



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

Mauricio Avalos, Ruben Moises

ASESOR

Mg. Ing. Benites Zuñiga, Jose Luis

LINEA DE INVESTIGACION

Diseño Sísmico Y Estructural

Lima – Perú

2018

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

Rubén Moisés Mauricio Avalos

cuyo título es:

"Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018".

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

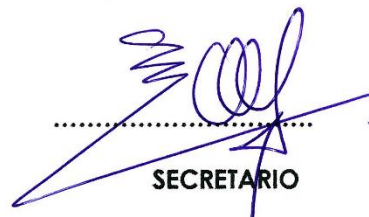
16 (número) DIEASEIS (letras).

Lugar y fecha. Olivos, 10 diciembre 2018



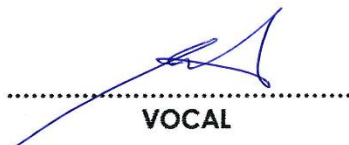
.....
PRESIDENTE

Mg. Raul Antonio Pinto Barrantes
Grado y nombre



.....
SECRETARIO

Mg. Emilio José Medrano Sánchez
Grado y nombre



.....
VOCAL

Mg. José Luis Benítez Zúñiga
Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

ACTA DE REVISIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN POR EL JURADO

El **Jurado** encargado de evaluar el Trabajo de Investigación, **PRESENTADO EN LA MODALIDAD DE: INFORME DE TESIS**

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A mis Padres por haberme apoyado en todo momento, por sus valores y por la motivación constante que me ha permitido ser cada vez mejor en todo aspecto, pero más que nada, por su amor incondicional.

A mi esposa e hijos por estar siempre conmigo en todo momento y por la motivación más grande que me brindan.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su profundo agradecimiento a las personas que contribuyeron con sus valiosas sugerencias, críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para cristalizar el presente proyecto de tesis.

Al Dr. César Acuña Peralta, fundador de la Universidad “CÉSAR VALLEJO”, gratitud eterna por darme la oportunidad de realizar mis estudios de pregrado.

A mi asesora de tesis Ing. Benites Zuñiga, Jose Luis, por su experiencia científica para la formulación de la Tesis.

A los ingenieros que colaboraron con sus ideas, por su generosidad científica y valiosas críticas en la corrección de la matriz de consistencia.

A mi familia por demostrarme su apoyo en toda forma, sea moral y económica, gracias a ello he logrado cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos.

A cada uno de ellos, infinitas gracias.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Rubén Moisés Mauricio Avalos, identificado con DNI 10392788, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación, datos e información que se presenta son auténticas y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 03 de diciembre del 2018.

.....

Rubén Moisés Mauricio Avalos

DNI: 10392788

PRESENTACION

Señores miembros del jurado.

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martin de Porres, 2018” la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniería.

Rubén Moisés Mauricio Avalos

INDICE

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaración de autenticidad.....	v
Presentación	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1 Realidad problemática	18
1.2 Trabajos previos.....	21
1.2.1 Antecedentes internacionales	21
1.2.2 Antecedentes nacionales.....	25
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	30
1.3.1 Materiales	30
1.3.2 Configuración estructural	33
1.3.3 Rigidez lateral.....	42
1.3.4 Resistencia lateral	44
1.3.5 Capacidad de deformación	45
1.4 Formulación del problema	52
1.4.1 Problema general	52
1.4.2 Problemas específicos:	52
1.5 Justificación del estudio:.....	52
1.5.1 Teórica	52
1.5.2 Metodológica.....	52
1.5.3 Contribución	53
1.5.4 Práctica	53
1.5.5 Relevancia	53
1.6 Hipótesis	53
1.6.1 Hipótesis general	53
1.6.2 Hipótesis específica	53
1.7 Objetivos.....	54
1.7.1 Objetivo general	54

1.7.2	Objetivos específicos	54
II.	MÉTODO.....	55
2.1	Diseño de investigación	56
2.1.1	Método.....	56
2.1.2	Tipo de investigación	56
2.1.3	De acuerdo a la técnica de contrastación.....	56
2.1.4	Nivel o alcance de la Investigación	57
2.1.5	Método de investigación.....	57
2.2	Variables, Operacionalización	58
2.2.1	Variables	58
2.2.2	Operacionalización de variables	58
2.3	Población y muestra.....	60
2.3.1	Unidad De Análisis.....	60
2.3.2	Población	60
2.3.3	Muestra	61
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	62
2.4.1	Instrumentos de recolección y medición de datos	62
2.4.2	Confiabilidad de los instrumentos	63
2.4.3	Validez del instrumento.....	63
2.4.4	Objetividad	63
2.5	Métodos de análisis de datos	64
2.5.1	Análisis de las mediciones in situ.....	64
2.5.2	Análisis de los datos requeridos por software ETABS	65
2.5.3	Análisis de los resultados del modelamiento.....	66
2.6	Aspectos éticos	67
III.	RESULTADOS	68
3.1	Determinación de las características típicas de la vivienda.....	69
3.2	Determinación de la resistencia de los materiales	71
3.2.1	Resistencia del concreto	71
3.2.2	Resistencia de la albañilería	75
3.3	Modelamiento de los materiales	76
3.4	Determinación de las características dinámicas del suelo	78
3.5	Determinación de las cargas gravitacionales	80
3.6	Determinación de las características dinámicas.....	81
3.7	Determinación de la demanda sísmica.....	83
3.7.1	Desplazamientos laterales máximos.....	84

3.7.2	Distorsiones laterales máximas	85
3.7.3	Fuerzas cortantes	86
3.8	Desempeño sísmico de la edificación analizada.....	87
3.8.1	Diagramas momento curvatura de las secciones	87
3.8.2	Determinación de la curva de capacidad estructura si refuerzo	94
3.8.3	Determinación del punto de desempeño.....	95
3.9	Propuesta de reforzamiento	96
3.10	Dimensionamiento	97
3.11	Diagramas momento curvatura	100
3.12	Modelamiento de la estructura reforzada.....	102
3.13	Respuesta sísmica de la estructura reforzada.....	104
3.14	Desempeño sísmico de la estructura reforzada.....	106
IV:	DISCUSIONES	11409
V:	CONCLUSIONES	114
VI:	RECOMENDACIONES	117
	REFERENCIAS	119
	ANEXOS	122
	Anexo 1.....	124
	Anexo 2.....	125
	Anexo 3	126
	Anexo 4	127
	Anexo 5	128
	Anexo 6	129
	Anexo 7	130
	Anexo 8	131
	Anexo 9	132
	Anexo 10	133
	Anexo 11	136
	Anexo 12	137
	Anexo 13	138
	Anexo 14	139

Índice de tablas

Tabla 1: Niveles de peligro sísmico cuantificados por sus periodos de retorno.....	46
Tabla 2: Niveles de desempeño recomendados por el comité Visión 2000.	46
Tabla 3: Tipos estructurales más conocidos, de acuerdo con el comité Visión 2000.	47
Tabla 4: Objetivos de desempeño característicos, de acuerdo con el comité Visión 2000.	47
Tabla 5: Relación entre los daños estructurales y los niveles de desempeño, de acuerdo con el comité Visión 2000.....	48
Tabla 6: Designación usada para la identificación de sistemas estructurales. Fuente: SEAOC.	49
Tabla 7: Relación entre los niveles de daño, distorsiones laterales y niveles de diseño.	50
Tabla 8: Resultados de la resistencia a la compresión obtenidas mediante esclerometria en el primer piso. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 9: Resultados de la resistencia a la compresión obtenidas mediante esclerometria en el segundo nivel. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 10: Resultados de la resistencia a la compresión obtenidas mediante esclerometria en el tercer nivel. Fuente: Elaboración propia.....	74
Tabla 11: Resistencia a la tracción diagonal de muretes de albañilería con pandereta. Fuente: Sáenz (2018).	76
Tabla 12: Cronograma actividades. Fuente: Elaboración propia.....	48

Índice de figuras

Figura 1: Efectos del sismo ocurrido en la ciudad de México. Tomado de www.laopinion.com	18
Figura 2: Cinturón de fuego del pacifico, región e lata sismicidad y actividad volcánica del mundo. Fuente: IGP	19
Figura 3: Mapa de peligro sísmico del Perú. Fuente: IGP.	20
Figura 4: Falla de columna de concreto armado Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	32
Figura 5: Falla de columna de concreto armado debido a la acción de fuerzas sísmicas y gravitacionales. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	33
Figura 6: Sistema estructural de gran rigidez lateral. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	34
Figura 7: Sistema resistente de poca rigidez lateral. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	34
Figura 8: Reforzamiento de columnas mediante el incremento de la sección transversal. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	35
Figura 9: Reforzamiento de muros de mampostería. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	36
Figura 10: Encamisado de una columna de concreto armado. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	37
Figura 11: Procedimiento típico para el reforzamiento de columnas de concreto armado mediante el encamisado de columnas. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	37
Figura 12 Tecnicas de anclaje del refuerzo lateral al núcleo de la columna existente. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	38
Figura 1-13: Sistema de anclajes en concreto existente, mediante la aplicación de epóxidos. Fuente: Instituto Chileno del Concreto y el hormigón.	39
Figura 14: Diagrama de interacción de columnas. Fuente: Roca (2015).	40
Figura 15: Registros de aceleración sísmica típicos. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	41
Figura 16: Caracterización de la demanda sísmica mediante el uso de espectros de diseño. Fuente: <i>Retrofitting Design of Building Structures</i> , Xilin Lu (2010).	42
Figura 17: Curva de capacidad típica de una estructura. Fuente SAP 2000.....	43
Figura 18: Desempeño sísmico de una estructura frente a cargas laterales. Fuente: Zavala et. al (2014).	44
Figura 19: Determinación del punto de desempeño de la estructura. Fuente: Elaboración propia. .	51
Figura 20: Vivienda autoconstruida típica de tres niveles, ubicada en la zona de estudio.....	61
Figura 21: Vivienda autoconstruida típica de tres niveles, ubicada en la zona de estudio.....	62

Figura 22: Información requerida para la definición de los elementos estructurales en el software ETABS. Fuente: Elaboración propia.....	65
Figura 23: La ubicación de los elementos estructurales y su conectividad permiten construir un modelo estructural adecuado. Fuente: Elaboración propia.....	66
Figura 24: La ubicación de los elementos estructurales y su conectividad permiten construir un modelo estructural adecuado. Fuente: Elaboración propia.....	67
Figura 25: Distribución de los elementos verticales resistentes presentes en la edificación. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 26: Secciones transversales típicas de los elementos estructurales, columnas y vigas. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 27: Esclerometría efectuada sobre una columna existente de concreto armado. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 28: Unidades de albañilería pandereta y muretes elaborados con base en este material. Fuente: Sáenz (2018).....	75
Figura 29: Propiedades mecánicas típicas del concreto. Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura 30: Propiedades mecánicas características de la albañilería. Fuente: Elaboración propia....	77
Figura 31: Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Lima. Fuente: Centro Peruano Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID).	79
Figura 32: Aplicación de cargas gravitacionales muertas y vivas en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 33: Aplicación de cargas gravitacionales en las azoteas. Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 34: Modelo tridimensional de la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.	81
Figura 35: Primera y segunda formas de modo de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.....	81
Figura 36: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.	82
Figura 37: Quinta y sexta formas de modo de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.82	
Figura 38: Espectro de aceleraciones correspondiente a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 39: Espectro de desplazamientos laterales asociadas a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 40: Máximos desplazamientos laterales en dirección x e y, debido a los sismos en x e y. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 41: Máximas distorsiones laterales, en direcciones x e y. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 42: Distribución de fuerzas cortantes presentes en la estructura, debido a los sismos en x e y. Fuente: Elaboración propia.	87

Figura 43: Sección transversal de la columna analizada. Fuente: Elaboración propia.....	88
Figura 44: Diagrama momento curvatura de la sección analizada. Fuente: Elaboración propia.	88
Figura 45: Modelamiento del comportamiento cíclico de la albañilería. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 46: Modelamiento del comportamiento cíclico de la albañilería. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 47: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	90
Figura 48: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	90
Figura 49: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	91
Figura 50: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	91
Figura 51: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	92
Figura 52: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	92
Figura 53: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	93
Figura 54: Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.	93
Figura 55: Curva de comportamiento de la estructura analizada en el eje X. Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura 56: Curva de capacidad de la estructura analizada en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.	94
Figura 57: Determinación del punto de desempeño de la estructura analizada en el eje x. Fuente: Elaboración propia.	95
Figura 58: Determinación del punto de desempeño de la estructura en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.....	96
Figura 59: Propuesta de reforzamiento de elementos estructurales presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.	97
Figura 60: Propuesta de reforzamiento de elementos estructurales presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.	98
Figura 61: Sección transversal presente en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia. .	99
Figura 62: Diagrama de interacción de columna analizada y demanda sísmica. Fuente: Elaboración propia.....	100

Figura 63: Incremento de la sección transversal de la columna existente. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 64: Diagrama momento curvatura de la sección reforzada. Fuente: Elaboración propia. ..	100
Figura 65: Sección transversal de la columna existente. Fuente: Elaboración propia.	101
Figura 66: Sección transversal de la viga existente. Fuente: Elaboración propia.	101
Figura 67: Sección transversal de la viga existente. Fuente: Elaboración propia.	102
Figura 68: Modelo estructural de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.	102
Figura 69: Deformada de la estructura analizada debido a la carga gravitacional. Fuente: Elaboración propia.	103
Figura 70: Primera y segunda formas de modo la estructura. Fuente: Elaboración propia.	103
Figura 71: Tercera y cuarta formas de modo presentes en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.	104
Figura 72: Máximos desplazamientos laterales presentes en la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.	104
Figura 73: Máximas distorsiones laterales presentes en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 74: Máximas fuerzas de corte presentes en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 75: Curva de capacidad o de comportamiento en dirección X de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.	106
Figura 76: Curva de capacidad o de comportamiento en dirección Y de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.	107
Figura 77: Punto de desempeño de la estructura reforzada en la dirección X. Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 78: Punto de desempeño de la estructura reforzada en la dirección Y. Fuente: Elaboración propia.....	108

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el desempeño sísmico de una vivienda autoconstruida en Condevilla del distrito de San Martín de Porres, así como una propuesta de reforzamiento requerida para que sus niveles de desempeño sísmico lleguen a ser aceptables de acuerdo con los criterios generales de norma peruana de diseño sismorresistente. Para esto se seleccionó una vivienda de cuatro niveles autoconstruida con un sistema estructural basado en una combinación de pórticos de concreto armado, en dirección x, y muros de albañilería confinada en dirección y, muy común en la práctica autoconstructiva del Perú (San Bartolomé, 2005). Además, se procedió al estudio de las características mecánicas del concreto estructural mediante la aplicación de técnicas no destructivas, específicamente la esclerometría. Finalmente, la estructura fue modelada usando el software de análisis no lineal ETABS v16, haciendo uso de un análisis estático lineal, tanto para el caso de la estructura reforzada como sin reforzar. Los resultados obtenidos de la esclerometría nos muestran que el concreto colocado en la estructura tuvo una resistencia a la compresión de $f_c=100 \text{ kg/cm}^2$, en promedio. Además, los resultados del análisis no lineal de la estructura no reforzada nos muestran que la estructura es altamente vulnerable a los sismos, puesto que se ha observado que un sismo consecuente con la norma peruana de diseño sísmico logra el colapso de esta. Como un aporte al estado del arte de la ingeniería se ha presentado una propuesta de reforzamiento estructural, la que consistió en aprovechar ciertos elementos estructurales y no perjudicar la arquitectura de la vivienda. Los resultados obtenidos muestran que el ensanche de columnas y dirección x, logra mejoras significativas en los niveles de desempeño.

Palabras clave: desempeño sísmico, viviendas autoconstruidas, sismos.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the seismic performance of a self-built dwelling in Condevilla of the district of San Martín de Porres, as well as a reinforcement proposal required for its seismic performance levels to be acceptable according to the general criteria of the Peruvian norm of earthquake-resistant design. For this, a self-built four-level dwelling with a structural system based on a combination of reinforced concrete porticoes, in the x direction, and masonry walls confined in the direction and very common in the self-constructive practice of Peru was selected (San Bartolomé, 2005). In addition, we proceeded to study the mechanical characteristics of structural concrete through the application of non-destructive techniques, specifically sclerometry. Finally, the structure was modeled using the non-linear analysis software ETABS v16, making use of a linear static analysis, both for the reinforced and non-reinforced structures. The results obtained from the sclerometry show us that the concrete placed in the structure had a compressive strength of $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$, on average. In addition, the results of the non-linear analysis of the non-reinforced structure show us that the structure is highly vulnerable to earthquakes, since it has been observed that an earthquake consistent with the Peruvian seismic design standard achieves the collapse of this. As a contribution to the state of the art of engineering, a proposal of structural reinforcement has been presented, which consisted in taking advantage of certain structural elements and if damaging the architecture of the house. The results obtained show that the widening of columns and direction x, achieves significant improvements in performance levels.

Keywords: Seismic performance, handmade buildings, earthquake

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En los últimos años se han registrado numerosos eventos sísmicos alrededor del mundo, mismos que han evidenciado un poder destructivo tremendo en las sociedades, ya sean estas desarrolladas o no. Los efectos de los sismos no son solo económicos, sino que en numerosas ocasiones conllevan a la pérdida de vidas humanas como producto del colapso de distintos tipos de estructuras existentes.

Uno de los eventos más recientes de la historia de la humanidad y con importantes consecuencias en la vida de las personas y la economía del país afectado fueron los sismos ocurridos en la ciudad de México en el año 2017. Siendo este uno de los pocos casos conocidos por el hombre en que se generan dos eventos sísmicos con tan poca distancia temporal el uno del otro.

El primer evento sísmico acontecido en este territorio tuvo su origen frente a las costas mexicanas. Su efecto no fue significativo para la infraestructura existente. Sin embargo, once días después, ocurrió un sismo de similar magnitud, que a diferencia del primero, tuvo como epicentro la frontera del puebla y Chiapas, y dadas las características de este evento, fue calificado como un sismo intraplaca. Los efectos de este segundo sismo fueron nefastos para un gran número de estructuras de concreto armado y albañilería confinada, ya que muchas de estas colapsaron, incluyendo un colegio infantil.



Figura 1. Efectos del sismo ocurrido en la ciudad de México. Tomado de www.laopinion.com

Con respecto a este segundo evento es importante destacar que muchas de las construcciones colapsadas fueron estructuras de concreto armado, supuestamente construidas bajo las normativas del distrito federal. Además, conviene aclarar que muchas de las estructuras colapsadas durante este evento sísmico fueron estructuras de albañilería confinada, con características típicas de la autoconstrucción.

El caso peruano, es en muchos sentidos similar al que ocurre en la ciudad de México, puesto que ambos países forman parte o está dentro del radio inmediato del cinturón de fuego del pacifico. Esta es una de las zonas de mayor actividad sísmica y volcánica del mundo, de hecho de acuerdo con estimaciones del servicio geológico de los Estados Unidos, el noventa por ciento de los grandes terremotos se forman en esta región.

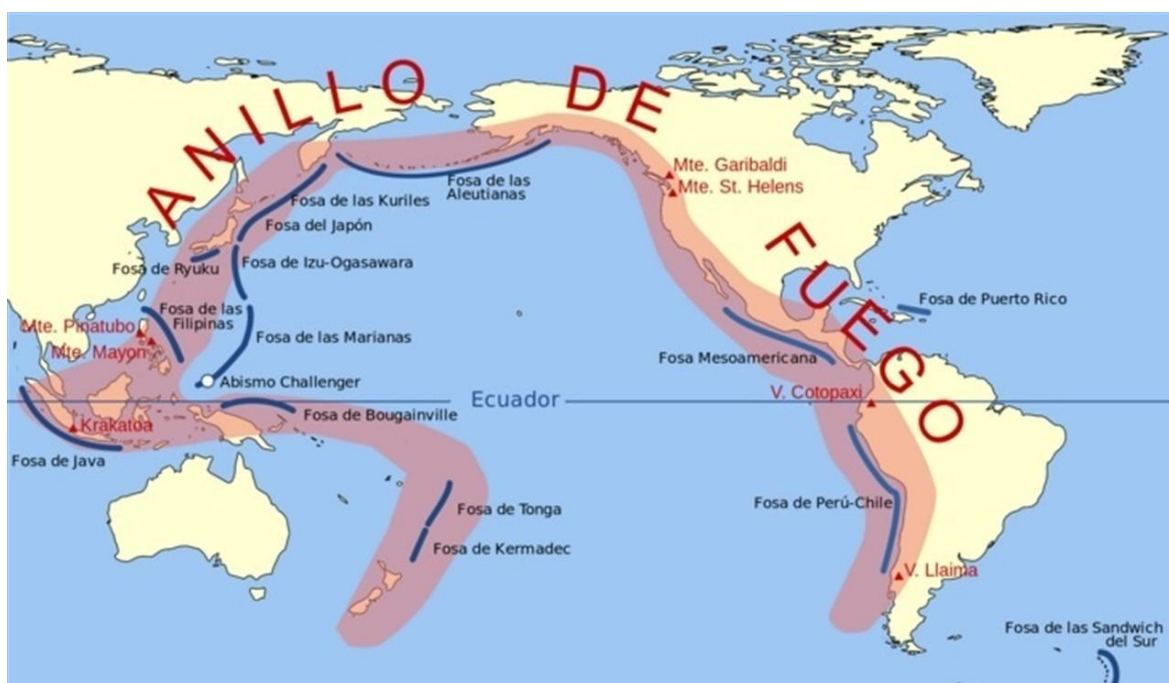


Figura 2. Cinturón de fuego del pacifico, región de alta sismicidad y actividad volcánica del mundo. Fuente: IGP

Dentro de este contexto, de acuerdo con la norma peruana de diseño sísmico, el Perú está dividido en cuatro de zonas de gran actividad sísmica, siendo la zona 4, la zona con mayor actividad, siendo posible alcanzar aceleraciones laterales de hasta 0.45g, en un suelo rígido. Estos niveles de aceleración lateral son bastante elevados, como ya ha demostrado eventos sísmicos como los ocurridos en la ciudad de Arequipa, en el 2001, y la ciudad de Ica, en el 2007.

