Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos. (2009). *Patologías en las edificaciones.*
- Chabbi, R., Ferhoune, N. y Bouabdallah, F. (2018). *Pathologies, diagnostic à l'aide de CND et techniques de réparation et protection des ouvrages en béton armé : état de l'art.* Argelia.
- Cherrared, A. y Djebbar, T. (2012). *Vulnérabilité sismique des bâtiments existants cas de la ville de bejaia.* (Tesis de maestría). Université de Béjaïa, Argelia.

- Çitiloğlu, C. (2016). *Seismic performance assessment of confined masonry Buildings* (Tesis de maestría). Middle Technical University, Turquía.
- Cruz, W. y Pérez, G. (2017). *Estudio de patología estructural Institución Educativa Enrique Millan Rubio* (Trabajo de grado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2018). *Pathologies des bâtiments traditionnels dans le contexte spécifique des médinas marocaines*. Marruecos.
- Diaz, P. (2014). *La evaluación de la edificación correlacionando el análisis del proceso patológico, las propiedades mecánicas de los materiales y la capacidad estructural permitió establecer un diagnóstico acertado para proponer alternativas de rehabilitación* (Trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Dires, Y. (2016). *Building defects due to poor workmanship in addis ababa: the case study on 20/80 condominium houses* (Tesis de maestría). Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia.
- Duco, F. (2012). *Méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité sismique de bâtiments existants à partir d'une instrumentation in situ* (Tesis doctoral). Université de Toulouse, Toulouse, Francia.
- Elcometer. (2015). *Inspection du Béton*. Recuperado de <https://www.elcometer.com/images/stories/PDFs/Datasheets/French/143.pdf>

- Environmental Building Solutions. (2003). *Building pathology & environmental monitoring*. Reino Unido.
- Escalante, D. (2020). *Effective retrofit planning for masonry housing using steel mesh*. Lima: Lap Lambert Academic Publishing.
- Fernández, P. (2015). *El mantenimiento como herramienta para evitar la patología del edificio. El ejemplo de construcción de Oporto*. Oporto.
- Flores, R. (2015). *Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua* (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú.
- Flores, R. (2019). *Evaluación de riesgo sísmico de la infraestructura del primer pabellón del colegio emblemático José Carlos Mariátegui - Ilave - Puno* (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú.
- Gadri, K. (2007). *Contribution a l'etude d'un beton de sable avec fibres et resine destine pour la reparation mince des structures* (Tesis de maestría). Université Mohamed Khider, Biskra, Algeria .
- Garzón, J. y Landin, M. (2017). *Manual de técnicas para rehabilitación y reforzamiento en columnas y vigas de hormigón armado deterioradas por agentes mecánicos* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Gilles, A. (2012). *Natural hazard mapping across the world*. . Paris.
- Granados, J. (2019). *Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de Año Nuevo distrito de Comas - 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

