



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**Estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas
autoconstruidas de albañilería mediante modelos
analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho,
2020**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR

Edizon Alecio CAMPOS AVILA

ASESOR

Dr. Ing. Luis Miguel MORÁN YÁÑEZ

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Campos, E. (2021). *Estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas de albañilería mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor	
Nombre y apellidos	Edizon Alecio Campos Avila
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71783050
URL de ORCID	
Datos de asesor	
Nombre y apellidos	Luis Miguel Moran Yañez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06118148
Código ORCID del asesor	https://orcid.org/0000-0003-0695-8829
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombre y apellidos	Omart Demetrio Tello Malpartida
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08644876
Miembro del jurado 1	
Nombre y apellidos	Jorge Escalante Contreras
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Miembro del jurado 2	
Nombre y apellidos	Edgar Gabriel Jimenez Rodrigo
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07553168
Datos de investigación	
Línea de investigación	Gestión del Riesgo desastre y Vulnerabilidad
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	No aplica

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima AA.HH: San Fernando Latitud: -11.976286 Longitud: -77.019819
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019-2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Siendo las 10:00 horas del día Jueves 04 de Noviembre del 2021 y conforme a la Directiva General de Sustentación de Tesis en la Modalidad No Presencial, aprobada con Resolución Rectoral N° 01242-R-20, usando la Plataforma Virtual Google Meet, en presencia del Vicedecano Académico de la Facultad, Dr. Jaime César Mayorga Rojas y los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. OMART DEMETRIO TELLO MALPARTIDA	Presidente
Mg. JORGE ESCALANTE CONTRERAS	Miembro
Ing. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO	Miembro

Reunidos en Acto Académico Virtual Público de Sustentación de la TESIS titulada: «**ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE MODELOS ANALÍTICOS REPRESENTATIVOS, EN SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2020**», presentada por el Bachiller **EDIZON ALECIO CAMPOS AVILA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, asesorado por el Dr. Luis Miguel Morán Yáñez.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon al Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a:

Satisfacción del Jurado

Concluida la sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue: ***Aprobado con nota 15 (Quince)***

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**, a Don **EDIZON ALECIO CAMPOS AVILA**.

Siendo las horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 04 de noviembre de 2021

Dr. OMART DEMETRIO TELLO MALPARTIDA
PRESIDENTE

Mg. JORGE ESCALANTE CONTRERAS
MIEMBRO

Ing. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO
MIEMBRO



UNMSM

Firmado digitalmente por SANTOS
RODRIGUEZ Ricardo Ramiro FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.11.2021 13:58:46 -05:00

Mg. RICARDO RAMIRO SANTOS RODRIGUEZ

DIRECTOR

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

DEDICATORIA

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.	REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2.	PROBLEMA.....	16
1.2.1.	PROBLEMA PRINCIPAL	16
1.2.2.	PROBLEMAS SECUNDARIOS.....	16
1.2.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3.1.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.	LIMITES.....	19
1.4.1.	LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1.	OBJETIVO GENERAL	19
1.5.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1.	CONCEPTOS BÁSICOS	21
2.2.	ANTECEDENTES.....	23
2.2.1.	A PARTIR DE CUANDO SE CONOCE EL PROBLEMA	23
2.2.2.	INVESTIGACIONES Y TRABAJOS ANTERIORES.....	23

2.3. BASES TEÓRICAS	31
2.3.1. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL FRENTE A SISMOS	31
2.3.2. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	33
2.3.3. CURVAS DE FRAGILIDAD	33
2.3.4. ESTADOS DISCRETOS DE DAÑO	34
2.4. MÉTODOS PARA GENERAR CURVAS DE FRAGILIDAD.....	37
2.4.1. MÉTODOS BASADOS EN OBSERVACIONES DE CAMPO.....	37
2.4.2. MÉTODOS EXPERIMENTALES.....	38
2.4.3. MÉTODOS A PARTIR DE LA OPINION DE EXPERTOS.....	38
2.4.4. MÉTODOS ANALÍTICOS	39
2.5. CURVAS DE FRAGILIDAD POR EL MÉTODO ANALÍTICO	39
2.5.1. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABLIDAD	40
2.5.2. DISTRIBUCIPON LOG-NORMAL	40
2.5.3. CURVAS DE FRAGILIDAD	41
2.5.4. MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO	43
3. CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	44
3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	44
3.1.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL	44
3.1.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS	44
3.2. VARIABLES.....	44
3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	45
4. CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	46

4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	46
4.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	46
4.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	47
4.2.1. UNIDAD DE ESTUDIO.....	47
4.2.2. POBLACIÓN.....	47
4.2.3. MUESTRA.....	48
4.3. TÉCNICAS Y MÉTODO.....	50
4.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
4.3.2. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.....	53
4.3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
4.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
4.4.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	56
4.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	57
4.4.3. VACIADO DE LOS DATOS.....	60
4.4.4. DEFINICIÓN DE LOS MODELOS REPRESENTATIVOS.....	70
4.4.5. DETERMINACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA.....	76
4.4.6. ANÁLISIS DE LOS MODELOS REPRESENTATIVOS.....	78
4.4.7. TRATAMIENTO DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	85
4.4.8. DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE FRAGILIDAD.....	95
4.4.9. ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	102

4.4.10. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA CUALQUIER VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA AUTOCONSTRUIDA	103
5. CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	109
6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
6.1. CONCLUSIONES	112
6.2. RECOMENDACIONES.....	113
APÉNDICE	

PRESENTACIÓN

La presente investigación tiene como título “ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE MODELOS ANALÍTICOS REPRESENTATIVOS, EN SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2020”. La metodología empleada es una contribución al área de la ingeniería estructural porque permite estimar la vulnerabilidad estructural frente a un determinado sismo de las viviendas autoconstruidas mediante el análisis estructural de modelos representativos. Se desarrollo la tesis esperando que su aplicación sirva de apoyo a todos los estudiantes y profesionales que estén dedicándose a la investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi madre

por su apoyo incondicional

a lo largo de todo mi desarrollo académico.

Siempre estaré totalmente agradecido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia del ladrillo pandereta industrial y artesanal.

Tabla 2: Valores de deriva para un muro hecho con ladrillo industrial.

Tabla 3: Valores de deriva para un muro hecho con ladrillo artesanal.

Tabla 4: Valores de deriva para un muro hecho con ladrillo pandereta.

Tabla 5: Valores de deriva para un muro con ladrillo artesanal (ML1) y ladrillo pandereta (ML2), relacionado con el nivel de desempeño.

Tabla 6: Valores de deriva considerados para cada tipo de ladrillo y en cada estado de daño.

Tabla 7: Operacionalización de variables.

Tabla 8: Nivel de confianza deseado y puntuación z para el cálculo de la muestra.

Tabla 9: Criterios considerados para evaluar la autoconstrucción de una vivienda.

Tabla 10: Preguntas consideradas para conocer la percepción de los propietarios respecto a sus viviendas.

Tabla 11: Definición del largo y ancho del modelo representativo tipo A.

Tabla 12: Definición de las secciones de vigas y columnas del modelo tipo A.

Tabla 13: Secciones de vigas y columnas considerados para los cuatro modelos representativos.

Tabla 14: Listado de registros sísmicos considerados para el análisis de las viviendas autoconstruidas.

Tabla 15: Definición de la carga muerta y carga viva en los modelos representativos.

Tabla 16: Gráfica de las derivas máximas por piso para la dirección X-X de todos los registros sísmicos con PGA de 0.45g para los 4 modelos representativos.

Tabla 17: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo A.

Tabla 18: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo B.

Tabla 19: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo C.

Tabla 20: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo D.

Tabla 21: Derivas para cada nivel de intensidad sísmica para los 21 registros sísmicos para el modelo representativo Tipo A.

Tabla 22: Generación de curva de fragilidad en base a la distribución de probabilidad acumulada para el modelo representativo Tipo A.

Tabla 23: Probabilidad de excedencia y ocurrencia para una intensidad sísmica de 0.45g para los cuatro modelos representativos.

Tabla 24: Resistencia a la compresión de ladrillos usados en las viviendas del modelo Tipo A.

Tabla 25: Puntuación en aspectos estructurales, calidad de mano de obra y factores degradantes.

Tabla 26: Factor de ajuste para cada vivienda de los cuatro modelos representativos.

Tabla 27: Matriz de probabilidad de ocurrencia para cada vivienda de los modelos representativos del AA.HH San Fernando.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación de las curvas de fragilidad en una vivienda.

Figura 2: Función de distribución de probabilidad (fdp) para un conjunto de intensidades sísmicas.

Figura 3: Generación de curva de la curva de fragilidad en base a la fdp y la deriva límite para un estado de daño.

Figura 4: Vista satelital del AA.HH San Fernando (Google Earth, 2020).

Figura 5: Ficha de recolección de datos.

Figura 6: Fachadas de cuatro de las viviendas visitadas en el AA.HH San Fernando.

Figura 7: Tipos de ladrillos usados en viviendas de albañilería.

Figura 8: Factores degradantes en viviendas de albañilería confinada.

Figura 9: Salidas a campo para la recolección de datos de las viviendas en estudio.

Figura 10: Vaciado en una plantilla Excel de todos los datos obtenidos en campo.

Figura 11: Tendencias de las viviendas para cada criterio de autoconstrucción considerado.

Figura 12: Tendencias de los propietarios sobre la precepción sobre sus propias viviendas.

Figura 13: Modelos representativos del AA.HH San Fernando. (a): Tipo A, (b) Tipo B, (c): Tipo C, (d): Tipo D.

Figura 14: Registro sísmico 2007 Pisco-Ica2, dirección E-W.

Figura 15: Planos estructurales del modelo representativo Tipo A. (a): Primer nivel verticales, (b) Segundo nivel verticales, (c): Primer nivel horizontales, (d): Segundo nivel horizontales.

Figura 16: Modelado en el programa ETABS del modelo representativo Tipo A. (a) Vista en planta modelo Tipo A, (b) Vista en 3D del modelo Tipo A.

Figura 17: Gráfica de las derivas máximas por piso para la dirección X-X del registro sísmico 2007 Pisco-Ica2 con PGA de 0.45g del modelo representativo Tipo A.

Figura 18: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo A.

Figura 20: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo B.

Figura 20: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo C.

Figura 21: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo D.

Figura 22: Curvas de función de distribución de probabilidad acumulada para cada aceleración considerada, para los 21 registros sísmicos para el modelo representativo Tipo A.

Figura 23: Derivas límite de los estados de daño en la función de distribución de probabilidad acumulada para los modelos representativos.

Figura 24: Curvas de fragilidad para los 4 modelos representativos.

RESUMEN

La frecuente actividad sísmica en el Perú y que más del 70% de las viviendas son autoconstruidas implican una situación de vulnerabilidad en las estructuras, la cual se desea conocer. El ser un área urbana la que está en estudio, se clasificó a las viviendas en 4 modelos representativos y en base a un enfoque probabilístico se aplicó el método de curvas de fragilidad para la estimación de la vulnerabilidad estructural para estos modelos.

Se desarrolló un análisis tiempo historia, con 21 registros sísmicos, para cada nivel de intensidad sísmica en cada modelo representativo. Del análisis se obtuvieron las derivas de entrepiso con las cuales se formaron las curvas de función de distribución de probabilidad acumulada. Se definieron los estados discretos de daño: sin daño, Leve, Moderado, Severo y Colapso, cada uno con un valor de deriva característico, dependiendo del tipo de ladrillo usado. Luego, con estos dos componentes se generaron las curvas de fragilidad para cada modelo representativo.

Finalmente se procedió a realizar un ajuste para que las probabilidades en cada estado de daño de los cuatro modelos sean más representativas en cada una de sus viviendas. De los datos recogidos en campo, cada vivienda obtuvo un factor de ajuste con respecto a su modelo representativo, la cual se aplicó a la intensidad sísmica de interés, obteniendo una intensidad sísmica equivalente para la vivienda en específico con la cual se conoció sus probabilidades de daño. Los resultados arrojaron que en el primer modelo tipo A predominan los estados de daño moderado y severo, en los modelos tipo B, C Y D predomina el estado de daño severo.

Palabras clave: Curvas de fragilidad, vulnerabilidad estructural, autoconstrucción, estados de daño.

ABSTRACT

The frequent seismic activity in Peru and that more than 70% of the houses are self-built, implies a situation of vulnerability in the structures, which we want to know. Being an urban area the one under study, the dwellings were classified in 4 representative models and based on a probabilistic approach, the fragility curves method was applied to estimate structural vulnerability for these models.

A time-history analysis was developed, with 21 simian records, for each level of seismic intensity in each representative model. From the analysis, the mezzanine drifts were obtained with which the cumulative probability distribution function curves were formed. Discrete damage states were defined: no damage, Slight, Moderate, Severe, and Collapse, each with a characteristic drift value, depending on the type of brick used. Then, with these two components, the brittleness curves were generated for each representative model.

Finally, an adjustment was made so that the probabilities in each state of damage of the four models are more representative in each of their homes. From the data collected in the field, each dwelling obtained an adjustment factor with respect to its representative model, which was applied to the seismic intensity of interest, obtaining an equivalent seismic intensity for the specific dwelling with which its probabilities of hurt. The results showed that in the first type A model the moderate and severe damage states predominate, in the type B, C and D models the severe damage state predominates.

Keywords: Fragility curves, structural vulnerability, self-construction, damage states.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Perú es un país altamente sísmico, está ubicado en el cinturón de Fuego del Pacífico, conocido por su alta actividad sísmica. Debido a esta realidad es que el territorio nacional es propenso a sufrir de movimientos telúricos de gran magnitud, sobre todo en su zona costera, donde habita la mayoría de su población.

Siendo el caso de Lima Metropolitana, que tiene una población estimada de 9 millones 320 mil habitantes. Específicamente el caso del distrito de San Juan de Lurigancho con una población de 1 millón 117 mil habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018).

Este rápido crecimiento poblacional y la falta de planificación urbanística lleva a la informalidad en las construcciones, así lo señala el presidente de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO): "El 70% de las viviendas construidas en Lima y, por lo tanto, una proporción un poco más alta en el resto del país son construidas sin pasar por ningún proceso formal, valga decir, no han gestionado una licencia de construcción, no han sido construidas por un profesional y no han tenido ningún proceso de supervisión por ninguna autoridad" (Espinosa, 2017).

Además, se debe tener en cuenta que la informalidad en la construcción está muy relacionado a la autoconstrucción. Una muestra de eso es que el Informe Económico de la Construcción (IEC) gestionado por CAPECO que indicó que solo el 3% de los "autoconstructores" son totalmente formales, esto quiere decir que cumplen con los cinco aspectos considerados, los cuales son: el título de propiedad, la licencia de construcción, los planos, la dirección de la obra y la compra de los materiales, por otro lado, el 15% son totalmente informales, es decir, no cumplen ninguno de los aspectos anteriores. De esto se

concluyó que una gran mayoría de viviendas muestra diferentes niveles de informalidad. (Cámara peruana de la construcción [CAPECO], 2018, p. 40).

Esta realidad no escapa en las viviendas del distrito de San Juan de Lurigancho, ya que tiene un gran número de viviendas que son autoconstruidas, entendiendo por autoconstruidas a aquellas viviendas que no cumplieron con algunos de estos requisitos: asesoría ingenieril en el momento de su diseño y ejecución, mano de obra calificada, permiso de construcción, título de propiedad. La carencia de algunos o todos estos requisitos da mayor incertidumbre de cuál será su comportamiento frente a un sismo y cuáles serán sus posibles daños.

Ciertamente la falta de los requisitos mencionados anteriormente les brinda condiciones subestándar a estas viviendas haciéndolas más susceptibles a sufrir mayores daños, es decir las hace más vulnerables frente a los sismos, entendiendo por vulnerabilidad estructural a la probabilidad de una estructura de ser afectada en diferentes niveles de daño, las cuales se ven necesarias conocer para poder estimar que tan vulnerable es o no una vivienda autoconstruida y sobre esa base plantear soluciones.

Ahora bien, la diversidad de viviendas autoconstruidas en San Juan de Lurigancho, cada una con sus propias características constructivas no permite englobar a todas como un único modelo representativo, esta variabilidad nos lleva a un problema de no conocer la vulnerabilidad estructural de cada vivienda autoconstruida.

Hay muchas metodologías que estiman la vulnerabilidad estructural, unas más representativas que otras, cada una de ellas caracterizadas por estimar que tan probable es que una determinada estructura llegue a una condición de comportamiento, representada por un estado de daño. Son desde métodos empíricos, analíticos, directos o indirectos y múltiples adaptaciones alrededor del mundo. El tomar estos métodos para una aplicación directa de su metodología no nos asegura un valor de vulnerabilidad representativa del lugar de estudio,

por lo que debe haber una interpretación y ajuste de ciertos parámetros que nos permita tener una mejor estimación según las condiciones de la zona de estudio.

Esta realidad de las viviendas autoconstruidas va en aumento por todo el distrito, no solo en su zona central sino también por sus periferias, poblando sus cerros. Es por ello que se justifica la necesidad de conocer la vulnerabilidad estructural de estas viviendas, que ayude a plantear mejoras en la construcción de las mismas.

1.2. PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho?

1.2.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

- ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación a la deriva máxima mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho?
- ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación al tipo de ladrillo usado mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho?
- ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación a los estados de daño mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho?

1.2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema de la investigación se centra en que no se conoce la vulnerabilidad estructural frente a sismos de las viviendas autoconstruidas en San Juan de Lurigancho, así como las relaciones existentes entre las derivas máximas, tipos de ladrillos usados y los estados de daño, y como estas reflejan la vulnerabilidad de una vivienda determinada.

Además, entendiendo que es un problema urbano, como un conjunto de modelos analíticos pueden ser representativos de la zona de estudio.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación de la tesis se puede subdividir en los siguientes enfoques:

1.3.1.1. TEÓRICA

La estimación de la vulnerabilidad estructural de las viviendas autoconstruidas esta basado en un método analítico, que consiste en representar al conjunto de viviendas de la zona de estudio en 4 modelos representativos, y someterlos a un análisis estructural, se definen cuatro modelos basándonos en el trabajo de Flores, Diaz y Zavala (2019), donde cada modelo representativo representa a un subgrupo de viviendas que tienen características similares. La aplicación del método se justifica porque este método contempla el análisis de las estructuras que arrojan valores cuantificables de desplazamientos, derivas y esfuerzos, que posteriormente son caracterizados cualitativamente sobre estados de daños en las curvas de fragilidad.

1.3.1.2. PRÁCTICA

El trabajo práctico de la investigación se centra en la viabilidad de la recolección de información en campo obteniendo los datos necesarios para generar grupos de viviendas de mayor similitud que definan los modelos representativos. Este trabajo en campo se centra en una inspección visual de las viviendas autoconstruidas, sin realizar ensayos destructivos. Debido que el alcance del estudio es un área urbana, la información recogida en campo es la mínima necesaria, tal como el área de la vivienda, el material usado, la distribución de los muros, la ubicación de ductos entre otros, para generar los modelos representativos y que los resultados que se obtengan se mantengan fiables para la estimación de la vulnerabilidad estructural.

1.3.1.3. METODOLÓGICA

Del reconocimiento de las viviendas de albañilería autoconstruida, se comprende que no todas se construyen bajo los mismos criterios, por lo que representarlo en un único modelo no es lo más recomendable, es por ello que se caracteriza en varios modelos representativos que son definidos a partir de la inspección en campo. El uso del programa de análisis estructural ETABS en los modelos representativos, nos indica cual es el comportamiento de las estructuras ante los sismos obteniendo resultados cuantificables, como las derivas, que son tratados con el fin de conocer la vulnerabilidad de las viviendas en estudio.

Las curvas de fragilidad resultan del tratamiento de los resultados antes mencionados como de otros factores que definen a las viviendas y que se muestran ordenados dentro de la recolección de datos. De las curvas se obtiene la vulnerabilidad sísmica expresada en la probabilidad de que ocurra cada estado de daño, los cuales fueron definidos para esta investigación.

Se justifica por ser de tipo analítico, con base observacional y ser predictivo.

1.3.1.4. SOCIAL

Se eligió al distrito de San Juan de Lurigancho debido a la gran cantidad de habitantes que tiene, siendo un porcentaje representativo de Lima y de la zona costera propensa a fuertes actividades sísmicas, además de ser uno de los distritos con mayor informalidad en la construcción en la capital por tener sus orígenes en invasiones (Mejía, 2012). Y tal como se describe en la realidad problemática se tiene un gran porcentaje de viviendas autoconstruidas y en condición de informalidad, lo que genera la gran necesidad de poder conocer valores que estimen la vulnerabilidad estructural frente a sismos.

1.4. LIMITES

1.4.1. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de la presente investigación se expresan en los siguientes puntos:

Al tener un área grande de estudio, como es el distrito de San Juan de Lurigancho, para la recopilación de información se definió una zona modelo de estudio que represente al distrito. Esta zona quedó limitada por el AA.HH San Fernando, ubicada a la altura del paradero 2 de la Av. Canto Grande, la cual en su parte central es plana y en su periferias tiene una superficie con pendiente, esta bordeado por cerros, siendo esto característico de todo el distrito.

Dado que el estudio se desarrolla en una zona urbana, se hace difícil la evaluación detallada de cada vivienda por la gran cantidad de viviendas en la zona de estudio, es por ello del uso de una ficha de levantamiento de datos y la definición de 4 modelos representativos de todas las viviendas del lugar a fin de que el análisis y tratamiento de resultados sea más reducido pero que mantenga la representatividad del lugar de estudio.

La accesibilidad de la información al interior de las viviendas se ve limitada por la disposición de los propietarios para ingresar a sus viviendas, sin embargo se hizo uso del trazo de un croquis de cada vivienda donde se valoró la distribución de muros y ambientes con el fin de que se obtenga un nivel de detalle mínimo necesario para la definición de los modelos representativos.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas de albañilería mediante modelos analíticos representativos para salvaguardar la seguridad de las personas, en San Juan de Lurigancho.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación a la deriva máxima mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho.
 - Estimar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación al tipo de ladrillo usado mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho.
 - Estimar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación a los estados de daño mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho.
-

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Vulnerabilidad sísmica: Se entiende como la vulnerabilidad estructural frente a un determinado sismo de una vivienda, un grupo de viviendas o de un área urbana. Es decir, es la predisposición intrínseca de sufrir un cierto nivel de daño debido a un evento sísmico y está relacionada de forma directa con sus características físicas y estructurales. (Barbat, 1998).

Daño sísmico: Primero entendamos como daño al nivel de degradación o destrucción generado por un fenómeno peligroso sobre las estructuras. Para este caso en particular, el daño sísmico es el daño generado en la estructura por efecto de un sismo. Desde un enfoque estructural este daño generalmente se asocia con las deformaciones o derivas que se presentan durante el evento sísmico. (Bonnet, 2003)

Estados discretos de daño: Representan una condición límite definida por tres criterios, los cuales son los daños físicos en la estructura, el riesgo al que se exponen las personas dentro de la edificación y la funcionalidad de la edificación posterior al sismo. Para la presente investigación los estados discretos de daño están representados en: Sin Daño, Leve, Moderado, Severo, Colapso, cada uno con un nivel de afectación en la vivienda y con una probabilidad de ocurrencia para una determinada vivienda y un determinado sismo (Bonnet, 2003).

Auto-construcción: Se define así a las construcciones de las viviendas que no cuentan con algunos de los siguientes requisitos: planos, asesoría profesional, mano de obra calificada, permiso de construcción y título de propiedad. (CAPECO, 2018).

Estadística: La estadística es la ciencia inductiva que permite inferir características cualitativas y cuantitativas de un conjunto de datos, tiene como objetivo transformar eso datos y que sea útil para la toma de decisiones dentro del estudio de muestras poblacionales. (Montalvo, 2014).

Probabilidad: Es un mecanismo por medio del cual se puede estudiar sucesos aleatorios, es decir, operaciones cuyo resultado no puede ser predicho de antemano con seguridad. (Montalvo, 2014). Es el porcentaje de que un efecto determinado ocurra en una unidad de estudio, en nuestro caso, es el porcentaje de que algún estado de daño ocurra en una vivienda determinada.

Albañilería Confinada: Se define como albañilería confinada a los muros de albañilería simple bordeados por elementos de concreto armado, es decir, vigas y columnas, vaciados con posterioridad a la construcción del muro las cuales cumplen la función de confinar el muro brindándole mayor resistencia ante fuerzas externas. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y la columna. (San Bartolome, 1994)

Deriva máxima: Se define como el valor máximo de la razón entre el desplazamiento relativo, en una determinada dirección, producido por un determinado sismo en un piso con respecto al piso inmediato inferior, y la diferencia de altura de esos dos pisos. (Montalvo, 2014).

Curvas de fragilidad: Son distribuciones estadísticas que se utilizan para indicar la probabilidad que una estructura exceda un determinado estado de daño en función de un parámetro indicador de la intensidad del movimiento del suelo. Siendo en este caso la aceleración sísmica el parámetro indicador. (Bonnet, 2003)

Matriz de probabilidad de daño: Es la representación en un cuadro de los valores que toma la curva de fragilidad, donde se indican las probabilidades relacionadas a cada uno de los estados de daño. Dado que el gráfico de la curva representa la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño, la probabilidad de ocurrencia se obtiene de la diferencia de la probabilidad de excedencia para un estado de daño con un estado de daño anterior. (Bonnet, 2003)

2.2. ANTECEDENTES

2.2.1. A PARTIR DE CUANDO SE CONOCE EL PROBLEMA

Se sabe que el estudio de la vulnerabilidad data desde el siglo anterior con estudios y métodos netamente empíricos, luego surgieron diferentes métodos y clasificaciones sobre la estimación de la vulnerabilidad estructural frente a sismos de las edificaciones, esto se detalla más en el apartado 2.3. Bases teóricas.

La vulnerabilidad estructural frente a sismos ha sido objeto de estudio desde hace décadas por muchos investigadores, donde cada uno ha tratado de plasmar las características propias de su área urbana, para esos estudios, a lo largo de los años, se han usado diferentes metodologías, algunas más empíricas y otras más analíticas, pero todas con un nivel de representatividad que les permitan obtener resultados consistentes. A continuación, se muestra un conjunto de investigaciones de diferentes autores referentes a este estudio.

2.2.2. INVESTIGACIONES Y TRABAJOS ANTERIORES

Velásquez, J. (2006).

En este trabajo, el autor tuvo como objetivo aportar a la reducción del riesgo sísmico de edificaciones peruanas estableciendo un procedimiento que determine la vulnerabilidad sísmica de edificios mediante curvas de fragilidad. Se desarrolló el método analítico para la generación de curvas de fragilidad. Se elaboró el algoritmo para la simulación, en donde están definidos los estados de daño, así como los indicadores de la acción sísmica y los parámetros estructurales, de las cuales se tuvieron en consideración su incertidumbre y aleatoriedad.

Se puede concluir de este estudio que las curvas de fragilidad estiman razonablemente bien las pérdidas por sismo, puesto que consideran las incertidumbres de la demanda sísmica y de la respuesta de la estructura. Ahora bien, ya que estamos hablando de una herramienta probabilística, su aplicación termina siendo más efectivo cuando se aplica

a grupos de edificaciones con características estructurales comunes. El trabajo recomienda considerar sismos reales en remplazo de señales sintéticas.

Zavala, C., Diaz, M., Flores, E. y Cárdenas, L. (2019).

El objetivo de este trabajo fue proponer estados límites de daño para muros de mampostería contruidos con ladrillos industriales, ladrillos artesanales y ladrillos tubular (pandereta). Además, también estudió los resultados de una prueba a escala real de una casa de mampostería realizada en laboratorio. Centaron su estudio en viviendas que no son de ingeniería, la cuales representan al 83% del total de las edificaciones en área urbana. Para proponer estados límite de daño se experimentó a escala real, la curva de comportamiento se vinculó con el daño en cada etapa del experimento. A partir de este se relacionó las derivas con los daños producidos por el sismo, así como las fisuras, rajaduras. Esta relación permitió definir estados límites de daño según valores de deriva.

Bajo el escenario de que las viviendas de no ingeniería se construyen con ladrillos artesanales y pandereta, durante un terremoto, el comportamiento de estos muros no llevó a obtener derivas que estén en el límite de los estándares de mampostería indicados en NTE-E-070 y el estándar de diseño de terremotos indicado en NTE-E-030 debido al uso de mampostería no regulada. De esto se presentaron tres curvas que representan a los ladrillos usados. Con esto se tienen 3 grupos de estados límite de daño para valores de deriva diferente según el tipo de ladrillo usado.

Flores, E., Diaz, M. y Zavala, C. (2019).

Esta investigación presentó tipologías de vivienda según el tipo de material, número de pisos y densidad de muros respectivamente, las cuales se basan en una base de datos estadística. Además, describió una metodología para encontrar las funciones de fragilidad a partir de datos experimentales que replican el comportamiento de muros confinados de mampostería y así encontrar la probabilidad del daño ocasionado en estas viviendas que existen en la gran mayoría de la ciudad de Lima Metropolitana. y Callao.

La metodología consistió en seguir cinco pasos para encontrar la función de fragilidad. El primer paso fue clasificar la característica común del área de estudio como sistema estructural, tipo de material, densidad de muro y número de pisos a través de la base de datos experimental. El segundo paso consistió en analizar la característica mecánica del material, el comportamiento estructural del muro, las curvas de capacidad de la vivienda calibradas mediante modelo tetra lineal y establecer el estado límite del daño en base a la distorsión. El tercer paso fue establecer y escalar diez registros sísmicos desde 0.025g a 1.00g cada 0.025g. El cuarto paso consistió en encontrar la respuesta sísmica de viviendas de mampostería confinada a través de la curva de capacidad por piso y con el registro sísmico escalado para encontrar las respuestas de análisis dinámico no lineal mediante un programa informático. Finalmente, el quinto paso consistió en encontrar la función de fragilidad a través de la base de datos de la máxima respuesta sísmica y contar para cada PGA el número de veces que alcanzó las distorsiones para cada estado de daño acumulado.

El trabajo también propuso las distribuciones típicas en planta de las viviendas y en las cuales varia la densidad de muros en 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, con estos realizó un análisis dinámico no lineal con 10 registros sísmicos, tomó los valores de derivas y las relacionó con los valores de deriva en los estados de daño del trabajo anterior mencionado.

Centro peruano - japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres [CISMID]. (2013).

El convenio de la UNI con SENCICO tuvo como objetivo definir un mínimo de 20 acelerogramas sintéticos, en base a registros de diferentes sismos importantes ocurridos en el mundo, obtenidos en diferentes tipos de suelos, para conformar una base de datos de registros sísmicos con un formato especificado por el CISMID.

Se procedió con la recopilación de acelerogramas de diferentes partes del mundo por medio de redes sísmicas, como: CISMID - Perú, Kyosan - Japón, SSUH – Chile, entre otros. Luego se realizó una estandarización y conversión de acelerogramas, corrección de línea

base, corrección por filtro de señales. Luego se definió el espectro objetivo para la generación de los acelerogramas sintéticos.

Finalmente se obtuvieron 21 registros escalados de tal forma que sus espectros sean consistentes con el espectro de la norma E-030. La investigación aporta al trabajo con los 16 registros de origen real, y 5 sintéticos. Con todos estos registros se procedió a analizar los modelos representativos y conocer su deriva máxima para cada registro.

Salinas, R. y Lazares, F. (2007).

Los autores en este estudio hablan sobre la albañilería tubular y su uso en viviendas en zonas sísmicas, como se está trabajando con vivienda autoconstruidas, uno de los ladrillos más usados es el ladrillo pandereta, y como en la norma no define los valores característicos propiamente dichos para este tipo de ladrillo, el trabajo de investigación citado realizó ensayos en muestras de unidades, pilas y muretes, utilizando ladrillos elaborados industrial y artesanalmente. El trabajo presentó la forma de falla de este tipo de ladrillo en cada ensayo y terminó definiendo valores para ensayos en unidades y en pilas para ensayos en compresión y muretes para la tracción diagonal. Se muestra las resistencias del ladrillo pandereta hecho de forma industrial y artesanal.