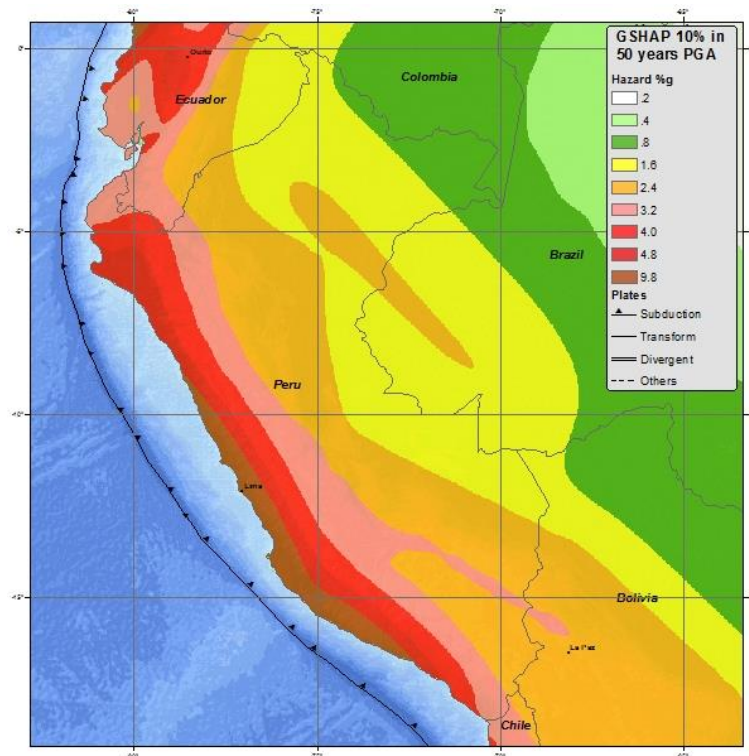


Figura 3. Mapa de peligro sísmico del Perú. Fuente: IGP.

En este caso el tema de estudio está en el distrito de San Martín de Porres, por lo que se ha tomado la Mz S1 de la Coop. Brizon, urbanización Condevilla como la población, con la finalidad de proteger las edificaciones ante un evento sísmico, de forma que no exponga en peligro la vida de los pobladores de la zona.

Actualmente en el distrito de San Martín de Porres, provincia de Lima existe mucha informalidad en la construcción, ya que la mayor parte de viviendas son producto de la autoconstrucción y carecen de asesoría técnica.

Resulta de gran preocupación, las inadecuadas prácticas constructivas que predominan en estas zonas, no se están respetando las normas técnicas y tampoco se cumplen con procedimientos y técnicas adecuadas, el nivel de riesgo sísmico al que están expuestos estos tipos de edificación ante un evento sísmico de gran magnitud.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Antecedentes internacionales

En relación a los antecedentes internacionales, se presentan algunos hallazgos relevantes y estos son:

(Gaitan, 2017), en su tesis de doctorado titulada “Retrofit of reinforced concrete columns”, presentada ante la Universidad Estatal de Ohio presentó una serie de estudios orientados a generar nuevas técnicas de reforzamiento estructural aplicando materiales innovadores, tales como las fibras de alto rendimiento, los polímeros de gran resistencia, entre otras técnicas y materiales similares. El **objetivo** principal de esta investigación fue la revisión de los métodos de reforzamiento más usados a nivel mundial, tales como el encamisado de columnas con concreto estructural, la aplicación del empresillado de acero, la aplicación de fibras de carbono, etc. Se hace un estudio comparativo del comportamiento sísmico que se obtiene usando un método u otro. Entre estos **métodos** se tiene el encamisado de columnas de concreto, con una gran variedad de cantidades de confinamiento, además se estudió el efecto del encamisado de columnas mediante la aplicación de perfiles de acero. Los resultados muestran que distintos métodos de reforzamiento tienen efectos distintos y que cada uno debe ser elegido de acuerdo a la necesidad específica. Por ejemplo, si lo que se quiere es incrementar la resistencia de un elemento específico, puede ser útil el uso de fibras de carbono o polímeros de alta resistencia; sin embargo, si lo que se quiere es incrementar, tanto la rigidez como la resistencia, se recomienda el ensanche de secciones estructurales. Se **concluye** que distintos tipos de reforzamiento presentan características variadas, y que el encamisado de columnas de concreto, en general resulta una alternativa adecuada para el reforzamiento de columnas de concreto armado. Los **aportes** más relevantes de estos trabajos fue la exposición de los distintos métodos de reforzamiento existentes.

Martínez (2014) “Evaluación de la vulnerabilidad Sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la Ciudad de Lorca, región de Murcia”. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica de Madrid. En la mencionada investigación se empleó el **método** inductivo - deductivo con la finalidad de demostrar hechos partiendo de casos específicas a inferencias generales y de forma viceversa sobre los parámetros urbanísticos que determinan

una respuesta sísmica irregular de las edificaciones, graduar su relación con el daño tras un terremoto y poder así disminuir la vulnerabilidad sísmica de las ciudades. El nivel de investigación fue explicativo, se empleó dos instrumentos de investigación con la finalidad de obtener datos mediante la aplicación de las encuestas a los ingenieros de las obras. La muestra poblacional estuvo integrada por 68 ingenieros civiles y el autor formula entre otras la siguiente **conclusión**: Al momento de planificar ciudades en lugares sísmicas los planos geológicos, geotectónicos y topográficos son de vital importancia, ya que las características locales del suelo filtran o amplifican algunos rangos de frecuencia de las ondas sísmicas en comparación con las registradas en zona roca (“efecto local o de sitio”) lo que cambia la vulnerabilidad de ciertos tipos de construcción, esto debe ser información de gran importancia en los procesos de planeamiento. El principal **aporte** de este trabajo de investigación es la recomendación del uso de información de sitio, para la correcta planificación y diseño de los elementos estructurales.

Singh (2013), en su artículo científico titulado “Structural and Rehabilitation of Multi Storeyed residential Buildings at ONGC colony Chandkheda, Ahmedabad, Gujrat”, que tiene como **objetivo** la aplicación de las técnicas de reforzamiento de elementos estructurales en viviendas multifamiliares ubicadas en la India. El autor realizó un estudio de los existentes de una serie de edificaciones que fueron afectadas por un sismo de gran magnitud. Este análisis de los daños permite proponer una serie de técnicas de reforzamiento útiles y económicas, de tal forma que en las estructuras que no tienen los sistemas resistentes a carga gravitacionales dañados es posible el reforzamiento del sistema resistente a cargas laterales, tales como los muros de concreto armado o un sistema de arriostres de acero. Para esto se usaron diferentes **métodos**, como el encamisado de columnas, la aplicación de fibras de carbono, la incorporación de muros de concreto armado, con la finalidad de proveerle de mayor rigidez lateral. Como se puede ver, que la idea principal de las técnicas mencionadas es incrementar la capacidad lateral del sistema resistente dañado por un sismo de gran intensidad. **Concluyendo** que las técnicas de reforzado aplicadas en la edificación, cumplen con incrementar la resistencia lateral de las estructuras, así como la rigidez requerida por los códigos de diseño. Este hecho lograra mantener el sistema resistente a cargas gravitacionales intacto en caso ocurra un nuevo sismo de magnitud considerable. Aunque es importante aclarar que el método propuesto no tiene como finalidad evitar todo el posible daño, sino

que su finalidad es evitar el colapso del sistema resistente frente a cargas gravitacionales, logrando así evitar su colapso, aun en el caso de sismos de gran magnitud. El **aporte** más importante de este trabajo de investigación a este trabajo fue la exposición de los métodos de análisis para determinar la efectividad de las distintas técnicas de reforzamiento.

Alcocer (2012), en su tesis de maestría titulada “Rehabilitación de estructuras de concreto”, presentada en la universidad nacional autónoma de México (UNAM), tuvo como principal **objetivo** el estudio de las técnicas de reforzamiento más comunes, específicamente el encamisado de columnas de concreto armado y la inyección de resinas epóxicas. Además del objetivo principal mencionado, el autor pretende aplicar los métodos descritos en el reforzamiento de viviendas con una inadecuada resistencia frente a cargas laterales. La **metodología** aplicada consistió en la revisión bibliográfica de los métodos de reforzamiento comúnmente usados en la práctica constructiva en la ciudad de México. Después realizó una evaluación de los métodos más accesibles al problema de estudio específico, así como a la evaluación de los posibles costos asociados a cada una de estas opciones. Finalmente, el autor aplicó la técnica del encamisado de columnas como un método práctica y accesible para mejorar las características mecánicas de la estructura. Los resultados obtenidos nos muestran que la estructura reforzada logró incrementar su capacidad de resistencia lateral, alcanzando hasta un 150% de resistencia al ser comparada con la estructura original. Se **concluye** que la aplicación del método del encamisado resulta ser una alternativa viable, desde el punto de vista económico y técnico, para incrementar la resistencia lateral de columnas de concreto. El principal **aporte** de este trabajo de investigación fue mostrar que la técnica del encamisado de columnas permite incrementar la resistencia lateral de estructuras.

Bournas y Triantafillou (2012), presentaron un artículo titulado “Innovative seismic retrofitting of old-type rc columns through jacketing: textile-reinforced mortars (trm) versus fiber-reinforced polymers (frp)”, presentada en el octavo congreso mundial de ingeniería sísmica, celebrado el año 2008 en la ciudad de Beijing. El **objetivo** principal de este trabajo fue realizar un estudio comparativo de la capacidad de reforzamiento del encamisado de columnas de concreto, contra los que se obtuvieron del reforzamiento de columnas usando fibras de carbono. La **metodología** usada fue el de una investigación experimental, pues se construyeron cuatro columnas de concreto armado, las que posteriormente fueron reforzadas

mediante el uso de fibras de carbono y encamisado de columnas de concreto armado. Estos elementos son luego sometidos a un patrón de cargas laterales cíclicas que van desde desplazamientos laterales en el rango elástico hasta desplazamientos laterales suficientemente grandes como para tener un daño significativo en los elementos. Una vez terminado el ensayo mencionado se procedieron a generar los ciclos de histéresis de comportamiento de los elementos estructurales y a partir de estos datos, se evalúa qué técnicas tienen mejores desempeños en la respuesta sísmica. Los **resultados** encontrados muestran que el uso de encamisado de columnas puede incrementar la capacidad lateral de las estructuras de concreto armado, en la misma medida que el reforzamiento suministrado por el uso de fibras de carbono de alta resistencia. Sin embargo, la aplicación de concreto estructural, mediante la aplicación del encamisado siempre resulta una técnica más económica, al ser comparada con la aplicación de las fibras de carbono. El principal **aporte** de este trabajo fue la metodología usada para la comprobación de la hipótesis.

Pinedo (2012) “Urbanización marginal e impacto ambiental en la ciudad de Montería. Tesis Doctoral en el departamento de Urbanismo Territorio Y Sostenibilidad, en la Universidad Politécnica de Valencia – España”. En la mencionada investigación se empleó el **método** aplicado, exploratorio, transversal, con enfoque retrospectivo con la finalidad de determinar el impacto ecológico, social, urbanístico y económico generado por la urbanización marginal en Montería. Teniendo en cuenta que urbanización marginal se utiliza para hacer referencia tanto a urbanizaciones irregulares como a asentamientos marginales; es decir, lo marginal aquí no sólo significa constituirse al margen del reglamento urbano o del planeamiento, sino que representa igualmente exclusión social, política, cultural y económica. El nivel de investigación fue aplicada, se empleó instrumentos de recolección de datos, los cuales se emplearon y fueron fundamentalmente: entrevista individual, colectiva, fotografías y observación de cómo se está construyendo de la ciudad. La muestra poblacional fueron 100 personas de los distritos de Montería en Colombia y el autor formula la siguiente conclusión: Teniendo en cuenta, tanto el dominio de la propiedad como el cumplimiento de las normas urbanísticas, los asentamientos informales de Montería presentan la siguiente tipología: a) Invasión b) Fraccionamientos irregulares privados c) Promoción pública. Dentro de esta tipología, la invasión no es la primera modalidad de ocupación, ni en antigüedad ni en número, pero si es un instrumento bastante efectivo, que contribuye desde la década de los años cincuenta, a la conformación de treinta y cinco asentamientos, inclusive en terrenos de los principales ecosistemas de la ciudad. Por su parte, los fraccionamientos irregulares

privados son aquellos que vienen transgrediendo las normas urbanísticas desde los años cuarenta, cuando comenzó la expansión hacia el sur. Hasta la fecha esta modalidad ha contribuido con el surgimiento de más de cien barrios, desarrollados por medio de procesos de autoconstrucción. Así mismo, los asentamientos informales de promoción pública son aquellos que se desarrollaron mediante procesos de autoconstrucción, pero transgrediendo normas urbanísticas, o por medio de programas incompletos de vivienda terminada, que generalmente incumplieron con uno o varios de los procesos formales de la urbanización. Los fraccionamientos públicos surgieron como alternativa del Estado, ante su incapacidad financiera para atender la elevada demanda de vivienda, y preferiblemente fueron emplazados en terrenos aledaños a programas de vivienda pública terminada. Para diferenciarlos de los fraccionamientos irregulares privados se les denomina “lotes con servicios”, lo cual equivale a conexión con redes de energía y agua potable.

1.2.2 Antecedentes nacionales

Lovera (2016), en su tesis de Maestría titulada “El refuerzo de estructuras de concreto armado mediante el uso de varillas grado 75 en el Perú”, y presentada ante la Pontificia Universidad Católica del Perú, tuvo como **objetivo** principal la aplicación de las varillas de refuerzo de grado 75, es decir aquellas con un esfuerzo de fluencias de 75 ksi (5250 kg/cm²), en el reforzamiento de estructuras de concreto armado, en este trabajo específico se usó para incrementar la resistencia lateral de columnas. La **importancia** de esta investigación radica en el hecho de que actualmente se desconoce el efecto del uso de este tipo de varillas en estructuras de concreto armado. Además, a diferencia de las varillas de acero convencionales de grado 60 se sabe que cuanto mayor es el esfuerzo de fluencia del acero, disminuye su ductilidad, yendo esto en contra de las recomendaciones para las zonas sísmicas. Por tanto surge la interrogante de qué tipo de efectos tendrá el uso de estas varillas en el comportamiento sísmico de los elementos de concreto armado. Con este fin, el autor realizó una serie de modelos numéricos orientados a evaluar el impacto del uso de este tipo de refuerzo en la ductilidad de los elementos estructurales afectados. Los **resultados** muestran que, existe una ligera reducción en la capacidad de deformación de estos elementos, sin embargo, a pesar de la reducción de la capacidad de deformación, se encontraron excelentes resultados al incrementar la resistencia lateral. El principal **aporte** de este trabajo de investigación es la metodología aplicada para evaluar el efecto del uso de acero grado 75, como una técnica alternativa de reforzamiento de viviendas. Además, es posible usar

menores cantidades de acero y obtener los mismos niveles de resistencia usando varillas grado 75 frente al uso de varillas convencionales grado 60, por lo que se puede estar hablando de una ventaja técnica y económica.

Santoyo (2015) en la tesis de grado titulada “Análisis y Diseño estructural comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda en la ciudad de Lircay” y presentada en la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú, presenta un estudio numérico comparativo de dos sistemas estructurales típicos en edificios de viviendas, los muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada. El principal **objetivo** de este trabajo de investigación fue determinar qué sistema estructural permite obtener los mejores niveles de desempeño frente a la acción de un sismo determinado. En la mencionada investigación se empleó el **método** Descriptivo-Correlacional Descriptivo con el objetivo de diferenciar la evaluación de datos entre muros de ductilidad limitada y albañilería Confinada. El nivel de investigación fue aplicada, y se empleó la evaluación ocular y obtención de datos por medio de formularios como Instrumento de toma de datos en la muestra según el muestreo diseñado. La muestra población estuvo integrada por una vivienda de tipo multifamiliar que tiene un área de 332.60 m². Los resultados encontrados en esta investigación muestran que los niveles de desempeño de muros de ductilidad limitada y muros de la albañilería confinada fueron satisfactorios, al ser comparadas con los requisitos de desempeño exigidos en la norma peruana de diseño sísmico. Las **conclusiones fueron que** tanto el sistema de MDL (Muros de Ductilidad Limitada) como el de AC (albañilería Confinada) muestran un buen comportamiento estructural frente a la amenaza sísmica, por lo que se cumplen con los requerimientos del Diseño Sismo y del Diseño Estructural que plantea el RNE de Perú. En cuanto a costos, plazos de ejecución e impactos socioeconómicos, el modelo de MDL muestra grandes ventajas frente al sistema de AC, de todos modos, no ha sido lo suficientemente ensayado como es el caso del sistema de AC el cual ya tiene aprobación y ha ido mejorando lo largo de los años. El principal **aporte** de este trabajo de investigación fue el presentar las ventajas de un sistema frente a otro, específicamente, muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

Flores (2015) en la tesis de grado titulada “Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua” y presentada ante la Universidad José Carlos Mariátegui Moquegua – Perú”, presenta un estudio orientado a la evaluación del riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas de la ciudad de Moquegua. El

principal **objetivo** de esta investigación fue la determinación del riesgo sísmico de viviendas autoconstruidas en la ciudad de Moquegua. En la mencionada investigación se empleó el **método** cuantitativo, cualitativo y aplicativo con la finalidad de comprobar la condición estructural de las viviendas auto construidas en el Distrito de Samegua, como son calidad de materiales y empleo de técnicas adecuadas (Planos de diseño, supervisión, mano de obra, etc.). El nivel de investigación fue aplicada, se usaron fichas de encuesta y de reporte en hojas de cálculo de MS Excel elaboradas por la PUCP con la finalidad de juntar información en campo sobre los métodos constructivos de las viviendas de albañilería, estas fueron realizadas para los pobladores del Distrito de Samegua. Se trabajó con una muestra de 25 viviendas autoconstruidas de albañilería confinada y el autor formula la siguiente **conclusión**: Finalmente, la Vulnerabilidad Sísmica es Alta en un 56% y Media en 44%; destacando la poca densidad de muros, la calidad de material empleado que es regular a deficiente y la mano de obra es de baja calidad durante el proceso constructivo. El principal **aporte** de este trabajo de investigación fue la determinación cuantitativa de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en el distrito de Samegua, en especial, la aplicación del método empleado.

Moya (2013), en su tesis de maestría titulada “Reforzamiento sísmico de pórticos usando técnicas de optimización”, presentada ante la Pontificia universidad católica del Perú, presenta una serie de estudios que tienen como **objetivos** la búsqueda de técnicas que nos permitan decidir el estado de una estructura de concreto armado, y de esta manera poder decidir de manera razonable, si se debe proceder al reforzamiento de la estructura o la construcción de una nueva. Para esto, el autor se basó en una serie de **métodos**, basados en algoritmos numéricos, que optimizan la cantidad de cálculos y la confiabilidad de los resultados, los que luego aplico el caso de tres edificaciones basadas en pórticos de concreto armado. A partir de estos resultados el autor propone donde se deben incrementar las secciones transversales, de columnas y vigas de concreto armado. Aunque en principio es posible aplicar los algoritmos mostrados solo a columnas y vigas, es posible usar los resultados obtenidos al cálculo de nodos, y así determinar si estos requieren de algún refuerzo similar. Los **resultados** muestran una buena correlación entre los resultados arrojados por este método y los encontrados por otros autores, estos muestran que los algoritmos analizados nos permiten determinar las zonas en que las estructuras presentan menores niveles de rigidez lateral y de resistencia. Se determinó que los pórticos de concreto armado carecen de rigidez lateral. Además, se ha determinado que los mayores esfuerzos,

en el caso de pórticos de concreto armado, se concentraron en los nudos. El **aporte** de este trabajo de investigación en este trabajo consistió en que proporciona una técnica que permite el reforzamiento de pórticos de concreto armado, mediante el uso de técnicas de optimización.

Laucata (2013) “*Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Pontificia universidad católica del Perú”. En la mencionada investigación se empleó el **método** cuantitativo, cualitativo y aplicativo con el **objetivo** de contribuir en la disminución de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería confinada en el Perú. El nivel de investigación fue aplicada, se empleó fichas de encuestas en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción pobladores del dos distritos de Trujillo (El porvenir y Víctor). La muestra población estuvo integrada por 30 viviendas encuestadas y el autor formula la siguiente **conclusión**: Los materiales empleados en la edificación de las viviendas estudiadas son de regular a deficiente en cuanto a calidad. Hay poco control de calidad sobre los materiales. Las unidades de albañilería artesanales utilizadas en la mayoría de las construcciones, tienen una baja resistencia, gran variabilidad dimensional y alta absorción de agua. Todo ello debido a la falta de control de calidad de las unidades de albañilería de origen artesanal. El **aporte** para esta investigación fue la determinación de las causas más comunes en la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas.