- Guelmine, L. (2019). *Pathologies des constructions*. Bordj Bou Arreridj.
- Guida, A. (2012). A non-invasive technique for qualifying the reinforced. *International Journal of Geophysic*, 9.
- Güvenir, E. (2019). *Development of alternative rapid screening method to determine regional risk distribution of masonry structures* (Tesis de maestría). Hacettepe University, Turquía.
- Hendry, A., Sinha, B. y Davies, S. (2004). *Design of masonry structures*. London: Taylor & Francis.
- Hernandez-Lalinde, J., Espinoza-Castro, J.-F., Peñaloza-Tarazona, M.-E., Diaz-Camargo, E., Bautista-Sandoval, M., Riaño-Garzón, M., Bermúdez-Pirela, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: verificación de supuestos mediante un ejemplo aplicado a las ciencias de la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 552-561.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill.
- Herrera, J. (2016). *Estudio de las patologías en elementos constructivos de albañilería estructural, aplicado en un proyecto específico y recomendaciones para controlar, regula y evitar los procesos físicos en las edificaciones que se desarrollan en la ciudad de Guayaquil* (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Houari, R. y Zakaria, B. (2013). *Recherche bibliographique sur le renforcement des bâtiments d'habitation vis-à-vis du séisme* (Tesis de maestría). Université de Guelma, Guelma, Argelia.
- INDECOPI. (2004). *Normas para muretes de albañilería*. Lima: INDECOPI.
- INDECOPI. (2005). *NTP 399.613 Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima: INDECOPI.
- INDECOPI. (2013). *Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería*. Lima: INDECOPI.
- Institute for Research in Construction National Research Council Canadá. (1993). *Guidelines for seismic evaluation of existing buildings*. Canadá: National Research Council of Canadá.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/>
- International Council for Research and Innovation in Building and Construction. (2013). *Un informe de estado de arte sobre la patología de construcción*. Portugal: Vasco Peixoto de Freitas.
- Itmaizeh, E. (2016). *Pathologie de structures en beton armé* (Tesis de maestría). Université de Larbi Tébessi, Tebessa.
- Kairu, W. (2016). *Non-destructive testing of concrete structures using schmidt hammer and profometer* (Trabajo de grado). University of Nairobi, Nairobi, Kenya.

- Kerstin, L. (2002). *Seismic vulnerability of existing buildings*. Zurich: ETH zürich.
- Kosaka, R., Arias, H., Bazán, E., Gonzales, E., Minaya, A. y Ticona, J. (2001). *Evaluación de peligros de la ciudad de Ilo*. Arequipa.
- L'Association Béton Québec. (2014). *Technobéton*. Recuperado de https://betonabq.org/wp-content/uploads/technobeton/tbnumero5_2014_v01.pdf
- Lauzin, X. (2018). *Ouvrages en genie civil selon eurocodes*. London: Iste ltd.
- Lissandre, L. (2006). *Analyse de la fissuration des bétons et des techniques de mise en œuvre en vue d'optimiser la réalisation des ouvrages*. Limoges: EIFFAGE Construction Limousin.
- López, V., Rodríguez, V., Santa Cruz, J., Idelfonso, T. y Ubeda, P. (2004). *Manual de patología de la edificación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Lor, M. (2010). *Techniques de l'ingénieur l'éditeur technique et scientifique de référence*. Recuperado de <https://www.techniques-ingenieur.fr/>.
- Malcolm, T. (2013). Managing building pathology and maintenance. *Applied Technology Group Sdn Bhd*. 4-6.
- Mamani, L. y Huarcaya, R. (2018). *Identificación y evaluación de patologías en viviendas autoconstruida en los barrios marginales ubicadas en la ciudad de Puno* (Trabajo de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

- Marin, D. (2017). *Causas y soluciones de patología presente en cabaña Villa Lujan, ubicada en la vereda de Yayatá(Silvania)* (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Meli, R., Brzev, S., Astroza, M., Boen, T., Crisafulli, F., Dai, J., Yamin, L. (2011). *Seismic design guide for low-rise confined masonry buildings*. California: Centro Nacional de Información de Ingeniería Sísmica del Instituto Indio de Tecnología.
- Menasri, Y. (2009). *Évaluation de vulnérabilité sismique des bâtis existants structure portique en béton armé*. Trabajo presentado en la 2nd International Congress on Materials & Structural Stability, Rabat, Morocco.
- Merhaba, B. (2018). *Study of Construction Defects in Public Building Projects in Addis Ababa (A Case study of Federal Government Office Building Projects)* (Tesis de maestría). Addis Ababa University, Addis, Ethiopia.
- Metropolitan Engineering Consulting, Forensics and Enviromental Services. (2014). *Construction defects - causes of failures of building envelopes*. Metropolitan Engineering Consulting, Forensics and Enviromental Services. Recuperado de <https://sites.google.com/site/metropolitanenvironmental/causes-of-failures-of-building-envelopes>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica Peruana E030 Diseño Sismorresistente*. Peru: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