Estos valores se tomaron para el análisis de los modelos representativos de las viviendas autoconstruidas, esto según el tipo de ladrillo predominante en las viviendas de cada modelo representativo.

Tabla 1: *Resistencia del ladrillo pandereta industrial y artesanal.*

Tipo de ladrillo	f'm promedio (kg/cm²)	V'm promedio (kg/cm²)
Industrial	22.1	6.7
Artesanal	33.2	9.6

Varga, Y., Pujades, L., Barbat, A. y Hurtado, J. (2013).

Esta investigación realizó una evaluación probabilística de los edificios de concreto armado, comparándolo con el método determinista. Como se mencionó en la investigación la vulnerabilidad de las estructuras no tienen en cuenta que su comportamiento sísmico es dinámico y no lineal, y que además las características estructurales y la fuerza sísmica tiene grandes incertidumbres. Es por ello que evaluaron la vulnerabilidad considerando esos parámetros aleatorios, con apoyo de técnicas avanzadas tales como en el método de Monte Carlo y en la dinámica estocástica no lineal. Usaron el espectro de capacidad, definieron estados de daño y obtuvieron las curvas de fragilidad, esto considerando la variabilidad en de la acción sísmica y las propiedades de los materiales.

De la investigación se concluyó que la principal fuente de aleatoriedad es la acción sísmica, puesto que del total de ensayos se encontraron agrupados (nubes de dispersión) por la cantidad de acelerogramas usados para el estudio, y según aumentaba el PGA estas nubes perdían su agrupación, es decir, su dispersión aumentaba.

Montalvo, O. (2014).

La presente investigación estudió a la biblioteca de una universidad en Ayacucho, para ello usó la curva de fragilidad como método para calcular la vulnerabilidad sísmica de dicha estructura. Se realizó el análisis dinámico tiempo historia para 30 acelerogramas sintéticos, de este análisis se obtuvo la deriva de entrepiso y se clasificó según los grados de daño planteados por Ghobatah en 1997 los cuales son: leve, moderado, extensivo y completo. Esta investigación tomó los registros sísmicos normalizados tratados por el CISMID. Generó la simulación de Montecarlo para todas las probables soluciones. Finalmente se obtuvo la curva de fragilidad para la estructura en estudio y también con algunas estimaciones se obtuvo la pérdida económica. Cabe resaltar que al ser una estructura en particular se pudo desarrollar con mayor detalle el análisis e interpretación de resultados.

Este trabajo aporta a la presente tesis con respecto a la metodología usada, del análisis tiempo historia y de los registros usados. Sirve como base para poder desarrollar la metodología para las viviendas autoconstruidas.

Nuñez, H. (2004).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares en el distrito de San Martín de Porres, con el fin de poder determinar la vulnerabilidad de infraestructuras escolares, con una metodología que comparó la demanda sísmica con la resistencia de la estructura.

El estudio se centró en los desplazamientos y distorsiones de entrepiso para verificar que los valores permisibles no sean excedidos. Para esto, se generó modelos de análisis que permitan conocer el comportamiento de la estructura en general, pero primero recopiló información de las edificaciones para luego clasificarlas. De la clasificación de las edificaciones educativas, se obtuvieron las estructuras tipo que las representen. Luego para cada estructura tipo se generaron los modelos matemáticos para el análisis estructural dinámico. Se concluyó que la metodología utilizada “Demanda Vs. Resistencia” permitió evaluar la vulnerabilidad de los elementos estructurales en términos de resistencia, pero no de ductilidad; sin embargo, nos permitió establecer un diagnóstico rápido y confiable.

Este material aporta al trabajo en aspectos como: la organización en la recopilación de datos, realizando un formato fácil de entender. En cuanto a los parámetros con que trabaja, la cortante entre piso y la distorsión entre piso, para conocer la resistencia y poder estimar vulnerabilidad en función a una demanda sísmica dada.

Astorga, M. y Aguilar, R. (2006).

El objetivo de este trabajo fue identificar los principales sistemas estructurales de las edificaciones educativas peruanas, desarrollar las herramientas para estimar las pérdidas y cuantificar su desempeño en diferentes escenarios de sismicidad.

En la metodología se reconocieron 5 sistemas estructurales como los más representativos gracias a la recopilación de datos de las características arquitectónicas y estructurales. La estimación del comportamiento de estas edificaciones frente al sismo fue en base a la opinión de expertos. Para la recolección de información se empleó el método Delphi, que se utiliza en la recopilación de información cuando no hay información sistematizada, solo con el apoyo de expertos consiguiendo un acuerdo grupal que se considere mejor que la opinión individual. Se construyeron funciones de densidad de probabilidad con las cuales se obtuvieron curvas de fragilidad para cada modelo de edificación educativa considerada. Con estas herramientas se fijó el umbral de daño irreparable y el comportamiento esperado para diferentes eventos sísmicos.

Este estudio se centró en obtener un modelo numérico para la estimación de pérdidas por eventos sismos. Se obtuvieron curvas de fragilidad y matrices de daño para los 5 tipos de edificios identificados en este estudio. El material aporta al trabajo en aspectos como: la obtención de información en un medio de poca información sobre diagnóstico de daños.

Bonett, R. (2003).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar e implementar una metodología para la evaluación del desempeño, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de edificios, y una aplicación a dos tipologías estructurales típicas de los edificios existentes en los entornos urbanos: los edificios aporticados de concreto armado y los edificios de albañilería no reforzada.

Sobre la metodología el material se basó primero con temas conceptuales y metodológicos enfocados en evaluar la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de ediciones en área urbanas. Luego se analizó el comportamiento sísmico esperado de las edificaciones ubicadas en las ciudades de Colombia y Barcelona. Las metodologías aplicadas en este estudio, fueron desarrollados en base a consideraciones estocásticas, las cuales consideraron las incertidumbres en la acción dinámica, en las características materiales y estructurales de las edificaciones y, en los resultados obtenidos.

Este trabajo terminó siendo una buena base para la presente investigación, desde aspectos conceptuales, marcos metodológicos para estimar la vulnerabilidad estructural frente a sismos y en términos aplicativos. Su procedimiento de trabajo, así como su explicación detallada del mismo fue de gran ayuda al momento del desarrollo de esta investigación.

Solorzano, L. (2005).

El objetivo del material fue determinar, en una zona piloto, la vulnerabilidad sísmica de estructuras de mampostería de uno y dos pisos cuya tipología represente las características estructurales de la construcción de viviendas en Costa Rica. Estimar la capacidad de los sistemas estructurales representativos de la zona, así como evaluar y seleccionar la curva de fragilidad que mejor se ajuste al tipo estructural de mampostería, a partir del daño observado en la zona de estudio, calibrando las metodologías HAZUS y GESI para adaptarlas a los sistemas estructurales empleados en Costa Rica para finalmente comparar las curvas de capacidad generadas para la tipología mampostería estructural con las propuestas por la metodologías HAZUS, para conocer su aplicabilidad en ese país. Se recopiló la información en campo de las viviendas y ya con la clasificación estructural definida para las deformaciones dentro de la zona piloto, la aceleración registrada y los daños observados, se encontró la curva de fragilidad existente que mejor describía el daño para cada tipología, verificando que los daños observados sean las que predicen las curvas de fragilidad existentes. Con la curva de fragilidad ya asignada se obtuvo las curvas de capacidad propuestas por HAZUS para tres modelos típicos identificados de la zona piloto, las cuales se compararon con las curvas de capacidad calculadas para esos tres modelos con el fin de establecer similitudes y conocer su aplicabilidad en ese país.

El trabajo concluyó que las curvas de fragilidad propuestas por HAZUS y GESI describen bien el comportamiento de las estructuras de mampostería, además la aceleración máxima del suelo como parámetro indicador de la acción sísmica predice satisfactoriamente

los daños que puede presentar la estructura. Se concluye la importancia de una encuesta bien elaborada, ya que es el medio para la recolección de datos de toda la zona piloto.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL FRENTE A SISMOS

Existen diferentes metodologías para evaluar la vulnerabilidad estructural en las viviendas. Se considera que la vulnerabilidad estructural frente a sismos de las edificaciones dentro de una zona urbana puede evaluarse en base a modelos numéricos del daño sísmico de las viviendas, de la inspección de edificaciones existentes o de ensayos de laboratorio. De esto se puede diferenciar entre la vulnerabilidad observada, que es posterior al evento sísmico, y la vulnerabilidad calculada, que es en base a un análisis estadístico reflejados en términos probabilísticos. (Herrera, Vielma y Pujades, 2014). Los autores Reyes, Vielma y Pujades (2014) mostraron en su trabajo las siguientes clasificaciones:

- **Clasificación de las metodologías según Corsanego y Petrini.**

Técnicas directas: Predicen directamente en una sola etapa, el daño causado por un sismo. Destacan los métodos tipológicos: las cuales clasifican a las edificaciones en clases dependiendo de los materiales, técnicas de construcción, características de construcción, etc. define la vulnerabilidad como la probabilidad de una estructura a sufrir un cierto nivel de daño. Los métodos mecánicos: predicen el efecto sobre una estructura mediante la aplicación de modelos mecánicos adecuados.

Técnicas indirectas: Introducen un índice de vulnerabilidad independiente de la predicción de daño, se usa básicamente para comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones de una misma tipología.

Técnicas híbridas: combina las características de los métodos descritos anteriormente.

- **Clasificación según Dolce et al.**

Examinó por separado las etapas fundamentales que comprende un análisis de vulnerabilidad: los datos de entrada, el método empleado y los resultados obtenidos.

Consideró 3 métodos:

Métodos estadísticos: Se da en base a un análisis estadístico de las edificaciones, caracterizadas por datos de ingreso, la evaluación de la distribución del daño se realiza a partir de la observación y cuantificación estadística de los daños ocasionados por anteriores sismos. A esto se le conoce como vulnerabilidad observada.

Métodos mecánicos o analíticos: Aplican modelos mecánicos para estimar el daño de la estructura a través de algún parámetro que describa el comportamiento de la edificación frente a un determinado sismo, tales como la deriva máxima entrepiso, la ductilidad, o un índice de daño. A esto se le conoce como vulnerabilidad calculada.

Métodos basados en juicio de expertos: Estos tienen una evaluación cualitativa y/o cuantitativa de los factores que determinan la respuesta sísmica de las edificaciones.

- **Clasificación según Calvi.**

Métodos empíricos: Matriz de probabilidad de daño.

Métodos analíticos: Basado en espectro de capacidad, en el desplazamiento, en mecanismo de colapso.

Métodos híbridos: Es una combinación de métodos empíricos y analíticos.

Cuando se emplean métodos empíricos para evaluar la vulnerabilidad, la escala de daño está basada en observaciones y consideraciones estadísticas. Cuando se usan métodos analíticos, la escala de daños está relacionada con propiedades mecánicas asociadas a estados límites.

2.3.2. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

La vulnerabilidad estructural es el nivel de afectación que pueden tener los elementos estructurales de las viviendas, los cuales se definen en la etapa de diseño. Es decir, es el nivel de daño físico que puede percibir una vivienda por efecto de un evento sísmico. (Nuñez, 2004, p. 26).

Si estos elementos estructurales, tales como, los muros de albañilería, las columnas y vigas de confinamiento, losas y cimientos no son apropiados, valga decir, no cumplen con el desempeño de soportar y mantener estable a la estructura, se considera que la estructura es vulnerable. Esta vulnerabilidad se ve influenciada por aspectos como, condiciones de suelos, configuración estructural, calidad de los materiales, ampliaciones o modificaciones. (Cárdenas, 2008, p. 24)

2.3.3. CURVAS DE FRAGILIDAD

Las curvas de fragilidad representan la probabilidad de que una estructura exceda un determinado estado de daño en relación a un parámetro que defina la intensidad sísmica. Estas curvas son útiles para estimar el riesgo sísmico de un conjunto de edificaciones con características estructurales comunes. Las curvas de fragilidad se pueden obtener mediante observaciones de campo, en base a la opinión de expertos y con la aplicación de métodos analíticos (Bonett 2003). En la figura 1 se aprecia como se presenta las curvas de fragilidad en una vivienda.

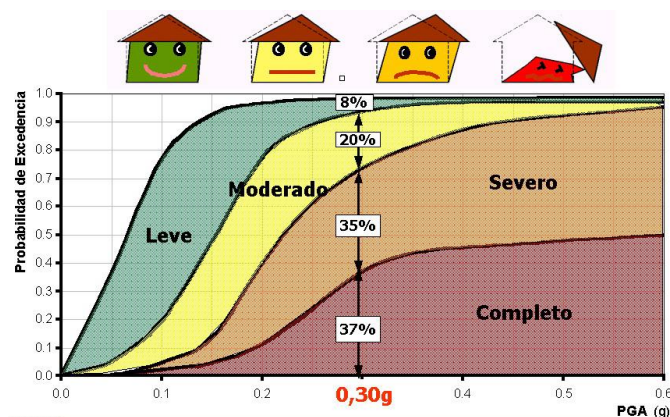


Figura 1: Representación de las curvas de fragilidad en una vivienda.

2.3.4. ESTADOS DISCRETOS DE DAÑO

Basados en (Bonnet, 2003), los estados discretos de daño representan una condición límite del daño físico de una vivienda, del riesgo al que se encuentran expuestos los ocupantes de esa edificación y la funcionalidad de la vivienda después del sismo. Para definir los estados discretos es necesario correlacionar en una descripción cualitativa los efectos producidos por un sismo sobre los elementos, los ocupantes y el funcionamiento de una vivienda determinada para cada estado de daño.

La clasificación planteada para la presente investigación es adoptada de la clasificación que hicieron Park, Ang y Wen (1987), los cuales se basaron en daños observados. Esta clasificación considera 5 estados de daños: Sin Daño, Ligero, Moderado, Severo y Colapso en las que se describe el nivel de afectación en la estructura de concreto armado para cada estado de daño.

Para el caso de viviendas de albañilería se considera en cada estado de daño las siguientes características:

Sin daño: en el peor de los casos se producen pequeñas fisuras en los muros de albañilería o elementos de confinamiento.

Ligero: Se producen mayores fisuras y grietas en los muros de albañilería o elementos de confinamiento.

Moderado: las grietas crecen más a lo largo del muro, tienen mayor ancho, se empiezan a producir algunos desprendimientos en el muro y los elementos de confinamiento.

Severo: termina de desarrollarse la falla diagonal en el muro, se aprecia pérdida de recubrimiento de los elementos de confinamiento. Se produce aplastamiento del concreto.

Colapso: La vivienda colapsa y termina desplomándose su estructura.

Definido cada estado de daño y como se espera que se comporte la estructura para cada uno de estos; luego, se definieron los valores del parámetro indicador del daño que corresponden a cada uno de los estados de daño.

Se conoce que el parámetro indicador de daño considerado es la deriva entre piso. Dado que los modelos representativos están definidos con diferentes tipos de ladrillo, se consideró para cada uno de ellos umbrales con diferentes valores de deriva. En las Tablas 2, 3 y 4 se muestran los valores considerados por Zavala, Díaz, Flores y Cárdenas (2019) de derivas para cada tipo de ladrillo: ladrillo industrial, ladrillo artesanal y ladrillo pandereta.

Tabla 2: *Valores de deriva para un muro hecho con ladrillo industrial.*

Inicio agrietamiento	Rango elástico	No lineal	NTE - 030
0.0006	0.0014	0.0040	0.0050
1/1754	1/714	1/250	1/200
NTE - 030	Pre colapso	Estado último	Colapso
0.0050	0.0047	0.0114	0.0200
1/200	1/212	1/88	1/50

Tabla 3: *Valores de deriva para un muro hecho con ladrillo artesanal.*

Inicio agrietamiento	Rango elástico	No lineal	Umbral
0.0004	0.0013	0.0029	0.0033
1/2500	1/769	1/350	1/300
Umbral	Pre colapso	Estado último	Colapso
0.0033	0.0040	0.0035	0.0080
1/300	1/250	1/286	1/125

Tabla 4: Valores de deriva para un muro hecho con ladrillo pandereta.

Inicio agrietamiento	Rango elástico	No lineal	Umbral
0.0005	0.0007	0.0010	0.0017
1/2150	1/1500	1/1000	1/590
Umbral	Pre colapso	Estado último	Colapso
0.0017	0.0016	0.0018	0.0037
1/590	1/588	1/550	1/270

Se considera al ladrillo industrial, el ladrillo 18 huecos con 30% de vacíos hecho de manera industrial; al ladrillo artesanal, al ladrillo solido King Kong hecho de manera artesanal y al ladrillo pandereta, el ladrillo tubular hecho de manera artesanal. De la investigación realizada por Flores, Diaz y Zavala (2019) toma los valores de los cuadros anteriores y los relaciona con cada estado de daño, con ciertos ajustes según como se muestra en la Tabla 5. Nos apoyamos de esto para poder agrupar estos valores para cada tipo de ladrillo y con respecto a cada estado de daño.

Tabla 5: Valores de deriva para un muro con ladrillo artesanal (ML1) y ladrillo pandereta (ML2), relacionado con el nivel de desempeño.

Distorsión ($\times 10^{-3}$)ML ₁	Distorsión ($\times 10^{-3}$)ML ₂	Estado de daño	Nivel de Desempeño
$\gamma < 0.48$	$\gamma < 0.47$	Sin daño	Operacional
$0.48 \leq \gamma < 1.25$	$0.47 \leq \gamma < 0.67$	Ligero	Inmediatamente ocupacional
$1.25 \leq \gamma < 2.86$	$0.67 \leq \gamma < 1.00$	Moderado	Seguridad de vida
$2.86 \leq \gamma < 4$	$1.00 \leq \gamma < 1.82$	Severo	Prevención de colapso
$\gamma \geq 8$	$\gamma \geq 5$	Colapso	Colapso

En base a lo descrito anteriormente. Los valores considerados para la presente investigación se indican en la Tabla 6:

Tabla 6: *Valores de deriva considerados para cada tipo de ladrillo y en cada estado de daño.*

Estados de daño	Industrial	Artesanal	Pandereta
Sin daño	0.0006	0.00048	0.0005
Leve	0.0014	0.00125	0.0007
Moderado	0.0040	0.0022	0.0010
Severo	0.0047	0.0030	0.0016
Colapso	0.0157	0.0058	0.0024

2.4. MÉTODOS PARA GENERAR CURVAS DE FRAGILIDAD

Existen diferentes métodos de obtener las curvas de fragilidad. Basados en Bonnet (2003) se indican los cuatro principales métodos usados para generar las curvas de fragilidad.

2.4.1. MÉTODOS BASADOS EN OBSERVACIONES DE CAMPO

Son muy útiles para calibrar resultados obtenidos con métodos analíticos o pruebas de laboratorio. Para la aplicación de estos métodos, las estructuras existentes se clasifican por tipologías, y se definen varias clases de acuerdo a sus principales características geométricas, a su uso e importancia.

De esto, en base a los daños observados después de ocurrido un sismo, es posible generar curvas de fragilidad para cada una de las clases identificadas. Estas curvas se generan de la data que se obtiene de los formularios de inspección, que relacionan los daños observados con el nivel de deterioro de la estructura.

2.4.2. MÉTODOS EXPERIMENTALES.

Se puede usar el mismo procedimiento anteriormente descrito en los métodos por observación a los datos obtenidos a partir de ensayo de laboratorio. La diferencia es que, para este caso, el rango de intensidades y el tipo de estructura pueden ser controlados según los requisitos que se establezcan, teniendo en cuenta que estos ensayos pueden ser más costosos y la cantidad de observación de daños se ve limitada al número de pruebas que se ejecuten.

Estos métodos requieren de varias simplificaciones impuestas por el modelo a escala que es construido para representar el comportamiento de la estructura y por patrones de carga utilizados para moldear la acción sísmica. Pero este conjunto de simplificaciones no debe alterar significativamente la respuesta esperada de la estructura ante determinados movimientos sísmicos para obtener resultados que puedan ser representativos.

Existen fundamentalmente dos tipos de ensayos que pueden ser aplicados para construir estas curvas, uno de ellos es el ensayo de carga monotónicamente creciente mediante actuadores de carga o desplazamientos y el otro es el ensayo sobre mesa vibradora, utilizando registros sísmicos reales o sintéticos. Ambos ensayos brindan datos muy útiles, pero los ensayos con la mesa vibradora son más realistas, ya que representan la acción sísmica de mejor manera.

2.4.3. MÉTODOS A PARTIR DE LA OPINION DE EXPERTOS

La obtención de curvas de fragilidad que indiquen la probabilidad que en una estructura ocurra un cierto estado de daño también se pueden dar por la opinión de expertos en el diseño, análisis y patología estructural, esto en base a las respuestas de los expertos sobre un conjunto de preguntas respecto al comportamiento de las estructuras.

Primero con la información brindada por los expertos se puede definir el parámetro que cuantifica el daño, que está en función de la intensidad sísmica. Luego con el cálculo para este parámetro cuantificador de daño para cada estructura se ordena y se ajusta a una

función de distribución de probabilidad para cada nivel de intensidad sísmica. Luego se define los valores límite de este parámetro para cada estado de daño. Finalmente, de estos gráficos se obtienen las curvas de fragilidad.

2.4.4. MÉTODOS ANALÍTICOS

Estos métodos usan análisis numéricos y pueden ser aplicados en zonas donde no se tiene registros de daños debidos a sismos, ni de suficientes resultados de laboratorio o que compensa la falta de datos en la observación en campo. Los resultados que se obtienen con esos métodos, responden directamente a los modelos definidos para representar las estructuras y la acción sísmica. Es por ello que en estos métodos se deben utilizar modelos que representen de la mejor manera posible tanto el comportamiento estructural ante un sismo y así como las características del movimiento del terreno.

Lo interesante de este método es que se puede conocer la repuesta sísmica en las estructuras sin que ocurra un sismo en la vida real, solo con las representaciones de la intensidad sísmica, permitiendo la planificación y prevención de desastres que ayuden a reducir la vulnerabilidad de las estructuras en un determinado lugar.

2.5. CURVAS DE FRAGILIDAD POR EL MÉTODO ANALÍTICO

La presente investigación adopta el método analítico para la generación de las curvas de fragilidad, específicamente el método analítico probabilista.

De anteriores estudios se tiene que hay fuertes limitaciones para el uso del método determinista en el evaluar el daño en las edificaciones después de ocurrido un sismo. Estas limitaciones son debido a las incertidumbres tanto en los parámetros sísmicos, tal como la asignación de una intensidad sísmica que no se ajusta a la realidad, así como en los parámetros estructurales, tales como la falta de información de la distribución de una vivienda determinada, la distribución del acero en los elementos estructurales o la resistencia del concreto en sus vigas y columnas. Estas incertidumbres pueden producir diferencias importantes entre el comportamiento observado y el calculado. Por lo que el método

probabilista se muestra como una buena alternativa para mostrar una perspectiva del comportamiento estructural cuando ocurra un evento sismo.

La aplicación de este método consiste, primero en definir adecuadamente el parámetro indicador de la intensidad sísmica (PIS) y el parámetro indicador del daño (PID) para la estructura. Una vez definidos estos parámetros, se determina la relación existente entre ambos parámetros desde un punto de vista probabilista, que consiste en realizar un conjunto de análisis que cuantifiquen el efecto de un conjunto de acelerogramas sintéticos sobre un modelo estructural. De esto, se obtienen las curvas que relacionan la probabilidad acumulada de daño para cada valor del PIS. Por último, teniendo en cuenta estas curvas y los límites de los estados de daño discretos, se obtienen las curvas de fragilidad.

2.5.1. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

De los resultados obtenidos del análisis estructural que se hicieron con un grupo de acelerogramas sintéticos se obtienen las curvas que representan las funciones de distribución de probabilidad acumulada, f_{dp} , del parámetro indicador del daño (PID), para este caso son las derivas de entrepiso, para cada nivel de intensidad sísmica (PIS_j).

Se define como función de distribución de probabilidad acumulada porque estos valores de derivas son ordenados de menor a mayor y representan la probabilidad que el PID no exceda un cierto valor para una determinada intensidad sísmica (PIS_j), esto se describe con la siguiente expresión:

$$f_{dp} = P[PID \leq PID_i | PIS = PIS_j]$$

2.5.2. DISTRIBUCION LOG-NORMAL

Entiéndase que esta primera distribución planteada es una distribución teórica, es decir, se definen las probabilidades con el total de derivas obtenidas del análisis para cada nivel de intensidad sísmica, por lo que se realiza un ajuste a las probabilidades a fin de dar

continuidad a cualquier otro valor de deriva que se requiera saber su probabilidad. Se plantea el ajuste por distribución log-normal, definida en la siguiente expresión:

$$f dp = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{PID}} \ln \left(\frac{PID}{\overline{PID}} \right) \right]$$

donde $\overline{PID}$ es el promedio del parámetro indicador del daño y β_{PID} es la desviación estándar del logaritmo natural del PID . En la Figura 2 se aprecia la función de distribución de probabilidad para un conjunto de intensidades sísmicas.

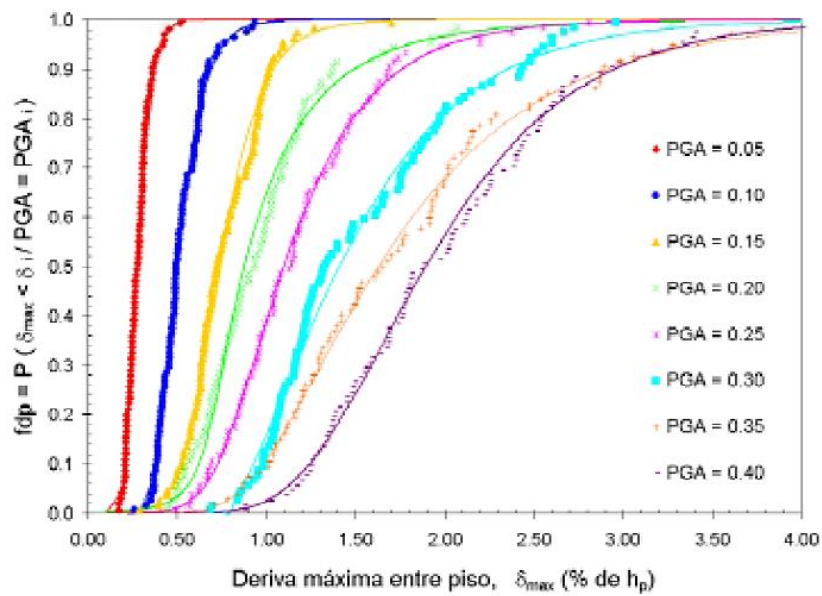


Figura 2: Función de distribución de probabilidad ($f dp$) para un conjunto de intensidades sísmicas.

2.5.3. CURVAS DE FRAGILIDAD

Utilizando las funciones de distribución condicional del parámetro de respuesta estructural $f dp$, que para este caso son las derivas, y los valores límites de estas derivas que definen los estados discretos de daño, se obtienen las curvas de fragilidad que relacionan el parámetro indicador de la intensidad sísmica (PIS) con la probabilidad de excedencia (FD) de un estado de daño determinado ED_i (Bonnet, 2003). Esto se describe con la siguiente expresión:

$$FD = 1 - f dp$$

$$FD = P[ED \geq ED_i | PIS = PIS_i]$$

De forma similar los resultados se pueden ajustar a una distribución log-normal como se indica en la siguiente ecuación:

$$FD = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{PIS,ED_i}} \ln \left(\frac{PIS}{\overline{PIS}} \right) \right]$$

$\overline{PIS}$ y β_{PIS,ED_i} son el promedio y la desviación estándar del logaritmo natural del parámetro indicador de la Intensidad Sísmica PIS para el estado de daño ED_i . Se puede apreciar en la Figura 3 como a partir de la función de distribución de probabilidad se obtienen las curvas de fragilidad para cada estado de daño.

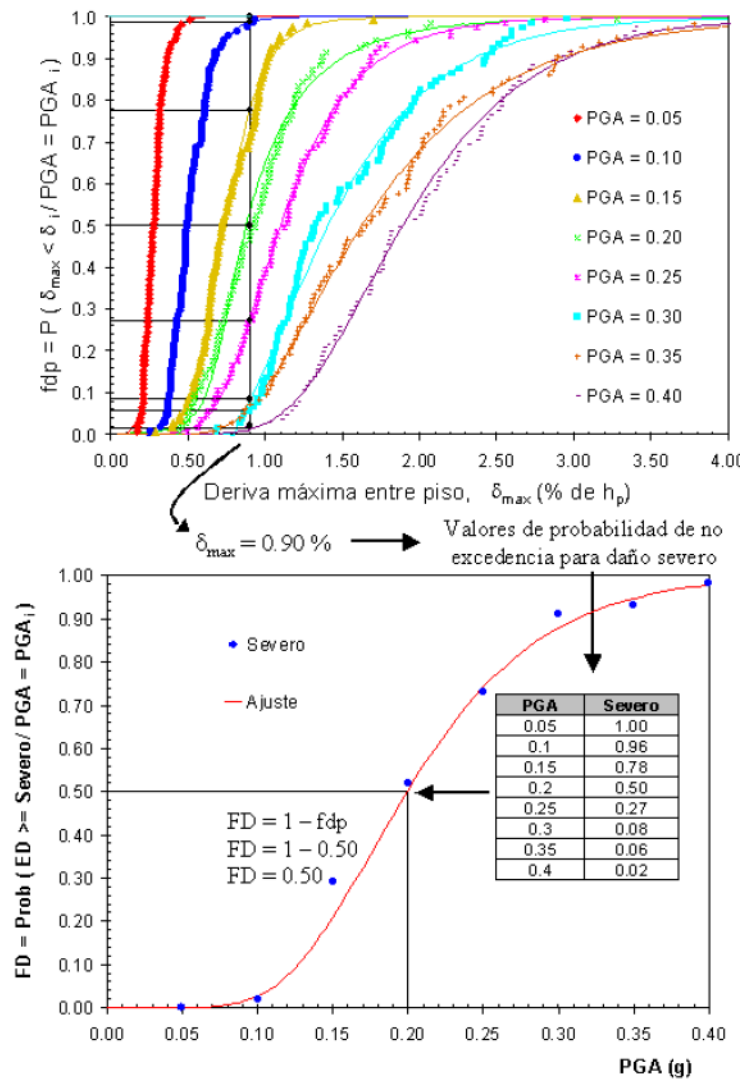


Figura 3: *Generación de curva de la curva de fragilidad en base a la fdp y la deriva límite para un estado de daño.*

2.5.4. MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO

Los valores de la curva de fragilidad se pueden representar mediante un cuadro donde se indican las probabilidades relacionadas a los estados de daño.

Dado que el gráfico de la curva representa la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño, la probabilidad de ocurrencia se obtiene de la diferencia de la probabilidad de excedencia para un estado de daño con la probabilidad de excedencia para el estado de daño siguiente, según la siguiente ecuación:

$$FD = P(ED = ED_i | PIS_j) = P(ED \geq ED_i) - P(ED \geq ED_{i+1})$$

3. CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1.1. *HIPÓTESIS PRINCIPAL*

La vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho están mayormente en los estados de daño moderado y severo.

3.1.2. *HIPÓTESIS SECUNDARIAS*

- La vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación a la deriva máxima mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho están mayormente en los estados de daño moderado y severo.
- La vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería en relación al tipo de ladrillo usado mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho están mayormente en los estados de daño moderado y severo.
- La vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas de albañilería en relación a los estados de daño mediante modelos analíticos representativos, en San Juan de Lurigancho están mayormente en los estados de daño moderado y severo.

3.2. VARIABLES

Variable independiente: Sismo

Variable dependiente: Vulnerabilidad estructural

Variable Condicionante: Viviendas autoconstruidas

3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

En la tabla 7 se muestra la operacionalización de las variables anteriormente definidas, de las cuales se indica sus dimensiones, sus indicadores, su operacionalización y cuál es la naturaleza de dichas variables.