Quiun et. al. (2012), en su artículo científico titulado “Reforzamiento sísmico de edificios de salud y educativos afectados por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú”, presentado en el IX congreso chileno de sismología e ingeniería antisísmica, celebrado en la ciudad de Concepción, tuvo como **objetivo** la presentación una serie de estrategias destinadas a la reparación de la infraestructura hospitalaria y educativa dañada durante el sismo de Arequipa del 2001. El presente trabajo se centró en métodos de reforzamiento de muros de concreto y columnas cortas, de tal forma que, en el caso de ser posible la reparación, se logre devolverle a la estructura su resistencia y rigidez iniciales o la menos proporcionarle la rigidez y resistencia requeridas para poder entrar en servicio nuevamente. En este trabajo se presentaron **métodos** como el encamisado de columnas, con la finalidad de reparar y proveer de la capacidad de carga necesaria a aquellas columnas que habían sido dañadas por el efecto de columna corta que aquejaba a muchas de estas estructuras. El estudio dio inicio con un

estudio numérico y la propuesta de reforzamiento fue sometida a un ensayo de carga lateral cíclica. Los **resultados** muestran que los métodos propuestos cumplían con incrementar la capacidad de resistencia lateral de columnas y además ofrecían una alternativa económica para este fin. Estos resultados fueron congruentes tanto para el análisis numérico, como en los ensayos de carga lateral cíclica. El **aporte** de este trabajo de investigación fue la propuesta de encamisado de columnas, específicamente aquellas que sufrieron el fenómeno de columna corta.

(Muñoz, Quiun y Tinman, 2012), presentaron un artículo titulado “reparación y reforzamiento sísmico de edificios educativos y hospitales afectados por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú”. El principal **objetivo** de este trabajo fue proponer técnicas de reforzamiento para las estructuras que fueron afectadas durante el sismo de Arequipa ocurrido en el año 2001, específicamente la infraestructura educativa. Para esto se usó la **metodología** propuesta por el FEMA, y se eligió como estrategia general, el incremento de la resistencia y la rigidez mediante la incorporación de muros de concreto armado o muros de albañilería. Además, alguno de los métodos de reforzamiento propuesto fue ensayados en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, encontrando que los métodos de reforzamiento, tales como el encamisado de columnas y el reforzamiento de columnas cortas mostraron un comportamiento adecuado, logando evitar el colapso de estos elementos y por tanto evitar el colapso de las estructuras. Los **resultados** encontrados por estos autores nos muestran que las técnicas aplicadas lograron incrementar, tanto la rigidez como la resistencia lateral de estas edificaciones, permitiéndonos alcanzar los niveles de distorsiones laterales exigidos por la norma peruana de diseño sísmico. Además, en el caso de columna fuerte, se logró evitar el colapso de la zona en las que los esfuerzos cortantes se han concentrado. El principal **aporte** de este trabajo de investigación fue el de aportar metodologías de reforzamiento estructural efectivas.

Flores (2002) “*Diagnostico preliminar de la vulnerabilidad Sísmica de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Pontificia universidad católica del Perú”. En la mencionada investigación se empleó el **método** cuantitativo, cualitativo y aplicativo con la finalidad de conocer ¿Cómo se está autoconstruyendo en Lima? Ya que un terremoto afecta a la sociedad y a la economía y eso provocaría realizar un gasto enorme para la construcción de nuevas viviendas. El nivel de investigación fue explicativo, se empleó fichas de encuestas con la finalidad de obtener

datos mediante la aplicación de las encuestas a los pobladores del distrito de Carabayllo y Villa el Salvador. La muestra población estuvo integrada por 100 viviendas encuestadas y el autor formula la siguiente **conclusión**: La mayoría de las viviendas autoconstruidas en los distritos de Villa el Salvador y Carabayllo ostentan una calidad de construcción mediana. Pero, muchas de las viviendas encuestadas tienen deficiencias estructurales, que podrían perjudicar su desempeño sísmico. Lo negativo en común son las rajaduras en muros, también muestran eflorescencia que destruye la albañilería, sumado a ello la corrosión del acero de refuerzo en elementos estructurales. Otro problema de mayor frecuencia es que los dueños de las viviendas construyen sus viviendas en zonas que no son sísmicamente adecuadas, como suelo inestable donde hay una gran pendiente, cerca de quebradas, en los cerros y rellenos. El **aporte** más importante de esta investigación fue la evaluación de las variables principales e que determinan la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en la ciudad de Lima.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Refuerzo de columnas con encamisado

1.3.1 Materiales

1.3.1.1 Resistencia a la compresión del concreto

El concreto es un material de construcción que se obtiene de la mezcla de agregados, cemento y agua (Aburto, 2013, p.10 y Basurto, 2015, p.10).

Debido a sus características este material presenta esencialmente dos estados, el estado fresco, en el que exhibe una consistencia pastosa y moldeable, y el estado endurecido, es el estado final de una mezcla de concreto, y su principal característica es su resistencia a la compresión (f^c).

En las aplicaciones prácticas la resistencia especificada a la compresión de este material debe tomar un valor de $f^c=175 \text{ kg/cm}^2$, como mínimo, en el caso de viviendas que usen albañilería confinada como sistema resistente a cargas laterales, mientras que la resistencia a la compresión debe ser como mínimo de 210 kg/cm^2 , en el caso de sistemas estructurales basados en pórticos, muros o sistemas duales.

1.3.1.2 Resistencia de fluencia del acero

El acero es un material metálico obtenido de la aleación del hierro y el carbono, al que se le agregan otros materiales, en proporciones adecuadas con la finalidad de mejorar sus

características mecánicas. Una de las características mecánicas más importantes de este material es su resistencia a la fluencia. Definida como las fuerzas requeridas para lograr que el acero llegue a fluir. En este sentido resulta de gran importancia que se defina con claridad el término fluencia (Constantin, 2012, p.15).

La fluencia es el estado del acero en el que el acero exhibe una rigidez cercana a cero, es decir, es el estado en el que el acero se deforma sin incremento de cargas, en este estado el acero tiene una consistencia muy similar a la de un fluido, de ahí el término esfuerzo de fluencia. Es importante aclarar que el término puede ser empleado para la descripción de fenómenos similares en otros materiales (Escolano, 2015, p.15).

Aunque existen aceros con esfuerzos de fluencia disimiles, cada uno de los cuales tienen aplicaciones variadas, la práctica de la construcción establece un estándar, y este el acero estructural grado 60, definido así, puesto que el esfuerzo de fluencia es de 60 kips, o 4200 kg/cm², en el sistema técnico (MKS).

De acuerdo con esto el acero de refuerzo usado en la práctica de la construcción de, tanto para el refuerzo longitudinal, como para el refuerzo transversal de los elementos estructurales es el acero con un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm².

1.3.1.3 Cantidad de refuerzo colocado

Las columnas de concreto son elementos, generalmente verticales, en los que una dimensión predomina sobre las otras dos, a esta dimensión se le denomina usualmente altura de la columna (Gálvez, 2012, p.10).

Es uno de los elementos estructurales más usados para resistir un conjunto de fuerzas laterales, tanto en edificaciones como puentes u otro tipo de estructuras, por lo que es un elemento que en general es susceptible de sufrir daño durante la ocurrencia de un evento sísmico, como se muestra en la Figura 4 (Ilgadi, 2012,p.15).



Figura 4. Falla de columna de concreto armado Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

Aunque en principio este tipo de elementos se concibe para que la disipación de la energía sea a través de las deformaciones inelásticas, de acuerdo a las filosofías de diseño sísmico vigentes a nivel mundial y en especial la filosofía de diseño de la norma de diseño sismo E030 (2016), estos elementos no deben sufrir colapso bajo ninguna circunstancia, pues ponen riesgo la integridad estructural de todo el conjunto estructural y por tanto las personas que habitan dentro de estos recintos.

En este sentido, conviene recordar que uno de los objetivos de la ingeniería sísmica es evitar que los elementos estructurales, en especial las columnas, no colapsen, por lo que el estudio de las causas del colapso de este tipo de estructuras es de vital importancia.

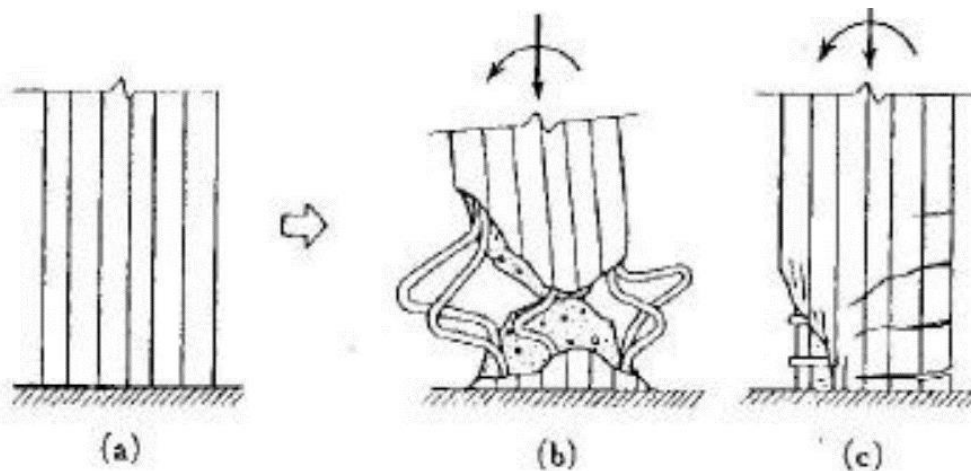


Figura 5. Falla de columna de concreto armado debido a la acción de fuerzas sísmicas y gravitacionales. Fuente: *Retrofitting Design of Building Structures*, Xilin Lu (2010).

En la Figura 5, se muestra un ejemplo de los posibles daños que se presentan en una columna como consecuencia de la aplicación de las cargas externas. En la figura se observa una columna sobre la que están actuando un conjunto de fuerzas, específicamente fuerzas axiales y momentos flectores, y supondremos que el conjunto de fuerzas externas es el mismo en los tres casos mostrados (Ortiz, 2014, p.20).

Se nota que en el primer caso la columna ha fallado con mucha facilidad, esto es debido a la escasa cantidad de refuerzo transversal presente en la columna, ya que como se observa no se aprecia ningún estribo, en este punto conviene reflexionar acerca de esta problemática y mencionar que experiencias previas han mostrado que las columnas con un escaso refuerzo transversal resultaron ser muy susceptibles de fallar (Ortiz, 2014, p.22).

En el segundo caso la acción de las cargas externas ha logrado dañar la columna, sin embargo, se observa que esta no ha fallado, esto es debido a que en este caso la presencia de los estribos ha garantizado que el concreto tenga un confinamiento adecuado, dando como resultado un comportamiento adecuado de la columna mostrada.

1.3.2 Configuración estructural

Viene a ser la forma como se distribuyen los elementos verticales que dan soporte en una estructura, esto tiene que permitir elegir un sistema apropiado de configuración, asimismo la forma como se reparte los espacios y funciones. Todo esto es conocido como modelo estructural.

1.3.2.1 Sistema estructural

La rigidez lateral de una estructura es un parámetro muy importante en las estructuras ya que permite definir el comportamiento de esta frente a las cargas externas.

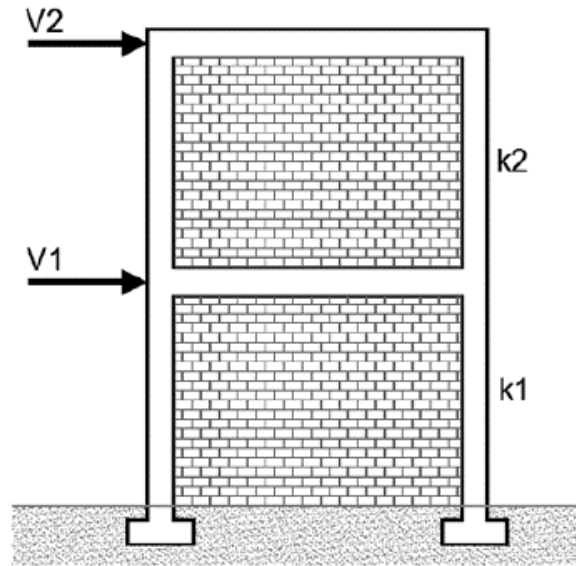


Figura 6. Sistema estructural de gran rigidez lateral. Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

En este trabajo de investigación estamos interesados en la rigidez de los sistemas estructurales por lo que hablaremos de los dos sistemas opuestos, es decir el sistema de muros y los pórticos de concreto armado.

En la Figura 6, se muestra un sistema estructural basado en muros de concreto, es te tipo de sistemas estructurales siempre tendrán una gran rigidez lateral, esto debido a que cuando se aplican cargas laterales, los esfuerzos inducidos en la base tiene una gran área para poder distribuirse disminuyendo de manera notable los efectos de las deformaciones axiales, por tanto disminuyendo las deformaciones totales (Xilin Lu ,2012, p.20).

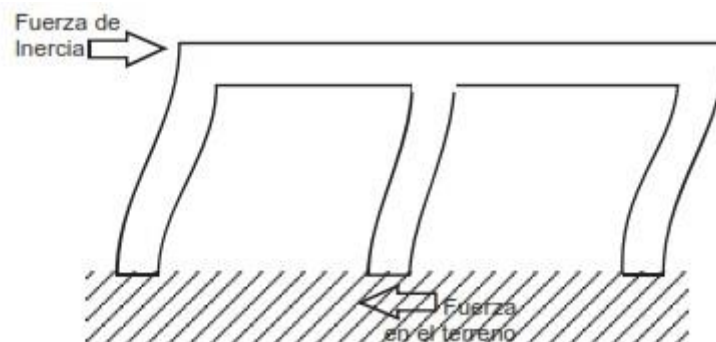


Figura 7. Sistema resistente de poca rigidez lateral. Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

El sistema estructural basado en pórticos, es un ensamble de elementos en los que una de sus dimensiones predomina sobre las otras dos, como el caso de las columnas y vigas, por lo que en este trabajo se dirá que un pórtico es un ensamble de columnas y vigas de concreto armado, como se muestra en la Figura 7.

En este sentido de acuerdo con experiencias previas se sabe que este es un sistema estructural con muy poca rigidez lateral, es decir, que ante la aplicación de un conjunto de cargas externas, esta estructura terminará deformándose una cantidad considerable, que puede llegar a ser hasta veinte veces la deformación de un sistema de muros.

1.3.2.2 Reforzamiento de elementos

El reforzamiento de estructuras en general tiene como objetivo incrementar variables tales como resistencia, rigidez y capacidad de deformación lateral, ya que son estas características las que le permitirán a la estructura poder afrontar con éxito la ocurrencia de un evento sísmico. Con la finalidad de cumplir con los objetivos mencionados, a menudo es usual el reforzamiento de elementos estructurales estratégicos, usualmente los que componen parte del sistema resistente a cargas laterales (Proaño et. al, 2012, p.20).

Dentro de las técnicas de reforzamiento más conocidas, tenemos el encamisado de vigas y columnas de concreto armado, que esencialmente consiste en incrementar la resistencia y rigidez lateral de los elementos de concreto armado, mediante el incremento de su sección transversal, tal como se muestra en la *Figura 8*.

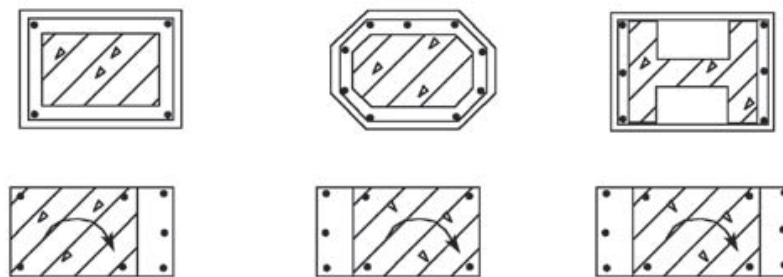


Figura 8. Reforzamiento de columnas mediante el incremento de la sección transversal.

Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

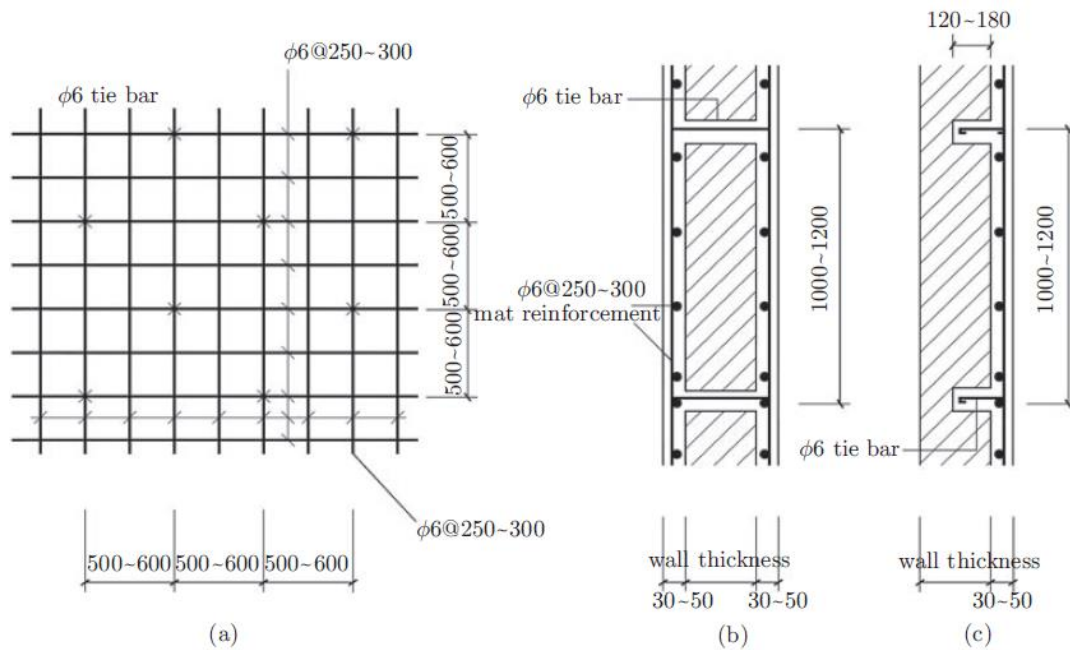


Figura 9. Reforzamiento de muros de mampostería. Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

1.3.2.3 Secciones transversales

El encamisado de columnas de concreto armado es una técnica que permite incrementar tanto la rigidez lateral de un elemento como su resistencia, consiste esencialmente, en incrementar su sección transversal mediante un conjunto de técnicas aplicadas apropiadamente, un ejemplo de esto se muestra en la Figura 10 (Pinilla, 2012,p.20).

En un proyecto específico, el encamisado de columnas se sugiere cuando el ingeniero estructural observa deficiencia de rigidez lateral, o deficiencia de resistencia lateral. En este punto resulta importante aclarar que no siempre es fácil evaluar la deficiencia de resistencia lateral, pero siempre es más fácil diagnosticar la deficiencia de rigidez lateral. Para esto basta con la aplicación de sencillas técnicas de análisis estructural.



Figura 10: Encamisado de una columna de concreto armado. Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

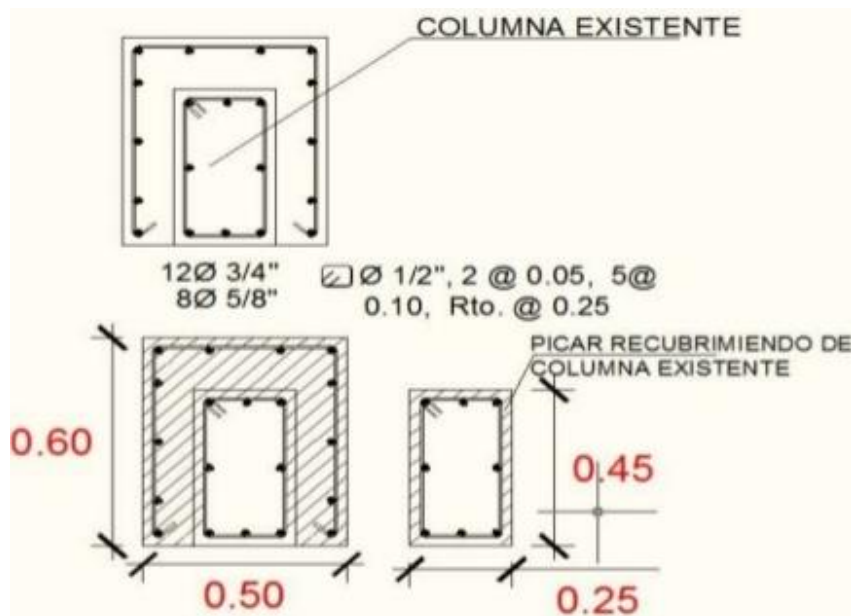


Figura 11. Procedimiento típico para el reforzamiento de columnas de concreto armado mediante el encamisado de columnas. Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

Una vez que se ha determinado la necesidad del encamisado de las columnas de concreto armado, se debe evaluar el incremento de rigidez necesario, este parámetro determinará el tamaño requerido de los elementos estructurales. Por ejemplo, se pueden tener un conjunto de columnas cuadradas de concreto, de 25 cm de lado, y el análisis revela que se requieren

incrementar la rigidez lateral, entonces, probablemente habría que incrementar el tamaño de los elementos estructurales presentes, como un ejemplo, hasta probablemente 50 cm de lado por columna.

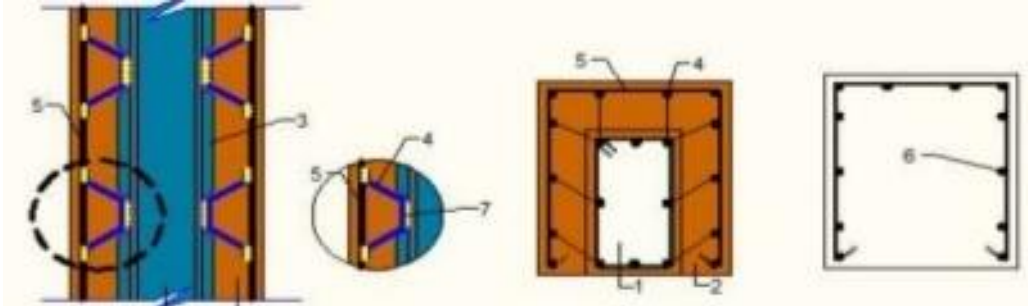


Figura 12. Técnicas de anclaje del refuerzo lateral al núcleo de la columna existente.

Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

Una vez que se ha determinado el tamaño de los elementos estructurales, es necesario la determinación del refuerzo adicional requerido, el que de antemano se aclara deberá ser como mínimo del 1% de la nueva sección transversal.

La manera más práctica para la determinación del refuerzo requerido es mediante un análisis sísmico, el que debe incluir al conjunto de fuerzas laterales y gravitacionales, una vez determinada la demanda, se debe comparar esta con la capacidad actual del elemento, si es deficiente, determine la cantidad de refuerzo requerido (Proaño, 2014, p.15).

1.3.2.4 Sistema de anclaje de varillas externas

El encamisado de columnas de concreto armado es una técnica que requiere del anclaje de cierto número de varillas al concreto existente, por lo que será necesario recurrir a las técnicas más comunes de anclaje de varillas de acero en concretos existentes.

Algunas de las técnicas más comunes y de aplicación práctica inmediata son el uso de pegamentos epóxicos, estos son un conjunto de sustancias que generan una adherencia química entre el acero y el concreto, una vez que han entrado en contacto, esto permite que el acero de refuerzo sea capaz de transmitirle esfuerzos al concreto haciendo posible que el sistema en su conjunto funciones (Proaño, 2014, p.15).

El proceso da inicio con la penetración de un orificio en el concreto, este deberá tener como mínimo el diámetro de la varilla que se desee colocar. Este orificio puede ser practicado usando un taladro especial. Acto seguido se procede con la aplicación del aditivo en el orificio, en este punto el operario se debe asegurar que el aditivo se coloque adecuadamente, en las cantidades

correctas, que impidan que el aire quede atrapado. Finalmente se procede a la colocación de la varilla de acero, la que debe introducirse en el orificio girando, de esta manera se puede garantizar que no se formen bolsas de aire dentro del orificio. Un ejemplo clásico de la colocación de varillas de acero dentro de orificios, unidos mediante pegamentos epóxicos, se muestra en la Figura 13 (Proaño, 2014, p.15).

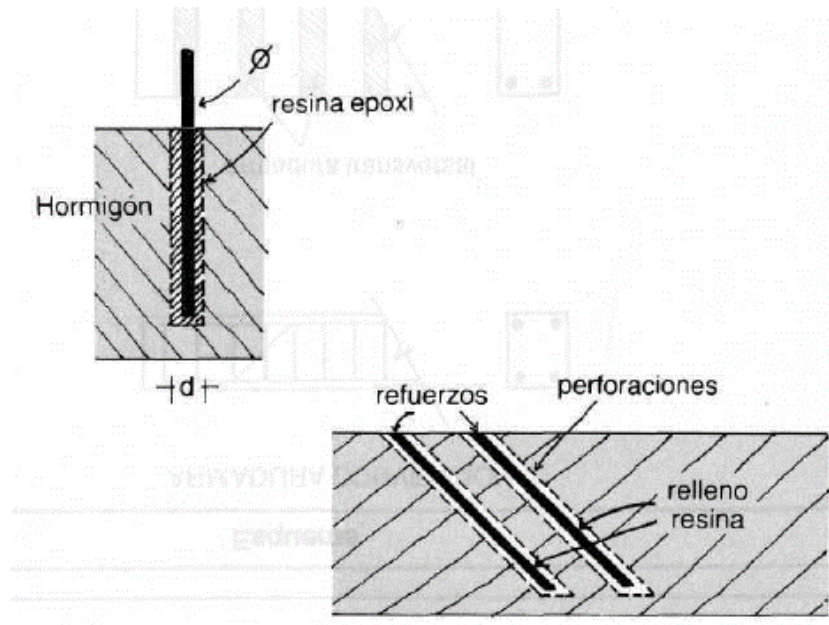


Figura 13. Sistema de anclajes en concreto existente, mediante la aplicación de epóxidos.

Fuente: Instituto Chileno del Concreto y el hormigón.

En la citada figura, se puede apreciar que el diámetro del orificio en el que la varilla se colocará se tiene un diámetro superior al de la varilla de acero, esto con la finalidad de que al momento de colocar el pegamento, exista un espacio suficiente para permitir la formación de la interfaz cemento aditivo, aditivo refuerzo (Rivera, 2015, p.25).

Aunque la imagen comentada muestra el caso de anclaje de una varilla de acero típica, no es la única manera en que se pueden anclar estas varillas, si por las aplicaciones específicas, se deben colocar las varillas con un ángulo de inclinación, es posible seguir el mismo procedimiento, tal como se muestra en la figura derecha de la misma presentación (Rivera, 2015, p.22).

1.3.2.5 Columnas de concreto armado

El diseño de columnas de concreto armado es un proceso mediante el que se obtienen las dimensiones del elemento, la cantidad y distribución del refuerzo longitudinal y transversal. Para esto se basa en la combinación de las fuerzas externas debidas a cargas gravitacionales y cargas sísmicas, mediante las siguientes expresiones:

$$U=1.4D+1.7L$$

$$U=1.25 (D+L)+S$$

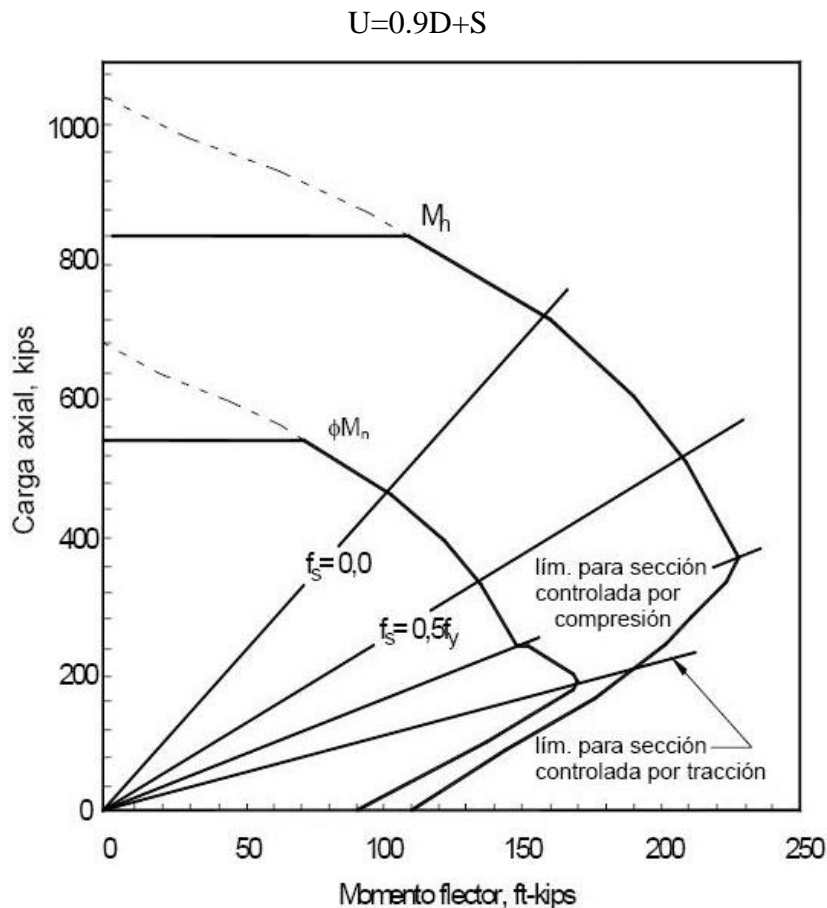


Figura 14. Diagrama de interacción de columnas. Fuente: Roca (2015).

Finalmente, el conjunto de fuerzas obtenidas. Al que se le denomina usualmente como demanda sísmica, se comparan con la capacidad del elemento, elegido a priori (Roca, 2015, p.50). Es importante mencionar en este punto que la capacidad de una columna puede ser representada por un lugar geométrico conocido como diagrama de interacción, un diagrama de interacción típico se muestra en la Figura 14.

Un diagrama de interacción es el conjunto de puntos que representas el par, fuerza axial y momento flector, que hace que la sección llegue a la falla, y esta falla puede ser tanto del concreto como el acero, de hecho, se dice que el acero de refuerzo ha fallado cuando alcanza el esfuerzo de fluencia, mientras que se asume que el concreto ha llegado a la falla cuando la deformación unitaria del concreto alcanza una deformación unitaria de 0.003. Es importante tener en cuenta que el termino falla no se usa dentro de este contexto como rotura, simplemente indica que el material deja de tener las características que el diseñador considera imprescindibles para que el elemento estructural cumpla con las funciones que le fueron asignadas (Roca, 2015, p.50).

Finalmente, el diseñador debe decidir si la demanda de fuerzas externas, definidas como el conjunto fuerza axial y momento flector, obtenidas de las combinaciones de carga mostradas al inicio de esta sección, superan o no, al diagrama de interacción, de ser ese el caso, el diseñador

deberá proponer una sección de mayor tamaño o incrementar el refuerzo o ambas opciones, sino el diseño termina y se ha encontrado las secciones más apropiadas (Roca, 2015, p.50).

1.3.2.6 Demanda sísmica

La demanda sísmica es el conjunto de fuerzas externas inducidas en una estructura por el movimiento del suelo de fundación. Estas fuerzas en general tienen componentes en tres direcciones, específicamente se puede decir que tienen dos componentes horizontales, y una componente vertical, tal como se muestra en la Figura 15.

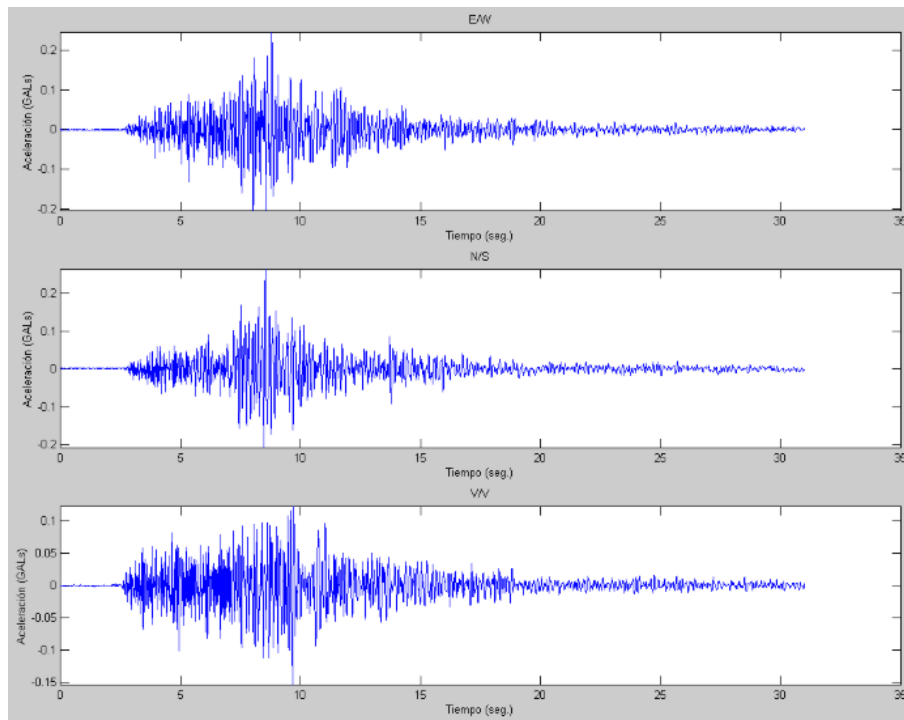


Figura 15. Registros de aceleración sísmica típicos. Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

Debido a lo descrito anteriormente, es importante tener en cuenta que durante un movimiento sísmico el suelo se mueve en tres direcciones independientes, por lo que la medición del movimiento del suelo debe de hacerse en tres direcciones ortogonales, llamadas usualmente componente NS, EW y vertical del sismo.

En este punto resulta importante aclarar que es posible la medición de desplazamientos, velocidades o aceleraciones, sin embargo, la práctica de la ingeniería moderna se ha decantado por la medición de las aceleraciones del suelo, a partir de las que se pueden obtener las velocidades y desplazamientos del suelo (Silva, 2012, p.50).

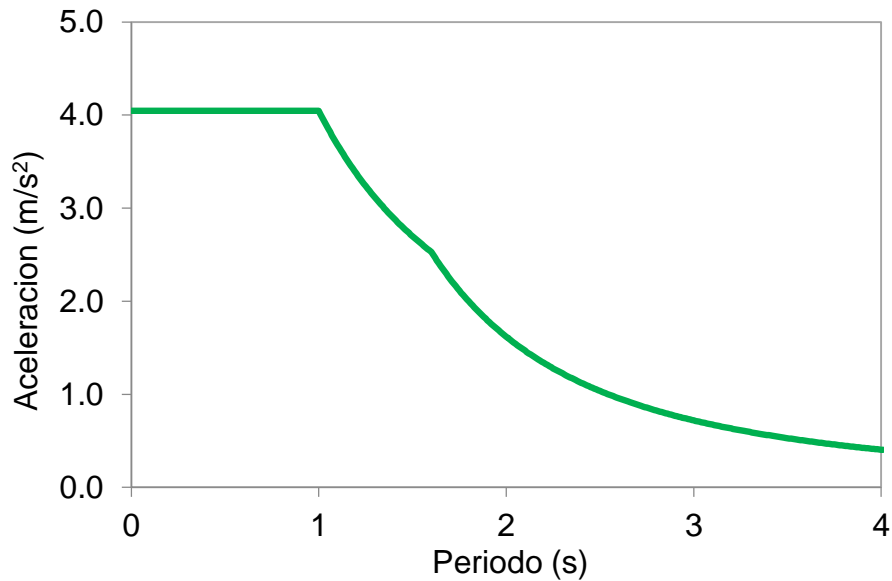


Figura 16. Caracterización de la demanda sísmica mediante el uso de espectros de diseño.

Fuente: Retrofitting Design of Building Structures, Xilin Lu (2010).

Una forma alternativa de caracterización de la demanda sísmica es la que se hace mediante el uso de espectros de aceleración, como se sabe, los espectros de aceleración son gráficos que relacionan periodos y las aceleraciones máximas que estos elementos pueden experimentar, por lo que la información contenida en un espectro de aceleración es tan buena como la de un registro de aceleración. Debe quedar claro que cada componente de un registro sísmico tendrá un espectro ligeramente diferente uno del otro (Silva, 2012, p.50).

Desempeño sísmico

1.3.3 Rigidez lateral

La rigidez lateral de una estructura es la medida de la fuerza requerida para poder desplazar a esta, de manera lateral, una unidad, matemáticamente se puede obtener de la siguiente expresión:

$$K = \frac{F_y}{D_y}$$

Donde, F_y es la fuerza de fluencia de la estructura, mientras que D_y , es el desplazamiento asociado a esta fuerza. Adicionalmente, es fácil ver que la rigidez lateral puede entenderse como la primera pendiente de la curva de desempeño (Chopra, 2014, p.250).

1.3.3.1 Curva de capacidad

La curva de capacidad es una relación, que generalmente se expresa de manera gráfica, entre las fuerzas laterales aplicadas a una estructura y los desplazamientos laterales, tal como se observa en la Figura 17.

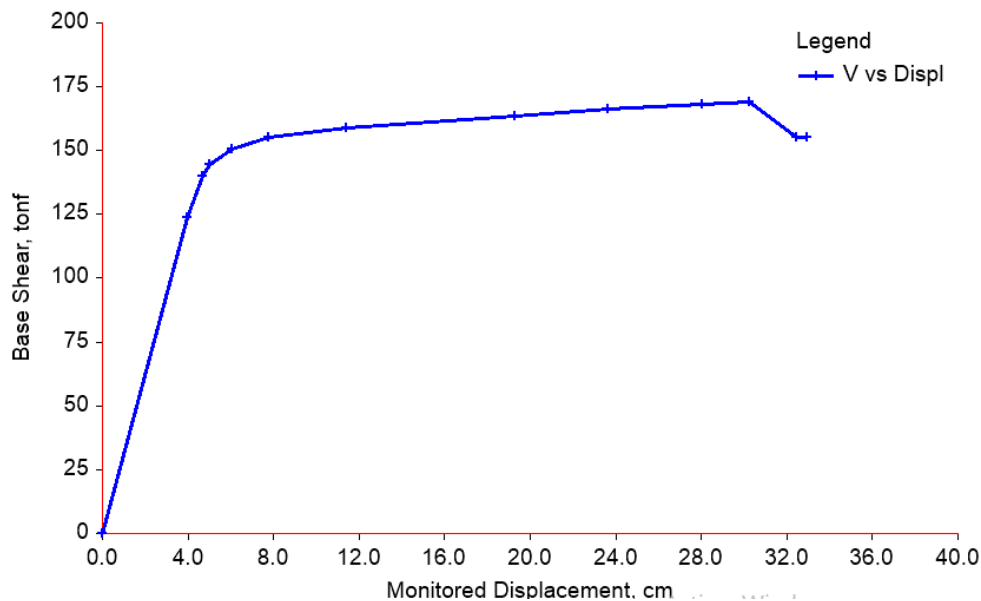


Figura 17. Curva de capacidad típica de una estructura. Fuente SAP 2000.

La curva de capacidad de una estructura guarda información de relevancia acerca de esta, como la rigidez lateral, la capacidad de deformación, y la resistencia lateral, es importante tener en cuenta, que estas características definen por completo el comportamiento de una estructura (Chopra, 2014, p.250).

1.3.3.2 Determinación de la curva de capacidad

Los análisis estáticos no lineales son métodos que nos permiten la evaluación de la curva de capacidad de una estructura, para esto se valen de una serie de modelos, tales como los modelos de una componente (Chopra, 2014, p.250).

1.3.3.3 Objetivos de desempeño

Los objetivos de desempeño son una serie de disposiciones que el ingeniero, en coordinación con el propietario asumen, con respecto a los niveles de daño que se presuponen tolerables. Un ejemplo muy claro de esto es cuando la norma de diseño dice que, para sismos con periodos de retorno, las edificaciones comunes deben de salvaguardar la vida de sus ocupantes, como

prioridad básica. Un objetivo de desempeño diferente podría ser aquel que establece que una vivienda debe permanecer totalmente operativa cuando ocurre un sismo con el mismo periodo de retorno (Chopra, 2014, p.250).

1.3.4 Resistencia lateral

La resistencia lateral es la fuerza máxima que una estructura puede alcanzar sin experimentar una pérdida de rigidez. Si se observa como la curva de desempeño, la resistencia lateral estaría donde se encuentra el máximo de esta curva (Chopra, 2014, p.250).

1.3.4.1 Niveles de desempeño

Los niveles de desempeño de una edificación son los estados que una estructura experimenta a través de la aplicación de un conjunto de cargas laterales. También es correcto decir que están vinculados con el nivel de daño presente en las edificaciones (Chopra, 2014, p.250).

De acuerdo con esto los niveles de desempeños de una edificación se han caracterizado siguiendo los niveles de daño que esta experimenta y se dividen esencialmente en cinco estados, el nivel operacional, funcional, resguardo de vida, cercano al colapso y el colapso (Flores de los Santos, 2012, p.150), como se muestra en la Figura 18.

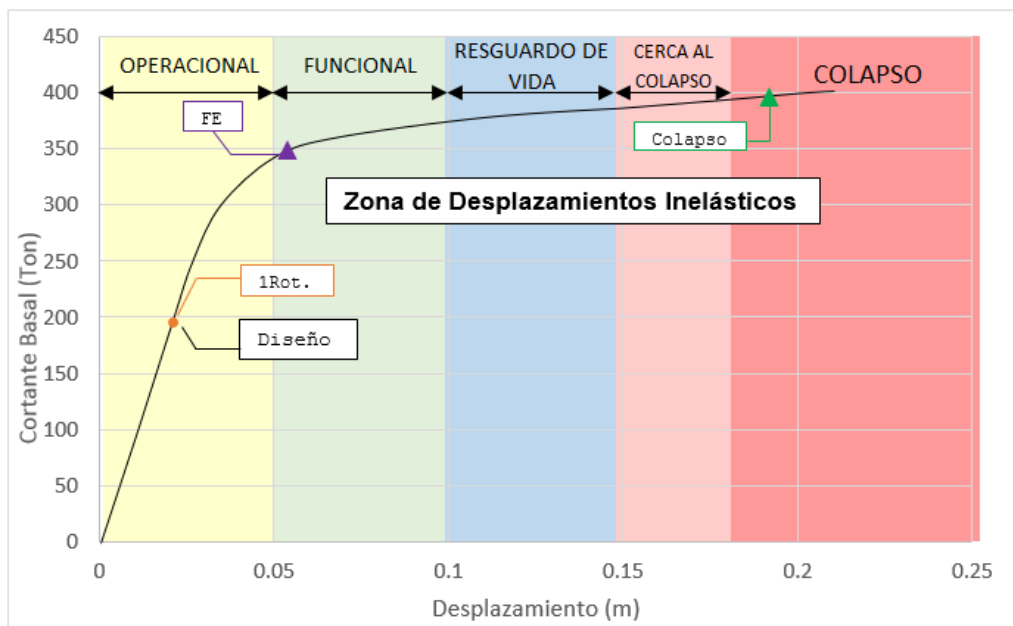


Figura 18. Desempeño sísmico de una estructura frente a cargas laterales. Fuente: Zavala et. al (2014).