- Monjo, J. (1997). *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*. España: Munilla-Lería.
- Mosqueira, M. y Tarque, N. (2005). *Recomendaciones técnicas para mejorar la Seguridad sísmica de Viviendas de albañilería confinada de la costa peruana* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Municipalidad Provincial de Ilo. (2019). *Plan de desarrollo urbano sostenible 2019 - 2028*. Ilo: Municipalidad Provincial de Ilo.
- Neufert, E. (2014). *Les éléments des projets de construction*. Francia: Dunod.
- Nurul, A., Mashfiq, K., Rahman, A. y Mahabubul, S. (2010). *Seismic Vulnerability Assessment of Buildings in Heritage and Non-Heritage areas in the Older part of Dhaka City*. Trabajo presentado en la 3rd International Earthquake Symposium, Bangladesh, Dhaka.
- Othuman, N. (2014). *Poor workmanship in construction of low cost housing*. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Poor-Workmanship-in-Construction-of-Low-Cost-Othman-Mydin/dfdb737989d4aa5373bab1697a70b82f4cdb979d#related-papers>
- Parra, B. y Vásquez, P. (2014). *Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia Berneo Alarcón* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Philipparie, P. (2011). *La pathologie des façades*. Paris: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

- Portland Cement Association. (2002). *Types and causes of concrete deterioration*. Illinois: Skokie.
- Pullarao, P. (2017). *Building Pathology: Survey of defects and cost estimate of a case study renovation project* (Tesis de maestría). Università di Bologna, Bologna, Italia.
- Quiun, D., Muñoz, A. y Tinman, M. (2001). *Reforzamiento sísmico de edificios de salud y educativos afectados por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú*. Trabajo presentado en el Congreso Nacional de Ingeniería Civil - Ayacucho 2005, Ayacucho, Perú.
- San Bartolomé, A. (2007). *Defectos que incidieron en el comportamiento de las construcciones de albañilería en el sismo de Pisco del 15-08-2007*. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/09/Albanileria-sismo-del-15-08-2007.pdf>.
- San Bartolomé, A. y Quiun, D. (2004). Propuesta normativa para el diseño sísmico de edificaciones de mampostería confinada. *IMME*, 42(02), 40-57.
- San Bartolomé, A. y Quiun, D. (2007). Design proposal of confined masonry buildings. *Universidad Católica del Perú*, 1-14.
- Sarkar, P. (2018). *Seismic vulnerability assessment of existing concrete building* (Tesis de maestría). Indian Institute of Engineering Science and Technology, Shibpur, West Bengal, India,
- Schultz, A. (1994). *Performance of Masonry Structures During Extreme Lateral Loading Events, Masonry in the Americas*. Recuperado de

<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&i=4351>.

Seclen, L. (2019). *Patología y terapéutica en estructuras de concreto armado de instituciones educativas públicas del distrito de Pimentel* (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.

Tayeh, B., Hamad, R., Salah, W. y Almanassra, M. (2018). Factors affecting defects occurrence in both structural design and construction stages of residential buildings in gaza stri. *The Open Civil Engineering Journal*, 13, 129-139.

The Constructor Civil Engineering Home. (2016). *Defects in concrete structures – types causes, prevention*. Recuperado de <https://theconstructor.org/concrete/concrete-defects-types-causes-prevention/8581/>

The National Academies. (2006). *Control of cracking in concrete*. Washington: Transportation Research Board.

Toriac, J. (2004). Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención. *Revista ciencia y sociedad*, 29(1), 72-114.

Wang, Z. (2009). Seismic Hazard vs. Seismic Risk. *Seismological research letters*, 80(5), 673-674

Watt, D. (2007). *Building Pathology*. Oxford: Blackwell Publishing.

Zarak, K., Waqas, M. y Jalal, K. (2018). *Structural defects in residential buildings: A study of Quetta*. Trabajo presentado en la 1st International Conference on Advances in Engineering and Technology, Quetta, Pakistan.