Tabla 7: Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Operacionalización	Naturaleza de la variable
Independiente				
Sismos	Demanda sísmica	Nivel de demanda sísmica (PGA)	aceleración (m/s ²)	Númerica Continua
Dependiente				
Vulnerabilidad Estructural	Vulnerabilidad estructural en el modelo analítico representativo	Deriva máxima	o/oo : porcentaje sobre mil.	Númerica continua
	Vulnerabilidad según los tipos de ladrillo usados	Ladrillo artesanal, ladrillo industrial, ladrillo pandereta	f'm: resistencia a la compresión de ladrillo	Númerica continua
	Nivel de daño de la vivienda autoconstruida	Estados de daño	Sin daño, Leve, Moderado, Severo, Colapso	Categoría ordinal

4. CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación cumple con ser exhaustivo y excluyente. Exhaustivo porque puede clasificarse en cada uno de los cuatro criterios que se mencionan a continuación, y excluyente porque no puede pertenecer a ambas ramas de cada criterio.

- Según la intervención del investigador: Experimental porque hay intervención del investigador.
- Según la planificación de la toma de datos: Prospectivo porque hay una recolección de datos primarios en donde hay control de los sesgos de medición.
- Según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio: Longitudinal porque hay más de una medición de las variables.
- Según el número de variables de interés: Analítico porque hay más de una variable de estudio.

4.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación fue definido en base al estado del arte de la línea de investigación sobre vulnerabilidad estructural. Para la presente investigación, el nivel de investigación es predictivo. El nivel predictivo tiene como objetivo prever, pronosticar y predecir.

Se definió como nivel predictivo dado que ya se conoce la relación entre los sismos y los daños que este produce en las viviendas, y que a partir de esta premisa se puede operar la variable sismo para ver los diferentes niveles de afectación que presenten las viviendas debido a la vulnerabilidad de estas y la probabilidad de ocurrencia de cada estado de daño.

4.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación es experimental e hipotético deductivo, analítico y de un nivel predictivo.

Experimental porque un cambio en la variable dependiente se debe a la manipulación de la variable independiente. Además, se considera el método hipotético deductivo por la base observacional del proyecto, el planteamiento de una hipótesis que explica el nivel de vulnerabilidad de las viviendas autoconstruidas frente a los sismos y la deducción que surge sobre las consecuencias de las viviendas con similares características. Tiene base analítica y predictiva por el tipo y nivel de investigación.

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

4.2.1. UNIDAD DE ESTUDIO

Es la unidad de la cual se requiere obtener información, es el individuo o conjunto de individuos de donde se va obtener el dato; esta unidad de estudio corresponde a la entidad que será objeto de medición, es decir, el que es sujeto de interés en un determinado estudio.

Esta investigación toma como unidad de estudio a la vivienda de albañilería autoconstruida en el distrito de San Juan de Lurigancho. A partir de la unidad de estudio se obtienen los datos de las variables e indicadores de la investigación. Para esta investigación se tiene como variable fundamental la vulnerabilidad estructural frente a sismos, la cual puede ser medible con los siguientes indicadores: deriva máxima entre piso y los estados de daño las cuales fueron definidas en el marco teórico.

4.2.2. POBLACIÓN

Es el conjunto total de viviendas que tienen características similares observables en un espacio y tiempo determinado. Debe tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse las viviendas de la zona de estudio, tales como: tienen que ser definidas como viviendas de albañilería confinada, deben estar situadas dentro de un mismo espacio

geográfico definido, estar dentro de un mismo periodo de estudio, tiempo que dure la investigación.

Se definió a la población de estudio a todas las viviendas de albañilería en el AA.HH San Fernando del distrito de San Juan de Lurigancho. Según la inspección en campo se identificó un total de 300 viviendas.

4.2.3. MUESTRA

Es un subconjunto o parte de la población en que se realizará la investigación. Es una parte representativa de la población que se toma para su estudio y poder conocer las características o aspectos que son de interés en la investigación respecto a la población en referencia.

La presente muestra debe ser representativa del lugar de estudio, para esto primero se define el tamaño muestral considerando un factor probabilístico, una varianza de la proporción y error máximo permitido, a continuación, se define el tamaño de la muestra.

4.2.3.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Para el cálculo del tamaño de la muestra, se tomó el método muestreo aleatorio simple. El tamaño de la muestra está definido por esta fórmula.

$$n_0 = \frac{z^2 pq}{e^2}$$

Donde:

z = factor probabilístico, viene dado por el nivel de confianza que se decida trabajar.

pq = varianza de la proporción, toma valores entre 0.4 – 0.6.

e = error máximo permitido.

Para una población definida (N) el tamaño de muestra es de la siguiente forma:

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

Tomando valores:

Tabla 8: Nivel de confianza deseado y puntuación z para el cálculo de la muestra.

Nivel de confianza deseado	Puntuación z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

Para un nivel de confianza del 95%, el $z = 1.96$

$e = 5\% = 0.05$

$p = 0.95$, dado $p + q = 1$, $q = 0.05$

$$n_0 = \frac{z^2 pq}{e^2} = 72.99$$

Con una población de estudio de 300 viviendas autoconstruidas.

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}} = 59 \text{ viviendas de albañilería autoconstruidas}$$

Se consideró una muestra de 60 viviendas autoconstruidas. Ya definido el tamaño muestral se procedió indicando el método de selección de las viviendas que incluirán la muestra con el fin de evitar sesgos al elegir las viviendas.

4.2.3.2. DIRECCIÓN DE LA MUESTRA

Se seleccionó aleatoriamente que viviendas forman parte de la muestra, se realizó una pre inspección a las viviendas para saber cuáles serían algunos aspectos básicos y comunes que presentan las viviendas, de lo cual la gran mayoría y, por lo tanto, se tomó como referencia que las viviendas deben tener al menos el primer piso techado, deben tener el

ancho de fachada similar y no deben estar en equina. En la Figura 4 se muestra al AA.HH San Fernando, considerando el total de la población delimitado por la línea amarilla dentro del cual se tomaron a las viviendas que son muestra de la población total.



Figura 4: Vista satelital del AA.HH San Fernando (Google Earth, 2020).

El método de selección de la muestra fue el método aleatorio simple con lo cual se fue por todas las viviendas del lugar de estudio y se seleccionó aleatoriamente, es decir, se iba a cualquier vivienda dentro de una manzana o cuadra, esto también se veía condicionada por la disposición del propietario en querer participar o no del estudio, lo cual implicaba un control más de aleatoriedad porque recaía en la decisión de ellos de que sus viviendas participen o no en la investigación.

4.3. TÉCNICAS Y MÉTODO

4.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La estimación de la vulnerabilidad estructural de las viviendas de albañilería autoconstruidas requiere de una gran cantidad de información para poder rescatar las características de las viviendas en estudio, es por ello que se seleccionó varias técnicas de recolección de datos que garantizaron fidelidad y orden en los datos obtenidos. Las técnicas

usadas para la recolección de datos en este trabajo fueron: la observación, el cuestionario y la encuesta.

- Para la técnica observacional se hizo el uso de una ficha de recolección de datos, la cual se muestra en la Figura 5, donde se ingresó las características observables y tangibles de las viviendas, tales como área del terreno, dimensiones de elementos estructurales, distribución de ambientes, irregularidades, tipos de materiales usados, etc. Se usó la ficha con el fin de que el ingreso de los datos sea sistemático y ordenado.
- La técnica del cuestionario se realizó al propietario de la vivienda, esta información no es directamente observable, pero sí es cuantificable y objetiva. En esta sección se preguntó por los criterios de autoconstrucción las cuales se pueden validar a través del testimonio de los propietarios.
- La técnica de la encuesta también se realizó al propietario, pero la información brindada es cualitativa y entra en la subjetividad del propietario. En esta sección se preguntó sobre como ellos perciben el estado de sus viviendas, es información subjetiva del propietario, pero refleja en el entendimiento de los propietarios respecto a sus viviendas.

Estos métodos se presentaron en un formato conjunto denominada ficha de recolección de datos tal como se muestra en la Figura 5, con el cual se hizo el recorrido en campo.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																																												
Ubicación de la vivienda			N° de vivienda		Datos del entrevistado																																							
Departamento		AA.HH		Apellidos																																								
Provincia		Mz		Nombre																																								
Distrito		Lt		Fecha																																								
CUESTIONARIO					ENCUESTA																																							
Número de personas que habitan en la casa					¿Usted considera que si vivienda es vulnerable frente a un temblor fuerte?																																							
Año de construcción		1ER PISO			REGULAR																																							
		2DO PISO			BASTANTE																																							
		3ER PISO A MÁS																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>AUTOCOSTRUCCIÓN</th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>¿Tiene planos?</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>¿Asesoría profesional en el diseño?</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>¿Asesoría profesional en la construcción?</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>¿Mano de obra calificada?</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>¿Permiso de construcción?</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>¿Título de propiedad?</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					AUTOCOSTRUCCIÓN	SI	NO	¿Tiene planos?			¿Asesoría profesional en el diseño?			¿Asesoría profesional en la construcción?			¿Mano de obra calificada?			¿Permiso de construcción?			¿Título de propiedad?			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>¿Le gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda frente a un sismo?</td> <td>SI</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>¿Qué tan dispuesto estaría a reforzar su vivienda?</td> <td>POCO</td> <td>REGULAR</td> <td>BASTANTE</td> </tr> <tr> <td>¿Qué tan dispuesto esta en buscar aseoría profesional?</td> <td>POCO</td> <td>REGULAR</td> <td>BASTANTE</td> </tr> <tr> <td>¿Existe algun lugar seguro dentro de su vivienda cuando ocurra un sismo?</td> <td>SI</td> <td>NO</td> </tr> </tbody> </table>					¿Le gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda frente a un sismo?	SI	NO	¿Qué tan dispuesto estaría a reforzar su vivienda?	POCO	REGULAR	BASTANTE	¿Qué tan dispuesto esta en buscar aseoría profesional?	POCO	REGULAR	BASTANTE	¿Existe algun lugar seguro dentro de su vivienda cuando ocurra un sismo?	SI	NO
AUTOCOSTRUCCIÓN	SI	NO																																										
¿Tiene planos?																																												
¿Asesoría profesional en el diseño?																																												
¿Asesoría profesional en la construcción?																																												
¿Mano de obra calificada?																																												
¿Permiso de construcción?																																												
¿Título de propiedad?																																												
¿Le gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda frente a un sismo?	SI	NO																																										
¿Qué tan dispuesto estaría a reforzar su vivienda?	POCO	REGULAR	BASTANTE																																									
¿Qué tan dispuesto esta en buscar aseoría profesional?	POCO	REGULAR	BASTANTE																																									
¿Existe algun lugar seguro dentro de su vivienda cuando ocurra un sismo?	SI	NO																																										
ASPECTOS ESTRUCTURALES																																												
LARGO		ANCHO		IRREGULARIDAD EN PLANTA																																								
AREA		N° DE PISOS		Torsión estimada																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">JUNTA SISMICA</th> </tr> <tr> <th>IZQUIERDA</th> <th></th> <th>DERECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sin junta de 1 a 2cm</td> <td></td> <td>Sin junta de 1 a 2cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>de 2 a 4cm</td> <td></td> <td>de 2 a 4cm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				JUNTA SISMICA				IZQUIERDA		DERECHA		Sin junta de 1 a 2cm		Sin junta de 1 a 2cm		de 2 a 4cm		de 2 a 4cm		Esquinas entrantes																								
				JUNTA SISMICA																																								
				IZQUIERDA		DERECHA																																						
				Sin junta de 1 a 2cm		Sin junta de 1 a 2cm																																						
de 2 a 4cm		de 2 a 4cm																																										
Discontinuidad de diafragma																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>VIGA</th> <th>Base</th> <th>Peralte</th> <th>COLUMNA</th> <th>Base</th> <th>Peralte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>viga solera</td> <td></td> <td></td> <td>Col. confinamiento</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>viga acoplamiento</td> <td></td> <td></td> <td>Col. Pórtico</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>viga pórtico</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				VIGA	Base	Peralte	COLUMNA	Base	Peralte	viga solera			Col. confinamiento			viga acoplamiento			Col. Pórtico			viga pórtico						IRREGULARIDAD EN ALTURA																
				VIGA	Base	Peralte	COLUMNA	Base	Peralte																																			
				viga solera			Col. confinamiento																																					
				viga acoplamiento			Col. Pórtico																																					
viga pórtico																																												
Piso blando esperado																																												
Geometría vertical																																												
desalineamiento vertical de muros																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CALIDAD DE MANO DE OBRA</th> </tr> <tr> <th colspan="3">EN ASENTADO DE LADRILLOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Espesor de junta (cm)</td> <td>1.0 - 1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.5 - 2.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>< A 2.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Uniformidad y alineamiento</td> <td>BUENA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>REGULAR</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MALA</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3">EN ELEMENTOS DE CONCRETO</th> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cangrejeras en elementos de C°A°</td> <td>Ninguno/poco</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Algunos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bastantes</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				CALIDAD DE MANO DE OBRA			EN ASENTADO DE LADRILLOS			Espesor de junta (cm)	1.0 - 1.5		1.5 - 2.0		< A 2.0		Uniformidad y alineamiento	BUENA		REGULAR		MALA		EN ELEMENTOS DE CONCRETO			Cangrejeras en elementos de C°A°	Ninguno/poco		Algunos		Bastantes		Ultimo piso techado										
				CALIDAD DE MANO DE OBRA																																								
				EN ASENTADO DE LADRILLOS																																								
				Espesor de junta (cm)	1.0 - 1.5																																							
1.5 - 2.0																																												
< A 2.0																																												
Uniformidad y alineamiento	BUENA																																											
	REGULAR																																											
	MALA																																											
EN ELEMENTOS DE CONCRETO																																												
Cangrejeras en elementos de C°A°	Ninguno/poco																																											
	Algunos																																											
	Bastantes																																											
Viga dintel en ductos																																												
Hasta el piso																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="10">UBICACIÓN DE DUCTOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td> <td rowspan="3"></td> </tr> <tr> <td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>				UBICACIÓN DE DUCTOS										1	2	3	4	5		6	7	8	9	10						DENSIDAD DE MUROS DE LA VIVIENDA														
				UBICACIÓN DE DUCTOS																																								
				1	2	3	4	5																																				
				6	7	8	9	10																																				
En X																																												
En Y																																												
CALIDAD DE LOS MATERIALES																																												
TIPO DE LADRILLO PREDOMINANTE																																												
	Tipo de ladrillo	%	perimetral	paralelo fachada	transversal fachada																																							
PISO 1	Artisanal																																											
	Industrial																																											
	pandereta																																											
PISO 2	Artisanal																																											
	Industrial																																											
	pandereta																																											
PISO 3	Artisanal																																											
	Industrial																																											
	pandereta																																											
FACTORES DEGRADANTES																																												
FACTOR DEGRADANTE		ALTO	MEDIO	NULO																																								
Fisuras en muros en albañilería																																												
Fisuras en elementos de concreto																																												
Acero expuesto																																												
Corrosión de acero expuesto																																												
Humedad en muros																																												
Eflorescencia																																												

Figura 5: Ficha de recolección de datos.

Instrumentos de medición de los datos.

Cada técnica de recolección de datos hizo uso de instrumentos de medición con el fin del obtener un valor final de cada dato.

- Para la técnica observacional, principalmente se usó cintas métricas que midan las dimensiones de las viviendas. Se hizo uso de una cámara fotográfica que registre a las viviendas.
- Para el cuestionario, se usó un formato de cuestionario, y el control lo hizo el propietario, valores que se asumen objetivos.
- Para la encuesta, el propietario categorizó sus deseos sobre valores ordinales (ejm: poco, regular, bastante)

4.3.2. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

El instrumento validado es el formato de recolección de datos, dado que por sí solo no son instrumentos de medición, su validez debe ser del tipo validación de contenido.

La validación de la ficha de recolección de datos se dio de su uso en campo. Se llegaron a responder todas las interrogantes de la ficha, siendo suficientes para poder definirlas y clasificar cada característica de las viviendas, además que se mantuvo la fluidez y claridad en cada pregunta.

4.3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación, cuyo objetivo es conocer la vulnerabilidad estructural de viviendas autoconstruidas en San Juan de Lurigancho para salvaguardar las vidas de las personas que la habitan, fue desarrollado bajo una metodología de trabajo, la cual se explica en los siguientes pasos.

1. Población y muestra: La población está definida por las viviendas autoconstruidas del AA.HH San Fernando. El muestreo se direccionó a las viviendas dentro de la población que son representativas a la zona de estudio en base a un conjunto de características básicas como que tengan similar ancho de fachada, que no se encuentren en esquina y que tengan al menos el primer piso techado, dentro de las viviendas que cumplen estas características básicas se usó el muestro aleatorio simple para definir a las viviendas de la muestra.
-

2. Recolección de datos: Ya definido el tamaño de la muestra se procedió a recolectar la información de las viviendas requerida y ordenada dentro de una ficha de levantamiento de datos junto con un pequeño formato de cuestionario y encuesta, que en conjunto contiene toda la información mínima necesaria que se requiere en la investigación, estos ya fueron detallados anteriormente.
 3. Vaciado de los datos: Culminado el levantamiento de datos en campo se procedió a vaciar la información recolectada en una plantilla que unifique toda esta información y que mantenga el orden de cada componente de la ficha de recolección de datos para que posteriormente se puede procesar, filtrar y clasificar a las viviendas por grupos, que terminarán siendo los modelos representativos. Todo este proceso se desarrolló en una hoja Excel.
 4. Definición de los modelos analíticos representativos: Con la información ordenada, se procedió a realizar criterios de clasificación, los cuales se explican a continuación:
 - Primero se clasificó por su distribución en planta, se definió en que zona de la vivienda están los ductos (traga luz y escalera) independientemente del número de pisos.
 - Ahora, para definir las características físicas de cada modelo, se recogió los valores del conjunto de viviendas que pertenecen a cada modelo representativo. Se realizó un promedio del largo y ancho, se consideran los tipos de ladrillo usados, secciones de vigas y columnas. Toda esta información define al modelo representativo, luego se realizó el modelo en ETABS para ser analizado.
 5. Determinación de la acción sísmica: Para representar la acción sísmica, se tomaron 21 registros sísmicos entre reales y sintéticos para cada nivel de aceleración sísmica, o por sus siglas en inglés PGA, considerando los grados de aceleración entre 0.05g hasta 0.60g con intervalos de 0.05 y luego de 0.60g hasta 1g en intervalos de 0.10g.
 6. Análisis de los modelos representativos: Con los modelos representativos definidos se procedió a realizar el análisis tiempo historia, teniendo 336 resultados por modelo representativo (21 registros por 16 niveles de aceleración).
-

7. Tratamiento de resultados del análisis estructural: Se definió a la deriva de entrepiso como parámetro indicador de respuesta de la estructura hacia la demanda sísmica. Cada modelo representativo obtuvo una deriva máxima, para cada nivel de aceleración y para cada registro sísmico considerado, estas derivas fueron ordenadas generando curvas en base a su función de distribución de probabilidad (fdp).
 8. Determinación de las curvas de fragilidad: Se define las curvas de fragilidad en base a la fdp. Se relacionó estados de daño con valores determinados de deriva, esto es, definido la deriva se dibujó una recta que atraviesa las curvas de funciones de distribución de probabilidad, esto para cada nivel de aceleración generando puntos de intersección, con los cuales se terminó graficando nuevas curvas que delimitan los estados de daño, siendo estas las curvas de fragilidad. Estas curvas de fragilidad representan umbrales de estados de daño (sin daño, leve, moderado, severo, colapso) en relación a la aceleración del sismo.
 9. Estimación de la vulnerabilidad estructural: Dado un sismo de una aceleración máxima determinada se puede conocer cuál es la vulnerabilidad estructural de un modelo representativo frente a ese sismo mediante la probabilidad de que ocurra o exceda un cierto estado de daño (sin daño, leve, moderado, severo, colapso). Esto se obtuvo trazando una recta en el valor de la aceleración máxima de ese sismo que intercepto los umbrales de estado daño.
 10. Vulnerabilidad estructural para cualquier vivienda de albañilería autoconstruida: Conocido la vulnerabilidad para los modelos representativos, se quiso conocer cuál sería la vulnerabilidad en alguna de las viviendas pertenecientes al área de estudio. Hay un conjunto de características que definen a cada vivienda y que según los valores de la ficha de registros se obtiene un factor de escala para cada vivienda del modelo representativo, con la que se procedió a ajustar la probabilidad de daño del modelo representativo para una aceleración determinada. Esto es, la curva de fragilidad se mantuvo, y donde el factor de escala solo afectó a la aceleración de estudio, trasladando la recta en la curva de fragilidad y obteniendo valores de
-

probabilidad para cada estado de daño que sean propios de cada una de las viviendas pertenecientes a ese modelo representativo.

4.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.4.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio fue el AA.HH San Fernando, situado en San Juan de Lurigancho, de la cual se recogió una muestra de 60 viviendas, las cuales fueron seleccionadas bajo un muestreo aleatorio simple en base a un conjunto de características básicas como que tengan similar ancho de fachada, que no se encuentren en esquina y que tengan al menos el primer piso techado. Todas las viviendas que cumplían con estas características básicas entraron en el muestreo aleatorio simple con consistió ir a cada manzana del lugar de estudio y seleccionar al azar algunas viviendas. Se debe considerar que a esto se suma que no en todas las viviendas a donde se iba el propietario salía a atender por lo que se buscaba otra vivienda cercana.

En la Figura 6 se muestra algunas de las viviendas visitadas en las salidas a campo, todos los registros fotográficos de las viviendas visitadas se encuentran en el Anexo 2. La descripción de la población y la determinación del tamaño de la muestra se detalló en el apartado 4.2.





Figura 6: *Fachadas de cuatro de las viviendas visitadas en el AA.HH San Fernando.*

4.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

De la salida a campo se reconoció las diferentes formas en que están construidas las viviendas, siendo evidente que ninguna es idéntica a la otra, en base a las características comunes que se describieron líneas arriba se procedió con la recolección de datos de cada vivienda.

Para la recolección de datos se usó el formato mostrado en la Figura 5. Además, como en la salida a campo no siempre se tuvo un conocimiento del tema por parte del encuestado, teniéndose que ser lo más práctico y claro en las explicaciones para asegurar un entendimiento por parte de ellos y que la información que brinden refleje el estado de la casa. También se usó algunas imágenes de apoyo para que la encuesta sea más clara y fluida, así como los tipos de ladrillos usados en viviendas de albañilería indicado en la Figura 7 y los factores degradantes en viviendas de albañilería confinada indicado en la Figura 8.

Los tipos de ladrillos considerados fueron el ladrillo artesanal solido King Kong, el ladrillo industrial de 18 huecos con 30% de vacíos y el ladrillo tubular pandereta, se consideraron estos tres tipos de ladrillos por ser los de más uso en las viviendas de albañilería en San Juan de Lurigancho.



Figura 7: *Tipos de ladrillos usados en viviendas de albañilería.*

Los factores degradantes considerados fueron la cangrejera en elementos de concreto armado debido a mal proceso constructivo al momento del vaciado de los elementos estructurales, tales como la columnas, vigas y losa aligerada de las viviendas, la corrosión en el acero de estos elementos estructurales mencionados y la eflorescencia en los muros de albañilería debido a la humedad del lugar.



Figura 8: *Factores degradantes en viviendas de albañilería confinada.*

Completar la cantidad de viviendas necesarias tomó varias salidas a campo, considerando que solo se realizó salidas a campo los fines de semana, los sábados y domingos, por la disponibilidad del investigador y porque eran los días en que era más seguro que el propietario esté en su casa. En promedio la duración de la encuesta fue de 20 minutos por vivienda para completar la ficha de levantamiento de datos y hacer un croquis de la vivienda. No todos los encuestados tenían la misma predisposición de participar, debido a la

desconfianza, pensaban que se trataba de una encuesta de la municipalidad, también debido a que no querían exponerse a contagiarse de COVID -19 al estar en contacto con un extraño.

En su gran mayoría se les pudo persuadir explicando en qué consistía dicha visita y que era una forma práctica para que ellos reconozcan en qué situación de vulnerabilidad se encontraba su vivienda. Además, durante todas las salidas de campo se cumplió con protocolos de bioseguridad usando permanentemente la mascarilla y conservando una distancia prudente con los propietarios de las viviendas. En la Figura 9 se muestra algunas fotografías de las visitas a las viviendas.





Figura 9: Salidas a campo para la recolección de datos de las viviendas en estudio.

Toda la información recolectada de cada vivienda visitada fue ordenada y archivada en un file para su posterior digitalización, esto se ve en el Anexo 1. El registro fotográfico de cada vivienda se muestra en el Anexo 2.

4.4.3. VACIADO DE LOS DATOS

Completado las salidas a campo con la cantidad de viviendas indicadas en la muestra se procedió a ordenar y procesar la información obtenida, para esto se creó una hoja en Excel tal como se muestra en la Figura 10, que mantuvo el orden de la ficha de levantamiento de datos, pero a la vez organizándolo en una matriz de datos lo que permitió trabajar con los datos en conjunto para su posterior clasificación.

Para evitar los errores en el ingreso de datos a la plantilla creada se usaron filtros y validación de datos, por lo que en su gran mayoría se seleccionaba el dato requerido, solo se redactó en los casos de dimensiones de la vivienda y de secciones de vigas y columnas. Todas las tablas usadas en la presente investigación se ubican en el Anexo 4.

N° de vivienda	FECHA	MZ	LT	NOMBRE Y APELLIDO	CUESTIONARIO								
					Año de construcción			AUTOCONSTRUCCIÓN					
					1er piso	2do piso	3er piso	¿Tiene planos?	¿Asesoría profesional en el diseño?	¿Asesoría profesional en la construcción?	¿Mano de obra calificada?	¿Permiso de construcción?	¿Título de propiedad?
1	27/09/2020	N	8	ALICIA AVILA VILCAYAURI	1995	2008		SI	NO	NO	NO	NO	SI
2	27/09/2020	N	11	LUIS AVILA VILCAYAURI	1995			SI	SI	NO	NO	NO	SI
3	27/09/2020	N	16	AURELIO ALARCON REYES	1995			SI	SI	NO	NO	NO	SI
4	27/09/2020	N	17	EVELIN VANESA AQUINO HUAMAN	1990			NO	NO	NO	NO	NO	SI
5	27/09/2020	N	7	JENRY ACOSTA MENDOZA	2005			NO	NO	SI	NO	SI	SI
6	27/09/2020	N	19	HECTOR AVILA VILCAYAURI	2000	2013		SI	SI	SI	NO	NO	SI
7	27/09/2020	N	5	JAEQUELIN VIVIANCO VASQUEZ	1996	2005		NO	NO	NO	NO	NO	SI
8	27/09/2020	N	12	FELICITA ALEJANDRO CAYUPE	2014	2016		SI	NO	NO	NO	NO	SI
9	27/09/2020	U	10	ROGER CARNERO CALLAN	1995	2015		NO	NO	NO	NO	NO	SI
10	27/09/2020	S	15	JUAN LOPEZ VALERA	1990	2005	2014	SI	SI	SI	SI	SI	SI
11	27/09/2020	S	14	PABLO ESPINOZA VENTES	2010	2018	2018	SI	SI	NO	NO	SI	SI
12	27/09/2020	O	27	PEPE SALAS	2005	2010		NO	NO	SI	SI	SI	SI
13	27/09/2020	N	15	FELICITA SALGADO MOREYRA	2000	2017		SI	SI	NO	NO	SI	SI
14	27/09/2020	U	9	AYDE HUAMAN CHALLCO	2007	2020		SI	SI	NO	NO	SI	SI
15	3/10/2020	S	4	VALERIO PILLACA OCHOA	2000	2016		SI	NO	SI	SI	NO	SI
16	3/10/2020	P	21	VALENTINA GAMARRA	1994			SI	NO	NO	NO	SI	SI
17	3/10/2020	P	22	MERCEDES SUPA	1996	2018		NO	NO	NO	NO	NO	SI
18	3/10/2020	P	3	LEONOR GONZALES	1990			NO	NO	NO	NO	NO	SI
19	4/10/2020	P	7	YOYANA LESMA MOROTE	2000			NO	NO	NO	NO	NO	SI
20	4/10/2020	P	10	MIQUEL MANCHADO	1985	1988		NO	NO	NO	SI	SI	SI
21	4/10/2020	O	33	GLORIA ALEJANDRO	2005	2015		NO	NO	NO	NO	NO	SI
22	4/10/2020	P	12	NADIA LAZON	1985	2010		SI	NO	NO	SI	NO	SI
23	4/10/2020	O	13	LUCILA APAZA	1995			NO	NO	NO	NO	NO	SI
24	4/10/2020	Q	4	ROBERTO CONDORI	2008	2010		SI	NO	NO	NO	NO	SI
25	4/10/2020	Q	15	JOHANA PILCA	1992	2016		NO	NO	NO	NO	NO	SI
26	4/10/2020	R	15	MELQUIADES MEJICO CHAVARRIA	1990			NO	NO	NO	NO	NO	SI
27	4/10/2020	B	14	DOMINGO LAZO	2005			SI	SI	NO	NO	NO	SI
28	4/10/2020	N	1	OCTAVIO SATURNINO	1995	2016		NO	NO	NO	NO	NO	SI
29	4/10/2020	N	18	MARTHA CONDE DUEÑAS	1987	1995	2017	SI	NO	NO	NO	NO	SI
30	4/10/2020	N	6	ADRIAN JAIME MEDINA MENSIA	1985			SI	SI	SI	NO	NO	SI
31	4/10/2020	G	6	MARIA VEGA LEJOS	1998	2006		NO	NO	NO	NO	NO	SI
32	4/10/2020	S	1	MARIBEL SALVA YUPANQUI	2010			NO	NO	NO	NO	NO	SI
33	4/10/2020	T	11	GENRY CASTILLO	1995	2010		NO	NO	NO	NO	NO	SI
34	4/10/2020	T	7	RAFAEL PALOMINO	-	-		NO	NO	NO	NO	NO	SI
35	4/10/2020	S	22	CARLOS GONZALES	1995	2012		SI	SI	SI	NO	NO	SI
36	4/10/2020	T	5	LIDIA ARIAS	2013	2020		SI	SI	SI	NO	NO	SI
37	4/10/2020	Q	2	HULBALDINO CONDORI	2000	2010	2015	SI	SI	NO	SI	NO	SI
38	4/10/2020	R	5	ROSEL CABELLO SOTO	1995	2010		NO	NO	NO	NO	NO	SI
39	4/10/2020	X	25	ROMINA CHAVARRIA	2014			SI	SI	NO	NO	NO	SI
40	4/10/2020	Q	5	ROSA AGRIPINA TIPULA	1998			SI	SI	NO	NO	NO	SI
41	10/10/2020	Y-1	6	YIMMY AITE	2003	2012		NO	NO	NO	NO	NO	SI
42	10/10/2020	Y-1	5	MARIA MAMANI HESUPA	1988			SI	SI	NO	NO	SI	SI
43	10/10/2020	Y-1	7	CARLOS CASTILLO GARCIA	2002			SI	NO	NO	NO	SI	SI
44	10/10/2020	Y-1	14	ANTONIO GONZALES	1995	2016		SI	SI	NO	SI	NO	SI
45	10/10/2020	Y-1	16	JOE FEPHITS	2000	2001		SI	SI	NO	NO	SI	SI
46	10/10/2020	Y-1	20	FLOERAN VALERIO	1990	2000	2018	SI	SI	NO	NO	NO	SI
47	10/10/2020	Y-1	21	FIDEL CASAS	2000	2014		SI	SI	NO	NO	NO	SI
48	11/10/2020	D	24	INES JULIANA CONDORI QUISPE	1990	2013		SI	SI	NO	NO	NO	SI
49	11/10/2020	F	4	EDMUNDO APALAYA GUZMAN	2000	2017		SI	SI	NO	NO	SI	SI
50	11/10/2020	E	3	FABIOLA MAYORCA	1990	2000	2000	SI	SI	NO	NO	NO	SI
51	11/10/2020	J	22	MARGARITA DEL VALLE	1997			SI	SI	NO	NO	NO	SI
52	11/10/2020	P	21	JULIA DENEGRI	1990	2006		SI	SI	NO	NO	NO	SI
53	11/10/2020	F	20	ALIPIO POMA QUISPE	1995	2018	2019	NO	NO	NO	NO	NO	SI
54	11/10/2020	F	19	GENRY PALOMINO VELAZCO	2008			NO	NO	NO	NO	NO	SI
55	11/10/2020	K	6	MAGDA PEREZ FIERRO	2000	2015		NO	NO	NO	NO	NO	SI
56	11/10/2020	K	16	JULISA DONAIRE	2000			SI	SI	NO	NO	NO	SI
57	11/10/2020	V	8	HERLYNDA HUERTA	1997	2008	2016	SI	SI	NO	NO	NO	SI
58	11/10/2020	V	9	SALUSTIA MACHADO SOLARZANO	1995	2015		SI	SI	NO	NO	NO	SI
59	11/10/2020	W	8	OLGA ALLAUJA	1995	2015		SI	SI	NO	NO	NO	SI
60	11/10/2020	V	2	ROSA ISABEL MILUPU FRANKO	2000	2015		SI	SI	NO	NO	NO	SI