A continuación, se describen cada uno de estos niveles y su relación con los niveles de daño. Es importante aclarar que una edificación se puede caracterizar por una curva de capacidad, es decir, aquella curva que relaciona las fuerzas laterales aplicadas con los respectivos desplazamientos.

1.3.4.2 Totalmente Operacional

El nivel de desempeño operacional es aquel en el que el nivel de daños presentes en la edificación es casi inexistente, por lo que apenas existirán micro-fisuras indetectables. EN este nivel de daño, la edificación puede ser ocupada de manera inmediata y por tanto puede prestar todos los servicios para los que fue concebida (Zavala, 2014, p.100).

1.3.4.3 Operacional

En este nivel de desempeño aparecen daños estructurales y no estructurales leves. Se caracteriza por la presencia de pequeñas fisuras, las que de ninguna manera comprometan la integridad de las estructuras, sin embargo, debido a la acción de los sismos, es posible que algunos del servicio no se encuentren disponibles, aun así, las personas pueden ocupar estos ambientes con total tranquilidad (Zavala, 2014, p.102).

1.3.4.4 Seguridad de vida

En este nivel de desempeño la estructura ha sufrido de un daño considerable, por lo que la ocupación inmediata no es recomendable. Se caracteriza por la presencia de grietas de tamaño considerable, así como daño en el contenido de las estructuras. Resulta importante mencionar en este punto que cuando la norma de diseño sísmico E030 (2016), dice que las edificaciones deben evitar las pérdidas de vidas humanas, es decir pueden tener gran cantidad de daño pero deben evitar el colapso a toda costa, aun cuando este nivel daño haga que la estructura ya se pueda usar con seguridad nuevamente (Visconde, 2014, p.180).

1.3.4.5 Próximo al colapso

En este nivel la degradación de rigidez lateral ha provocado que la estructura pierda su capacidad de oponer resistencia frente a la acción de cargas laterales, por lo que el colapso estaría muy próximo. Es característico de este nivel también que sea imposible ocupar las estructuras que quedan en este estado y que las reparaciones sean inviiables.

1.3.5 Capacidad de deformación

Es el máximo nivel de desplazamiento que una estructura puede alcanzar sin que ocurra el colapso de la edificación. Desde el punto de vista de la curva de capacidad, estaría asociada al final de esta. Su medida se hace en términos de desplazamientos. Los valores grandes indicarían que se trata de una estructura con buenos mecanismos de disipación de energía, mientras que un valor pequeño indicaría una falla frágil, asociado a detallados de concreto inadecuados.

1.3.5.1 Sismos de diseño

La demanda sísmica en general es una variable que puede ser catalogada como no determinística, es decir, una variable que no se puede conocer con certeza, esto es debido a su naturaleza y a los mecanismos de propagación, los que en general son bastante complejos y requieren de una gran cantidad de información y gran capacidad de procesamiento de información para poder ser calculados con precisión. Lo mencionado en líneas anteriores, resulta para la práctica de la ingeniería actual un hecho inviable ya que el esfuerzo no sería práctico ni económico. En su lugar, la ingeniería sísmica moderna hace uso de los modelos probabilísticos, los que nos permiten estudiar la probabilidad de la ocurrencia de un evento. De esta forma, la ingeniería clasifica los sismos como frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1: Niveles de peligro sísmico cuantificados por sus periodos de retorno.

Movimiento Sísmico de Diseño	Periodo de Retorno (años)	Probabilidad de excedencia - aceleración máxima esperada
Frecuente	43	50% en 30 años
Ocasional	72	50% en 50 años
Raro	475	10% en 50 años
Muy raro	950	10% en 100 años

Fuente: Comité Visión 2000.

Tabla 2: Niveles de desempeño recomendados por el comité Visión 2000.

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de Desempeño			
	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad	Próximo al colapso
Sismo	1	0	0	0
Sismo	2	1	0	0
Sismo Raro	3	2	1	0
Sismo Muy Raro	0	3	2	1

Fuente: Comité Visión 2000.

Otra de las clasificaciones hechas por distintas normativas a nivel mundial es la clasificación de las estructuras por su importancia, de acuerdo con esto las

edificaciones puede ser llamadas básicas, esenciales o estructuras críticas, tal como se muestran en las tablas 1.2 y 1.3

Tabla 3: *Tipos estructurales más conocidos, de acuerdo con el comité Visión 2000.*

0	: Desempeño Inaceptable
1	: Estructuras Básicas
2	: Estructuras Esenciales / Riesgosas
3	: Estructuras Críticas

Fuente: Comité Visión 2000.

Tabla 4: *Objetivos de desempeño característicos, de acuerdo con el comité Visión 2000.*

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de desempeño mínimo
Sismo Frecuente	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	Operacional
Sismo Raro	Seguridad
Sismo Muy raro	Próximo a colapso

Fuente: Comité Visión 2000.

1.3.5.2 Definición de los objetivos de diseño

Los objetivos de desempeño son los estados que el diseñador desea que la estructura alcance cuando es sometido a ciertos niveles de peligro. Por ejemplo, en algunos casos, el diseñador puede considerar que es importante que una vivienda se mantenga operacional después de un sismo raro, por lo que se puede decidir la construcción de una vivienda de este tipo con mayor consumo de materiales y una mejor estructuración; sin embargo, otro diseñador podría considerar que basta con que la estructura no colapse ante la acción del mismo sismo. En este ejemplo se ve que ambos diseñadores tienen objetivos de desempeño diferentes.

Tabla 5: *Relación entre los daños estructurales y los niveles de desempeño, de acuerdo con el comité Visión 2000.*

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Descripción de Daño
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando servicios.
Leve	Operacional	Agrietamientos en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en los elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evacuación funcional con normalidad.
Moderado	Seguridad	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez en los elementos parte del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse. Puede ser necesario cerrar el edificio por algún tiempo.
Severo	Pre-colapso	Daños severos en elementos no estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede ser necesario demoler el edificio.
Completo	Colapso	Pérdida parcial o total de soporte. Colapso total o parcial. No es posible la reparación.

Fuente: Comité Visión 2000.

1.3.5.3 Deriva objetivo

Como se ha mencionado en secciones anteriores, las distorsiones y los niveles de daño estructurales guardan una estrecha relación, por lo que, si se quiere limitar el daño a ciertos niveles de desempeño, se deben limitar también las distorsiones laterales máximas.

Tabla 6: Designación usada para la identificación de sistemas estructurales. Fuente: SEAOC.

Descripción	Nombre	Número de Pisos	Designación
Pórticos de concreto armado (C1)	Bajos	1-3	C1L
	Medianos	4-7	C1M
	Altos	8+	C1H
Muros de corte de concreto (C2)	Bajos	1-3	C2L
	Medianos	4-7	C2M
	Altos	8+	C2H
Pórticos de Concreto Armado rellenos con Muros de Albañilería (C3)	Bajos	1-3	C3L
	Medianos	4-7	C3M
	Altos	8+	C3H

Fuente: Comité Visión 2000.

Es importante entender que una de las máximas aspiraciones de la ingeniería es la predicción del comportamiento de las estructuras, mediante el uso de modelos matemáticos simplificados, por lo que es importante ser capaces de establecer relaciones directas entre los niveles de daño y las distorsiones laterales.

Tabla 7: Relación entre los niveles de daño, distorsiones laterales y niveles de diseño.

Nivel de Diseño	Tipo	Distorsión Angular de Entrepiso en el Límite de Daño Estructural, δ_{ab} , en edificios de concreto armado			
		Daño leve	Daño moderado	Daño severo	Daño Completo
Alto	C1L	0.005	0.01	0.03	0.08
	C1M	0.0033	0.0087	0.02	0.0533
	C1H	0.0025	0.005	0.015	0.04
	C2L	0.004	0.01	0.03	0.08
	C2M	0.0027	0.0087	0.02	0.0533
Moderado	C2H	0.002	0.005	0.015	0.04
	C1L	0.005	0.0087	0.0233	0.06
	C1M	0.0033	0.0058	0.0158	0.04
	C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.03
	C2L	0.004	0.0084	0.0232	0.06
	C2M	0.0027	0.0058	0.0154	0.04
Bajo	C2H	0.002	0.0042	0.0118	0.03
	C1L	0.005	0.008	0.02	0.05
	C1M	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333
	C1H	0.0025	0.004	0.01	0.025
	C2L	0.004	0.0078	0.0197	0.05
	C2M	0.0027	0.0051	0.0132	0.0333
	C2H	0.002	0.0038	0.0099	0.025
	C3L	0.003	0.006	0.015	0.035
	C3M	0.002	0.004	0.01	0.0233
	C3H	0.0015	0.003	0.0075	0.0175
	C2L	0.0032	0.0081	0.0158	0.04
	C2M	0.0021	0.0041	0.0105	0.0267
	C2H	0.0016	0.0031	0.0079	0.02
	C3L	0.0024	0.0048	0.012	0.028
	C3M	0.0016	0.0032	0.008	0.0187
C3H	0.0012	0.0024	0.006	0.014	

Fuente: Comité Visión 2000.

1.3.5.4 Punto de desempeño

Una vez determinada la curva de capacidad de la estructura, es importante determinar qué tipo de desempeño sísmico tendrá la estructura analizada frente a la acción de un conjunto de cargas laterales. A modo de ejemplo, imagínese que una estructura hecha con base en pórticos de concreto armado presente una curva de capacidad como la mostrada en la *Figura 19*. Está claro que distintos niveles de movimiento sísmico presentarán distintos efectos en la misma estructura, por ejemplo si sobre la estructura actúa un sismo con una aceleración máxima (PGA), de 0.05g, entonces el daño en la estructura será mínimo, entonces se dice que el desempeño sísmico de la estructura analizada fue el adecuado; sin embargo, si sobre la misma estructura actúa un sismo con nivel de intensidad tal que genera una aceleración del terreno de 0.45g, entonces el nivel de aceleración mencionado podrá generar daños importantes en la estructura (Chopra, 2014, p.150).

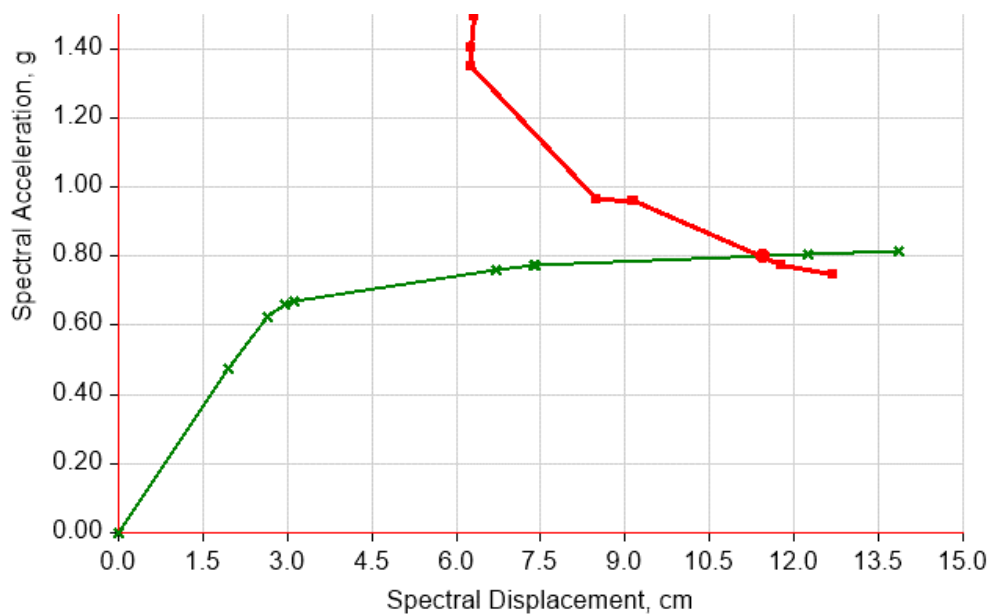


Figura 20. Determinación del punto de desempeño de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

Es este contexto que la determinación del punto de desempeño juega un papel importante, pues es un indicador del nivel de daño que podría presentar una estructura frente a la acción sísmica. Usualmente se determina intersectando la curva de capacidad (línea verde) y la curva de demanda (línea roja), tal como se muestra en la figura.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

- ¿Cómo influiría en el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, el reforzamiento de columnas mediante encamisado Condevilla San Martin de Porres 2018?

1.4.2 Problemas específicos:

1. ¿Cuál es el efecto que tiene el reforzamiento de columnas mediante encamisado en la rigidez lateral de las viviendas de albañilería confinada?
2. ¿Cómo influye el reforzamiento de columnas mediante encamisado en la resistencia lateral de viviendas de albañilería confinada?
3. ¿Cuál es el efecto del reforzamiento de columnas mediante encamisado en la capacidad de deformación de viviendas de albañilería confinada?

1.5 Justificación del estudio:

1.5.1 Teórica

Para la justificación teórica de la variable dependiente de Desempeño Sísmico tiene como enfoque científico la normativa técnica de edificación 030 de diseño sismorresistente, con el fin de determinar el nivel de desempeño sísmico, se evaluará una serie de aspectos establecidos esta normativa. Mientras para para la variable independiente refuerzo de columnas, se fundamenta en La Guía para la Construcción con Albañilería (2004, p.1) afirman que: El enfoque científico se basa en la guía para la construcción con albañilería donde esta guía fue confeccionada basada en la mejora continua de conocimientos adquiridos en el marco del Programa Promoción y Desarrollo de Tecnologías para la Construcción para países subdesarrollados y aquellas que se encuentran en camino de desarrollo, el cual es velado por el Ministerio.

1.5.2 Metodológica

Para llegar a las metas de la investigación, se preparó dos instrumentos que permitirán medir ambas variables dependiente Desempeño Sísmico y en su relación la variable independiente Refuerzo de columnas. Estos instrumentos serán preparados y luego filtrados por el juicio de expertos con el objetivo de lograr buenos resultados, mediante la confiabilidad y la validez. Para ello se usarán instrumentos para medir y luego proceder a su procesamiento en

software estadístico SPSS, se buscará saber el nivel de relación entre que se presenta entre las variables.

1.5.3 Contribución

Teniendo en cuenta el aumento poblacional y la urgencia de obtener nuevas viviendas, unido a los escasos medios económicos de la población que opta por ejecutar construcciones por sus propios medios sin poseer una ayuda técnica o profesional. Existen historial de sismos en la zona de estudio y que existieron viviendas autoconstruidas que colapsaron debido a este fenómeno natural, es por ello que es forzoso reconocer y reducir el riesgo sísmico de este tipo de viviendas, para lo cual se propone estudiar el desempeño sísmico y así conseguir con esta evaluación de las viviendas auto-construidas, las recomendaciones para los pobladores y maestros de obra del cómo construir viviendas sismorresistentes.

1.5.4 Practica

La presente investigación planea cumplir con las tres funciones de la ciencia describir la situación actual de las viviendas, explicar las fallas que producen en ellas y predecir su comportamiento ante la ocurrencia de un evento sísmico. Para lograr todo ello es necesario determinar, el desempeño sísmico al que están sometidas.

1.5.5 Relevancia

La presente investigación planea cumplir con el reto de jerarquizar los niveles de desempeño en que se encuentran las viviendas de la zona en estudio frente a un evento sísmico, con la finalidad prevenir y buscar de manera racional de intervenir y de esta forma mejorar el desempeño sísmico de la zona en estudio.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

- Mejorará el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, con el reforzamiento de columnas mediante encamisado Condevilla, San Martín de Porres 2018.

1.6.2 Hipótesis específica

- El reforzamiento de columnas mediante encamisado mejorará la rigidez lateral de viviendas de albañilería confinada.

- El reforzamiento de columnas mediante encamisado mejorará la resistencia lateral de viviendas de albañilería confinada.
- El reforzamiento de columnas mediante encamisado incrementará la capacidad de deformación de viviendas de albañilería confinada.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Evaluar el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, con reforzamiento de columnas mediante encamisado Condevilla, San Martín de Porres 2018.

1.7.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto que tiene el reforzamiento de columnas mediante encamisado en la rigidez lateral de las viviendas de albañilería confinada.
2. Estimar la influencia del reforzamiento de columnas mediante encamisado en la resistencia lateral de viviendas de albañilería confinada.
3. Determinar el efecto del reforzamiento de columnas mediante encamisado en la capacidad de deformación de una vivienda de albañilería confinada.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

2.1.1 Método

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), el método de una investigación es una secuencia de pasos lógicos orientados hacia algún objetivo específico. En este sentido el método de investigación aplicado en este trabajo de investigación será el método experimental.

El método experimental es una secuencia de pasos que tiene como objeto central de estudio la manipulación de una variable específica y la medición de las consecuencias de esta manipulación en otra variable de interés.

En el contexto del reforzamiento estructural con fines de reducir la vulnerabilidad sísmica de una estructura específica, las variables involucradas son el tipo de reforzamiento aplicado a una estructura específica y la vulnerabilidad sísmica.

Entonces, como primer paso específico se estudiará la vulnerabilidad sísmica de la estructura elegida tal como se encuentra en la actualidad. Este estudio implica, como primer paso, el estudio de las características de los materiales presentes en la estructura, en este caso específico son concreto, acero y albañilería. El siguiente paso consiste en la determinación de la vulnerabilidad sísmica. Para esto se hará de modelos computacionales, generados en el software análisis ETABS.

2.1.2 Tipo de investigación

Debido a las características del presente trabajo de investigación, orientada a la solución de un problema práctico, aplicando un conjunto de conocimientos asociados a la ingeniería civil, esta clasifica como una investigación aplicada.

2.1.3 De acuerdo a la técnica de contrastación

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014, p.76), una investigación es experimental, si el investigador realizará una manipulación deliberada de la variable independiente con la finalidad de evaluar el efecto de esta en la variable dependiente.

De esta definición, se puede decir que el presente trabajo de investigación es experimental, pues pretende la manipulación del estado de las columnas presentes de una edificación, estudiando, en principio, el desempeño sísmico de esta tal como se encuentra al momento

del estudio, sin embargo, posteriormente se reforzarán las columnas de esta vivienda y se estudiará el efecto que esta técnica tiene sobre el desempeño sísmico.

2.1.3.1 De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014, p.78), se dice que una investigación es longitudinal, si la recolección y procesamiento de datos tiene como objeto el estudio del comportamiento temporal de algún fenómeno; mientras que se dice que la investigación es transversal, si el estudio pretende el estudio de las variables en determinado momento.

De acuerdo con estas características, el presente trabajo de investigación es transversal, pues se pretende el estudio del comportamiento sísmico de una edificación en determinado instante y no se hace un estudio temporal.

2.1.4 Nivel o alcance de la Investigación

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014, p.82), el nivel de una investigación es la profundidad con la que el investigador desarrolla su trabajo. De acuerdo con el mismo autor, existen esencialmente tres niveles de investigación, el exploratorio, correlacional y el explicativo. Se dice que una investigación es exploratoria, cuando está orientada a establecer las variables que definen un problema de investigación, es de tipo de investigación es usualmente aplicado cuando se pretende dar inicio a un trabajo de investigación sobre el que se ha estudiado relativamente poco. El segundo nivel de investigación, llamado correlacional, busca establecer las relaciones existentes entre dos o más variables de investigación. El tercer nivel, llamado nivel explicativo, pretende dar explicaciones a los fenómenos encontrados, de acuerdo con el mismo autor, este es el nivel más completo, pues involucra a los otros dos.

De acuerdo con estas definiciones, se establece que el presente trabajo de investigación es tipo explicativo, pues además establecer las relaciones existentes entre las variables de estudio, pretende dar explicaciones de estos fenómenos.

2.1.5 Método de investigación

El método de la aplicación será experimental, pues se ha considerado evaluar la vulnerabilidad sísmica de la estructura en su estado actual y luego de haber sido reforzada mediante la aplicación de encamisados de concreto armado.

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1 Variables

- Reforzamiento de columnas mediante encamisado: Variable independiente
- Desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada: Variable dependiente

2.2.2 Operacionalización de variables

Ver el anexo, con la operacionalización de variables.

Tabla 8: Matriz operacional.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA DE INVESTIGACION
<u>Variable Independiente:</u> Reforzamiento de columnas mediante encamisado.	Es la utilización de ciertas técnicas y de diversos materiales con el objetivo de fortalecer una estructura con el fin de prevenir los posibles colapsos en caso de sismo.	Esta variable permite la caracterización de los elementos estructurales presentes dentro de una vivienda. Las características más importantes son sección transversal, cantidad y distribución del refuerzo.	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ • Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo f_y. • Cantidad de refuerzo colocado 	Método: Método científico Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo
			Configuración estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema estructural • Reforzamiento de elementos • Secciones transversales. • Sistema de anclajes • Columnas de concreto • Demanda sísmica 	
<u>Variable Dependiente:</u> Desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada.	Es la forma como una estructura se comporta frente a la acción de un sismo. Determina el estado de daño que exhibe una estructura frente a un nivel determinado de cargas laterales.	El desempeño sísmico de una vivienda se caracteriza por los valores de rigidez, resistencia y punto de desempeño que una estructura soporta frente a la acción de un sismo.	Rigidez lateral Resistencia lateral Capacidad de deformación	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de capacidad • Determinación de la curva de capacidad • Objetivos de desempeño • Niveles de desempeño. • Totalmente operacional • operacional • Seguridad de vida • Próxima al colapso. • Sismos de diseño • objetivos de diseño • Deriva objetivo • Punto de desempeño 	Diseño de investigación: experimental

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población y muestra

En este punto se procederá a desarrollar y delimitar el conjunto universo o la población al que el presente proyecto de investigación pretende generalizar los resultados de la ejecución de la misma, por ello, en un primer punto, se explicará lo relativo a la unidad de análisis a utilizarse, con el objetivo de poder definir adecuadamente la población de la investigación; posteriormente se desarrolla la muestra sobre la que se trabajar en la ejecución de la investigación propuesta.

2.3.1 Unidad De Análisis.

Las unidades de análisis son los entes sobre los que el investigador está interesado o desea obtener algún tipo de información específica (Hernández Sampieri, 2014, p.172).

Por lo tanto, las unidades de análisis de una investigación son aquellas que guardan características y/o atributos similares, las que además son motivo de interés de la investigación. De acuerdo con los conceptos anteriormente citados, definiremos las unidades de análisis a utilizarse en la investigación de la siguiente forma:

- Los participantes de la investigación son edificaciones ejecutadas como viviendas, construidas sin el uso de planos, con la intervención de maestros de obra no capacitados para la ejecución de una obra civil, y el uso de materiales de construcción de baja calidad.

2.3.2 Población

Según Sampieri el Universo o Población (aquella sobre la cual el investigador desea establecer una conclusión) se construye una vez se haya definido la unidad de análisis: *“Una vez que se ha definido cuál será la unidad de análisis, se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados”* (Hernández Sampieri, 2014, p.174).

Por tanto, y tomando en cuenta nuestra unidad de análisis, delimitaremos la población del estudio de la siguiente forma:

- La población del presente proyecto está formada por viviendas de la Mz S1 de la Urbanización Condevilla SMP, siendo un total de 44 viviendas.

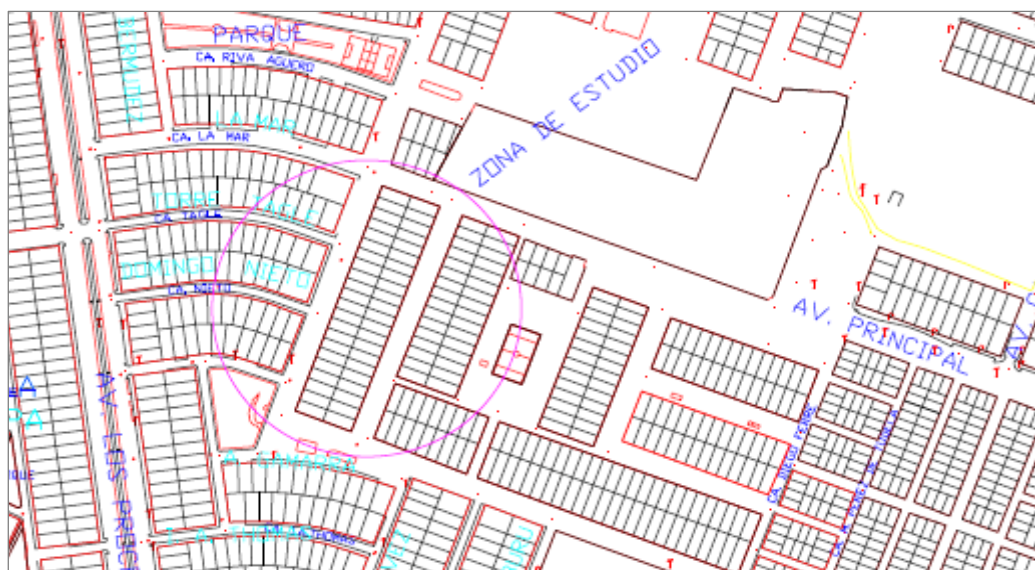


Figura 21. Vivienda autoconstruida típica de tres niveles, ubicada en la zona de estudio.

2.3.3 Muestra

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), las muestras son un subconjunto de la población de estudio, elegidas bajo ciertas consideraciones que dependerán del tipo de estudio realizado. Según este autor y otros especialistas en el tema, existen esencialmente dos tipos de muestras, las probabilistas y las no probabilistas (p.170)

En el presente trabajo de investigación se utilizará una **muestra no probabilística**, y la técnica **muestreo al azar**. En ese sentido, se delimitará la muestra de estudio en función de los objetivos del presente proyecto de investigación. Por lo tanto, y tomando en cuenta que el objetivo de la investigación propuesta es el de aportar evidencia con respecto al método de encamisado de columnas como una técnica eficaz de reforzamiento estructural para viviendas autoconstruidas (los objetivos de la investigación han sido detallados en el acápite 1.6) **no es pertinente el uso de muestras probabilísticas**, en razón que la investigación se desarrollará mediante el uso de modelos numéricos con el objetivo de probar la hipótesis de la investigación (sobre el diseño de la investigación se detalla en el acápite 2.1), por ello no aplica al presente plan de investigación el cálculo del tamaño de la muestra ni el desarrollo del procedimiento a elegir la unidades muestrales.

- De acuerdo con las ideas expuestas, se eligieron al azar una vivienda, ubicadas dentro de la citada urbanización y que además cumplen con todas las características definidas en la sección correspondientes (Definición de la población de estudio), esta vivienda tuvo como sistema estructural dominante en una dirección la albañilería confinada, mientras que en la dirección transversal, el

sistema estructural dominante fueron los pórticos de concreto armado, en la se muestra la elección de las muestras elegidas.



Figura 22. Vivienda autoconstruida típica de tres niveles, ubicada en la zona de estudio.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1 Instrumentos de recolección y medición de datos

Las características de interés de las muestras (dichas características de fueron detalladas en el acápite 2.1.1 referido al diseño de la investigación) serán medidas con dos instrumentos de medición (cinta métrica y esclerómetro) los que serán utilizados en función de dichas características.

Respecto a la recolección de datos, se desarrollará una “ficha de recolección de datos” única mediante la cual se almacenarán los datos obtenidos en la medición de las características de la muestra.

- Dimensiones en planta: esta característica implica la distancia que presenta el frontis de la vivienda y la profundidad; para la medición se utilizará la cinta métrica, la recolección de la información se realizará utilizando la ficha de recolección de datos.
- Niveles de la edificación: referido básicamente a la altura que presenta las muestras, la medición se realizará mediante el uso de una cinta métrica, y la recolección de los datos realizará utilizando la ficha de recolección de datos.

- Distribución de los elementos verticales: la medición y recolección de los datos relativos a la distribución de los elementos verticales se realizará utilizando una ficha de recolección de datos.
- Evaluación de los materiales usados: la evaluación de la calidad de los materiales usados en la construcción de las muestras, se medirá utilizando la técnica in situ no destructiva de esclerometría; el instrumento de medición a utilizarse será el Esclerómetro, la recolección de los datos se realizará mediante el uso de la ficha de recolección de datos.

2.4.2 **Confiabilidad de los instrumentos**

Respecto de los instrumentos de medición (tanto la cinta métrica como el esclerómetro), son instrumentos que miden magnitudes escalares y se encuentran previamente graduados, además presentan unidades de media estándares. En razón de ello (y atendiendo a la naturaleza de dichos instrumentos de medición) la confiabilidad de dichos instrumentos está garantizada y por tanto el cálculo de su confiabilidad sería intrascendente, dichos mecanismos al estar calibrado aseguran la confiabilidad del instrumento (lograr obtener los mismos resultado consistentes y coherentes).

2.4.3 **Validez del instrumento**

Con respecto a la validez de los instrumentos, en la presente investigación se pretende medir magnitudes escalares:

- Longitud (referida a la dimensión en planta y nivel de la edificación), que se puede medir en: km, m, cm, mm
- Presión (referida a la calidad de los materiales), que se medirá Kg/cm^2

Dichas magnitudes serán medidas utilizando instrumentos calibrados, por ello, y de igual forma que la confiabilidad, la validez de las mediciones está garantizada en razón que tanto la cinta métrica como el esclerómetro miden dichas magnitudes en las unidades en las que estas se definen.

2.4.4 **Objetividad**

La objetividad del instrumento de medición se garantiza al ser el instrumento una maquina calibrada y automática, debido a lo anterior se neutraliza cualquier tipo de prejuicio que afecte al investigador que aplique dicho instrumento.

2.5 Métodos de análisis de datos

Los métodos de análisis de datos son un conjunto de procedimientos sistematizados que tienen por finalidad extraer información relevante de un conjunto de datos medidos previamente. En el caso de estudio presentado el análisis de datos se hará en tres etapas, las que son el análisis de datos de las mediciones efectuadas in situ, el análisis de los datos requeridos por el software de modelamiento estructural ETABS, y finalmente el análisis de los resultados arrojados por el software de modelamiento. A continuación, se detallan cada uno de estos procesos.

2.5.1 Análisis de las mediciones in situ

El paso que da inicio a la presente investigación es la medida de las características de la estructura de interés. En este contexto, se deben medir las dimensiones de los elementos estructurales, tales como columnas, vigas, muros de concreto, e incluso datos referidos a los elementos no estructurales, los que pueden ser, por ejemplo, muros de tabiquería, baldosas adosadas a los techos, tanques de almacenamiento de agua, etc. Aunque debe advertirse que, en este trabajo de investigación, sólo se harán uso de los componentes estructurales como aportantes de peso.

El reconocimiento de los materiales que componen el sistema estructural es otro de los parámetros que deberán ser medidos en este proceso, esto se podrá hacer, en general, por métodos indirectos. En el caso del concreto, por ejemplo, esto se hará mediante la aplicación del esclerómetro, mientras que, en el caso de la albañilería confinada, esto se hará mediante la inspección de las características típicas y por comparación con características mecánicas reportadas en la literatura. Es importante mencionar que no será posible la aplicación de métodos destructivos en una vivienda, ya que para esto sería necesario el consentimiento de los propietarios, lo que en general es inviable, puesto que estos consideran que es un perjuicio a sus bienes. Debido a esto, no será posible la auscultación de las varillas de acero de refuerzo, por lo que la determinación de la cantidad y la distribución de estos elementos se deberán hacer usando los planos de construcción o mediante la evaluación de los aceros expuestos, como los que quedan al final de una construcción en la azotea.

Finalmente, se evaluarán las condiciones del sistema estructural. En esta parte se identificará el tipo de sistema estructural predominante, los que serán clasificados acuerdo con los lineamientos dados por la norma peruana de diseño sismorresistente E030 (2016),

es decir, pórticos de concreto armado, sistema dual, placas de concreto armado y albañilería confinada.

2.5.2 Análisis de los datos requeridos por software ETABS

Además de la información recopilada en campo, se debe estudiar la información requerida por el software de análisis ETABS, para que así, esta puede efectuar un análisis confiable y adecuado.

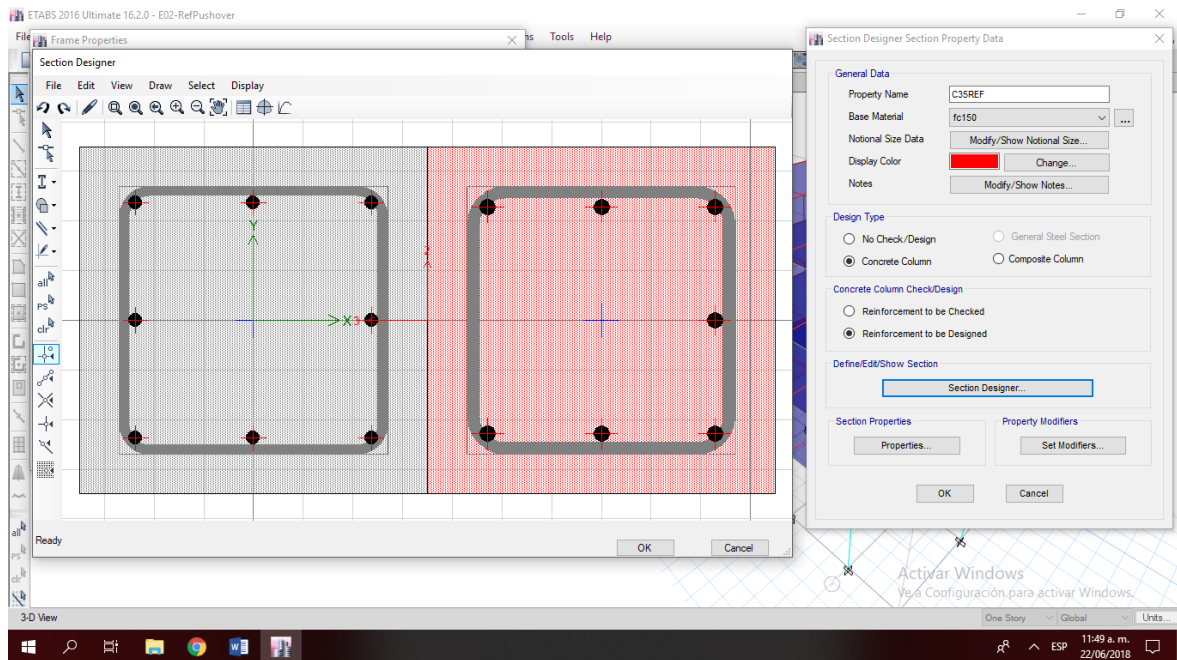


Figura 23. Información requerida para la definición de los elementos estructurales en el software ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Propiedades mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas más importantes de los materiales son el módulo de elasticidad del concreto (E_c) y la resistencia a la compresión del mismo (f_c), estos parámetros determinan las características del comportamiento de las estructuras, por lo que es de vital importancia la obtención a partir de los datos obtenidos de las evaluaciones insitu. Comentarios similares pueden hacerse en el caso del acero de refuerzo y la albañilería confinada.

Propiedades de las secciones de los elementos estructurales

Además, el software es capaz de modelar las características más importantes de las secciones de concreto armado, para esto se debe contar la información del ancho y

profundidad de las secciones de los elementos, así como la cantidad y la disposición del refuerzo de acero.

Disposición de los elementos estructurales

Otro conjunto de datos muy importante es la disposición espacial de los elementos estructurales, es decir, informarle al software donde se encuentra cada elemento estructural y como se conectan los unos con los otros, esto nos permitirá generar modelos como el mostrado en la figura 23.

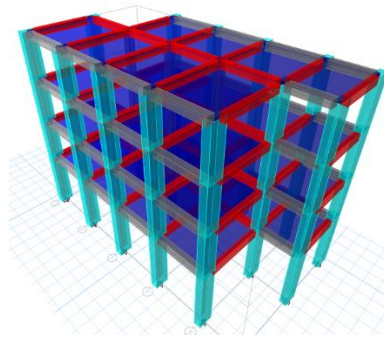


Figura 24. La ubicación de los elementos estructurales y su conectividad permiten construir un modelo estructural adecuado. Fuente: Elaboración propia.

2.5.3 Análisis de los resultados del modelamiento

Finalmente es importante poder procesar los resultados del análisis obtenido del modelamiento, para esto el software cuenta con una interfaz gráfica que nos permite evaluar los resultados del análisis, paso a paso, o la evaluación de los resultados máximos y en qué momento ocurrieron estos. De esta manera se puede disponer de la información relevante del comportamiento de la estructura para poder ser usadas y construir, por ejemplo, la curva de capacidad, como se muestra en la figura 24.

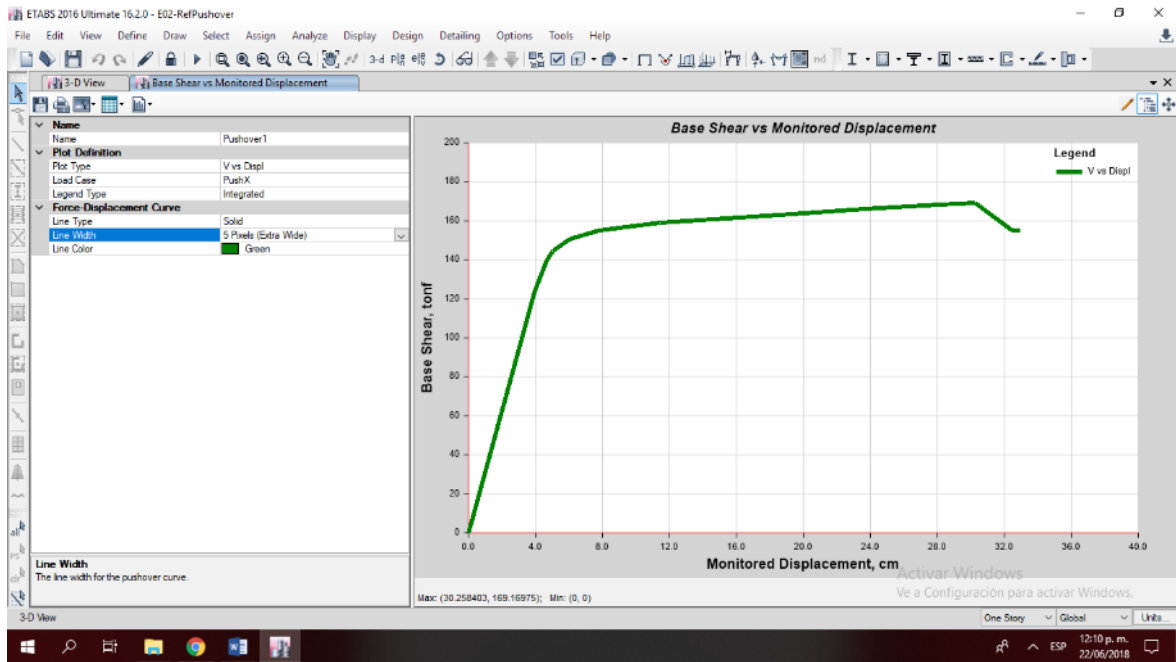


Figura 25. La ubicación de los elementos estructurales y su conectividad permiten construir un modelo estructural adecuado. Fuente: Elaboración propia.

2.6 Aspectos éticos

Toda la información obtenida de fuentes de terceros ha sido citada cuidadosamente, de tal forma que se le brinde el reconocimiento específico a quienes generaron esta información. Además, conviene aclarar que todas citas de este trabajo han sido realizadas usando los estándares de la ISO 690.

III. RESULTADOS

3.1 Determinación de las características típicas de la vivienda

La estructura elegida para el presente estudio fue una vivienda de cuatro niveles, construida con un sistema estructural mixto, tanto, pórticos de concreto armado como muros de albañilería confinada. Tal como se muestra en la Figura 26. Como se puede apreciar del mismo gráfico, esta estructura tuvo seis ejes resistentes en la dirección x, mientras que en la dirección y, la estructura tuvo un total de tres ejes resistentes.

Otro aspecto que es importante mencionar es la gran diferencia de rigideces encontradas, tanto en la dirección x como en la dirección y. De la *Figura 26*, se pudo ver que en la dirección Y se tienen una gran cantidad de muros de albañilería, los que se extienden desde el primer piso hasta el cuarto piso, mientras que en la dirección x, apenas se tiene tres muros de albañilería. Esta gran diferencia de rigideces a menudo logra que la mayor rigidez, la rigidez en la dirección y en este caso, resulte ineficiente, pues cuando un sismo actúa lo hace en dos direcciones, por lo que si la deformada se presente primero en la dirección x, la gran rigidez en la dirección y no tendrá ninguna importancia y el panel terminará fallando.

En cuanto a las secciones transversales de los elementos estructurales presentes, se pudo apreciar que en general, sólo existieron columnas cuadradas de 25 cm de lado, como se puede apreciar en la *Figura 27*.

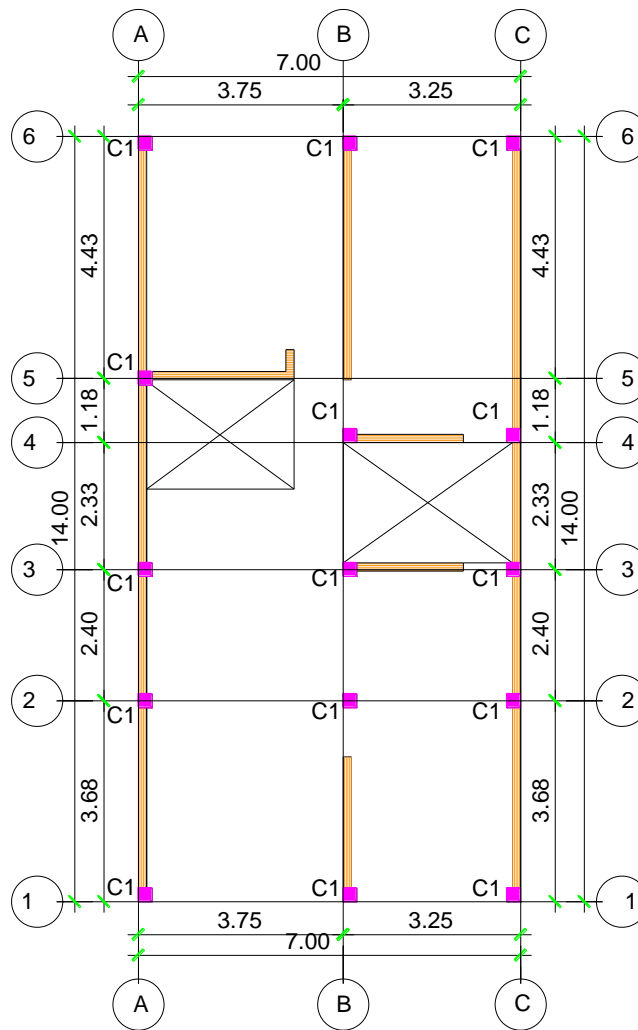


Figura 26. Distribución de los elementos verticales resistentes presentes en la edificación. Fuente: Elaboración propia.