N° de vivienda	ENTREVISTA														JUNTA SÍSMICA	
	¿Usted considera su vivienda vulnerable?	¿Le gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda?	¿Qué tan dispuesto estaría a reforzar su vivienda?	¿Qué tan dispuesto está en buscar asesoría profesional?	¿Existe algún lugar seguro dentro de su vivienda cuando ocurre un sismo?		ANCHO (m)	LARGO (m)	ÁREA (m²)	N° de pisos	UBICACIÓN DE DUCTO		TIPO DE VIVIENDA SEGUNDO DUCTO		Izquierda	Derecha
1	REGULAR	SI	BASTANTE	BASTANTE	SI		7.5	20	150	2	3	7	A		SIN JUNTA	1.0 - 2.0
2	POCO	SI	POCO	BASTANTE	SI		7.5	20	150	1	3	7	A		2.0 - 4.0	SIN JUNTA
3	REGULAR	SI	POCO	POCO	SI		8.5	18	153	1	3	8	B		SIN JUNTA	2.0 - 4.0
4	REGULAR	SI	BASTANTE	REGULAR	SI		8.5	15	127.5	1	8		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
5	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		8.5	20	170	1	3	5	D		2.0 - 4.0	2.0 - 4.0
6	REGULAR	SI	POCO	REGULAR	SI		8.5	18	153	2	3	10	A		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
7	BASTANTE	SI	BASTANTE	BASTANTE	NO		7.5	20	150	2	5	8	A		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
8	POCO	SI	REGULAR	BASTANTE	SI		7.5	20	150	2	7	8	D		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
9	REGULAR	SI	BASTANTE	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	8		C		2.0 - 4.0	2.0 - 4.0
10	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		10	16	160	3	4	8	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
11	REGULAR	SI	REGULAR	POCO	NO		6	16	96	3	4		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
12	POCO	SI	REGULAR	POCO	SI		8	16	128	2	3	10	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
13	REGULAR	SI	POCO	POCO	SI		7.5	20	150	2	7	9	D		1.0 - 2.0	2.0 - 4.0
14	POCO	SI	POCO	REGULAR	SI		7	15	105	2	3	8	B		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
15	REGULAR	SI	BASTANTE	REGULAR	NO		8	20	160	2	3	8	B		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
16	POCO	SI	BASTANTE	REGULAR	NO		7.5	20	150	1	4	8	A		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
17	REGULAR	SI	BASTANTE	BASTANTE	NO		7.5	20	150	2	8		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
18	REGULAR	SI	POCO	REGULAR	SI		10	10	100	2			E		SIN JUNTA	SIN JUNTA
19	POCO	SI	BASTANTE	POCO	SI		7.5	20	150	1	3	7	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
20	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	3		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
21	POCO	SI	POCO	POCO	SI		8	15	120	2	4	9	B		2.0 - 4.0	1.0 - 2.0
22	REGULAR	SI	POCO	REGULAR	SI		7.5	15	112.5	2	3	8	B		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
23	REGULAR	SI	POCO	POCO	SI		7.5	17	127.5	1	4	8	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
24	REGULAR	SI	POCO	POCO	NO		7.2	20	144	2	3	8	B		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
25	POCO	SI	BASTANTE	REGULAR	NO		7.5	20	150	2	3	10	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
26	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	NO		8.5	18	153	2			E		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
27	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	15	112.5	1	3	8	B		SIN JUNTA	2.0 - 4.0
28	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		8	20	160	2	5	9	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
29	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	3	5	9	A		2.0 - 4.0	SIN JUNTA
30	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	1	8		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
31	POCO	SI	REGULAR	BASTANTE	NO		7.5	20	150	1	8	10	D		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
32	POCO	SI	REGULAR	POCO	NO		6	10	60	1			E		SIN JUNTA	SIN JUNTA
33	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	8		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
34	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	8		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
35	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	8		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
36	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		6	20	120	2	3	10	A		2.0 - 4.0	2.0 - 4.0
37	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	16	120	3			E		SIN JUNTA	SIN JUNTA
38	REGULAR	SI	REGULAR	BASTANTE	SI		7.5	15	112.5	2	4	8	A		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
39	POCO	SI	REGULAR	POCO	SI		7.5	14	105	1	3		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
40	BASTANTE	SI	REGULAR	BASTANTE	SI		7.5	20	150	1	8		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
41	REGULAR	SI	BASTANTE	BASTANTE	SI		7.5	16	120	2	8		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
42	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	16	120	1	3		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
43	POCO	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7	15	105	1			E		SIN JUNTA	SIN JUNTA
44	REGULAR	SI	POCO	REGULAR	SI		6	15	90	1	9		C		2.0 - 4.0	2.0 - 4.0
45	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7	15	105	2	2	4	D		1.0 - 2.0	SIN JUNTA
46	BASTANTE	SI	BASTANTE	BASTANTE	SI		7	15	105	3	9		C		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
47	REGULAR	SI	REGULAR	BASTANTE	SI		8	13	104	2	3		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
48	REGULAR	SI	BASTANTE	BASTANTE	NO		8	20	160	2	2	9	A		1.0 - 2.0	SIN JUNTA
49	POCO	SI	BASTANTE	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	4	9	B		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
50	BASTANTE	SI	BASTANTE	REGULAR	NO		7.5	20	150	3	3	7	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
51	REGULAR	SI	BASTANTE	REGULAR	SI		7	20	140	1	9		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
52	BASTANTE	SI	BASTANTE	REGULAR	SI		7	20	140	2	5	8	A		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
53	BASTANTE	SI	REGULAR	POCO	SI		7.5	16	120	3	9		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
54	REGULAR	SI	POCO	POCO	SI		7.5	16	120	1	4		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
55	REGULAR	SI	BASTANTE	BASTANTE	SI		7	20	140	2	3	5	D		2.0 - 4.0	2.0 - 4.0
56	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7	20	140	1	3	9	A		SIN JUNTA	SIN JUNTA
57	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	3	4		C		SIN JUNTA	SIN JUNTA
58	REGULAR	SI	POCO	POCO	SI		7.5	20	150	2	4	9	B		SIN JUNTA	1.0 - 2.0
59	BASTANTE	SI	BASTANTE	BASTANTE	SI		7.5	20	150	2	2	9	A		1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
60	REGULAR	SI	REGULAR	REGULAR	SI		7.5	20	150	2	3	8	B		SIN JUNTA	SIN JUNTA

ASPECTOS ESTRUCTURALES																	
N de vivienda	Viga solera		V acoplam		V pórtico		Columna confinamient		Columna pórtico		IRREGULARIDAD EN PLANTA			IRREGULARIDAD EN ALTURA			
	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Torsión estimada	Esquinas entrantes	Discontinuidad de diafragma	Piso blando esperado	Geometría vertical	Desalineamiento vertical de muros	
	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	
1	30	20	30	40	30	20	25	25	25	30	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
2	25	20	15	50	20	20	30	30	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
3	25	20	15	40	30	55	25	30	25	30	MODERADO	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	
4	25	20	20	20	30	50	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
5	25	20	30	55	30	55	15	20	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
6	25	20	15	40	30	55	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	MODERADO	MODERADO
7	25	20	15	30	25	30	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
8	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO
9	20	25	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO	MODERADO
10	25	20	15	40	30	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
11	25	20	15	40	25	45	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
12	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO
13	25	20	20	40	20	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
14	25	20	25	50	25	50	30	30	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
15	25	20	25	40	25	40	25	25	25	25	MODERADO	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	
16	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
17	25	20	20	20	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
18	25	25	25	25	25	40	30	30	30	30	30	LEVE	SEVERO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
19	25	25	25	25	25	40	30	30	30	30	30	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
20	20	20	25	40	25	40	30	30	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
21	25	20	20	30	20	30	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
22	25	20	15	25	25	40	30	30	30	30	30	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
23	25	25	15	30	25	40	30	30	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
24	25	20	25	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
25	25	20	25	40	25	40	25	25	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
26	25	20	25	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
27	25	20	20	30	20	30	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
28	25	20	15	30	25	50	30	30	30	30	30	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO
29	25	20	15	25	25	40	25	25	30	30	30	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	MODERADO	LEVE
30	25	20	15	20	25	40	30	30	30	30	30	LEVE	MODERADO	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE
31	25	20	15	30	25	40	30	30	30	30	30	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
32	25	20	20	20	20	30	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO	LEVE	MODERADO
33	25	20	20	30	20	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO
34	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	MODERADO	LEVE	MODERADO
35	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO	LEVE	MODERADO
36	25	20	15	40	30	40	30	30	30	30	30	LEVE	LEVE	LEVE	SEVERO	MODERADO	MODERADO
37	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO
38	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	MODERADO	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
39	25	20	25	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE
40	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE
41	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
42	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	MODERADO	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
43	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
44	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	MODERADO	MODERADO	MODERADO
45	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	MODERADO	MODERADO	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE
46	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
47	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
48	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
49	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
50	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
51	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
52	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
53	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
54	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
55	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
56	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	SEVERO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
57	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
58	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	MODERADO	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE
59	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE	LEVE
60	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25	25	LEVE	MODERADO	MODERADO	LEVE	LEVE	LEVE

N° de vivienda	Ultimo piso techado	Viga dintel en ductos	CALIDAD DE MANO DE OBRA			1ER PISO		
			EN EL LADRILLO		EN EL CONCRETO	PERIMETRAL	PARALELO FACHADA	TRANSVERSAL FACHADA
			Espesor de junta (cm)	Uniformidad y alineamiento	Cangrejeras en elementos de C"A			
1	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
2	SI	SI	< a 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
3	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
4	SI	NO	1.5 - 2.0	BUENA	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
5	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
6	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
7	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
8	SI	SI	1.5 - 2.0	BUENA	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
9	NO	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
10	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
11	SI	NO	1.0 - 1.5	BUENA	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
12	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
13	SI	SI	1.5 - 2.0	BUENA	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
14	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
15	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	PANDEPERETA	PANDEPERETA
16	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
17	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	INDUSTRIAL
18	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
19	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
20	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
21	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
22	NO	SI	1.0 - 1.5	BUENA	NINGUNO/POCOS	INDUSTRIAL	ARTESANAL	ARTESANAL
23	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	INDUSTRIAL
24	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
25	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
26	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
27	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
28	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
29	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
30	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
31	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
32	NO	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
33	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
34	NO	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
35	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
36	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
37	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
38	NO	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
39	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
40	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
41	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
42	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
43	NO	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
44	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
45	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
46	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
47	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	ALGUNOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
48	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
49	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
50	NO	SI	1.0 - 1.5	BUENA	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
51	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	INDUSTRIAL	ARTESANAL
52	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
53	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
54	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
55	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
56	SI	NO	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
57	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
58	SI	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
59	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL
60	NO	SI	1.5 - 2.0	REGULAR	NINGUNO/POCOS	ARTESANAL	ARTESANAL	ARTESANAL

N° de vivienda	CALIDAD DE LOS MATERIALES						FACTORES DEGRADANTES					
	TIPO DE LADRILLO PREDOMINANTE						Fisuras en muros en albañilería	Fisuras en muros en concreto	Acero expuesto	Corrosión de acero expuesto	Humedad en muros	Eflorescencia
	2DO PISO			3ER PISO								
	PERIMETRAL	PARALELO FACHADA	TRANSVERSAL FACHADA	PERIMETRAL	PARALELO FACHADA	TRANSVERSAL FACHADA						
1	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
2							MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
3							NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
4							MEDIO	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
5							NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
6	PANDERETA	ARTESANAL	ARTESANAL				NULO	MEDIO	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
7	ARTESANAL	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
8	INDUSTRIAL	ARTESANAL	ARTESANAL				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
9	INDUSTRIAL	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	MEDIO	MEDIO	NULO	NULO
10	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
11	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
12	ARTESANAL	PANDERETA	ARTESANAL				MEDIO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
13	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL				MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	NULO
14	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
15	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
16							NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
17	PANDERETA	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL				MEDIO	MEDIO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
18							MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
19							NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
20	ARTESANAL	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
21	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
22	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	ALTO	ALTO
23							MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
24	ARTESANAL	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
25	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MEDIO
26							NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
27	INDUSTRIAL	PANDERETA	PANDERETA				ALTO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
28	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
29	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	ARTESANAL	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
30							NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
31	ARTESANAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL				MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
32							NULO	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	NULO
33	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	NULO
34							NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
35	ARTESANAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	MEDIO	MEDIO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
36	INDUSTRIAL	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
37	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
38	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	NULO
39							NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
40							NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
41	PANDERETA	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL				NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
42							NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
43							NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
44	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
45	INDUSTRIAL	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
46	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
47	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
48	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				NULO	MEDIO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
49	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	MEDIO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
50	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	NULO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
51							NULO	MEDIO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
52	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	MEDIO	MEDIO	NULO	MEDIO	NULO
53	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
54							NULO	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	NULO
55	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO
56							NULO	NULO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
57	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
58	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	PANDERETA				NULO	NULO	MEDIO	NULO	MEDIO	MEDIO
59	ARTESANAL	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
60	PANDERETA	PANDERETA	PANDERETA				MEDIO	NULO	NULO	NULO	MEDIO	MEDIO

Figura 10: Vaciado en una plantilla Excel de todos los datos obtenidos en campo.

Verificación de autoconstrucción en las viviendas

Se definió a una vivienda como vivienda autoconstruida cuando carece de algunas de estos criterios: planos, asesoría profesional, mano de obra calificada, permiso de construcción o título de propiedad. Sobre estos criterios se hizo un cuestionario en campo obteniendo como resultados que todas las viviendas visitadas carecen de alguno, varios o todos estos criterios, por lo que a todas se les considera viviendas autoconstruidas, cada una con un cierto nivel de autoconstrucción.

En la Tabla 9 se muestra la cantidad de viviendas que no cumplen con cada uno de los criterios mencionados.

Tabla 9: *Criterios considerados para evaluar la autoconstrucción de una vivienda.*

Criterios considerados	SÍ	NO
¿Tiene planos?	37	23
¿Asesoría profesional en el diseño?	29	31
¿Asesoría profesional en la construcción?	8	52
¿Mano de obra calificada?	7	53
¿Permiso de construcción?	12	48
¿Título de propiedad?	60	0

Cuantificación de número de viviendas que cumplen o no los criterios considerados.

Se puede observar que en su gran mayoría esos criterios no están presentes en las viviendas del área urbana en estudio. Un poco más de la mitad de las viviendas cuenta con planos, pero un poco menos de la mitad fue con una asesoría en el diseño, por lo que no todos estos planos fueron diseñados por un profesional calificado. En el aspecto constructivo, la gran mayoría no tuvo una asesoría profesional al momento de ejecutar la obra, teniendo solamente el criterio del albañil o maestro del vecindario y esto guarda relación directa con el siguiente criterio que indica que la gran mayoría de las viviendas fueron construidas sin mano de obra calificada. Con respecto al permiso municipal, más de los tres cuartos de total indica

no tener permiso de construcción, esto le da un carácter de informalidad a la construcción de esas viviendas. Se tiene como único criterio cumplido, en su totalidad de la muestra, el título de propiedad, que, si bien fue una afirmación por parte de los entrevistados, no se pudo comprobar su veracidad, ningún entrevistado mostró tal documento.

En la Figura 11 se muestra la tendencia de las viviendas para cada uno de los criterios anteriormente mencionados.

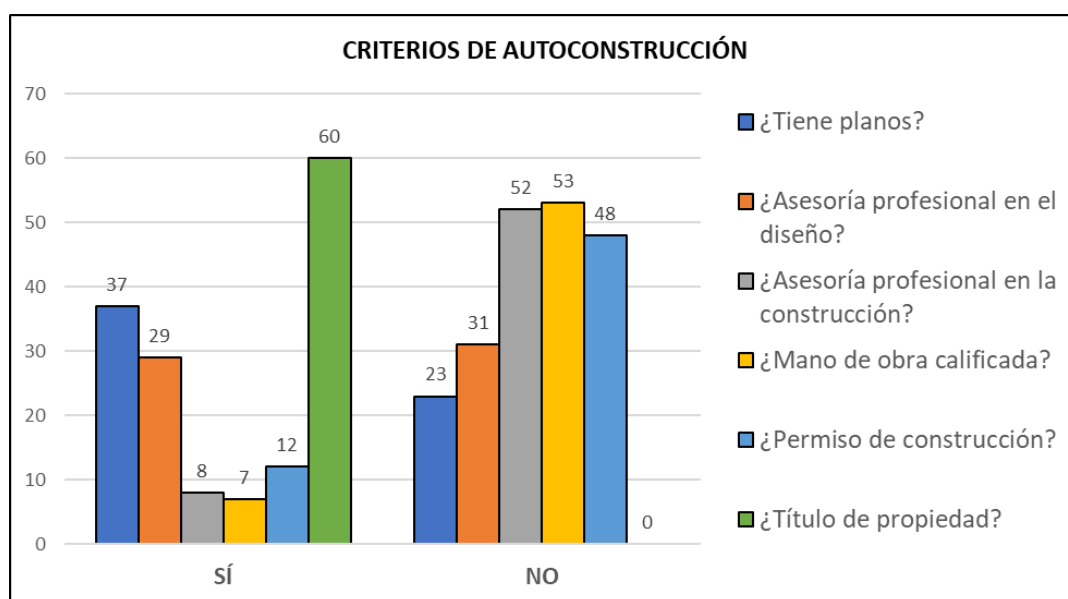


Figura 11: Tendencias de las viviendas para cada criterio de autoconstrucción considerado.

Percepción de los propietarios con relación a sus viviendas.

Parte de la ficha de recolección de datos, incluye un grupo de preguntas que tienen como objetivo conocer cuál es la percepción de los propietarios con respecto a sus viviendas. Esas preguntas buscan saber que tan seguras consideran sus viviendas, si consideran que hay alguna zona segura dentro de ellas, la predisposición de poder reforzarla en caso sea necesario o la de buscar asesoría profesional.

En la Tabla 10 se muestra el cuadro con los resultados de las 5 preguntas que se hicieron a cada uno de los encuestados.

En la Figura 12 se muestra la tendencia de las viviendas para cada una de las preguntas planteadas anteriormente mencionadas.

Tabla 10: Preguntas consideradas para conocer la percepción de los propietarios respecto a sus viviendas.

Preguntas al entrevistados	Poco	Regular	Bastante
¿Usted considera su vivienda vulnerable?	19	34	7
¿Qué tan dispuesto estaría a reforzar su vivienda?	13	29	18
¿Qué tan dispuesto está en buscar asesoría profesional?	13	33	14
Preguntas al entrevistados	Sí	No	
¿Le gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda?	60	0	-
¿Existe algún lugar seguro dentro de su vivienda cuando ocurra un sismo?	48	12	-

Con respecto a la pregunta sobre si usted considera su vivienda vulnerable, casi un tercio contestó que lo considera poco vulnerable, un poco más de la mitad considera que es regularmente vulnerable y la diferencia que es bastante vulnerable. Referente a la pregunta sobre si le gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda, el total de los entrevistados respondieron que si les gustaría saber la vulnerabilidad de su vivienda. Con respecto a la pregunta sobre qué tan dispuesto estaría a reforzar su vivienda, menos de la cuarta parte contestó que esta poco dispuesto, casi la mitad indicó que esta regularmente dispuesto y la diferencia respondió que está bastante dispuesto. Referente a la pregunta de qué tan dispuesto está en buscar asesoría profesional, menos del cuarto del total esta poco dispuesto, un poco más de la mitad indicó que si esta regularmente dispuesto y la diferencia se mostró bastante dispuesto en buscar asesoría profesional. Con respecto a la última pregunta sobre si ellos consideran que existe algún lugar seguro dentro de su vivienda donde pueda permanecer cuando ocurra un sismo, más de los tres cuartos del total sí reconoce algún lugar

dentro de su vivienda que sea segura mantenerse ahí cuando ocurra un sismo, mientras que unos pocos no reconocen ningún lugar seguro dentro de su casa al momento de un sismo.

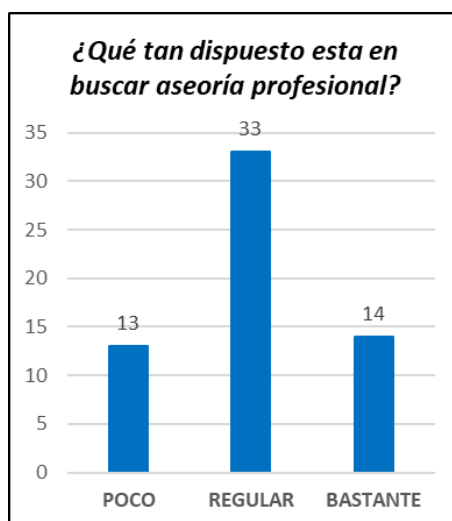
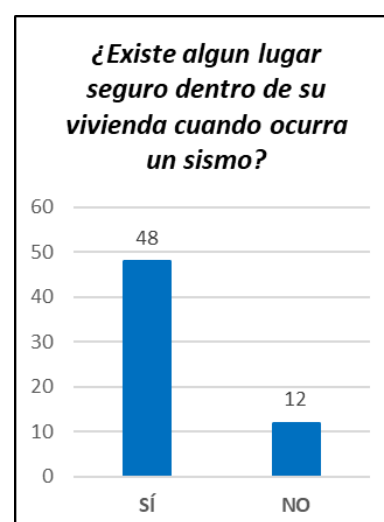
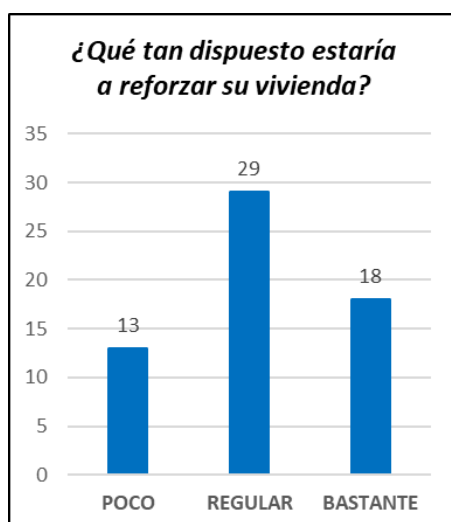
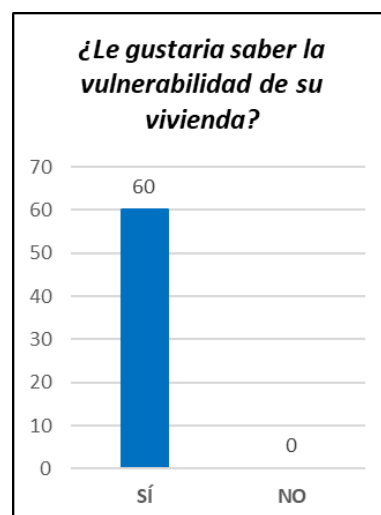
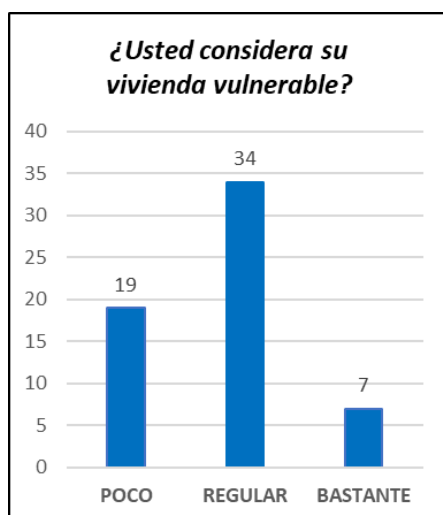


Figura 12: *Tendencias de los propietarios sobre la percepción sobre sus propias viviendas.*

4.4.4. DEFINICIÓN DE LOS MODELOS REPRESENTATIVOS

Con el registro de los datos de todas las viviendas, se procedió a clasificarlos según sus similitudes y características en común a fin de obtener modelos representativos de la zona de estudio. Se tuvieron tres criterios para definir los modelos representativos, primero se consideró la discontinuidad del diagrama rígido, luego las dimensiones de la vivienda y las secciones de vigas y columnas y finalmente la distribución de los muros. A continuación, se describe cada aspecto.

Definición de ubicación de la discontinuidad de diafragma rígido

Uno de los principales criterios de clasificación fue la ubicación de sus discontinuidades de diagrama rígido en las losas, entendiendo por estos los ductos de iluminación (tragaluz) y los ductos de escalera.

Se hizo un primer filtro en la plantilla de Excel y se obtuvieron muchas semejanzas con respecto a la ubicación de los ductos, donde se empezó a notar varios grupos. Con la observación del investigador se reagruparon según su ubicación de ductos y se llegó a consolidar en cuatro grupos definidos por su ubicación y cantidad de ductos, a partir de estos cuatro grupos se obtendrían los modelos representativos. Con esta primera clasificación se separaron los datos y se empezó a trabajar con cuatro plantillas.

Definición del perímetro de vivienda y secciones de vigas y columnas.

De cada grupo de viviendas se obtuvo la moda del largo y ancho definiendo el perímetro de cada modelo representativo, de la misma manera se obtuvo la moda de las secciones de vigas y columnas, así como sus respectivas ubicaciones. Para la definición de las secciones se tuvo que hacer algunas estimaciones por el limitado acceso a las viviendas y poder medir todas las existentes en cada vivienda. Como ejemplo, en la Tabla 11 se

muestra la definición del largo y ancho del modelo representativo tipo A y en la Tabla 12 se muestra la definición de las secciones de vigas y columnas del modelo tipo A.

Tabla 11: Definición del largo y ancho del modelo representativo tipo A.

N° de vivienda	ANCHO (m)	LARGO (m)	ÁREA (m ²)	N° de pisos
1	7.5	20	150	2
2	7.5	20	150	1
6	8.5	18	127.5	2
7	7.5	20	150	2
10	10	16	160	3
12	8	16	128	2
16	7.5	20	150	1
19	7.5	20	150	1
23	7.5	17	127.5	1
25	7.5	20	150	2
28	8	20	160	2
29	7.5	20	150	3
36	6	20	120	2
38	7.5	15	112.5	2
48	8	20	160	2
50	7.5	20	150	3
52	7	20	140	2
56	7	20	140	1
59	7.5	20	150	2
	7.5	20	150	2

Tabla 12: Definición de las secciones de vigas y columnas del modelo tipo A.

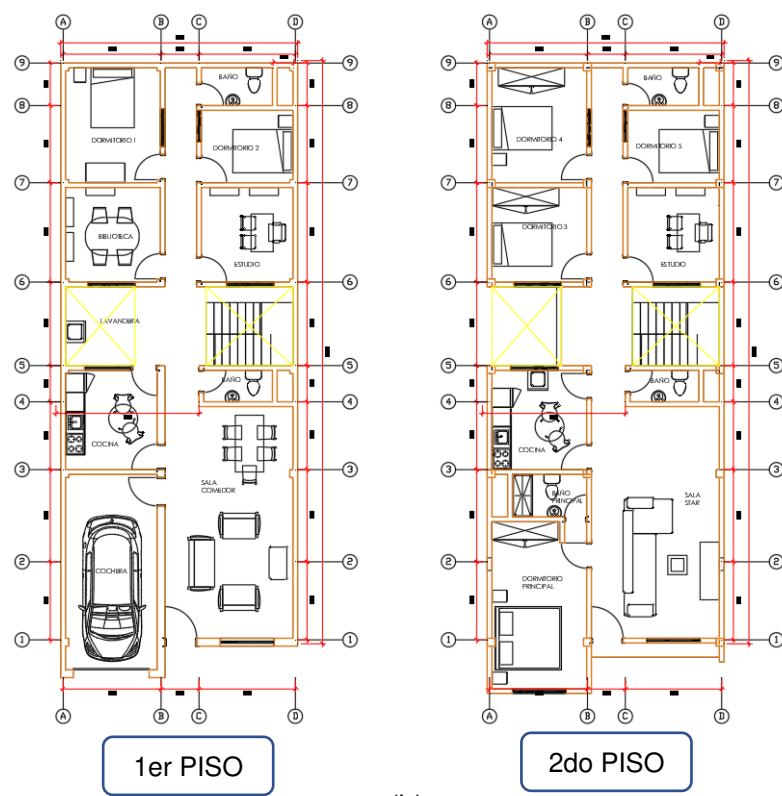
N° de vivienda	ASPECTOS ESTRUCTURALES									
	Viga solera		V acoplamiento		V pórtico		Columna confinamiento		Columna pórtico	
	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)
1	30	20	30	40	30	20	25	25	25	25
2	25	20	15	50	20	20	30	30	30	30
6	25	20	15	40	30	55	25	25	25	25
7	25	20	15	30	25	30	25	25	25	25
10	25	20	15	40	30	40	25	25	25	25
12	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
16	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
19	25	25	25	25	25	40	30	30	30	30
23	25	25	15	30	25	40	30	30	30	30
25	25	20	25	40	25	40	25	25	30	30
28	25	20	15	30	25	50	30	30	30	30
29	25	20	15	25	25	40	25	25	30	30
36	25	20	15	40	30	40	30	30	30	30
38	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
48	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
50	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
52	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
56	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
59	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25
	25	20	15	40	25	40	25	25	25	25

De forma similar se trabajó para cada grupo de vivienda, todas las tablas se encuentran en el Anexo 4. Lo interesante es que se obtuvieron los mismos valores, por lo que como concepto general todos los modelos representativos tienen un ancho de 7.5m y un largo de 20m y secciones de vigas y columnas tal como se muestra en la Tabla 13.

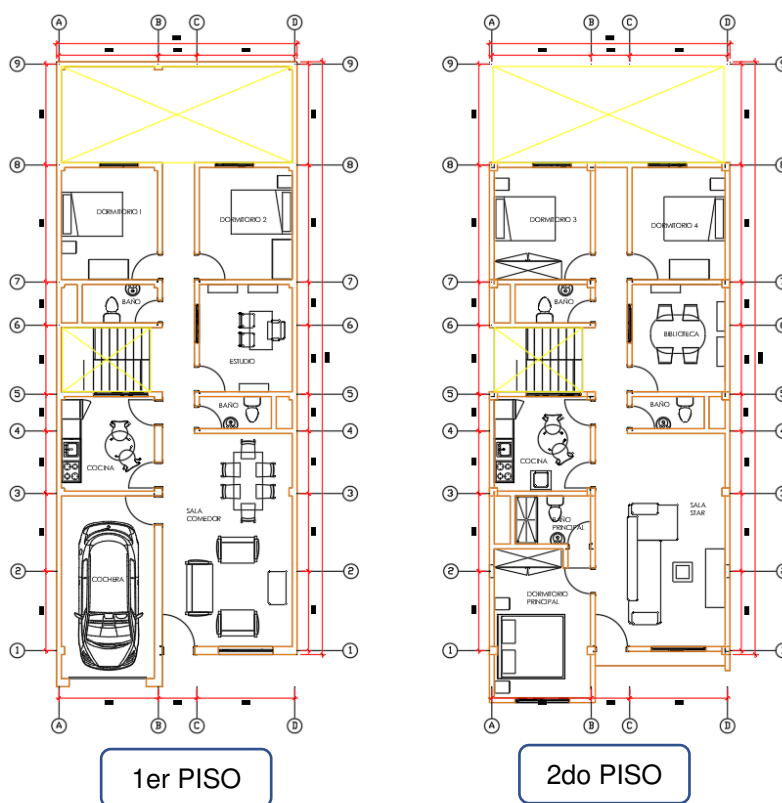
Tabla 13: Secciones de vigas y columnas considerados para los cuatro modelos representativos.

VIGA	Base	Peralte	COLUMNA	Base	Peralte
viga solera	25	20	Col. confinamiento	25	25
viga acoplamiento	15	40	Col. Pórtico	25	25
viga pórtico	25	40			

Del recuento de todas las viviendas inspeccionadas, la gran mayoría son de uno y dos pisos, 52 viviendas, por lo que cada modelo representativo tendrá en consideración esos dos niveles, derivando los resultados a cada vivienda según los pisos que tenga. Para las viviendas que tengan tres niveles, 8 viviendas, se les considera los resultados de una vivienda de dos pisos.



(b)



(c)

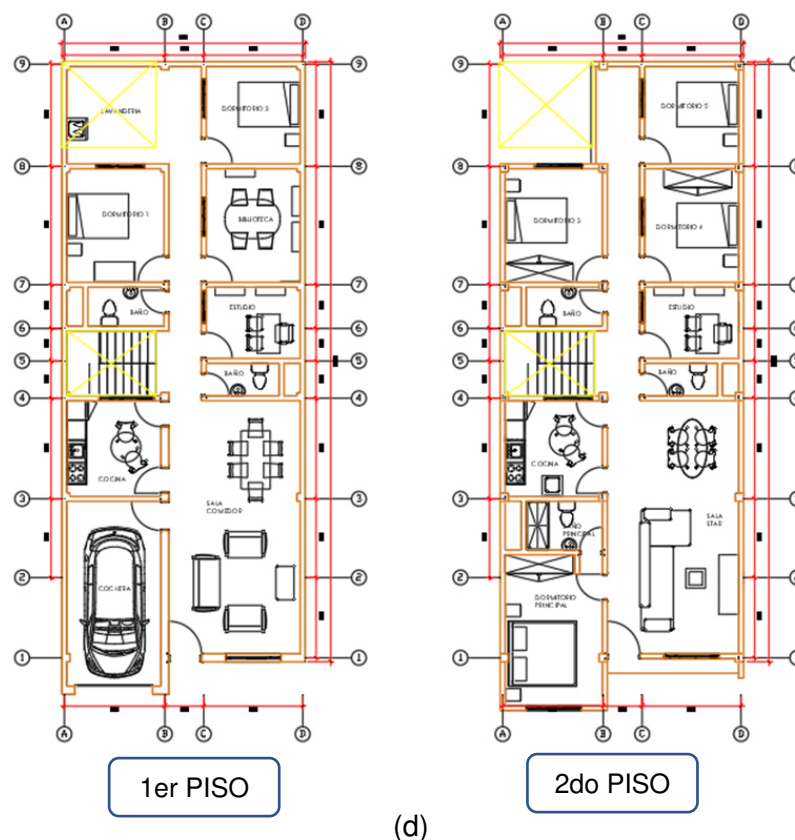


Figura 13: Modelos representativos del AA.HH San Fernando. (a): Tipo A, (b) Tipo B, (c): Tipo C, (d): Tipo D.

Consideración presupuestal por cada tipo de muro

Para entender porque la gran mayoría de las viviendas han optado por los ladrillos artesanal King Kong sólido y el ladrillo pandereta se le ha dado un enfoque presupuestal, para esto se describe cuanto es el costo de un m² de muro hecho con los tres tipos de ladrillos considerados.

Precio de la unidad de ladrillo según el tipo:

Ladrillo industrial King King 18 huecos (30%) – 0.90 soles

Ladrillo artesanal King Kong solido – 0.60 soles

Ladrillo pandereta – 0.75 soles

Considerando 36 unidades de ladrillo, 0,2 bolsas de cemento y 1 bolsa de arena gruesa por cada metro cuadrado de muro, eso da un estimado de precio unitario según se indica a continuación:

Muro de ladrillo industrial King King 18 huecos (30%) – 41.80 soles

Muro de ladrillo artesanal King Kong solido – 31.00 soles

Muro de ladrillo pandereta – 36.40 soles

Con estos precios se puede entender la preferencia de los propietarios por elegir los muros hechos con ladrillo King Kong sólido y ladrillo pandereta, sin dar mayor importancia al desempeño estructural que puedan presentar cada uno de ellos, que según se indicó en el punto 2.3.4, el ladrillo industrial 18 huecos es el que mejor comportamiento presenta.

Por otro lado, debemos entender que en los años en que se construyeron estas viviendas, el ladrillo más comercial era el ladrillo King Kong sólido, este se ve reflejado en las salidas a campo. Con respecto al ladrillo pandereta, su uso tiene una implicancia económica y también por la creencia de que al ser más liviana el primer piso va soportar menos peso, dejando de lado que esos muros también reciben carga de pisos superiores, condicionando su desempeño estructural. Se recuerda que estos muros no se consideran muros portantes, solo deben ser utilizados como tabiquería para dividir ambientes.

4.4.5. DETERMINACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA

Para representar la acción sísmica se consideraron registros sísmicos normalizados. Se tomó como referencia el trabajo desarrollado por el CISMID (CISMID, 2013) que tenía como objetivo conformar una base de datos de registros sísmicos, para esto se recopilaban acelerogramas de diferentes partes del mundo por medio de redes sísmicas. Estos registros sísmicos fueron estandarizados, se les hizo una corrección de línea base y se realizó un filtro digital de señales.

Para la presente investigación se consideraron 21 registros sísmicos tal como se muestra en la Tabla 14, de las cuales 17 registros son reales las cuales tuvieron un tratamiento de estandarización y 4 registros son sintéticos. Para generar la gran cantidad de resultados que permitan construir las curvas de fragilidad se debe trabajar con un gran número de intensidades sísmicas, es por ello que se va a considerar la aceleración sísmica desde 0.05g hasta 0.60g en intervalos de 0.05g y de 0.60g hasta 1.00g en intervalos de 0.1g tal como se detalla a continuación: 0.05g, 0.10g, 0.15g, 0.20g, 0.25g, 0.30g, 0.35g, 0.40g, 0.45g, 0.50g, 0.55g, 0.60g, 0.70g, 0.80g, 0.90g, 1.00g. Cada registro sísmico tendrá 16 intensidades sísmicas. Como ejemplo, la Figura 14 muestra el registro sísmico 2007 Pisco-Ica2 con una PGA de 0.45g.

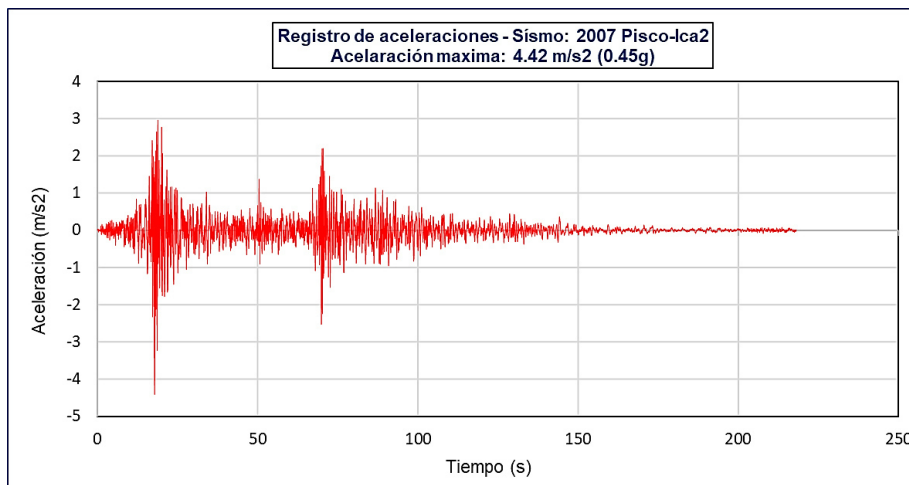


Figura 14: Registro sísmico 2007 Pisco-Ica2, dirección E-W.

Todos los registros sísmicos se ubican en el Anexo 3.

Tabla 14: *Listado de registros sísmicos considerados para el análisis de las viviendas autoconstruidas.*

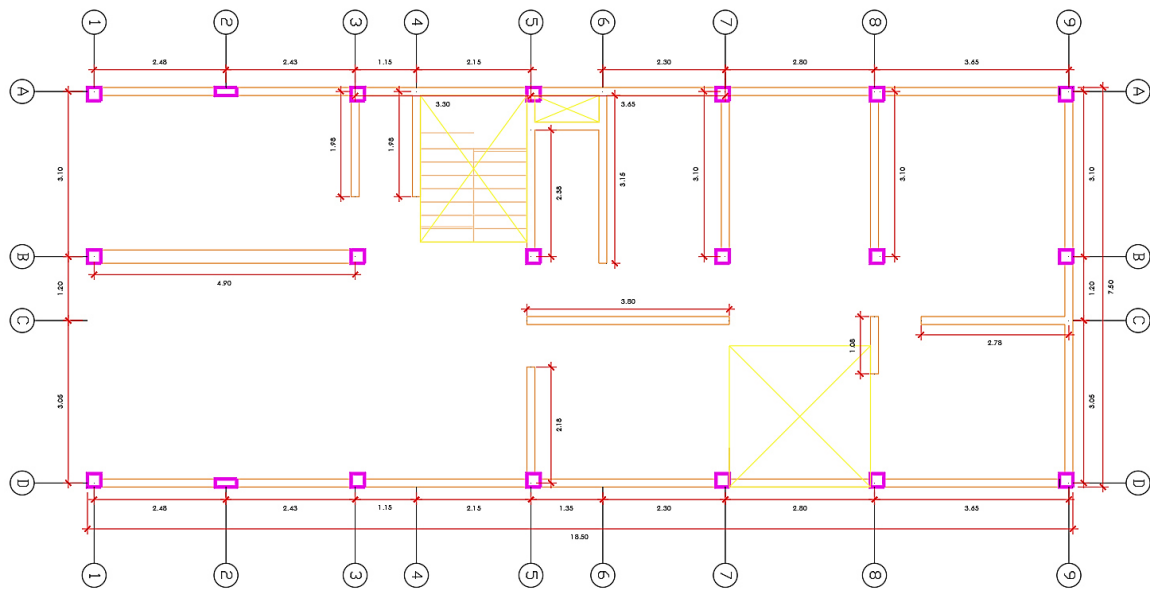
Registros sísmicos	
1	1985 Chile Valparaíso
2	1995 Kobe
3	2001 Arequipa – Moquegua
4	2001 Ge Hiro
5	2003 Sanriku
6	2003 Takachi
7	2005 Tarapaca – Cuya
8	2005 Tarapaca – Pica
9	2007 Pisco – DHN
10	2007 Pisco – Ica2
11	2007 Pisco – PCN
12	2010 Maule – Concep - CCSP
13	2010 Maule – Concep - CONC
14	2010 Maule – Constitucion
15	2010 Maule – Curico
16	2010 Maule – Melipilla
17	Simulación – CMD
18	Simulación – DHN
19	Simulación – EMO
20	Simulación - PQR
21	Simulación - VSV

4.4.6. ANÁLISIS DE LOS MODELOS REPRESENTATIVOS

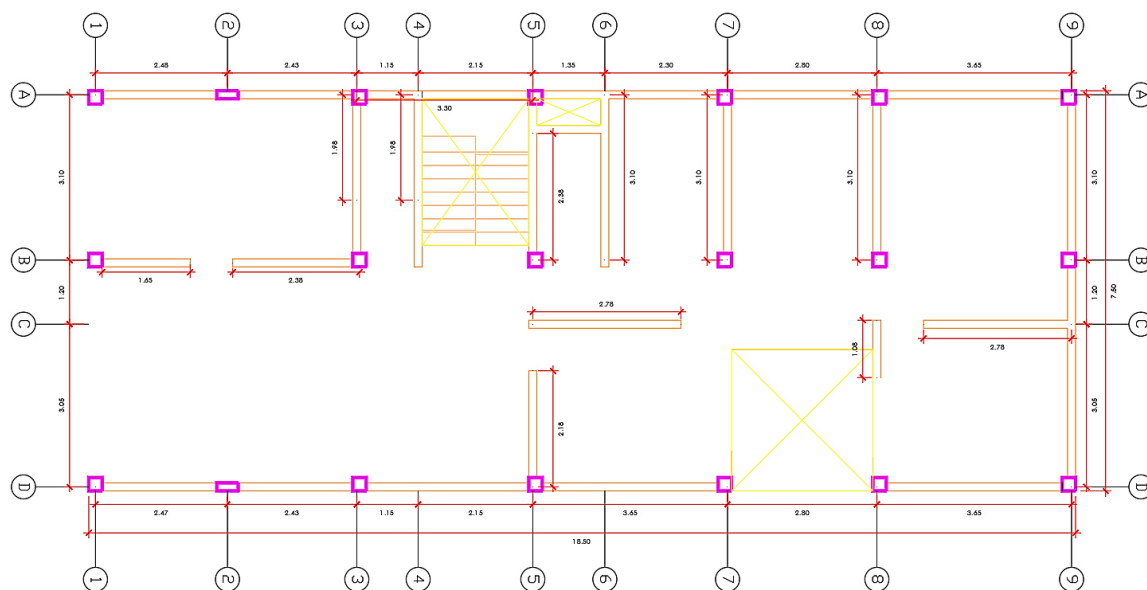
Para el análisis de los modelos representativos se desarrolló un análisis tiempo historia con los registros anteriormente mencionados. El análisis estructural se ejecutó en el programa computacional ETABS, de la compañía Computers & Structures, Inc (CSI).

Planos Estructurales de los modelos representativos

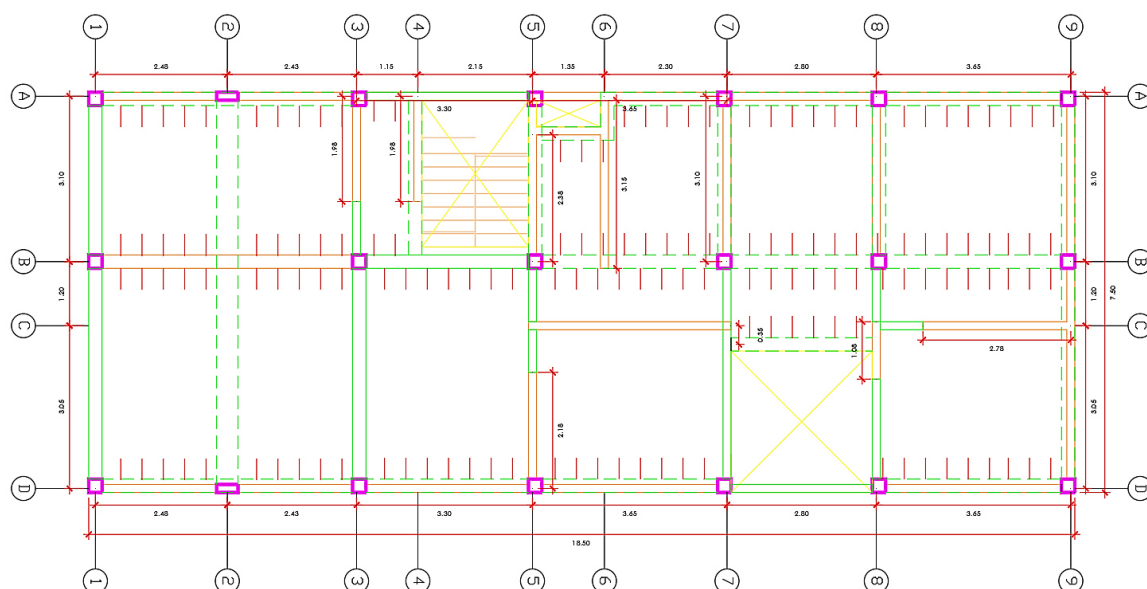
Se prepararon los planos filtrando la información necesaria que se iba a ingresar al programa. Se descartaron elementos arquitectónicos de mueblería y muros que no cumplieran con criterios estructurales dispuesto en la norma E.030, como que la longitud mínima de muro debe ser 1.20m, no se consideraron los parapetos, alfeizares, ni los muros extremos de fachada que podrían arrojar máximos en desplazamiento y deriva que no sean significativos en la estructura analizada. En la Figura 15 se muestra los planos de planta de los elementos verticales y horizontales del primer y segundo nivel del modelo representativo Tipo A. Así mismo todos los planos mostrados en la presente investigación se ubican en el Anexo 5.



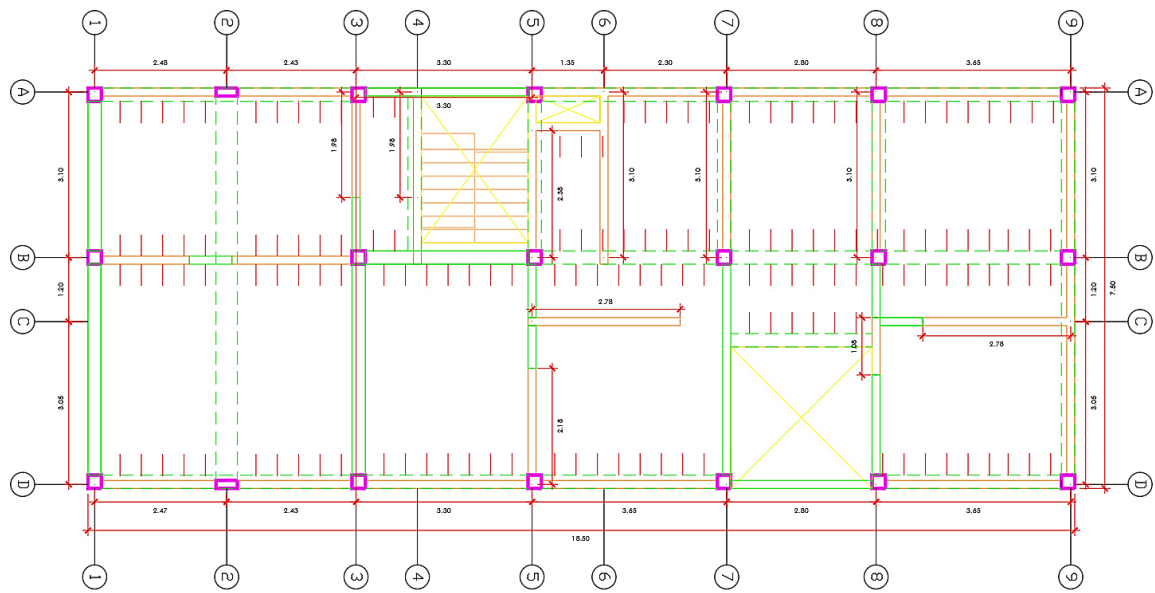
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 15: Planos estructurales del modelo representativo Tipo A. (a): Primer nivel verticales, (b) Segundo nivel verticales, (c): Primer nivel horizontales, (d): Segundo nivel horizontales.

Definición los materiales y las secciones de los elementos estructurales

Según la norma E070 de Albañilería se considera las resistencias del ladrillo King Kong industrial y el ladrillo King Kong artesanal y de la Tabla N°1 se tiene la resistencia del ladrillo pandereta artesanal tal como se describen a continuación:

Ladrillo industrial solido King Kong: $f'm = 65\text{kg/cm}^2$

Ladrillo artesanal solido King Kong: $f'm = 35\text{kg/cm}^2$

Ladrillo tubular (pandereta): $f'm = 22\text{ kg/cm}^2$

Se había comentado que los tipos de ladrillo considerados para los modelos representativos son los ladrillo artesanal y ladrillo pandereta, por lo que se tomó los dos últimos valores para el análisis.

Luego se ingresaron y definieron las secciones de vigas y columnas. Para el caso de los muros de albañilería, se consideraron espesores de 15cm para muros asentados en soga y de 25cm para muros asentados en cabeza.

Definición de cargas muertas y vivas

Se definieron las cargas muertas y vivas que van a soportar la losa por m².

En el caso de la carga muerta, como el programa considera el peso propio de la losa, pero no considera el peso de los ladrillos de la losa aligerada, por lo que se calculó cuando deben ser estos, se consideró una losa de 20cm, por lo que el peso de los ladrillos es de 90 kg/m², a esto se le añadió el peso de los acabados la cual se consideró 100 kg/m², que es lo que generalmente se considera.

Para el caso de la carga viva, la norma E.020 – CARGAS, considera para viviendas una sobrecarga de 200kg/m² en los entresijos y para el último nivel se consideró 100 kg/m² tal como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15: Definición de la carga muerta y carga viva en los modelos representativos.

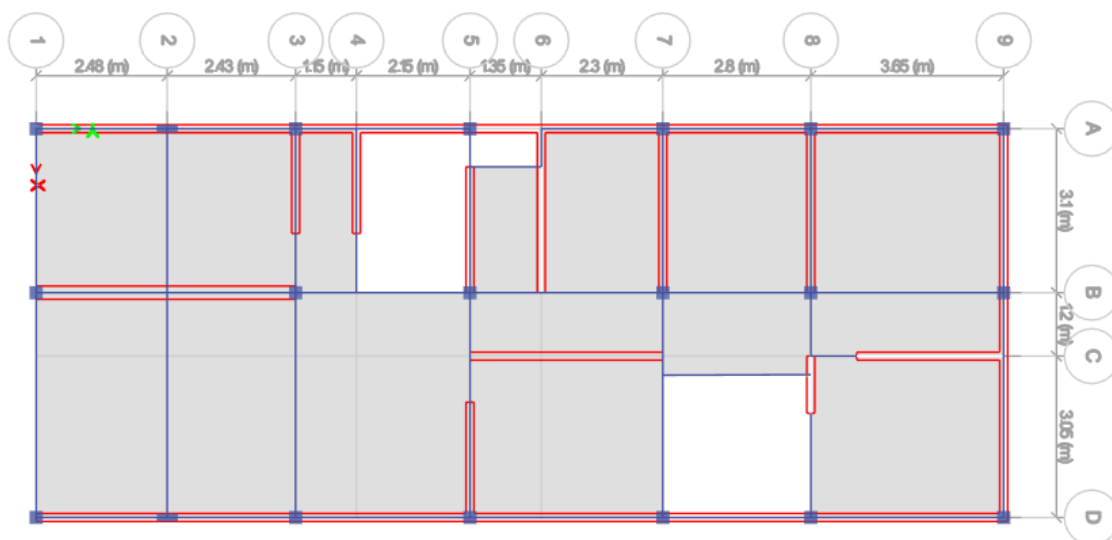
Carga muerta		
Acabados	100	kg/m ²
Ladrillo	90	kg/m ²
Carga viva		
sobrecarga vivienda	200	kg/m ²

Definición de registros sísmicos

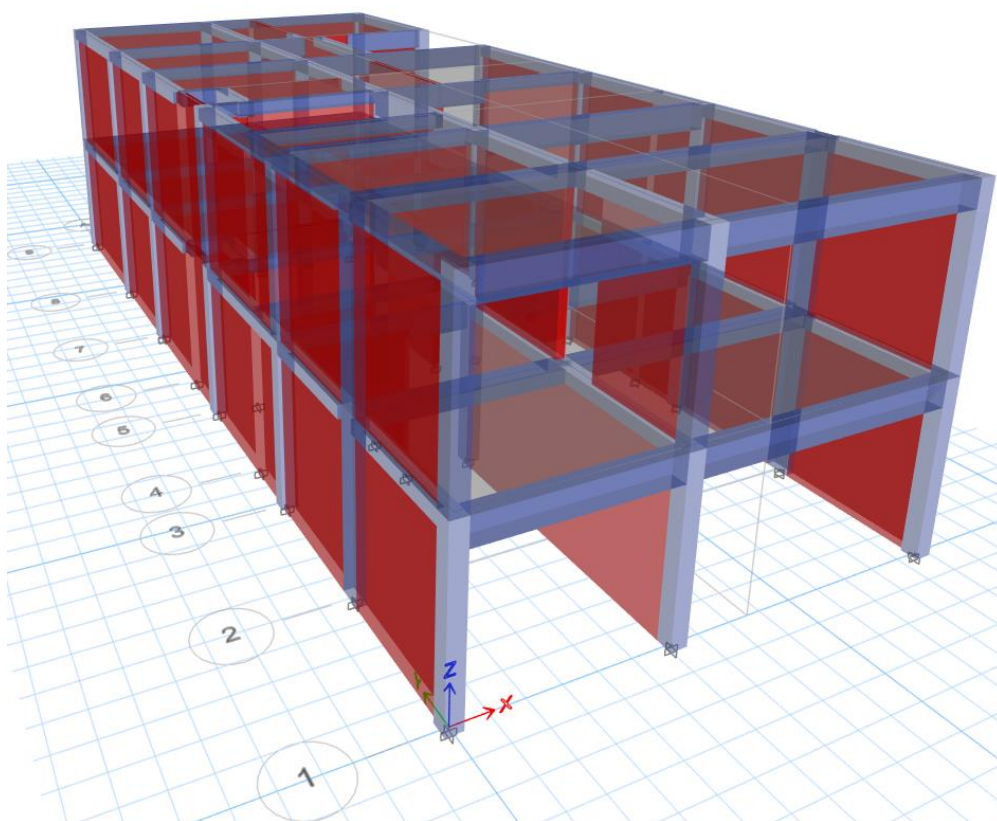
Se ingresaron los 21 registros sísmicos, descritos en la Tabla 14, de modo práctico se ingresó cada registro sísmico con PGA de 0.45g, a partir del cual se obtendrían los demás resultados.

Modelado de los modelos representativos

Con toda esta información previamente definida se empezó a modelar en el programa ETABS los cuatro modelos representativos, en la Figura 16 se muestra como ejemplo el modelo representativo tipo A.



(a)



(b)

Figura 16: Modelado en el programa ETABS del modelo representativo Tipo A. (a) Vista en planta modelo Tipo A, (b) Vista en 3D del modelo Tipo A.

Resultados del análisis

Con los modelos representativos ya dibujados en el programa se procedió a analizarlos, se realizó un análisis tiempo historia lineal a cada modelo representativo con los 21 registros considerados para esta investigación. De lo señalado anteriormente se consideró las derivas de entrepiso como parámetro indicador de la demanda sísmica. Dado la variación de los valores para cada instante de tiempo según cada registro sísmico, se tomó en consideración el valor máximo de deriva ocurrido en algún momento de la acción sísmica en cada piso, por ejemplo, en la Figura 17 se aprecia las derivas máximas por piso para la dirección X-X del registro sísmico 2007 Pisco-Ica2 con PGA de 0.45g del modelo representativo Tipo A.

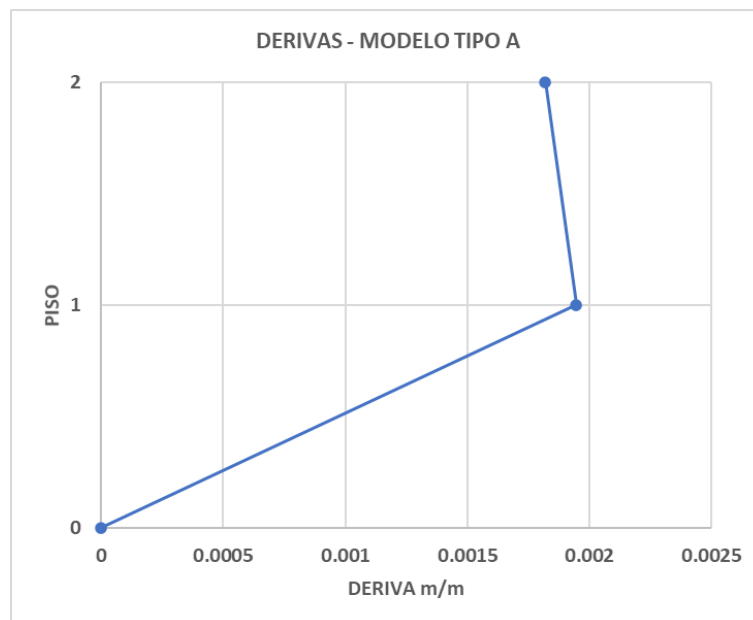


Figura 17: Gráfica de las derivas máximas por piso para la dirección X-X del registro sísmico 2007 Pisco-Ica2 con PGA de 0.45g del modelo representativo Tipo A.

Considerando los 21 registros y 16 intensidades sísmicas (aceleración sísmica) se obtuvieron 336 resultados de deriva por modelo representativo, para cada uno de sus pisos.

4.4.7. TRATAMIENTO DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

De los resultados obtenidos del análisis estructural en el programa ETABS se procesó la información obtenida. En cada modelo representativo se obtuvo derivas máximas en ambas direcciones X-X y Y-Y por cada registro sísmico con un determinado PGA. De la interpretación de los resultados se identificó que la dirección con mayores derivas es la dirección X-X por lo que el tratamiento de resultados se centró en esa dirección. Estos resultados fueron ingresados en un cuadro considerando las derivas por piso tal como se muestran en la Tabla 16.

Como se hizo mención estas derivas son el resultado de un PGA de 0.45g en cada registro sísmico y se puede apreciar que los valores de deriva máxima para un mismo nivel de demanda sísmica son diferentes, esto es por la característica propia que tiene cada registro sísmico. En el siguiente punto se dio un tratamiento a esta variabilidad de resultados.

Tabla 16: Gráfica de las derivas máximas por piso para la dirección X-X de todos los registros sísmicos con PGA de 0.45g para los 4 modelos representativos.