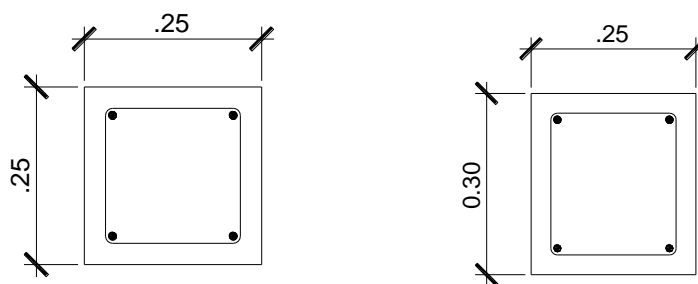


Figura 27. Secciones transversales típicas de los elementos estructurales, columnas y vigas. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Determinación de la resistencia de los materiales

3.2.1 Resistencia del concreto

La determinación de la resistencia a la compresión, en el caso de estructuras existentes, es uno de los pasos más importantes en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estas estructuras, esto debido a que el concreto es el material responsable de absorber los esfuerzos de compresión, por lo que evaluar el estado presente de este en una estructura nos brindará información crucial sobre el estado actual de una estructura.



Figura 28. Esclerometría efectuada sobre una columna existente de concreto armado.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del estado del arte de la ingeniería existen esencialmente dos métodos para determinar la resistencia a la compresión de un concreto existente y formando parte de elementos estructurales con responsabilidad sísmica, estos son, los métodos destructivos y los no destructivos.

Los primeros requieren de la obtención de muestras de concreto, las que deben ser extraídas de los elementos estructurales de interés. Como el lector puede apreciar, la obtención de muestras de concreto que forma parte de un elemento estructural requerirá que el concreto sea afectado, en otros términos, requiere que se dañe o destruya parte del elemento. La muestra obtenida, debe llevarse a un laboratorio de ensayo de materiales para finalmente, mediante un ensayo de resistencia a la compresión, se determine la resistencia del concreto.

Aunque este método permite obtener valores de resistencia a la compresión colocadas precisas y confiables, no siempre es posible su uso debido a numerosas variables. Tales casos pueden ser estructuras con gran valor histórico, o susceptibles de ser dañadas perennemente por la aplicación de esta técnica.

El segundo grupo de métodos de evaluación de la resistencia a la compresión del concreto son conocidos como métodos no destructivos. Estos métodos se caracterizan por la obtención de resistencias de manera indirecta, recurriendo a propiedades físicas del concreto, pudiendo ser estas externas o internas. Algunos de los más conocidos son la esclerometría, basada en la relación existente entre la rigidez del concreto y su resistencia; y medición de velocidad de ondas dentro del concreto.

Pese a que el segundo método se ha venido popularizando rápidamente en numerosos países del mundo, en el Perú esta técnica es de aplicación aun escasa, por lo que el equipamiento requerido para este fin es costosa y en numerosos casos inaccesible, a pesar de ello ha sido aplicada en este trabajo de investigación.

Debido a que las estructuras analizadas en este trabajo de investigación fueron viviendas, y teniendo en cuenta que los propietarios de estas estructuras no permitieron la extracción de testigos, por el temor a que sus viviendas pudieran quedar dañadas, fue absolutamente necesario recurrir a métodos de evaluación no destructivos.

Teniendo en cuenta a las características de los métodos, descritos párrafos anteriores, y las limitaciones de muestreo presentadas por los propietarios de las estructuras analizadas, se recurrió al uso de la esclerometría. La esclerometría es una técnica para la determinación de la resistencia a la compresión de un concreto existente. Esta medición se hace de manera indirecta, pues permite determinar la resistencia a la compresión, a traves de las mediciones de rigidez del concreto, mediante la aplicación de un esclerómetro.

Tabla 8: Resultados de la resistencia a la compresión obtenidas mediante esclerometria en el primer piso. Fuente: Elaboración propia.

Columna 1-A/ PISO 1	Resist/ punto(kg/cm²)
medida 1	95
medida 2	105
medida 3	110
medida 4	103
medida 5	90
medida 6	100
medida 7	110
medida 8	100
medida 9	115
promedio	103.1

Tabla 9: Resultados de la resistencia a la compresión obtenidas mediante esclerometria en el segundo nivel. Fuente: Elaboración propia.

Columna 3-B/ PISO 2	Resist/ punto(kg/cm²)
medida 1	100
medida 2	90
medida 3	110
medida 4	103
medida 5	90
medida 6	100
medida 7	100
medida 8	100
medida 9	115
promedio	100.9

Tabla 10: Resultados de la resistencia a la compresión obtenidas mediante esclerometría en el tercer nivel. Fuente: Elaboración propia.

Columna 3-B/ PISO 3	Resist/ punto(kg/cm ²)
medida 1	105
medida 2	90
medida 3	103
medida 4	103
medida 5	90
medida 6	101
medida 7	105
medida 8	100
medida 9	109
promedio	100.7

Un esclerómetro es un aparato que golpea al concreto con un martillo, el que es aplicado a una distancia estándar e impulsado con una cantidad de energía cinética, también estándar. El principio establece que a mayor resistencia a la compresión del concreto, es de esperarse mayor valor en las lecturas de rebotes originados por este aparato, así, midiendo el rebote de un martillo sobre el concreto se puede determinar la resistencia a la compresión de un concreto existente. Una forma de aplicación típica de la técnica del esclerómetro se muestra en la *Figura 28*.

Con la finalidad de poder realizar la evaluación estructural de las viviendas existentes, se llevaron a cabo tres pruebas esclerométricas en la vivienda estudiada, dos en las columnas del primer nivel, y una en una columna del segundo nivel, los resultados obtenidos de estas técnicas se muestran en la

Tabla 8. Con la finalidad de tener un marco normativo confiable se decidió realizar el ensayo presentado usando la norma técnica ASTM C 805, denominada Resistencia del concreto con esclerómetro.

Es importante aclarar que se deben hacer por lo menos tres ensayos de esclerometría en la estructura para así poder tener valores confiables de la resistencia a la compresión obtenida. Finalmente, la resistencia a la compresión usada será el promedio aritmético de las tres mediciones obtenidas. De los resultados obtenidos y mostrados en la tabla anterior, se puede apreciar que la resistencia a la compresión del concreto colocado en obras autoconstruidas está en un valor de alrededor de los 100 kg/cm². Este valor es bastante revelador, ya que muestra que la resistencia a la compresión del concreto es bastante baja, inferior a la resistencia a la compresión mínima exigida por la norma de diseño en albañilería (E070, 2003). Finalmente se debe aclarar que en lo que sigue del texto se asumirá que la resistencia a la compresión del concreto será de 100 kg/cm².

3.2.2 Resistencia de la albañilería

Finalmente, con respecto a la modelación del comportamiento cíclico del muro de albañilería confinada conviene aclarar que se estableció un comportamiento lineal para los elementos de borde, las que tuvieron las secciones transversales mostradas en la *Figura 29*, mientras que la curva monotónica y el modelo histeréticos considerados para evaluar el comportamiento del panel de albañilería con fines de la modelación, se muestra en la *Figura 30*.



Figura 29. Unidades de albañilería pandereta y muretes elaborados con base en este material. Fuente: Sáenz (2018).

En este punto resulta importante aclarar que las curvas monotónicas y cíclicas del comportamiento de la albañilería se basaron en resultados experimentales de estudios previos. En específico el parámetro que describe el comportamiento mecánico de los paneles de albañilería confinada es la resistencia a la tracción diagonal, valores que de

acuerdo con los trabajos de Sáenz (2015), alcanzaron un valor de 9.5 kg/cm², como se puede observar en la **Tabla 11**; sin embargo, en la misma tabla se muestran otros valores, ligeramente inferiores a los reportados por Sáenz (2015), así que con un criterio conservador, se asumirá de aquí en adelante, que la resistencia a la tracción diagonal fue de 9.0 kg/cm².

Tabla 11: Resistencia a la tracción diagonal de muretes de albañilería con pandereta.

Fuente: Sáenz (2018).


Autores	V´m (kg/cm²)
Sáenz Tenorio	9.5
Araoz-Velezmoro	9.3
Plinio Mamani	9.0

3.3 Modelamiento de los materiales

La resistencia a la compresión del concreto fue de 100 kg/cm². Este parámetro será usado para determinar el módulo de elasticidad del concreto, mediante la siguiente expresión (E060, 2003).

$$E = 15000\sqrt{f_c}$$

Además, de acuerdo con Wilson (2005), el módulo de corte del concreto es un valor aproximadamente constante, mientras que el módulo de poisson tiene valores aproximadamente estándares de 0.2. Estos valores fueron ingresados al software de análisis, tal como se muestra a continuación.


General Data	
Material Name	fc100
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.4 tonf/m ³
Mass per Unit Volume	0.245 tonf-s ² /m ⁴

Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	1500000 tonf/m ²
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	625000 tonf/m ²

Figura 30. Propiedades mecánicas típicas del concreto. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al coeficiente de expansión térmico, se debe mencionar que diversos investigadores en las características físicas del concreto han determinado que este valor es de aproximadamente de $0.99(10^{-6})$, es decir, que el concreto y el acero tienen un coeficiente de expansión térmica aproximadamente iguales.

General Data	
Material Name	M1500Psi
Material Type	Masonry
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.16 tonf/m ³
Mass per Unit Volume	0.22 tonf-s ² /m ⁴

Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	125000 tonf/m ²
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000081 1/C
Shear Modulus, G	0 tonf/m ²

Figura 31. Propiedades mecánicas características de la albañilería. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la albañilería, es posible determinar algunas de las características elásticas en función de la resistencia característica de esta, encontrando que el módulo de elasticidad fue de:

$$E = 500fb$$

Además, debido a su escasa capacidad de tolerar deformaciones transversales, investigadores como San Bartolomé (2005) recomiendan usar un módulo de poisson reducido o igual a cero. Además, San Bartolomé (2006), recomienda considerar el coeficiente de expansión térmica como $0.81(10^{-6})$.

3.4 Determinación de las características dinámicas del suelo

Las características dinámicas del suelo, como periodo de vibración, se determinan usando los criterios establecidos en la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2018). En este sentido es necesaria la medición de las velocidades de ondas de corte usando métodos geofísicos. Una vez conocidas las velocidades de las ondas de corte del suelo, se procede a establecer una relación entre los suelos y las velocidades de ondas de corte.

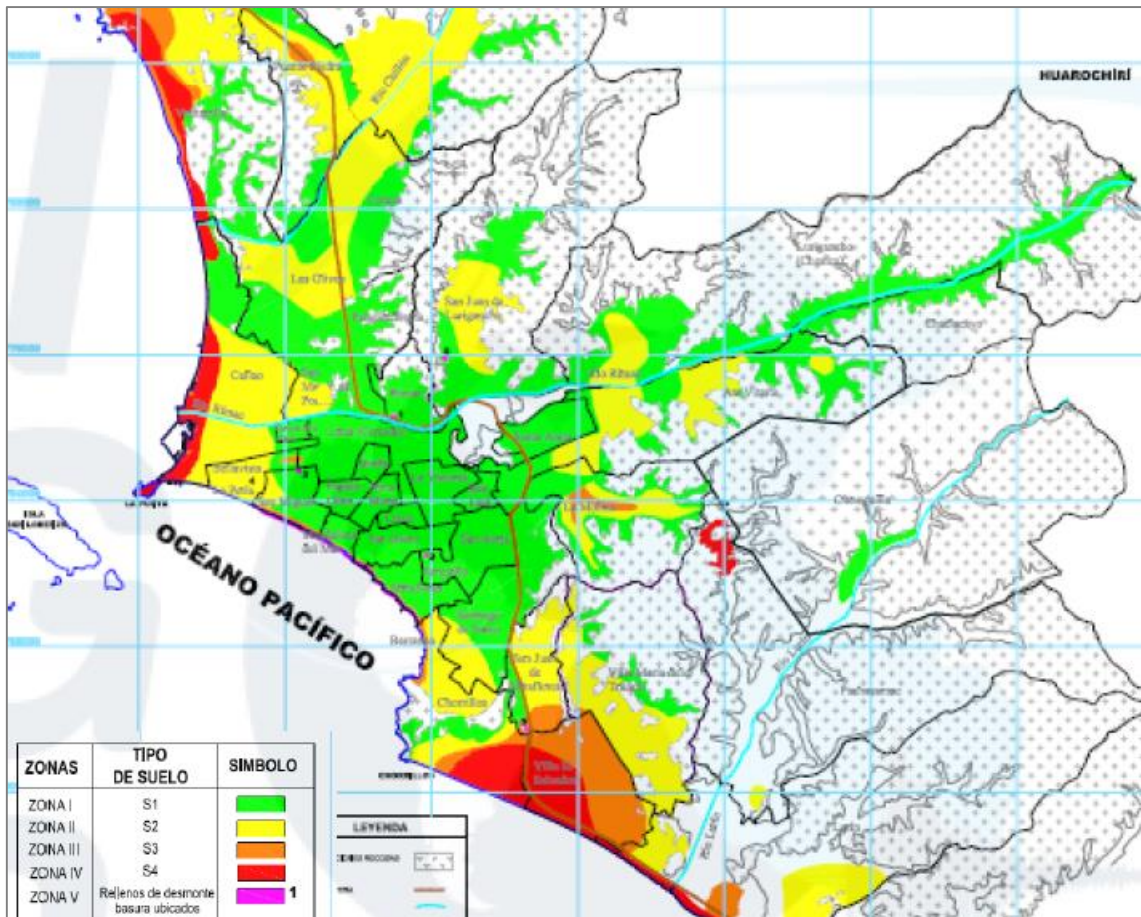


Figura 32. Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Lima. Fuente: Centro Peruano Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID).

3.5 Determinación de las cargas gravitacionales

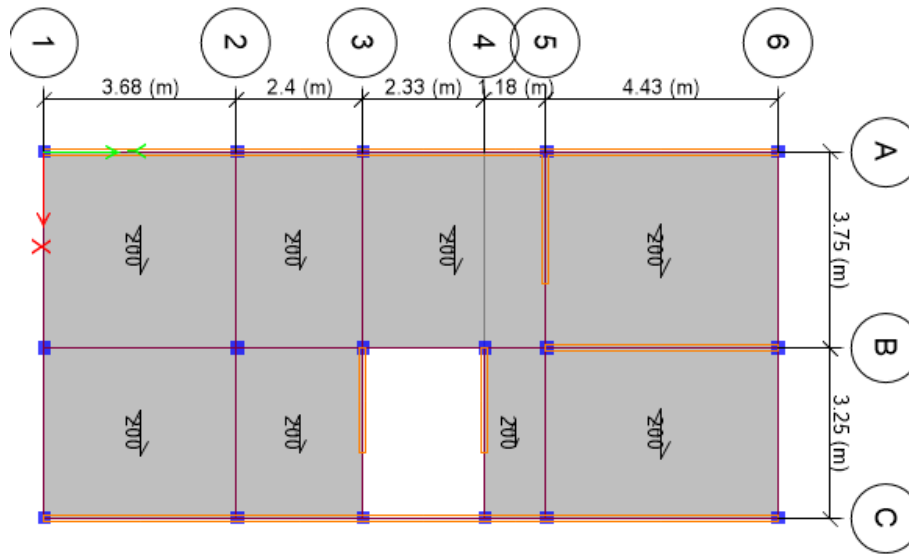


Figura 33. Aplicación de cargas gravitacionales muertas y vivas en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

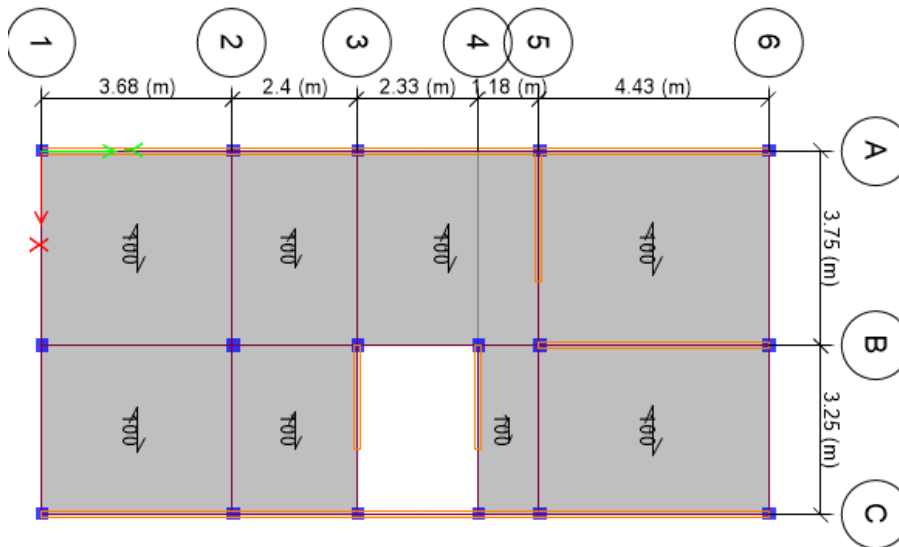


Figura 34. Aplicación de cargas gravitacionales en las azoteas. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Determinación de las características dinámicas

La respuesta de una estructura depende principalmente de sus características dinámicas. Las características dinámicas son las formas de modo de una estructura cualquiera y sus correspondientes eigenvectores. Estos valores pueden interpretarse como las formas de vibrar de una estructura al ser desplazadas cierta cantidad desde su posición de equilibrio.

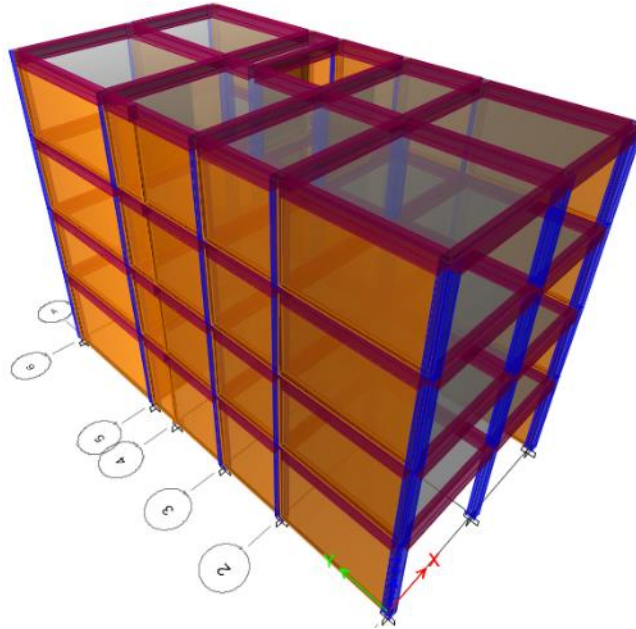


Figura 35. Modelo tridimensional de la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.

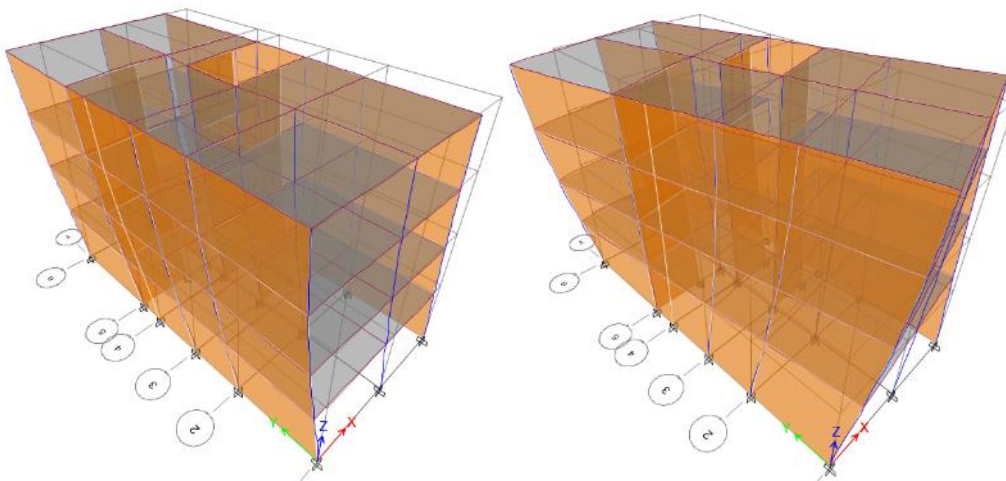


Figura 36. Primera y segunda formas de modo de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo de investigación el análisis modal se hizo mediante un software de análisis no lineal, conocido como ETABS v16. Los resultados de este análisis se muestran en la *Figura 37*.

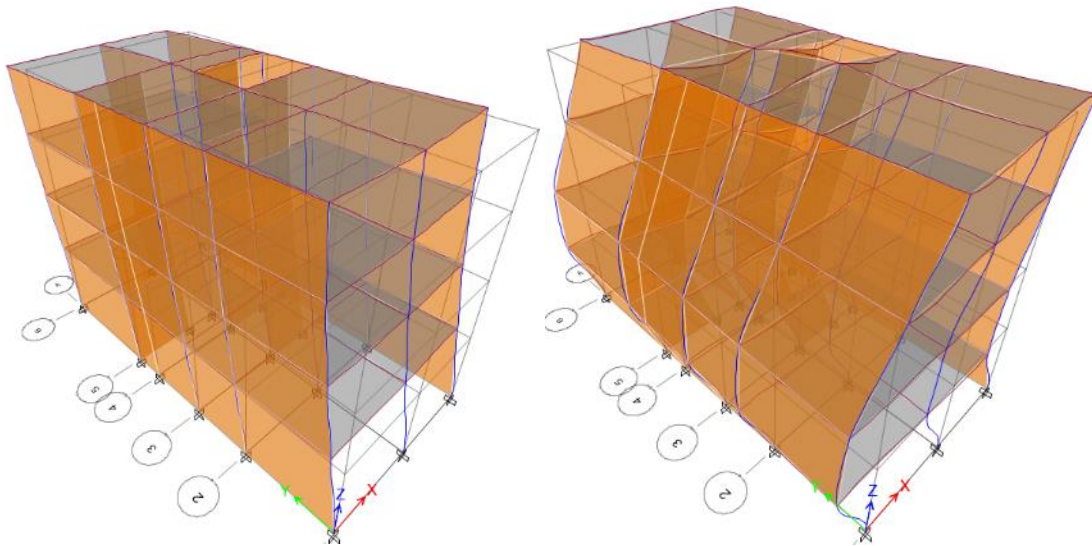


Figura 37. Tercera y cuarta formas de modo de la estructura analizada. Fuente:
Elaboración propia.