MODELO TIPO A - DERIVA X-X		
	Registros sísmicos	1er piso 2do piso
1	1985 Valparaiso	0.001249 0.001179
2	1995 Kobe	0.00149 0.001389
3	2001 Arequipa-Moquegua	0.001244 0.001184
4	2001 Ge Hiro	0.001934 0.001784
5	2003 Sanriku	0.001625 0.001506
6	2003 Takachi	0.002104 0.001963
7	2005 Taprapa-Cuya	0.001288 0.001186
8	2005 Tarapaca-Pica	0.001686 0.00156
9	2007 Pisco-DHN	0.001972 0.001842
10	2007 Pisco -Ica2	0.001946 0.001819
11	2007 Pisco-PCN	0.000849 0.000783
12	2010 Maule-Concep-CCSP	0.0024 0.002227
13	2010 Maule-Concep-CONC	0.001325 0.001236
14	2010 Muale-Constitucion	0.001496 0.001384
15	2010 Maule-Curico	0.001842 0.001735
16	2010 Maule-Melipilla	0.001331 0.001248
17	Simulación-CMD	0.001375 0.00129
18	Simulación-DHN	0.001206 0.001107
19	Simulación-EMO	0.001955 0.001809
20	Simulación-PQR	0.001492 0.001399
21	Simulación-VSV	0.001633 0.001545

MODELO TIPO B - DERIVA X-X		
	Registros sísmicos	1er piso 2do piso
1	1985 Valparaiso	0.00159 0.001773
2	1995 Kobe	0.0023 0.002522
3	2001 Arequipa-Moquegua	0.001799 0.002084
4	2001 Ge Hiro	0.002078 0.002517
5	2003 Sanriku	0.001901 0.002265
6	2003 Takachi	0.002011 0.002062
7	2005 Taprapa-Cuya	0.001488 0.001633
8	2005 Tarapaca-Pica	0.001704 0.001909
9	2007 Pisco-DHN	0.0019 0.00211
10	2007 Pisco -Ica2	0.001772 0.00203
11	2007 Pisco-PCN	0.001162 0.001293
12	2010 Maule-Concep-CCSP	0.0022 0.002413
13	2010 Maule-Concep-CONC	0.001629 0.001984
14	2010 Muale-Constitucion	0.001702 0.001954
15	2010 Maule-Curico	0.001967 0.002358
16	2010 Maule-Melipilla	0.001561 0.001731
17	Simulación-CMD	0.001749 0.001802
18	Simulación-DHN	0.001196 0.001299
19	Simulación-EMO	0.001876 0.001936
20	Simulación-PQR	0.001486 0.001548
21	Simulación-VSV	0.00195 0.00215

MODELO TIPO C - DERIVA X-X		
	Registros sísmicos	1er piso 2do piso
1	1985 Valparaíso	0.001574 0.001773
2	1995 Kobe	0.002231 0.002501
3	2001 Arequipa-Moquegua	0.001682 0.001833
4	2001 Ge Hiro	0.001985 0.002249
5	2003 Sanriku	0.001879 0.002103
6	2003 Takachi	0.001803 0.001993
7	2005 Taprapa-Cuya	0.001476 0.001668
8	2005 Tarapaca-Pica	0.001607 0.001812
9	2007 Pisco-DHN	0.001782 0.002004
10	2007 Pisco-Ica2	0.001686 0.0019
11	2007 Pisco-PCN	0.001154 0.001313
12	2010 Maule-Concep-CCSP	0.002053 0.002314
13	2010 Maule-Concep-CONC	0.001561 0.001782
14	2010 Muale-Constitucion	0.001684 0.001946
15	2010 Maule-Curico	0.00192 0.002183
16	2010 Maule-Melipilla	0.001471 0.001655
17	Simulación-CMD	0.001651 0.001874
18	Simulación-DHN	0.001152 0.00129
19	Simulación-EMO	0.001691 0.001893
20	Simulación-PQR	0.001351 0.001448
21	Simulación-VSV	0.001904 0.002157

MODELO TIPO D - DERIVA X-X		
	Registros sísmicos	1er piso 2do piso
1	1985 Valparaíso	0.001791 0.001913
2	1995 Kobe	0.002467 0.00272
3	2001 Arequipa-Moquegua	0.001691 0.00198
4	2001 Ge Hiro	0.001977 0.002466
5	2003 Sanriku	0.002021 0.002413
6	2003 Takachi	0.001768 0.001775
7	2005 Taprapa-Cuya	0.001502 0.001634
8	2005 Tarapaca-Pica	0.001627 0.001836
9	2007 Pisco-DHN	0.001835 0.002036
10	2007 Pisco-Ica2	0.00171 0.001968
11	2007 Pisco-PCN	0.001405 0.00152
12	2010 Maule-Concep-CCSP	0.002148 0.002395
13	2010 Maule-Concep-CONC	0.001525 0.001903
14	2010 Muale-Constitucion	0.001753 0.002025
15	2010 Maule-Curico	0.002168 0.002474
16	2010 Maule-Melipilla	0.001595 0.001935
17	Simulación-CMD	0.001837 0.001896
18	Simulación-DHN	0.001233 0.001329
19	Simulación-EMO	0.001726 0.001765
20	Simulación-PQR	0.001414 0.001486
21	Simulación-VSV	0.002105 0.002324

Función de distribución acumulada

La variación en los resultados para un mismo nivel de intensidad sísmica genera un cierto nivel de aleatoriedad, por lo que dan pie a generar curvas de función de probabilidad

acumulada. Para determinar qué tipo de curva es la que se ajusta mejor a estos valores se hizo una comparación entre la diferencia de la distribución teórica con la distribución normal y la distribución log normal, y con la que se tuvo mayor cercanía se procedió a trabajar. Primero se ordenaron las derivas de menor a mayor, se obtuvo la media y su desviación estándar, con eso se obtuvieron los valores para ambas distribuciones, se comparó con su distribución teórica y la que presentó menor diferencia es la que se ajustó mejor. En las Tablas 17, 18, 19 y 20 se muestran la comparación entre ambas distribuciones para los cuatro modelos representativos y en las Figuras 18, 19, 20 y 21 el desarrollo de las curvas de cada distribución.

Tabla 17: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo A.

MODELO TIPO A - Comparación entre distribución normal y distribución log-normal						
DERIVA XX (m/m)	ln(deriva)	Teorica (1)	distr normal (2)	distr log normal (3)	(1) - (2)	(1) - (3)
0.000783	-7.1523779	0.047619	0.0209289	0.0055143	0.0266901	0.0421047
0.001107	-6.8061016	0.0952381	0.1367376	0.1344021	-0.0414995	-0.039164
0.001179	-6.7430887	0.1428571	0.1877436	0.1991915	-0.0448864	-0.0563343
0.001184	-6.7388567	0.1904762	0.1916756	0.2041289	-0.0011994	-0.0136527
0.001186	-6.737169	0.2380952	0.1932624	0.2061182	0.0448328	0.0319771
0.001236	-6.6958749	0.2857143	0.2354854	0.2582589	0.0502289	0.0274554
0.001248	-6.686213	0.3333333	0.2463277	0.2713764	0.0870057	0.061957
0.00129	-6.6531131	0.3809524	0.2862883	0.3186798	0.0946641	0.0622726
0.001384	-6.5827774	0.4285714	0.3852991	0.4286863	0.0432723	-0.0001149
0.001389	-6.5791712	0.4761905	0.390856	0.4345644	0.0853345	0.041626
0.001399	-6.5719976	0.5238095	0.4020357	0.4462993	0.1217738	0.0775102
0.001506	-6.4982981	0.5714286	0.5248367	0.5677335	0.0465919	0.0036951
0.001545	-6.4727314	0.6190476	0.5696272	0.6089676	0.0494204	0.01008
0.00156	-6.4630695	0.6666667	0.5866501	0.6242629	0.0800166	0.0424038
0.001735	-6.3567479	0.7142857	0.7662534	0.7756548	-0.0519676	-0.0613691
0.001784	-6.3288972	0.7619048	0.8074942	0.808694	-0.0455895	-0.0467892
0.001809	-6.3149811	0.8095238	0.8267033	0.8240221	-0.0171795	-0.0144983
0.001819	-6.3094684	0.8571429	0.8340328	0.8298729	0.02311	0.02727
0.001842	-6.2969033	0.9047619	0.8501185	0.8427366	0.0546434	0.0620253
0.001963	-6.2332814	0.952381	0.9174208	0.8978868	0.0349601	0.0544941
0.002227	-6.1070999	1	0.984369	0.9635026	0.015631	0.0364974
					0.6558537	0.3494463

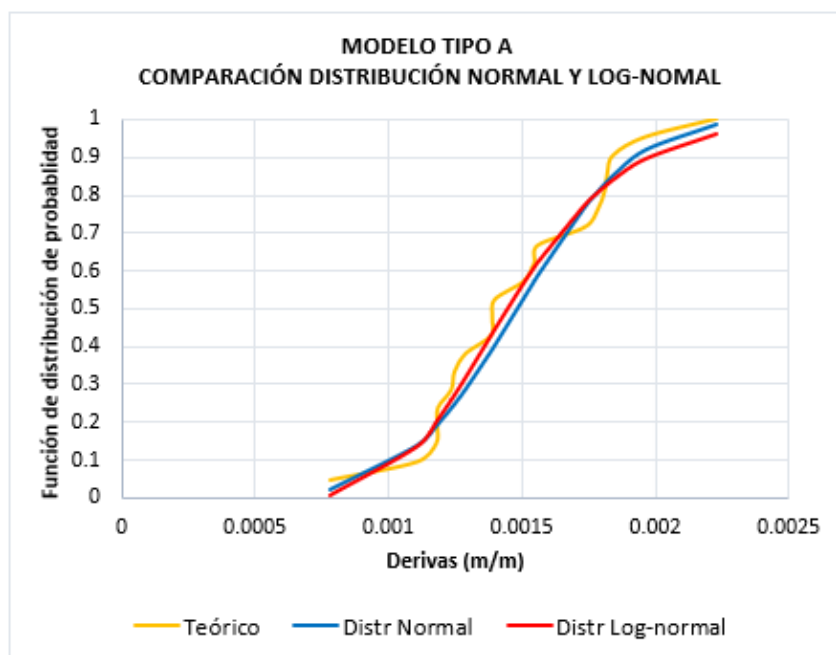


Figura 18: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo A.

Tabla 18: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo B.

MODELO TIPO B - Comparación entre distribución normal y distribución log-normal						
DERIVA XX (m/m)	ln(deriva)	Teórica (1)	distr normal (2)	distr log normal (3)	(1) - (2)	(1) - (3)
0.001293	-6.6507902	0.047619	0.0263806	0.0156973	0.0212385	0.0319217
0.001299	-6.6461605	0.0952381	0.0274474	0.016692	0.0677907	0.0785461
0.001548	-6.4707915	0.1428571	0.1136238	0.1159369	0.0292334	0.0269202
0.001633	-6.4173365	0.1904762	0.1674355	0.1810179	0.0230407	0.0094583
0.001731	-6.359056	0.2380952	0.2469768	0.2736543	-0.0088816	-0.035559
0.001773	-6.3350823	0.2857143	0.2864114	0.3176056	-0.0006971	-0.0318913
0.001802	-6.3188581	0.3333333	0.3152765	0.348937	0.0180568	-0.0156037
0.001909	-6.2611757	0.3809524	0.4305829	0.4674524	-0.0496305	-0.0865
0.001936	-6.2471313	0.4285714	0.4611008	0.4971894	-0.0325294	-0.068618
0.001954	-6.2378767	0.4761905	0.4815856	0.5168034	-0.0053952	-0.040613
0.001984	-6.2226403	0.5238095	0.5158085	0.5489848	0.008001	-0.0251753
0.00203	-6.1997195	0.5714286	0.5679718	0.5967311	0.0034568	-0.0253025
0.002062	-6.1840789	0.6190476	0.6036261	0.6285468	0.0154215	-0.0094992
0.002084	-6.1734662	0.6666667	0.6276638	0.6496596	0.0390029	0.017007
0.00211	-6.1610673	0.7142857	0.655437	0.6737484	0.0588487	0.0405373
0.00215	-6.1422874	0.7619048	0.6965333	0.7088682	0.0653715	0.0530366
0.002265	-6.0901805	0.8095238	0.8004967	0.7958731	0.0090271	0.0136507
0.002358	-6.0499415	0.8571429	0.8663733	0.8510147	-0.0092305	0.0061281
0.002413	-6.0268845	0.9047619	0.897374	0.8776496	0.0073879	0.0271123
0.002517	-5.9846876	0.952381	0.9411155	0.9173623	0.0112655	0.0350186
0.002522	-5.982703	1	0.9427756	0.9189572	0.0572244	0.0810428
					0.328003	0.0816177

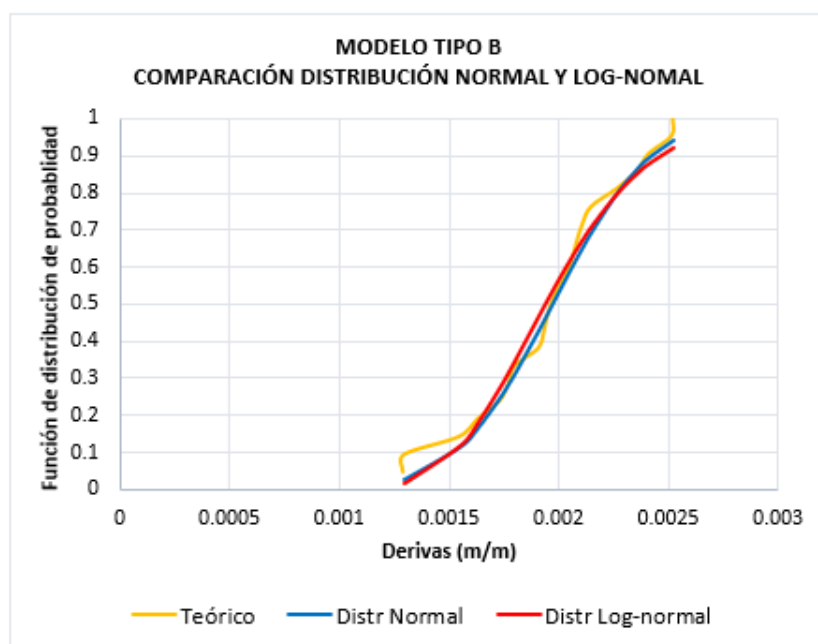


Figura 19: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo B.

Tabla 19: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo C.

MODELO TIPO C - Comparación entre distribución normal y distribución log-normal						
DERIVA XX (m/m)	ln(deriva)	Teórica (1)	distr normal (2)	distr log normal (3)	(1) - (2)	(1) - (3)
0.00129	-6.6531131	0.047619	0.0269839	0.0164228	0.0206351	0.0311962
0.001313	-6.6354407	0.0952381	0.0319248	0.0210992	0.0633133	0.0741389
0.001448	-6.537572	0.1428571	0.0778524	0.0715373	0.0650047	0.0713199
0.001655	-6.4039543	0.1904762	0.225163	0.2450468	-0.0346868	-0.0545706
0.001668	-6.39613	0.2380952	0.2378854	0.2595218	0.0002099	-0.0214266
0.001773	-6.3350823	0.2857143	0.3534932	0.3855005	-0.0677789	-0.0997862
0.001782	-6.3300189	0.3333333	0.3642948	0.3967666	-0.0309614	-0.0634333
0.001812	-6.3133241	0.3809524	0.4010403	0.4344786	-0.0200879	-0.0535262
0.001833	-6.3018013	0.4285714	0.4273157	0.460882	0.0012557	-0.0323106
0.001874	-6.2796801	0.4761905	0.4794484	0.5119562	-0.0032579	-0.0357657
0.001893	-6.2695924	0.5238095	0.5037826	0.5352324	0.0200269	-0.0114229
0.0019	-6.2659014	0.5714286	0.5127491	0.5437232	0.0586794	0.0277054
0.001946	-6.2419793	0.6190476	0.571304	0.598103	0.0477437	0.0209446
0.001993	-6.2181142	0.6666667	0.6295413	0.6505224	0.0371254	0.0161443
0.002004	-6.2126101	0.7142857	0.6428048	0.6622553	0.071481	0.0520304
0.002103	-6.1643904	0.7619048	0.7529844	0.7574258	0.0089204	0.004479
0.002157	-6.1390369	0.8095238	0.8043704	0.8009341	0.0051534	0.0085897
0.002183	-6.1270552	0.8571429	0.8266057	0.8197448	0.0305371	0.0373981
0.002249	-6.0972696	0.9047619	0.8755038	0.8614799	0.0292581	0.043282
0.002314	-6.0687777	0.952381	0.9133304	0.8947324	0.0390506	0.0576486
0.002501	-5.9910646	1	0.9751255	0.9556617	0.0248745	0.0443383
					0.3664961	0.1169733

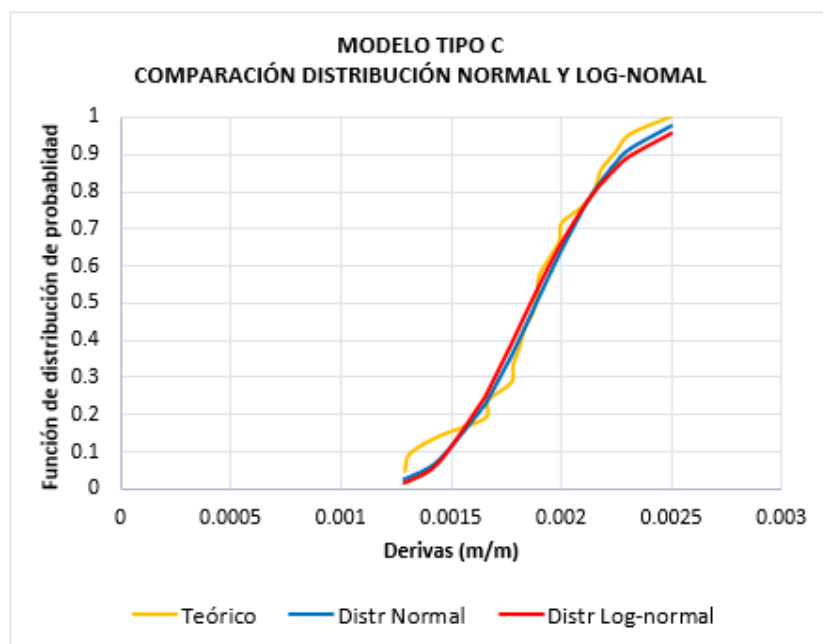


Figura 20: Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo C.

Tabla 20: Comparación entre distribución normal y log-normal para el modelo Tipo D.

MODELO TIPO D - Comparación entre distribución normal y distribución log-normal						
DERIVA XX (m/m)	ln(deriva)	Teórica (1)	distr normal (2)	distr log normal (3)	(1) - (2)	(1) - (3)
0.001329	-6.6233285	0.047619	0.0343121	0.0179179	0.013307	0.0297012
0.001486	-6.5116673	0.0952381	0.0824947	0.0675429	0.0127434	0.0276952
0.00152	-6.4890449	0.1428571	0.0976871	0.0850496	0.0451701	0.0578075
0.001634	-6.4167243	0.1904762	0.1633282	0.1634443	0.027148	0.0270319
0.001765	-6.3396046	0.2380952	0.2676035	0.2867387	-0.0295083	-0.0486435
0.001775	-6.3339549	0.2857143	0.276746	0.2972403	0.0089683	-0.011526
0.001836	-6.300166	0.3333333	0.3355887	0.3633761	-0.0022554	-0.0300427
0.001896	-6.2680089	0.3809524	0.3977082	0.4303917	-0.0167559	-0.0494393
0.001903	-6.2643237	0.4285714	0.4051634	0.4382418	0.023408	-0.0096704
0.001913	-6.2590826	0.4761905	0.4158729	0.4494475	0.0603175	0.026743
0.001935	-6.247648	0.5238095	0.4396441	0.4740235	0.0841655	0.0497861
0.001968	-6.2307375	0.5714286	0.4756857	0.5105228	0.0957429	0.0609058
0.00198	-6.2246584	0.6190476	0.488857	0.5236382	0.1301906	0.0954095
0.002025	-6.2021856	0.6666667	0.5382404	0.5717913	0.1284262	0.0948754
0.002036	-6.1967682	0.7142857	0.5502518	0.5832683	0.164034	0.1310174
0.002324	-6.0644654	0.7619048	0.821081	0.8228914	-0.0591762	-0.0609866
0.002395	-6.034372	0.8095238	0.8675828	0.8619983	-0.058059	-0.0524745
0.002413	-6.0268845	0.8571429	0.8779119	0.8707351	-0.0207691	-0.0135922
0.002466	-6.0051579	0.9047619	0.9050005	0.8938897	-0.0002386	0.0108722
0.002474	-6.001919	0.952381	0.9086709	0.8970671	0.04371	0.0553139
0.00272	-5.9071234	1	0.9777916	0.9623113	0.0222084	0.0376887
					0.6727775	0.4284723

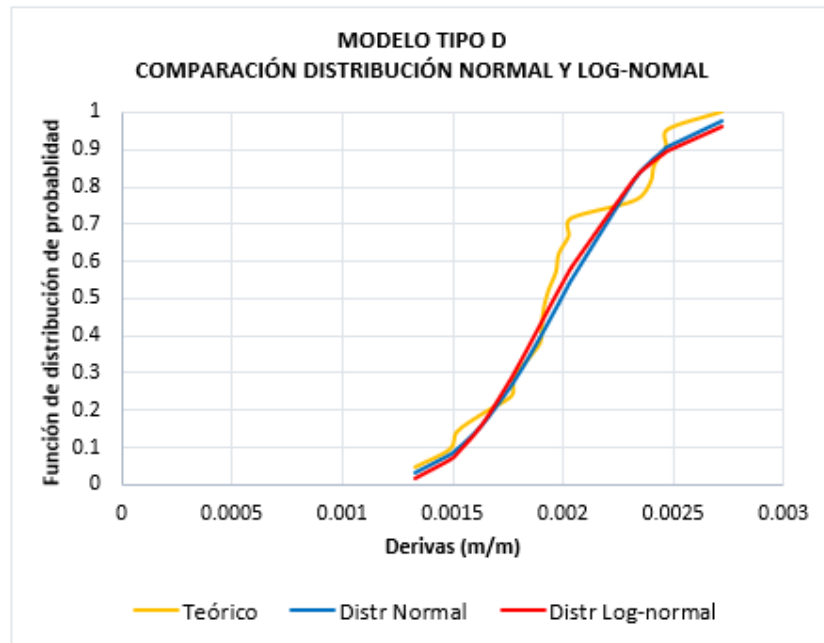


Figura 21: *Función de probabilidad acumulada para cada distribución Modelo Tipo D.*

De las Tablas 17, 18, 19, 20 se observó que la menor diferencia se da entre la curva de distribución teórica y la curva de distribución log normal en comparación con la diferencia de la distribución teórica y la distribución normal. Por lo tanto, en adelante se trabajó con la distribución log-normal que es la que mejor se ajusta a los valores de deriva que se resultaron del análisis.

Las derivas obtenidas con el PGA de 0.45g fueron la base para las demás aceleraciones con las cuales también se ordenaron de menor a mayor y se les hizo la distribución log normal, por ejemplo, en la Tabla 21 se muestra las derivas para cada nivel de intensidad sísmica para los 21 registros sísmicos para el modelo representativo Tipo A.

De cada cuadro se obtiene su curva de función de distribución acumulada, estos se ordenaron y se integraron a una sola gráfica donde están todas las curvas para cada nivel de intensidad sísmica, por ejemplo, en la Figura 22 se puede apreciar las curvas de función de distribución de probabilidad acumulada para cada nivel de intensidad sísmica para los 21 registros sísmicos para el modelo representativo Tipo A.

Tabla 21: Derivas para cada nivel de intensidad sísmica para los 21 registros sísmicos para el modelo representativo Tipo A.

0.05g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000047	-9.96536296	1.74112E-07
0.000067	-9.61081794	0.000144468
0.000087	-9.34960244	0.005514319
0.000123	-9.0033262	0.134402093
0.000131	-8.94031323	0.199191478
0.000131556	-8.93608132	0.204128893
0.000131778	-8.93439356	0.206118183
0.000137333	-8.8930995	0.258258867
0.000138667	-8.88343759	0.271376353
0.000143333	-8.85033764	0.31867977
0.000153778	-8.780002	0.428686339
0.000154333	-8.77639579	0.434564441
0.000155444	-8.76922216	0.446299285
0.000167333	-8.69552273	0.567733458
0.000171667	-8.66995595	0.608967604
0.000173333	-8.66029404	0.624262913
0.000192778	-8.55397244	0.775654794
0.000198222	-8.52612182	0.808693963
0.000201	-8.51220565	0.82402211
0.000202111	-8.50669296	0.82987286
0.000204667	-8.49412792	0.842736596
0.000218111	-8.43050594	0.897886806
0.000247444	-8.30432447	0.963502571
0.000277444	-8.19888985	0.988317425
0.000307444	-8.08721616	0.996461374

0.1g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000094	-9.27221578	1.74112E-07
0.000134	-8.91767076	0.000144468
0.000174	-8.65645526	0.005514319
0.000246	-8.31017902	0.134402093
0.000262	-8.24716605	0.199191478
0.000263111	-8.24293414	0.204128893
0.000263556	-8.24124638	0.206118183
0.000274667	-8.19995232	0.258258867
0.000277333	-8.19029041	0.271376353
0.000286667	-8.15719046	0.31867977
0.000307556	-8.08685482	0.428686339
0.000308667	-8.08324861	0.434564441
0.000310889	-8.07607498	0.446299285
0.000334667	-8.00237555	0.567733458
0.000343333	-7.97680877	0.608967604
0.000346667	-7.96714685	0.624262913
0.000385556	-7.86082526	0.775654794
0.000396444	-7.83297464	0.808693963
0.000402	-7.81905847	0.82402211
0.000404222	-7.81354578	0.82987286
0.000409333	-7.80098074	0.842736596
0.000436222	-7.73735876	0.897886806
0.000494889	-7.61117729	0.963502571
0.000554889	-7.49674266	0.988317425
0.000614889	-7.39406897	0.996461374

0.15g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000141	-8.86675067	1.74112E-07
0.000201	-8.51220565	0.000144468
0.000261	-8.25099015	0.005514319
0.000369	-7.90471391	0.134402093
0.000393	-7.84170095	0.199191478
0.000394667	-7.83746903	0.204128893
0.000395333	-7.83578127	0.206118183
0.000412	-7.79448721	0.258258867
0.000416	-7.7848253	0.271376353
0.00043	-7.75172535	0.31867977
0.000461333	-7.68138971	0.428686339
0.000463	-7.6777835	0.434564441
0.000466333	-7.67060987	0.446299285
0.000502	-7.59691044	0.567733458
0.000515	-7.57134366	0.608967604
0.00052	-7.57168175	0.624262913
0.000578333	-7.45536015	0.775654794
0.000594667	-7.42750953	0.808693963
0.000603	-7.41359336	0.82402211
0.000606333	-7.40808067	0.82987286
0.000614	-7.39551563	0.842736596
0.000654333	-7.33189365	0.897886806
0.000742333	-7.20571218	0.963502571
0.000832333	-7.09127756	0.988317425
0.000923333	-6.98860387	0.996461374

0.2g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000188	-8.5790686	1.74112E-07
0.000268	-8.22452358	0.000144468
0.000348	-7.96330808	0.005514319
0.000492	-7.61703184	0.134402093
0.000524	-7.55401887	0.199191478
0.000526222	-7.54978696	0.204128893
0.000527111	-7.54809919	0.206118183
0.000549333	-7.50680514	0.258258867
0.000554667	-7.49714323	0.271376353
0.000573333	-7.46404328	0.31867977
0.000615111	-7.39370764	0.428686339
0.000617333	-7.39010143	0.434564441
0.000621778	-7.3829278	0.446299285
0.000669333	-7.30922837	0.567733458
0.000686667	-7.28366156	0.608967604
0.000693333	-7.27399967	0.624262913
0.000771111	-7.16767808	0.775654794
0.000792889	-7.13982746	0.808693963
0.000804	-7.12591129	0.82402211
0.000808444	-7.1203986	0.82987286
0.000818667	-7.10783358	0.842736596
0.000872444	-7.04421158	0.897886806
0.000989778	-6.91803011	0.963502571
0.00109778	-6.80359548	0.988317425
0.001229778	-6.70092179	0.996461374

0.25g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000235	-8.35592504	1.74112E-07
0.000335	-8.00138003	0.000144468
0.000435	-7.74016453	0.005514319
0.000615	-7.39388829	0.134402093
0.000655	-7.33087532	0.199191478
0.000657778	-7.32664341	0.204128893
0.000658889	-7.32495564	0.206118183
0.000686667	-7.28366158	0.258258867
0.000693333	-7.27399967	0.271376353
0.000716667	-7.24089973	0.31867977
0.000768889	-7.17056409	0.428686339
0.000771667	-7.16695788	0.434564441
0.000777222	-7.15978425	0.446299285
0.000836667	-7.08608481	0.567733458
0.000858333	-7.06051803	0.608967604
0.000866667	-7.05085612	0.624262913
0.000963889	-6.94453453	0.775654794
0.000991111	-6.91668391	0.808693963
0.001005	-6.90276774	0.82402211
0.001010556	-6.89725504	0.82987286
0.001023333	-6.88469001	0.842736596
0.001090556	-6.82106803	0.897886806
0.001237222	-6.69488656	0.963502571
0.001387222	-6.58045193	0.988317425
0.001537222	-6.47777824	0.996461374

0.3g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000282	-8.17360349	1.74112E-07
0.000402	-7.81905847	0.000144468
0.000522	-7.55784297	0.005514319
0.000738	-7.21156673	0.134402093
0.000786	-7.14855377	0.199191478
0.000789333	-7.14432185	0.204128893
0.000790667	-7.14263409	0.206118183
0.000824	-7.10134003	0.258258867
0.000832	-7.09167812	0.271376353
0.00086	-7.05857817	0.31867977
0.000922667	-6.98824253	0.428686339
0.000926	-6.98463632	0.434564441
0.000932667	-6.97746269	0.446299285
0.001004	-6.90376326	0.567733458
0.00103	-6.87819648	0.608967604
0.00104	-6.86853457	0.624262913
0.001156667	-6.76221297	0.775654794
0.001189333	-6.73436235	0.808693963
0.001206	-6.72044618	0.82402211
0.001212667	-6.71493349	0.82987286
0.001228	-6.70236845	0.842736596
0.001308667	-6.63874647	0.897886806
0.001484667	-6.512565	0.963502571
0.001664667	-6.39813038	0.988317425
0.001844667	-6.29545669	0.996461374

0.35g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000329	-8.01945281	1.74112E-07
0.000469	-7.66490779	0.000144468
0.000609	-7.40369229	0.005514319
0.000861	-7.05741605	0.134402093
0.000917	-6.99440309	0.199191478
0.000920889	-6.99017117	0.204128893
0.000924444	-6.98848341	0.206118183
0.000961333	-6.94718935	0.258258867
0.000970667	-6.93752744	0.271376353
0.001003333	-6.90442749	0.31867977
0.001076444	-6.83409185	0.428686339
0.001080333	-6.83048564	0.434564441
0.001088111	-6.82331201	0.446299285
0.001171333	-6.74961258	0.567733458
0.001201667	-6.72404558	0.608967604
0.001213333	-6.71438389	0.624262913
0.001349444	-6.60806229	0.775654794
0.001387556	-6.58021167	0.808693963
0.001407	-6.5662955	0.82402211
0.001414778	-6.56078281	0.82987286
0.001432667	-6.54821777	0.842736596
0.001526778	-6.48459579	0.897886806
0.001732111	-6.35841432	0.963502571
0.001942111	-6.2439797	0.988317425
0.002152111	-6.14130601	0.996461374

0.4g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000376	-7.88592141	1.74112E-07
0.000536	-7.5313764	0.000144468
0.000696	-7.2701609	0.005514319
0.000984	-6.92388466	0.134402093
0.001048	-6.86087169	0.199191478
0.001052444	-6.85663978	0.204128893
0.001054222	-6.85495201	0.206118183
0.001098667	-6.81365796	0.258258867
0.001109333	-6.80399604	0.271376353
0.001146667	-6.7708961	0.31867977
0.001230222	-6.70056046	0.428686339
0.001234667	-6.69659425	0.434564441
0.001243556	-6.68978062	0.446299285
0.001338667	-6.61608119	0.567733458
0.001373333	-6.5905144	0.608967604
0.001386667	-6.58085249	0.624262913
0.001542222	-6.4745309	0.775654794
0.001585778	-6.44668028	0.808693963
0.001608	-6.43276411	0.82402211
0.001616889	-6.42725142	0.82987286
0.001637333	-6.41468638	0.842736596
0.001744889	-6.3510644	0.897886806
0.001979556	-6.22488293	0.963502571
0.002219556	-6.1104483	0.988317425
0.002459556	-6.00777461	0.996461374

0.45g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000423	-7.76813838	1.74112E-07
0.000603	-7.41359336	0.000144468
0.000783	-7.15237786	0.005514319
0.001107	-6.80610163	0.134402093
0.001179	-6.74308866	0.199191478
0.001184	-6.73885674	0.204128893
0.001186	-6.73716898	0.206118183
0.001236	-6.69587492	0.258258867
0.001248	-6.68621301	0.271376353
0.00129	-6.65311306	0.31867977
0.001384	-6.58277742	0.428686339
0.001389	-6.57917122	0.434564441
0.001399	-6.57199758	0.446299285
0.001506	-6.49829815	0.567733458
0.001545	-6.47271317	0.608967604
0.00156	-6.46306946	0.624262913
0.001735	-6.35674787	0.775654794
0.001804	-6.32889724	0.808693963
0.001869	-6.31498107	0.82402211
0.001819	-6.30946838	0.82987286
0.001842	-6.29690334	0.842736596
0.001963	-6.23328136	0.897886806
0.002227	-5.71079989	0.963502571
0.002497	-5.99266527	0.988317425
0.002767	-5.88999158	0.996461374

0.5g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.00047	-7.66277786	1.74112E-07
0.00067	-7.30823285	0.000144468
0.00087	-7.04701735	0.005514319
0.00123	-6.70074111	0.134402093
0.00131	-6.63772814	0.199191478
0.001315556	-6.63349623	0.204128893
0.001317778	-6.63180846	0.206118183
0.001373333	-6.5905144	0.258258867
0.001386667	-6.58085249	0.271376353
0.001433333	-6.54775254	0.31867977
0.001537778	-6.47741691	0.428686339
0.001543333	-6.4738107	0.434564441
0.001554444	-6.46663707	0.446299285
0.001673333	-6.39293763	0.567733458
0.001716667	-6.36737085	0.608967604
0.001733333	-6.35770894	0.624262913
0.001927778	-6.25138735	0.775654794
0.001982222	-6.2353673	0.808693963
0.00201	-6.20962056	0.82402211
0.002021111	-6.20410786	0.82987286
0.002046667	-6.19154283	0.842736596
0.002181111	-6.12792085	0.897886806
0.002474444	-5.8873938	0.963502571
0.002774444	-5.88730475	0.988317425
0.003074444	-5.78463106	0.996461374

0.55g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000517	-7.56746768	1.74112E-07
0.000737	-7.21292267	0.000144468
0.000957	-6.95170717	0.005514319
0.001353	-6.60543093	0.134402093
0.001441	-6.54241796	0.199191478
0.001447111	-6.53818605	0.204128893
0.001449556	-6.53649828	0.206118183
0.001510667	-6.49520422	0.258258867
0.001525333	-6.48554231	0.271376353
0.001576667	-6.45244237	0.31867977
0.001691556	-6.38210673	0.428686339
0.001697667	-6.37850052	0.434564441
0.001709889	-6.37132689	0.446299285
0.001840667	-6.29762745	0.567733458
0.001888333	-6.27206067	0.608967604
0.001906667	-6.26239876	0.624262913
0.002120556	-6.15607717	0.775654794
0.002180444	-6.12822655	0.808693963
0.002211	-6.11431038	0.82402211
0.002223222	-6.10879768	0.82987286
0.002251333	-6.09623265	0.842736596
0.002399222	-6.03261067	0.897886806
0.002712889	-5.9064292	0.963502571
0.003051889	-5.79199457	0.988317425
0.003381889	-5.68932088	0.996461374

0.6g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000564	-7.48045631	1.74112E-07
0.000804	-7.12591129	0.000144468
0.001044	-6.86469579	0.005514319
0.001476	-6.51841955	0.134402093
0.001572	-6.45540658	0.199191478
0.001578667	-6.45117467	0.204128893
0.001581333	-6.44948691	0.206118183
0.001648	-6.40819285	0.258258867
0.001664	-6.39853094	0.271376353
0.00172	-6.36543099	0.31867977
0.001845333	-6.29509535	0.428686339
0.001852	-6.29148914	0.434564441
0.001865333	-6.28431551	0.446299285
0.002008	-6.21061608	0.567733458
0.002026	-6.1850493	0.608967604
0.00208	-6.17538739	0.624262913
0.002313333	-6.06906579	0.775654794
0.002378667	-6.04121517	0.808693963
0.002412	-6.0272299	0.82402211
0.002425333	-6.00217831	0.82987286
0.002456	-6.00922277	0.842736596
0.002617333	-5.94559929	0.897886806
0.002969333	-5.81941782	0.963502571
0.003329333	-5.7049832	0.988317425
0.003689333	-5.60230951	0.996461374

0.7g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000658	-7.32630563	1.74112E-07
0.000938	-6.97176061	0.000144468
0.001218	-6.71054511	0.005514319
0.001722	-6.36426887	0.134402093
0.001834	-6.30125591	0.199191478
0.001841778	-6.29702399	0.204128893
0.001844889	-6.29533623	0.206118183
0.001922667	-6.25404217	0.258258867
0.001941333	-6.24438026	0.271376353
0.002006667	-6.21128031	0.31867977
0.002152889	-6.14094467	0.428686339
0.002160667	-6.13733846	0.434564441
0.002176222	-6.13016483	0.446299285
0.002342667	-6.0564654	0.567733458
0.002403333	-6.03089862	0.608967604
0.002426667	-6.02123671	0.624262913
0.002698889	-5.91491511	0.775654794
0.002775111	-5.88706449	0.808693963
0.002814	-5.87314832	0.82402211
0.002829556	-5.86763563	0.82987286
0.002865333	-5.85507059	0.842736596
0.003053556	-5.79144861	0.897886806
0.003464222	-5.66526714	0.963502571
0.003884222	-5.55083252	0.988317425
0.004304222	-5.44815883	0.996461374

0.8g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000752	-7.19277423	1.74112E-07
0.001072	-6.83822922	0.000144468
0.001392	-6.57701372	0.005514319
0.001968	-6.23073748	0.134402093
0.002096	-6.16772451	0.199191478
0.002104889	-6.1634926	0.204128893
0.002108444	-6.16180483	0.206118183
0.002197333	-6.12051078	0.258258867
0.002218667	-6.11084886	0.271376353
0.002293333	-6.07774892	0.31867977
0.002460444	-6.00741328	0.428686339
0.002469333	-6.00380707	0.434564441
0.002487111	-5.99663344	0.446299285
0.002677333	-5.922934	0.567733458
0.002746667	-5.89736722	0.608967604
0.002773333	-5.88770531	0.624262913
0.003084444	-5.78138372	0.775654794
0.003171556	-5.7535331	0.808693963
0.003216	-5.73961693	0.82402211
0.003233778	-5.73410423	0.82987286
0.003274667	-5.7215392	0.842736596
0.003489778	-5.65791722	0.897886806
0.003959111	-5.53173575	0.963502571
0.004439111	-5.41730112	0.988317425
0.004919111	-5.31462743	0.996461374

0.9g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.000846	-7.0749912	1.74112E-07
0.001206	-6.72044618	0.000144468
0.001566	-6.45923068	0.005514319
0.002214	-6.11295444	0.134402093
0.002358	-6.04994148	0.199191478
0.002368	-6.04570956	0.204128893
0.002372	-6.0440218	0.206118183
0.002472	-6.00272774	0.258258867
0.002496	-5.99306583	0.271376353
0.00258	-5.95996588	0.31867977
0.002768	-5.88963024	0.428686339
0.002778	-5.88602403	0.434564441
0.002798	-5.8788504	0.446299285
0.003012	-5.80515097	0.567733458
0.00309	-5.77958419	0.608967604
0.00312	-5.76992228	0.624262913
0.00347	-5.66360069	0.775654794
0.003568	-5.63575006	0.808693963
0.003618	-5.62183389	0.82402211
0.003638	-5.6163212	0.82987286
0.003684	-5.60375616	0.842736596
0.003926	-5.54013418	0.897886806
0.004454	-5.41395271	0.963502571
0.004994	-5.29951809	0.988317425
0.005534	-5.1968444	0.996461374

1g		
DERIVA XX (Δ)	LN (Δ XX)	DISTR LOG NORMAL
0.00094	-7.00994	1.74112E-07
0.00134	-6.61508567	0.000144468
0.00174	-6.35387017	0.005514319
0.00246	-6.00759393	0.134402093
0.00262	-5.94458096	0.199191478
0.002631111	-5.94034905	0.204128893
0.002635556	-5.93866128	0.206118183
0.002746667	-5.89736722	0.258258867
0.002773333	-5.88770531	0.271376353
0.002866667	-5.85460536	0.31867977
0.003075556	-5.78426973	0.428686339
0.003086667	-5.78066352	0.434564441
0.003108889	-5.77348989	0.446299285
0.003346667	-5.69979045	0.567733458
0.003433333	-5.67422367	0.608967604
0.003466667	-5.66456176	0.624262913
0.003855556	-5.55824017	0.775654794
0.003964444	-5.53038955	0.808693963
0.00402	-5.51647338	0.82402211
0.004042222	-5.51096068	0.82987286
0.004093333	-5.49839564	0.842736596
0.004362222	-5.43477367	0.897886806
0.004948889	-5.30859219	0.963502571
0.005548889	-5.19415757	0.988317425
0.006148889	-5.09148388	0.996461374

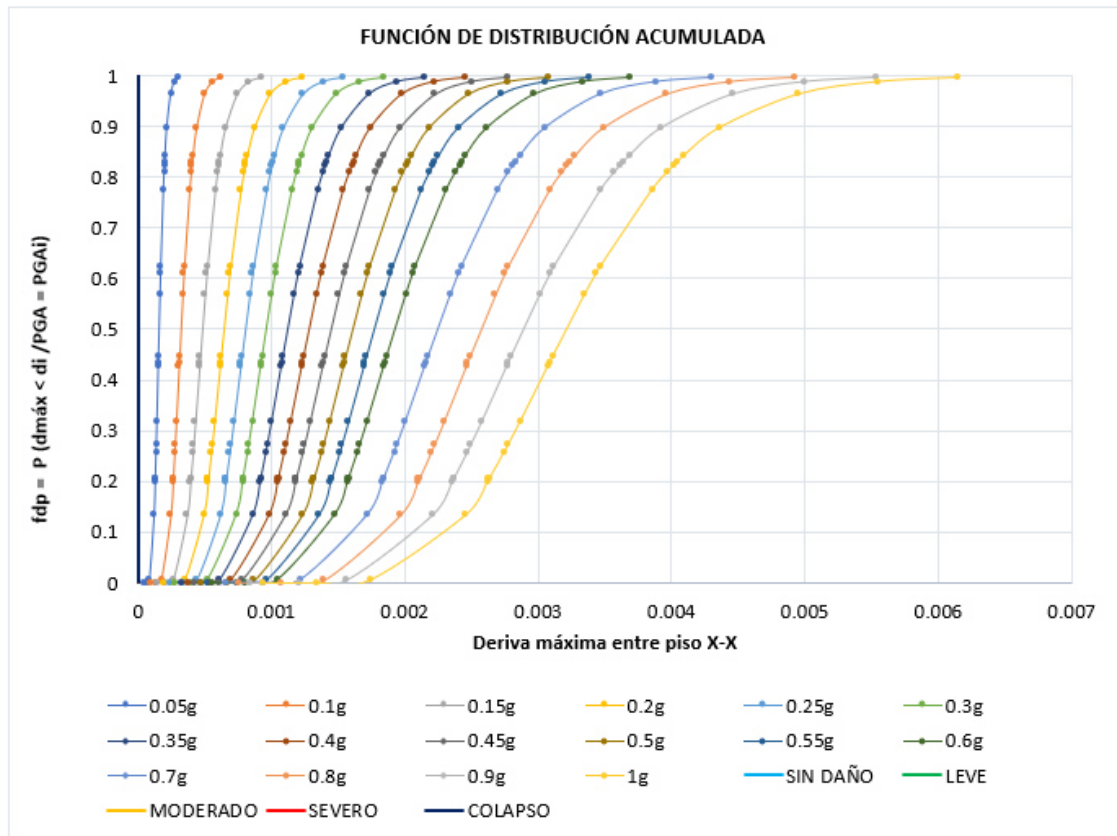


Figura 22: Curvas de función de distribución de probabilidad acumulada para cada aceleración considerada, para los 21 registros sísmicos para el modelo representativo Tipo A

En el Anexo 4, se muestra todas las tablas desarrolladas en Excel.

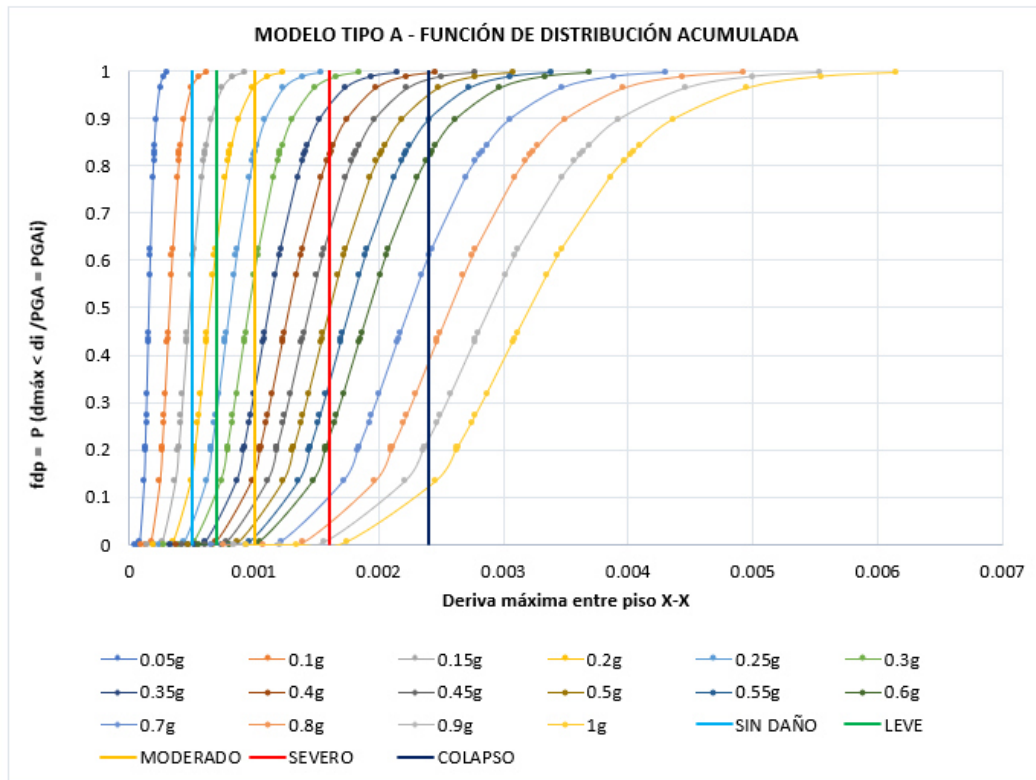
4.4.8. DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE FRAGILIDAD

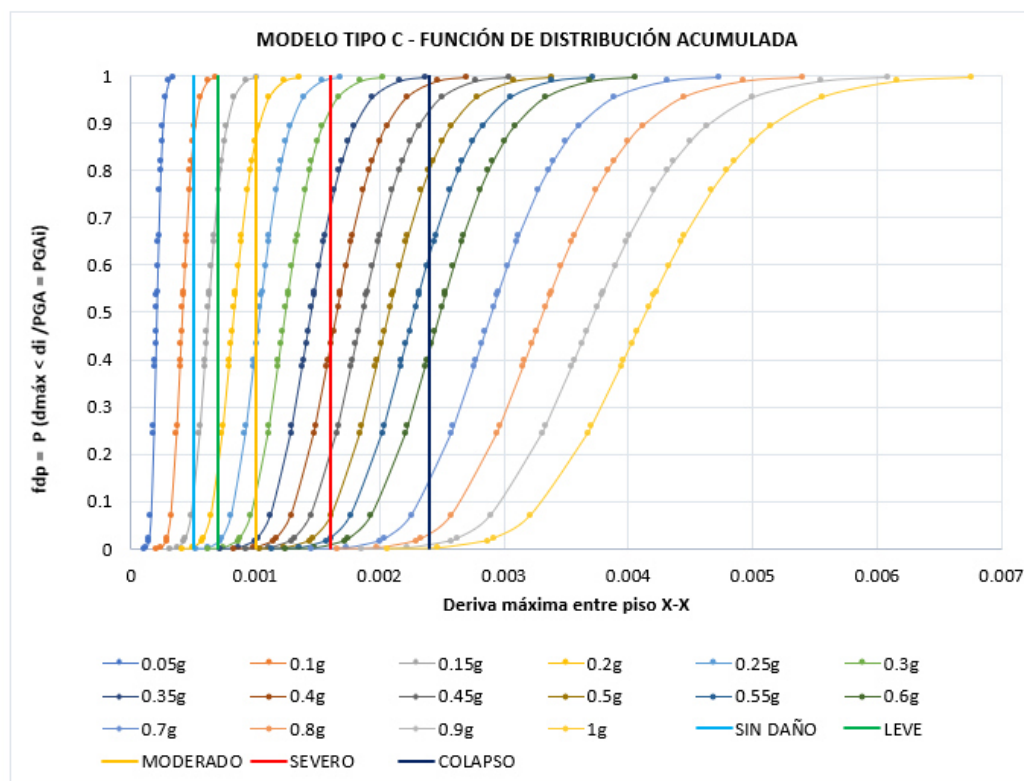
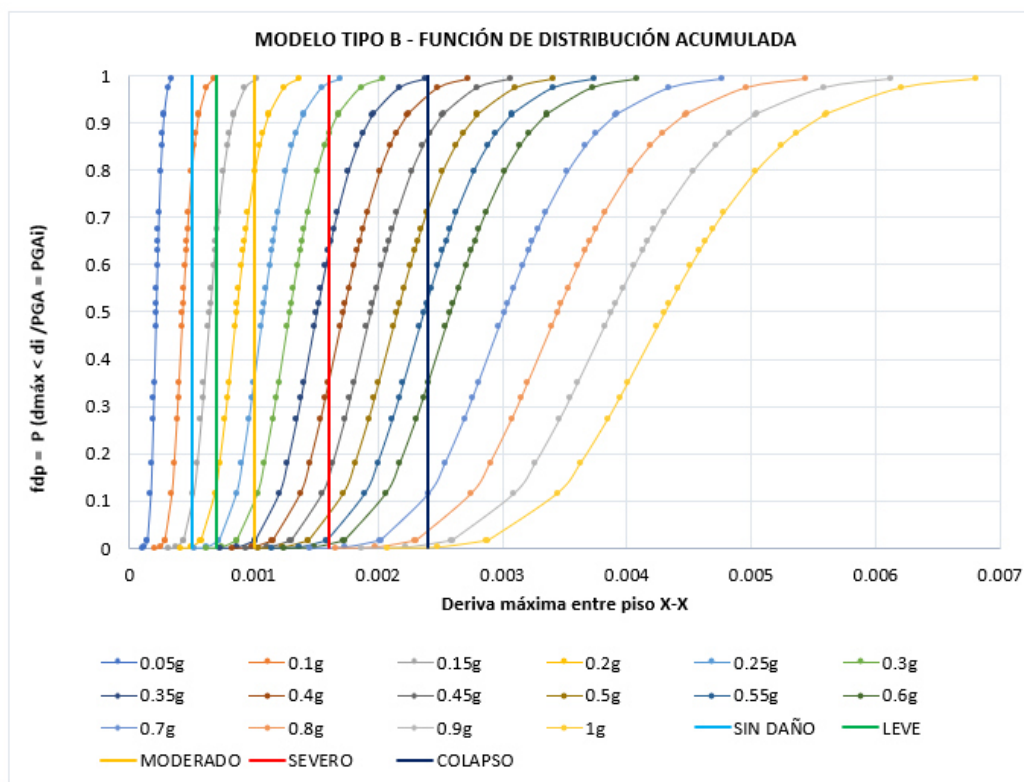
En base de las curvas de función de distribución acumulada se generaron las curvas de fragilidad.

Tal como se describió en el marco teórico, se tienen definidos los valores de deriva para cada estado de daño, estos valores son distintos según el tipo de ladrillo usado (industrial, artesanal, pandereta) según la Tabla 6.

Para los cuatro modelos representativos definidos se consideró el primer nivel hecho con ladrillo King kong artesanal y en segundo nivel con ladrillo pandereta artesanal por lo que se tomaron los valores correspondientes de las derivas para cada estado de daño. Se proyectaron rectas perpendiculares en las curvas de distribución acumulada al eje de las

abscisas en los valores de derivas que representan límites para los diferentes estados de daño para ambos tipos de ladrillo. Los puntos interceptados en cada nivel de intensidad de aceleración por cada recta, tal como se muestran en la Figura 23, terminaron formando las curvas de fragilidad para cada modelo representativo.





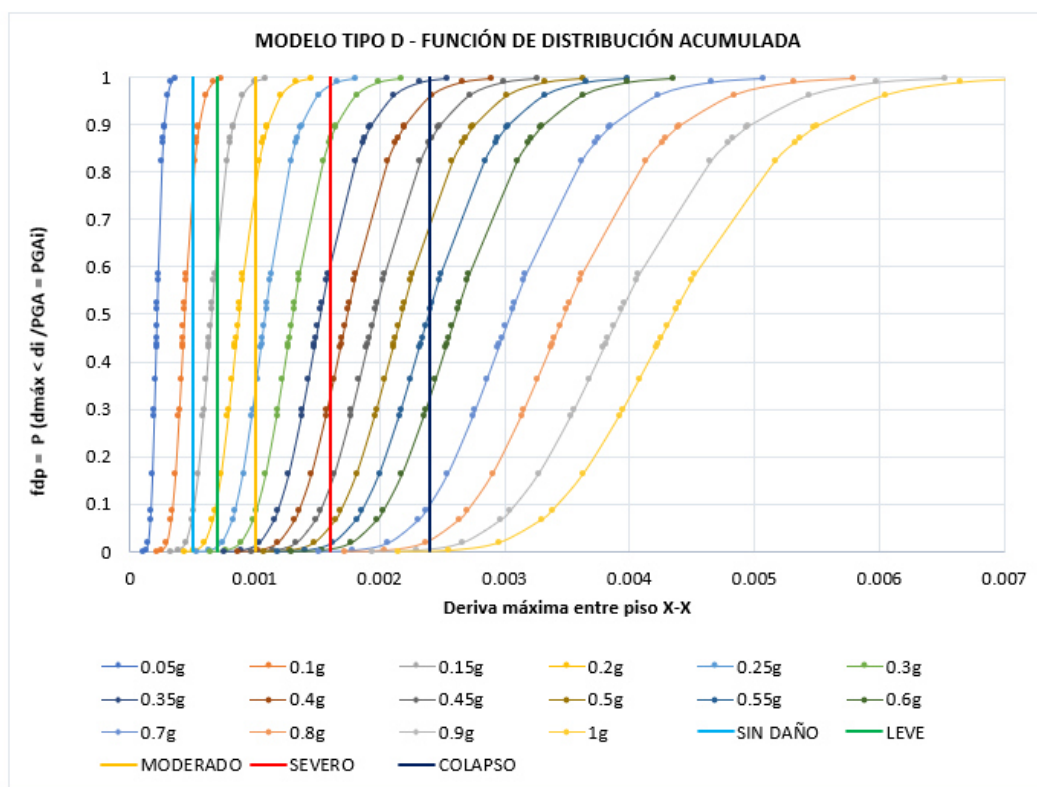


Figura 23: Derivas límite de los estados de daño en la función de distribución de probabilidad acumulada para los modelos representativos.

Los puntos interceptados son la probabilidad de que para un cierto nivel de demanda sísmica (aceleración) se obtenga una deriva máxima que está definida para un estado de daño.

El complemento de estos valores son la probabilidad de que llegue o exceda un cierto estado de daño para un cierto nivel de demanda sísmica. La Tabla 22 muestra estos valores directamente obtenidos de las curvas de función de distribución acumulada.

A partir de este cuadro se procedió a identificar la probabilidad de cada estado de daño para un cierto nivel de demanda sísmica, es decir, se obtuvieron 5 curvas de fragilidad. Para esto se buscó la distribución log normal que represente los valores del cuadro anterior.

Apoyándonos de la curva de distribución normal se obtuvo la media y desviación estándar previa transformación de los valores de la aceleración a su logaritmo normal.

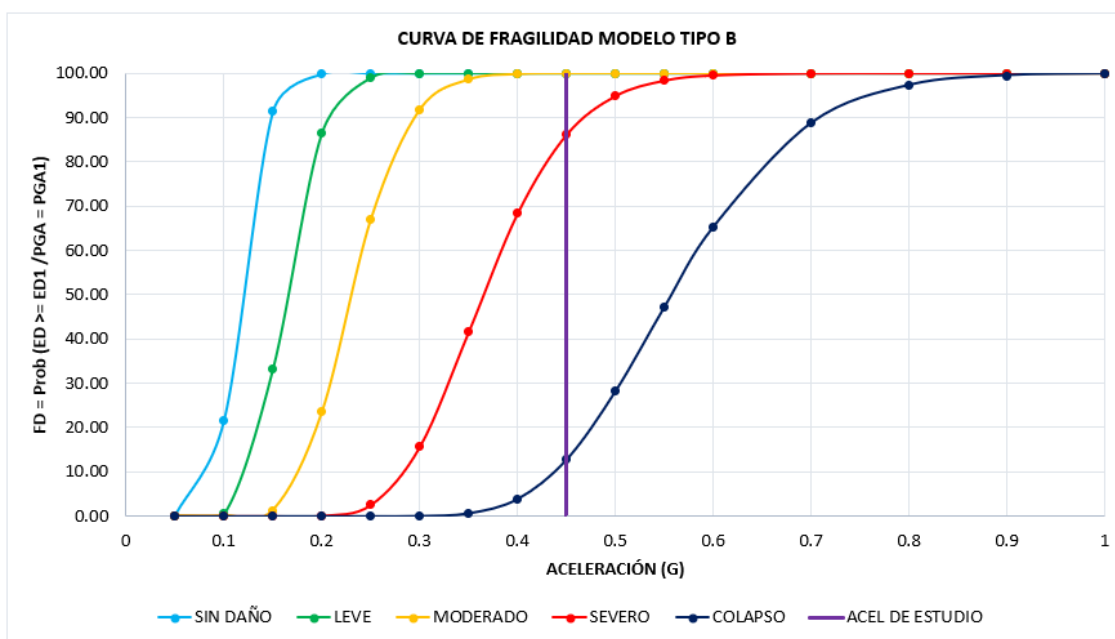
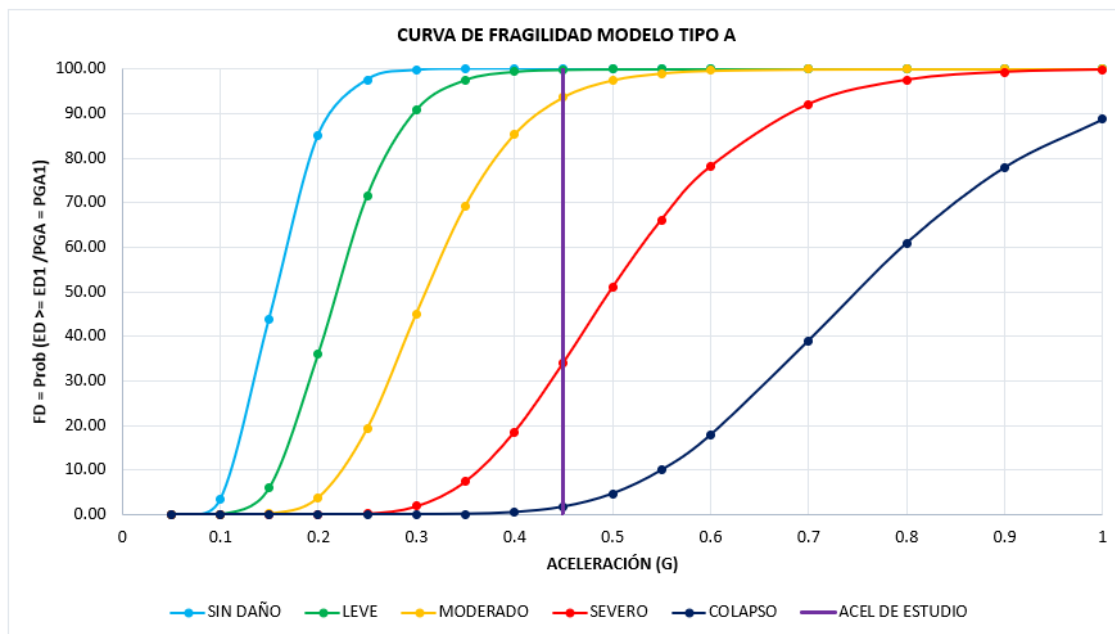
Tabla 22: Generación de curva de fragilidad en base a la distribución de probabilidad acumulada para el modelo representativo Tipo A.

PROBABILIDAD DE EXCENDENCIA (probabilidad de que exceda cierto estado de daño para una aceleración A1)																	
Estado de daño	Deriva	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Sin daño	0.0005	0.00	22.62	92.56	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Leve	0.0007	0.00	0.50	35.28	88.09	99.15	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Moderado	0.001	0.00	0.00	1.05	22.62	67.60	92.56	98.86	99.87	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Severo	0.0016	0.00	0.00	0.00	0.05	1.84	13.55	39.50	67.60	86.31	95.20	98.54	99.60	99.98	100.00	100.00	100.00
Colapso	0.0024	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.69	4.11	13.55	29.80	49.43	67.60	90.17	97.80	99.60	99.94

Estado de daño	a1	a2	p1	p2	ln(a1)	ln(a2)	z1	z2	desv est	media
Sin daño	0.1	0.2	22.62	99.87	-2.303	-1.609	-0.75	3	0.1848	-2.1640
Leve	0.2	0.25	88.09	99.15	-1.609	-1.386	1.18	2.39	0.1844	-1.8270
Moderado	0.45	0.5	99.99	100.00	-0.799	-0.693	3.63	4.06	0.2450	-1.6879
Severo	0.7	0.8	99.98	100.00	-0.357	-0.223	3.48	4.06	0.2302	-1.1579
Colapso	0.9	1	99.60	99.94	-0.105	0.000	2.65	3.22	0.1848	-0.5952

PROBABILIDAD DE EXCENDENCIA (Distribución Log Normal)																		
ESTADO DE DAÑO	DERIVAS	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9	1	ACELERACIÓN (g)
SIN DAÑO	LIMITE	-2.996	-2.303	-1.897	-1.609	-1.386	-1.204	-1.050	-0.916	-0.799	-0.693	-0.598	-0.511	-0.357	-0.223	-0.105	0.000	ln(aceeleración)
LEVE	0.0007	0.00	0.06	5.95	35.94	71.57	90.82	97.57	99.43	99.87	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	LEVE
MODERADO	0.001	0.00	0.00	0.16	3.76	19.25	45.03	69.30	85.30	93.70	97.50	99.06	99.66	99.96	99.99	100.00	100.00	MODERADO
SEVERO	0.0016	0.00	0.00	0.00	0.01	0.23	1.88	7.42	18.54	34.10	50.96	66.15	78.09	92.07	97.50	99.28	99.80	SEVERO
COLAPSO	0.0037	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.44	1.68	4.60	9.91	17.79	38.99	60.95	77.94	88.69	99.94	COLAPSO

Con las medias y desviaciones estándar conocidas se procedió a generar los valores que forman las curvas de fragilidad para cada modelo representativo, según se puede apreciar en la Figura 24.



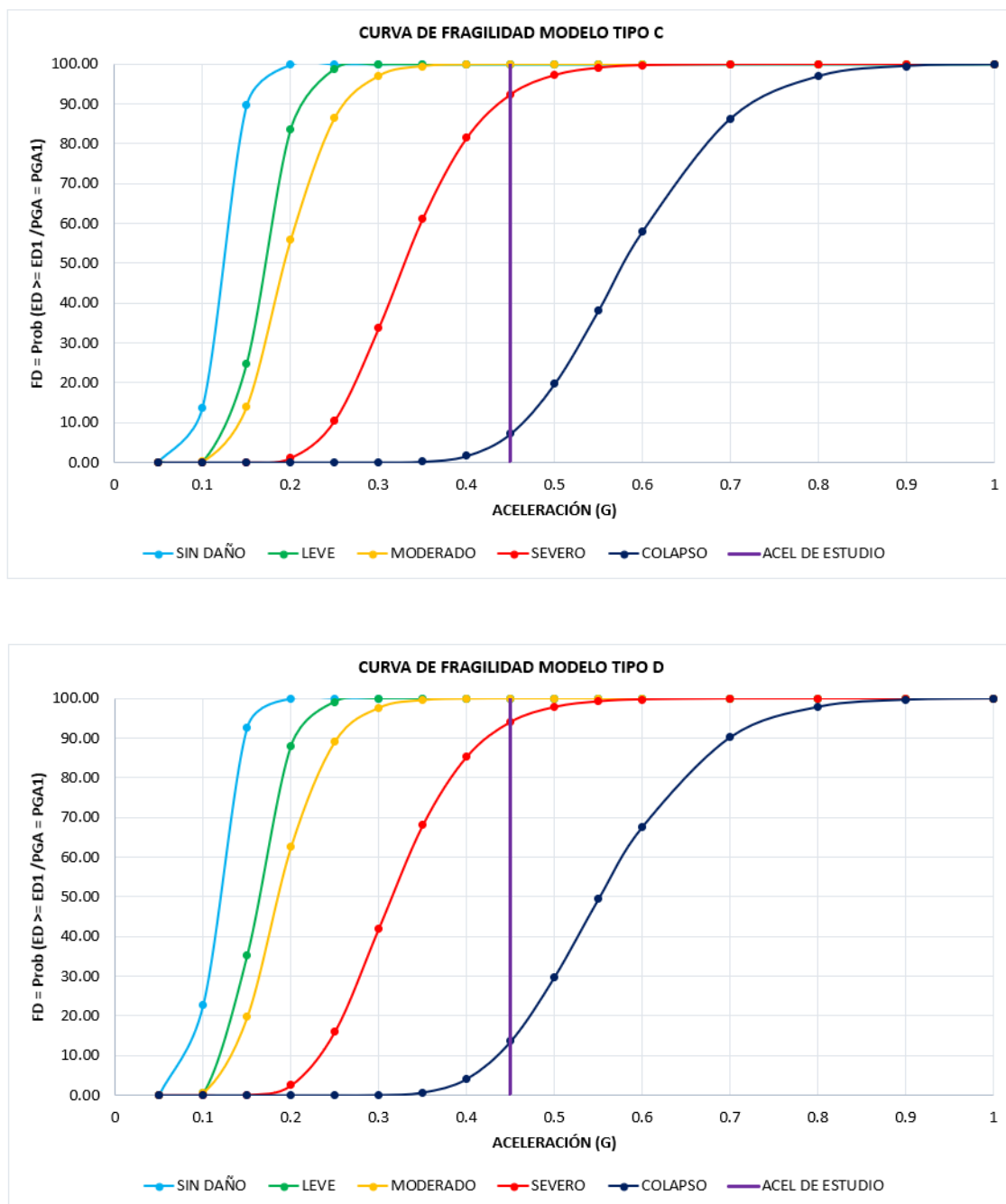


Figura 24: Curvas de fragilidad para los 4 modelos representativos.

4.4.9. ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Dado un sismo con una aceleración máxima determinada se puede conocer cuál es la vulnerabilidad estructural de un modelo representativo frente a ese sismo mediante la probabilidad de que ocurra o exceda un cierto estado de daño (sin daño, leve, moderado, severo, colapso).

Entendemos que la probabilidad de que ocurra cierto estado de daño se expresa en daño hacia la estructura, esto se definió en el apartado 2.3.4. A continuación, de forma práctica se describe para los cuatro modelos representativos cuáles son sus vulnerabilidades con un sismo de aceleración máxima de 0.45g, la cuales se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23: Probabilidad de excedencia y ocurrencia para una intensidad sísmica de 0.45g para los cuatro modelos representativos.

MODELO TIPO A		
0.45		ACELERACIÓN (g)
PROBABILIDAD DE EXCENDENCIA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ESTADOS DE DAÑO
100.00%	0.13%	SIN DAÑO
99.87%	6.17%	LEVE
93.70%	59.60%	MODERADO
34.10%	32.41%	SEVERO
1.68%	1.68%	COLAPSO

MODELO TIPO B		
0.45		ACELERACIÓN (g)
PROBABILIDAD DE EXCENDENCIA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ESTADOS DE DAÑO
100.00%	0.00%	SIN DAÑO
100.00%	0.02%	LEVE
99.98%	13.83%	MODERADO
86.15%	73.31%	SEVERO
12.84%	12.84%	COLAPSO

MODELO TIPO C		
0.45		ACELERACIÓN (g)
PROBABILIDAD DE EXCENDENCIA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ESTADOS DE DAÑO
100.00%	0.00%	SIN DAÑO
100.00%	0.02%	LEVE
99.98%	7.60%	MODERADO
92.39%	85.21%	SEVERO
7.17%	7.17%	COLAPSO

MODELO TIPO D		
0.45		ACELERACIÓN (g)
PROBABILIDAD DE EXCENDENCIA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ESTADOS DE DAÑO
100.00%	0.00%	SIN DAÑO
100.00%	0.01%	LEVE
99.99%	5.91%	MODERADO
94.07%	80.50%	SEVERO
13.57%	13.57%	COLAPSO

4.4.10. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA CUALQUIER VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA AUTOCONSTRUIDA

La vulnerabilidad estructural de una vivienda específica frente a un sismo con una determinada intensidad sísmica se obtuvo a partir de la curva de fragilidad del modelo representativo de la vivienda en estudio, a la cual se le realizó un pequeño ajuste a la probabilidad para cada estado de daño.

Es decir, se conoce cuál es la vulnerabilidad del modelo representativo para un registro sísmico con un PGA determinado a través de las curvas de fragilidad, y en teoría estos valores deberían corresponder a todas las viviendas pertenecientes a este modelo, pero como se sabe del registro de datos obtenidos, cada vivienda tiene sus propias características, sus propios aspectos estructurales, su propia calidad de materiales y calidad de mano de obra, así como sus propios factores degradantes. Todo esto hace que, aunque con los valores

de probabilidad en cada estado de daño para cada modelo representativo se tenga un nivel de representatividad que permita conocer la vulnerabilidad de las viviendas, estas no identifican del todo a cada vivienda, perdiéndose información característica de cada una de ellas en el proceso de agrupamiento.

Por esto y con el fin de obtener una mayor proximidad a los valores propios de cada vivienda se realizó un ajuste de la probabilidad de daño, esto se ejecutó mediante una aceleración máxima equivalente, valga decir un PGA equivalente para la vivienda, resultado de ajustar el PGA actuante en su modelo representativo.

Factor de ajuste para cada vivienda

La obtención de un factor de escala para cada vivienda sobre su modelo representativo se obtuvo en base a dos factores, uno basado en los tipos de ladrillos utilizados en la construcción de la vivienda y el otro basado en tres aspectos: aspectos estructurales, calidad de mano de obra y factores degradantes.

Con respecto a los tipos de ladrillos usados, si bien los modelos representativos se consideraron que todo el primer nivel fue construido con ladrillo artesanal y el segundo nivel con ladrillo pandereta, en la realidad no todas las viviendas tenían esta condición de construcción, por lo que también se consideró un factor de ajuste por material, "F1", en el cual se usó su resistencia característica a la compresión tal como se muestra en la Tabla 24. Estos valores se promediaron y se obtuvo la razón de cada uno de ellos con respecto al promedio.

Tabla 24: Resistencia a la compresión de ladrillos usados en las viviendas del modelo

Tipo A.

N° de vivienda	CALIDAD DE LOS MATERIALES								
	TIPO DE LADRILLO PREDOMINANTE								
	1ER PISO			2DO PISO			3ER PISO		
	PERIMETRAL	PARALELO FACHADA	TRANSVERSAL FACHADA	PERIMETRAL	PARALELO FACHADA	TRANSVERSAL FACHADA	PERIMETRAL	PARALELO FACHADA	TRANSVERSAL FACHADA
1	35	35	35	22	22	22			
2	35	35	35						
6	35	35	35	22	35	35			
7	35	35	35	35	22	22			
10	35	35	35	22	22	22	22	22	22
12	35	35	35	35	22	35			
16	35	35	35						
19	35	35	35						
23	35	35	65						
25	35	35	35	22	22	22			
28	35	35	35	22	22	22			
29	35	35	35	65	65	35	22	22	22
36	35	35	35	65	22	22			
38	35	35	35	22	22	22			
48	35	35	35	22	22	22			
50	35	35	35	22	22	22	22	22	22
52	35	35	35	22	22	22			
56	35	35	35						
59	35	35	35	35	22	22			

Con respecto al otro factor se realizó bajo un esquema de puntuación. La puntuación establecida en cada aspecto fue a juicio del investigador, pero siguiendo patrones de algunos métodos que desarrollaron procedimientos similares tal como se describen en el trabajo de Alvarez y Pulgar, 2019. Los valores aplicados se definieron cuidando que guarden coherencia entre ellos y que el resultado final sea consistente con las características de cada vivienda.

En la Tabla 25 se describe la puntuación considerada.

Tabla 25: Puntuación en aspectos estructurales, calidad de mano de obra y factores degradantes. (a) puntuación en junta sísmica e irregularidades en planta y altura. (b) puntuación en asentado de ladrillos y elementos de concreto. (c) puntuación en factores degradantes.

JUNTA SISMICA			
IZQUIERDA		DERECHA	
Sin junta	1	1	Sin junta
de 1 a 2cm	2.5	2.5	de 1 a 2cm
de 2 a 4cm	3	3	de 2 a 4cm

IRREGULARIDAD EN PLANTA	LEVE	MODERADO	SEVERO
Torsión estimada	3	2	1.5
Esquinas entrantes	3	2.5	1.5
Discontinuidad de diafragma	3	2.5	1.5
IRREGULARIDAD EN ALTURA	LEVE	MODERADO	SEVERO
Piso blando esperado	3	2	1.5
Geometría vertical	3	2.5	1.5
desalineamiento vertical de muros	3	2.5	1.5

(a)

EN ASENTADO DE LADRILLOS		
Espesor de junta (cm)	1.0 - 1.5	3
	1.5 - 2.0	2.5
	< A 2.0	1.5
Uniformidad y alineamiento	BUENA	3
	REGULAR	2.5
	MALA	1.5
EN ELEMENTOS DE CONCRETO		
Cangrejerías en elementos de C°A°	Ninguno/poco	3
	Algunos	2.5
	Bastantes	1.5

(b)

FACTOR DEGRADANTE	ALTO	MEDIO	NULO
Fisuras en muros en albañilería	1.5	2.5	3
Fisuras en elementos de concreto	1.5	2	3
Acero expuesto	1.5	2	3
Corrosión de acero expuesto	1.5	2.5	3
Humedad en muros	1.5	2.5	3
Eflorescencia	1.5	2.5	3

(c)

Para cada aspecto se sumó todas las puntuaciones y se dividió sobre la puntuación máxima posible a obtener.

Luego se hizo un ponderado sobre estos tres aspectos, para esto se tuvo como referencia el puntaje propuesto por Benedetti – Petrini descrito en el trabajo de Alvarez y Pulgar, 2019 respecto a la relación de estos aspectos considerados, planteando a los aspectos estructurales un peso de dos y calidad de mano de obra junto con factores degradantes un peso de uno, finalmente se obtuvo el factor de ajuste “F2” para cada vivienda.

Ambos factores característicos de cada vivienda se terminaron multiplicando y da como resultado el Factor Final de ajuste para cada vivienda con relación a su modelo representativo según se indica en Tabla 26.

Tabla 26: Factor de ajuste para cada vivienda de los cuatro modelos representativos.

FACTOR DE AJUSTE PARA LAS VIENDAS DEL MODELO TIPO A							
Nº de vivienda	f'm equivalente	F1	Aspectos estructurales	Calidad de M.O	Factores Degradantes	F2	F final
1	28.50	1.00	0.89	0.89	0.92	1.11	1.06
2	35.00	0.90	0.93	0.78	0.78	1.17	1.04
6	32.83	0.93	0.84	0.89	0.86	1.17	1.05
7	30.67	0.96	0.86	0.83	0.67	1.24	1.10
10	28.50	1.00	0.86	0.89	0.94	1.13	1.06
12	32.83	0.93	0.82	0.89	0.92	1.16	1.05
16	35.00	0.90	0.95	0.89	0.94	1.07	0.99
19	35.00	0.90	0.75	0.89	0.97	1.19	1.05
23	45.00	0.80	0.86	0.89	0.78	1.18	0.99
25	28.50	1.00	0.79	0.83	0.72	1.28	1.14
28	28.50	1.00	0.75	0.83	0.97	1.21	1.11
29	45.00	0.80	0.89	0.89	0.94	1.11	0.95
36	35.67	0.89	0.91	0.89	0.97	1.09	0.99
38	28.50	1.00	0.75	0.89	0.94	1.20	1.10
48	28.50	1.00	0.84	0.89	0.89	1.16	1.08
50	28.50	1.00	0.75	1.00	0.94	1.16	1.08
52	28.50	1.00	0.95	0.89	0.83	1.11	1.05
56	35.00	0.90	0.71	0.89	0.86	1.26	1.08
59	30.67	0.96	0.89	0.89	0.78	1.16	1.06
	28.50						

FACTOR DE AJUSTE PARA LAS VIENDAS DEL MODELO TIPO B							
Nº de vivienda	f'm equivalente	F1	Aspectos estructurales	Calidad de M.O	Factores Degradantes	F2	F final
3	35.00	0.90	0.86	0.89	1.00	1.11	1.01
14	42.83	0.82	0.96	0.89	1.00	1.05	0.93
15	24.17	1.09	0.82	0.89	0.92	1.16	1.12
21	28.50	1.00	0.95	0.89	0.97	1.07	1.03
22	33.50	0.92	0.86	1.00	0.83	1.13	1.02
24	30.67	0.96	0.86	0.89	0.97	1.12	1.04
27	35.67	0.89	0.89	0.83	0.89	1.14	1.02
49	28.50	1.00	0.86	0.89	0.86	1.15	1.08
58	42.83	0.82	0.84	0.89	0.89	1.16	0.99
60	28.50	1.00	0.75	0.89	0.92	1.21	1.11
	28.50						

FACTOR DE AJUSTE PARA LAS VIVIENDAS DEL MODELO TIPO C							
Nº de vivienda	f'm equivalente	F1	Aspectos estructurales	Calidad de M.O	Factores Degradantes	F2	F final
4	35.00	0.90	0.88	0.89	0.83	1.15	1.03
9	35.67	0.89	0.82	0.89	0.92	1.16	1.03
11	28.50	1.00	0.89	1.00	0.94	1.07	1.04
17	47.83	0.77	0.89	0.89	0.86	1.13	0.95
20	30.67	0.96	0.79	0.89	0.94	1.17	1.07
30	35.00	0.90	0.91	0.89	0.97	1.09	0.99
33	28.50	1.00	0.75	0.89	0.89	1.22	1.11
34	35.00	0.90	0.64	0.89	0.97	1.27	1.09
35	45.00	0.80	0.80	0.89	0.89	1.18	0.99
39	35.00	0.90	0.82	0.89	1.00	1.13	1.02
40	35.00	0.90	0.93	0.89	0.81	1.13	1.01
41	42.83	0.82	0.86	0.89	0.81	1.17	0.99
42	35.00	0.90	0.89	0.89	0.94	1.11	1.00
44	50.00	0.75	0.91	0.89	0.94	1.09	0.92
46	28.50	1.00	0.89	0.89	0.94	1.11	1.05
47	28.50	1.00	0.86	0.83	0.78	1.20	1.10
51	45.00	0.80	0.77	0.89	0.89	1.21	1.00
53	50.00	0.75	0.86	0.89	0.81	1.17	0.96
54	35.00	0.90	0.84	0.89	0.89	1.16	1.03
57	28.50	1.00	0.84	0.89	0.78	1.20	1.10
	28.50						

FACTOR DE AJUSTE PARA LAS VIVIENDAS DEL MODELO TIPO D							
Nº de vivienda	f'm equivalente	F1	Aspectos estructurales	Calidad de M.O	Factores Degradantes	F2	F final
5	35.00	0.90	1.00	0.89	0.97	1.04	0.97
8	40.00	0.84	0.93	0.94	0.94	1.07	0.96
13	50.00	0.75	0.98	0.94	0.81	1.08	0.92
31	45.00	0.80	0.86	0.83	0.78	1.20	1.00
45	28.50	1.00	0.82	0.83	0.94	1.17	1.08
55	28.50	1.00	0.88	0.89	0.92	1.13	1.06
	28.50						

Estos factores de ajustes obtenidos, "F.F", para cada vivienda dentro de los cuatro grupos de vivienda son aplicados en la intensidad sísmica, generando la aceleración equivalente que permite caracterizar a cada vivienda con sus propias probabilidades para cada estado de daño. Esto se muestra en el siguiente capítulo.

5. CAPÍTULO V: RESULTADOS

Del procedimiento desarrollado en el capítulo anterior se tienen los resultados para cada vivienda. En la Tabla 27 se muestran los listados de los cuatro grupos de vivienda donde se indica la probabilidad que ocurra un cierto estado de daño para cada vivienda.

La Tabla 27 (a) muestra la probabilidad de que ocurra cada estado de daño en las viviendas del modelo tipo A, la cual contiene 19 viviendas, ante un sismo de una intensidad de 0.45g en el modelo representativo tipo A ajustándose para cada vivienda a una aceleración equivalente mediante su factor de ajuste.

La Tabla 27 (b) muestra la probabilidad de que ocurra cada estado de daño en las viviendas del modelo tipo B, la cual contiene 10 viviendas, ante un sismo de una intensidad de 0.45g en el modelo representativo tipo B ajustándose para cada vivienda a una aceleración equivalente mediante su factor de ajuste.

La Tabla 27 (c) muestra la probabilidad de que ocurra cada estado de daño en las viviendas del modelo tipo C, la cual contiene 20 viviendas, ante un sismo de una intensidad de 0.45g en el modelo representativo tipo C ajustándose para cada vivienda a una aceleración equivalente mediante su factor de ajuste.

La Tabla 27 (d) muestra la probabilidad de que ocurra cada estado de daño en las viviendas del modelo tipo D, la cual contiene 6 viviendas, ante un sismo de una intensidad de 0.45g en el modelo representativo tipo D ajustándose para cada vivienda a una aceleración equivalente mediante su factor de ajuste.

Tabla 27: Matriz de probabilidad de ocurrencia para cada vivienda de los modelos representativos del AA.HH San Fernando. (a) Modelo tipo A, (b) Modelo tipo B, (c) Modelo tipo C, (d) Modelo tipo D

MATRIZ DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA MODELO TIPO A							
VIVIENDA	F.F	Acel Eq	SIN DAÑO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COLAPSO
1	1.06	0.48	0.06%	3.90%	53.26%	39.87%	2.91%
2	1.04	0.47	0.08%	4.58%	55.57%	37.34%	2.43%
6	1.05	0.47	0.06%	4.15%	54.18%	38.88%	2.72%
7	1.10	0.50	0.03%	2.62%	47.41%	45.58%	4.36%
10	1.06	0.48	0.05%	3.68%	52.43%	40.73%	3.10%
12	1.05	0.47	0.07%	4.27%	54.58%	38.45%	2.63%
16	0.99	0.44	0.15%	6.79%	60.78%	30.80%	1.48%
19	1.05	0.47	0.07%	4.26%	54.53%	38.51%	2.64%
23	0.99	0.45	0.15%	6.71%	60.64%	31.01%	1.50%
25	1.14	0.51	0.02%	1.94%	42.94%	49.39%	5.72%
28	1.11	0.50	0.03%	2.60%	47.30%	45.68%	4.39%
29	0.95	0.43	0.25%	9.04%	63.90%	25.83%	0.97%
36	0.99	0.45	0.14%	6.68%	60.58%	31.08%	1.51%
38	1.10	0.50	0.03%	2.72%	47.94%	45.10%	4.21%
48	1.08	0.49	0.04%	3.25%	50.61%	42.57%	3.53%
50	1.08	0.49	0.04%	3.20%	50.36%	42.81%	3.59%
52	1.05	0.47	0.06%	4.02%	53.70%	39.40%	2.82%
56	1.08	0.49	0.04%	3.21%	50.39%	42.78%	3.58%
59	1.06	0.48	0.05%	3.76%	52.73%	40.43%	3.03%

MATRIZ DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA MODELO TIPO B							
VIVIENDA	F.F	Acel Eq	SIN DAÑO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COLAPSO
3	1.01	0.45	0.00%	0.02%	13.13%	73.30%	13.54%
14	0.93	0.42	0.00%	0.08%	23.44%	69.92%	6.55%
15	1.12	0.51	0.00%	0.00%	4.59%	65.18%	30.23%
21	1.03	0.46	0.00%	0.01%	10.49%	72.72%	16.78%
22	1.02	0.46	0.00%	0.01%	11.22%	72.98%	15.79%
24	1.04	0.47	0.00%	0.01%	9.73%	72.34%	17.92%
27	1.02	0.46	0.00%	0.02%	11.99%	73.17%	14.82%
49	1.08	0.48	0.00%	0.00%	7.05%	69.93%	23.02%
58	0.99	0.44	0.00%	0.03%	15.44%	73.15%	11.38%
60	1.11	0.50	0.00%	0.00%	5.44%	67.24%	27.32%

MATRIZ DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA MODELO TIPO C							
VIVIENDA	F.F	Acel Eq	SIN DAÑO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COLAPSO
4	1.03	0.46	0.00%	0.01%	6.00%	84.45%	9.55%
9	1.03	0.46	0.00%	0.01%	6.01%	84.46%	9.52%
11	1.04	0.47	0.00%	0.01%	5.54%	84.02%	10.43%
17	0.95	0.43	0.00%	0.03%	11.38%	84.59%	4.00%
20	1.07	0.48	0.00%	0.00%	4.10%	81.76%	14.13%
30	0.99	0.45	0.00%	0.02%	7.98%	85.28%	6.73%
33	1.11	0.50	0.00%	0.00%	2.81%	77.64%	19.55%
34	1.09	0.49	0.00%	0.00%	3.50%	80.18%	16.32%
35	0.99	0.44	0.00%	0.02%	8.36%	85.30%	6.32%
39	1.02	0.46	0.00%	0.01%	6.53%	84.81%	8.65%
40	1.01	0.46	0.00%	0.01%	6.71%	84.91%	8.37%
41	0.99	0.45	0.00%	0.02%	7.96%	85.27%	6.75%
42	1.00	0.45	0.00%	0.01%	7.35%	85.15%	7.48%
44	0.92	0.42	0.00%	0.05%	14.09%	83.09%	2.77%
46	1.05	0.47	0.00%	0.01%	4.78%	83.04%	12.18%
47	1.10	0.50	0.00%	0.00%	3.05%	78.64%	18.31%
51	1.00	0.45	0.00%	0.01%	7.50%	85.19%	7.29%
53	0.96	0.43	0.00%	0.03%	10.26%	85.00%	4.71%
54	1.03	0.46	0.00%	0.01%	5.86%	84.33%	9.80%
57	1.10	0.49	0.00%	0.00%	3.15%	79.03%	17.81%

MATRIZ DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA MODELO TIPO D							
VIVIENDA	F.F	Acel Eq	SIN DAÑO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COLAPSO
5	0.97	0.44	0.00%	0.02%	7.69%	82.07%	10.22%
8	0.96	0.43	0.00%	0.03%	8.58%	82.44%	8.95%
13	0.92	0.41	0.00%	0.05%	11.86%	82.33%	5.76%
31	1.00	0.45	0.00%	0.01%	5.95%	80.55%	13.49%
45	1.08	0.49	0.00%	0.00%	2.78%	71.76%	25.46%
55	1.06	0.48	0.00%	0.01%	3.40%	74.59%	22.01%

6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se concluye que las derivas que definen los estados discretos de daño dependen del tipo de material usado para la construcción de las viviendas según como se muestra en la Tabla 6. Un muro hecho de ladrillo artesanal King Kong sólido define sus estados de daño con derivas mayores en comparación a un muro hecho de ladrillo pandereta, y ambos son menores a la deriva de límite elástico de 0.005 que indica la norma E.070 Albañilería.

Se concluye que dado una vivienda con una composición estructural definida se le aplica un sismo determinado, la deriva máxima que presente no es el único que determina el nivel de vulnerabilidad estructural que presente, que, aunque este sea un parámetro indicador de la respuesta estructural frente al sismo, se ve condicionada por el tipo de material con que fue construido, puesto que según el material de albañilería se tiene valores límite de deriva para cada estado de daño.

Se concluye que los tipos de ladrillos usados para los muros, los cuales son ladrillo industrial de 18 huecos con 30% de vacíos, ladrillo artesanal King Kong sólido y ladrillo pandereta, aparte de que cada una de estas brinda una resistencia específica, también inciden directamente en las derivas que se obtienen del análisis, ya que influyen en la rigidez de la estructura afectando a los desplazamientos y por lo tanto a las derivas.

Se concluye que para una vivienda con una composición estructural determinada va a presentar una mayor vulnerabilidad estructural frente a un sismo si este hecho totalmente de ladrillo pandereta en comparación de si estuviera hecho de ladrillo artesanal King Kong sólido. De la misma manera habrá una mayor vulnerabilidad estructural frente a un sismo si está hecho totalmente de ladrillo artesanal King Kong sólido en comparación de si estuviera hecho de ladrillo industrial 18 huecos. De esto se considera al ladrillo industrial 18 huecos como el más adecuado para la construcción de muros de albañilería confinada en

comparación al ladrillo artesanal sólido y al ladrillo pandereta porque presenta menor vulnerabilidad estructural frente a un sismo con una intensidad determinada.

Se concluye que la distribución de los muros y la ubicación de los ductos en cada modelo representativo inciden en la probabilidad de que ocurra un cierto nivel de daño. Siendo el modelo representativo Tipo A el que presenta menor probabilidad de sufrir daño severo y el colapso en comparación a los otros modelos representativos, aun así, para el modelo tipo A se tiene a los daños Moderado y Severo como los estados de daño predominantes según como se muestra en la Tabla 27.a. Para el caso del modelo tipo B, se tiene como estado de daño predominante al daño Severo, seguido del Colapso y en menor medida el Moderado según como se muestra en la Tabla 27.b. Para el caso del modelo tipo C, se tiene como estado de daño predominante al daño Severo y luego los daños Moderado y Colapso que tienen probabilidades cercanas según como se muestra en la Tabla 27.c. Para el caso del modelo tipo D, se tiene como estado de daño predominante al daño Severo, seguido del Colapso y en menor medida el Moderado según como se muestra en la Tabla 27.d. Todas estas probabilidades varían en un cierto porcentaje debido al ajuste que se realiza en cada vivienda.

Se concluye que el factor de ajuste para cada vivienda obtenida en base a las características propias de cada vivienda obtenidas del levantamiento de datos en campo, termina siendo un factor que permite individualizar el diagnóstico de la probabilidad de ocurrencia de cada estado de daño, esto brinda mayores luces sobre cómo actuar en cada caso y que medidas de control se podrían ejecutar para reducir la vulnerabilidad.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que, a razón de poder mejorar la representatividad de las viviendas, la cantidad de los modelos representativos para una población determinada aumente a fin de poder mantener a las viviendas en grupos más reducidos y de mayor similitud, conservando la cantidad de pisos, la ubicación de sus ductos y tipo de material usado y otras características que particularicen a las viviendas.

Se recomienda a fin de obtener resultados que se acerquen más a lo que en realidad podría suceder en un eventual sismo, los valores que forman las curvas de función de distribución acumulado se obtengan de un análisis no lineal tiempo historia en el que se considere la degradación de la rigidez, que, en modo práctico, aumentaría la probabilidad de que las viviendas se encuentren en los estados de daño, severo y colapso. En el presente estudio se compensó ese aspecto con los factores de ajuste para cada vivienda, que terminaron en su mayoría dando una probabilidad de daño más elevados.

Se recomienda plantear políticas públicas que permitan mitigar la vulnerabilidad de las viviendas en cada uno de los grupos reduciendo la predisposición a los daños que actualmente están expuestos. Estos mediante programas de difusión, capacitación a los grupos involucrados en la construcción de estas viviendas.

REFERENCIAS

Alvarez, J. y Pulgar, X. (2019). Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales.

Astorga, M. y Aguilar, R. (2006). Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Católica del Perú]. Repositorio institucional – Universidad Pontificia Católica del Perú.

Barbat, H. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*. Calidad Siderúrgica.

Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio institucional – Universidad Politécnica de Cataluña.

Cámara peruana de la construcción [CAPECO]. (2018). *Informe económico de la construcción: Impacto de la informalidad en la construcción en el Perú* (N°17). <http://www.construccioneindustria.com/iec/>

Cárdenas, L. (2008). Análisis de vulnerabilidad estructural del hotel comercio. [Tesis de licenciamiento, Universidad Ricardo Palma] – Repositorio Institucional - Universidad Ricardo Palma.

Centro peruano - japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres. [CISMID]. (2013). *Generación de acelerogramas sintéticos para la costa del Perú: Producto N°2*.

Espinosa, E. (26 de septiembre de 2017). CAPECO: El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto. RPP noticias. <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>

Flores, E., Díaz, M. y Zavala, C. (2019). Development of fragility function for typologies of confined masonry dwelling in Metropolitan Lima and Callao cities, *tecnia*, vol. 29(2), 151 – 158. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.717>

Herrera, R., Vielma, J. y Pujades, L. (2014). Metodologías de evaluación de vulnerabilidad. <https://www.researchgate.net/publication/271643633>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (18 de enero de 2018). <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/lima-alberga-9-millones-320-mil-habitantes-al-2018-10521/>

Mejía, L. (2012). Informalidad en construcción de viviendas llega a 40 % en Lima. <https://capital.pe/actualidad/informalidad-en-construccion-de-viviendas-llega-a-40-en-lima-noticia-466502>

Montalvo, O. (2014). Curvas de fragilidad sísmica mediante la simulación de Montecarlo y Análisis tiempo historia. [Trabajo de investigación, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

Núñez, H. (2004). Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en el distrito de San Martín de Porres. [Tesis de licenciamiento, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional – Universidad Nacional de Ingeniería.

Park, Y., Ang, A. y Wen, Y. (1987). Damage limiting aseismic design of buildings. *Earthquake Spectra*, Vol 3 (1), 1 - 26. <https://doi.org/10.1193/1.1585416>

Salinas, R. y Lazares, F. (2007). La albañilería tubular y su uso en viviendas en zonas sísmicas. [https://www.researchgate.net/publication/239536382 LA ALBANILERIA TUBULAR Y SU USO EN VIVIENDAS EN ZONAS SISMICAS](https://www.researchgate.net/publication/239536382_LA_ALBANILERIA_TUBULAR_Y_SU_USO_EN_VIVIENDAS_EN_ZONAS_SISMICAS)

San Bartolome, A. (1994). *Construcciones de albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Universidad Pontificia Católica del Perú.

Solorzano, L. (2005). *Vulnerabilidad sísmica de estructuras de viviendas de uno y dos pisos en una zona piloto del valle central*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. [Tesis de licenciamiento, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional – Universidad de Costa Rica.

Ugel, R., Herrera, L., Vielma, J. y Pujades, L. (2011). Análisis de escenarios de riesgo sísmico para toma de decisiones. aplicación a edificio aporticado de concreto armado en el municipio valencia. *Ingeniería y Sociedad – UC*. Vol 7(1). 20-34.
<https://docplayer.es/53924872-Analisis-de-escenarios-de-riesgo-sismico-para-toma-de-decisiones-aplicacion-a-edificio-aporticado-de-concreto-armado-en-el-municipio-valencia.html>

Varga, Y., Pujades, L., Barbat, A. y Hurtado, J. (2013). *Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Vol 29. 63 – 78.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131513000175>

Velásquez. (2006). *Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Católica del Perú.

Zavala, C., Diaz, M., Flores, E. y Cárdenas, L. (2019). *Damage limit states for confined masonry walls based on experimental test*, *tecnia*, vol 29(2), 135 – 141.
<https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.715>

APÉNDICE

ANEXO 1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO 3: REGISTROS SÍSMICOS

ANEXO 4: TABLAS

ANEXO 5: PLANOS