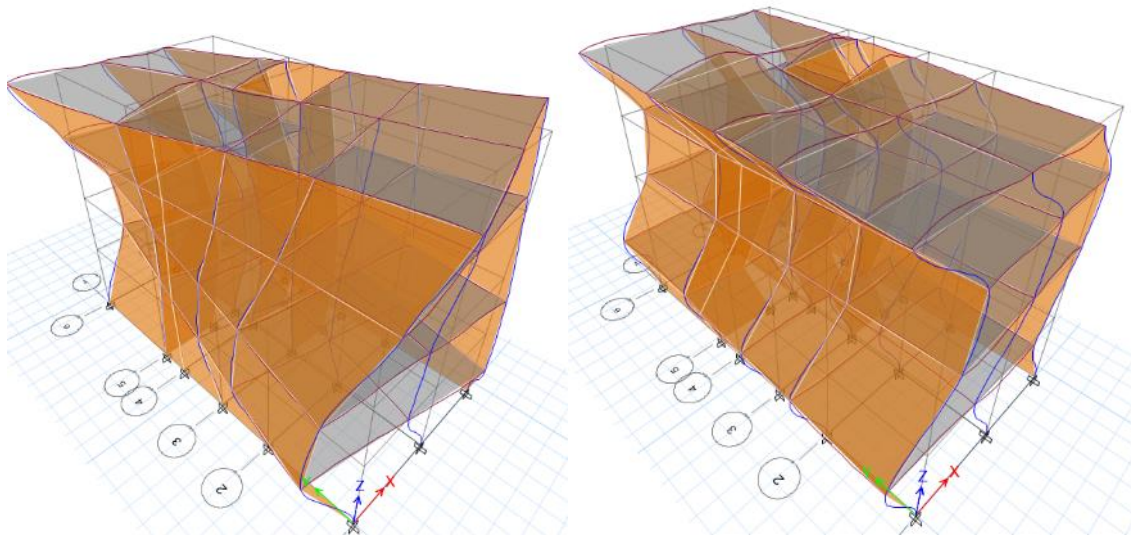


Figura 38. Quinta y sexta formas de modo de la estructura analizada. Fuente:
Elaboración propia.

3.7 Determinación de la demanda sísmica

Un paso crucial en la determinación de la respuesta sísmica es la definición de la demanda sísmica. En este sentido y dentro del estado del arte de la ingeniería sísmica estructural, la demanda sísmica se define mediante el uso de espectros de diseño. De hecho, la norma peruana de diseño sísmico proporciona un método práctico para la definición de la demanda sísmica a tener en cuenta para el diseño sísmico de una estructura cualquiera.

Tabla 12: Parámetros sísmicos que definen los niveles de aceleración lateral. Fuente: Elaboración propia.

Z	0.45	Factor de zona
S	1.00	Factor de suelo
Tp	0.40	Periodo que define la plataforma del factor C
Tl	2.50	Periodo que define el inicio de la zona del factor C
U	1.00	Factor de uso
Ro	3.00	Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas
Ia	1.00	Irregularidad en altura
Ip	1.00	Irregularidad en planta
R	3.00	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

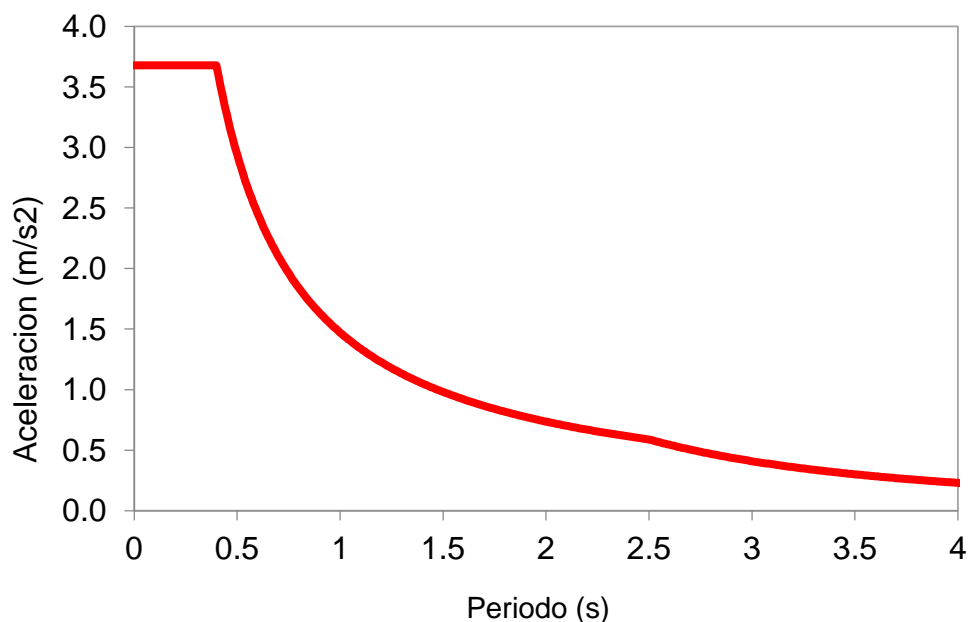


Figura 39. Espectro de aceleraciones correspondiente a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

En tal sentido, la definición de la demanda sísmica da inicio con el establecimiento del factor de zona, el que es un parámetro que esencialmente depende de la ubicación de espacial de la estructura a ser analizada. Dentro del contexto de la norma E030 (2018), existen esencialmente tres niveles de peligro, para cada uno de los cuales existen valores de aceleración lateral probable que van desde 0.1g hasta 0.45g. En el caso estudiado, la edificación analizada está ubicada dentro de la ciudad de Lima, por lo que le corresponde un factor de zona de 0.45.

El espectro de aceleraciones encontrado para el presentes estudio se muestra en la *Figura 39*, mientras que el espectro de desplazamientos asociado a este espectro de aceleraciones se muestra en la *Figura 40*.

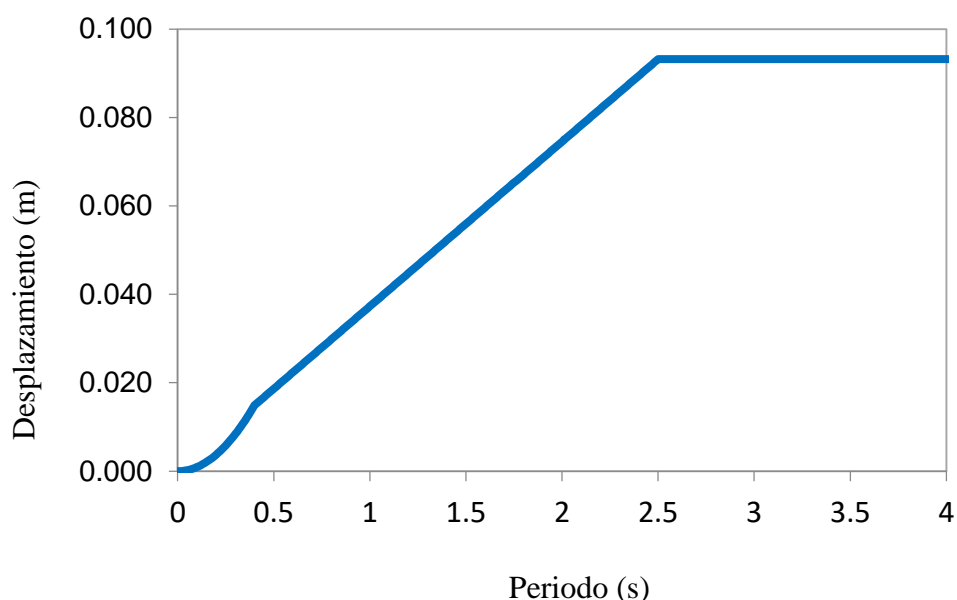


Figura 40. Espectro de desplazamientos laterales asociadas a la estructura analizada.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que los parámetros que dan origen a estas curvas se muestran resumidos en la **Tabla 12**.

3.7.1 Desplazamientos laterales máximos

Los máximos desplazamientos encontrados, tanto en la dirección x, como en la dirección y, se muestran en la *Figura 41*. De estos resultados se puede observar que el máximo desplazamiento en dirección x fue de 7.5 cm, mientras que en la dirección y, este valor fue de 1.5cm. Estos resultados indican claramente que existe una gran diferencia entre las rigideces, en dirección x e y.

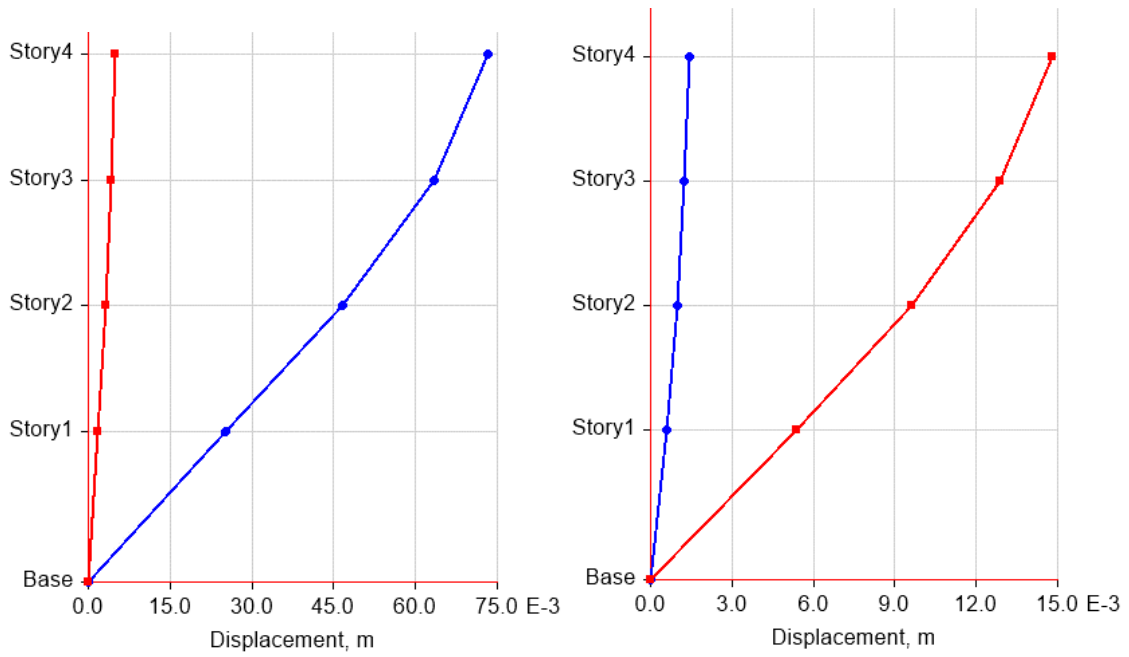


Figura 41. Máximos desplazamientos laterales en dirección x e y, debido a los sismos en x e y. Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Distorsiones laterales máximas

Las máximas distorsiones laterales encontradas, tanto en la dirección x como en la dirección y, se muestran en la Figura 42. De estos resultados se puede ver que la máxima distorsión lateral alcanzada por la estructura, en la dirección x, fue de 8.5/1000; mientras que en la dirección y, la máxima distorsión alcanzó un valor de 1.8/1000.

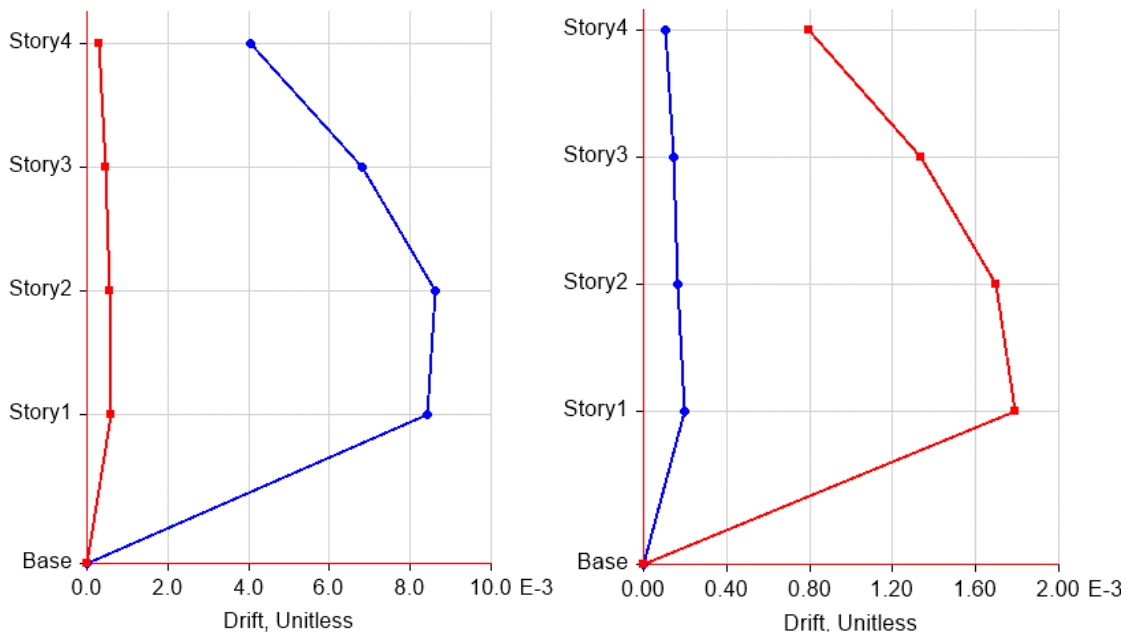


Figura 42. Máximas distorsiones laterales, en direcciones x e y. Fuente: Elaboración propia.

Es importante recordar que, de acuerdo con la norma peruana de diseño sísmico, las máximas distorsiones laterales permitidas, para el caso de pórticos de concreto armado, es de 7/1000, mientras que, para el caso de sistemas estructurales con base en albañilería confinada, este valor es de 5/1000.

Al comparar los resultados obtenidos del análisis estructural y los límites máximos de distorsiones, se puede observar que en el eje x, existe una deficiencia de rigidez lateral, al considerar el sistema estructural como de albañilería confinada. En el eje y, por el contrario, es indudable que el sistema resistente es de albañilería confinada, ya que, por las dimensiones de los muros, estos absorberán más de noventa por ciento de la fuerza cortante. En este caso, se puede apreciar que la rigidez lateral está dentro de los límites exigidos por la mencionada normativa.

En este punto es imperativo mencionar que, el solo hecho de que la rigidez sea insuficiente en una dirección es un indicio claro de que el comportamiento sísmico de la estructura analizada pueda ser deficiente, y por tanto, requerir de un reforzamiento adicional. Tal reforzamiento, como se verá más adelante, es el del encamisado de columnas de concreto.

3.7.3 Fuerzas cortantes

Las fuerzas cortantes nos permiten determinar la distribución de las fuerzas de corte en cada elemento estructural. La distribución de fuerzas cortantes en altura, en la edificación analizada se muestra en la *Figura 43*.

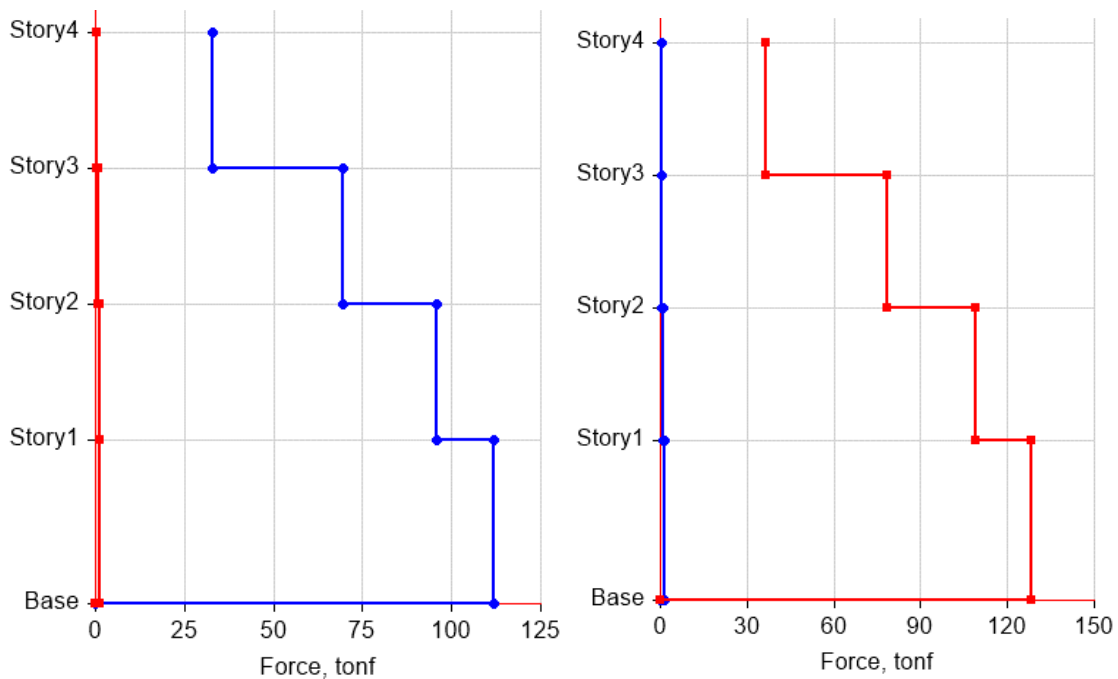


Figura 43. Distribución de fuerzas cortantes presentes en la estructura, debido a los sismos en x e y. Fuente: Elaboración propia.

3.8 Desempeño sísmico de la edificación analizada

La correcta evaluación del estado de una estructura debe realizarse mediante el uso de modelos de análisis que sean capaces de incorporar el comportamiento mecánico de los materiales, es decir, mediante un procedimiento de análisis no lineal.

3.8.1 Diagramas momento curvatura de las secciones

La primera parte de un proceso de análisis no lineal implica el estudio de las características mecánicas de los elementos estructurales, tales como columnas, vigas, losas, muros de concreto armado o muros de albañilería entre otros. Del análisis de los componentes presentes en la estructura analizada, se puede apreciar que los elementos estructurales presentes son columnas, vigas y muros de albañilería.

El estudio de las características no lineales de una estructura, en el caso de elementos de pórticos de concreto armado, da inicio con el estudio del comportamiento no lineal de las secciones típicas existentes, en este caso específico, las columnas y vigas.

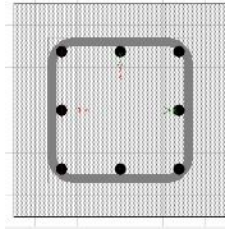


Figura 44. Sección transversal de la columna analizada. Fuente: Elaboración propia.

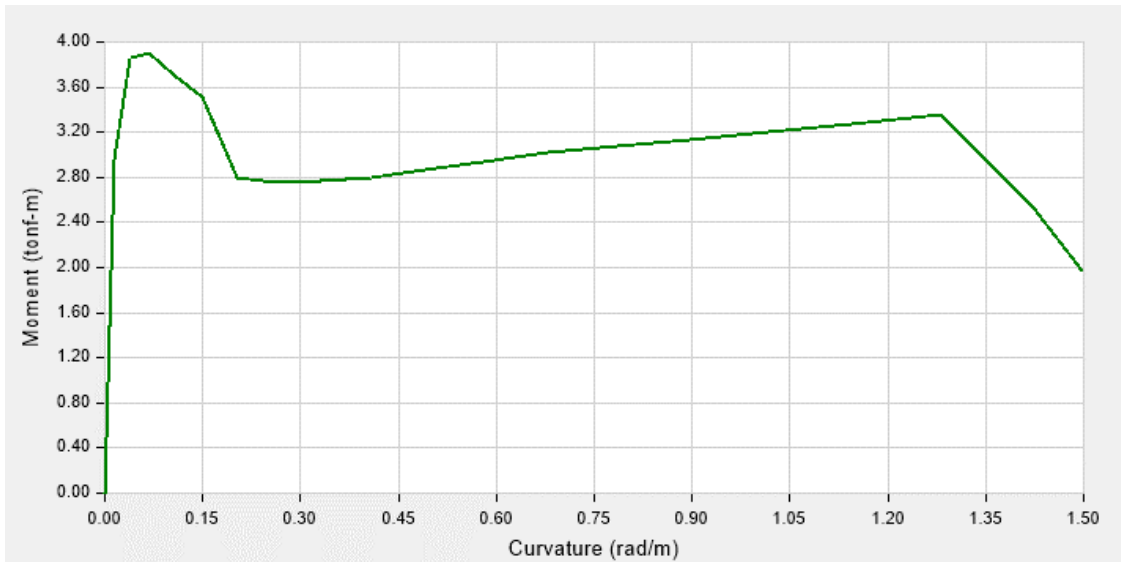


Figura 45. Diagrama momento curvatura de la sección analizada. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio del diagrama momento curvatura de una sección típica se muestra en la *Figura 45*. De este diagrama se puede apreciar que el momento capaz de soportar la sección mostrada fue de 3.8 t.m, mientras que su máxima capacidad de deformación fue de 1.2 rad/m.

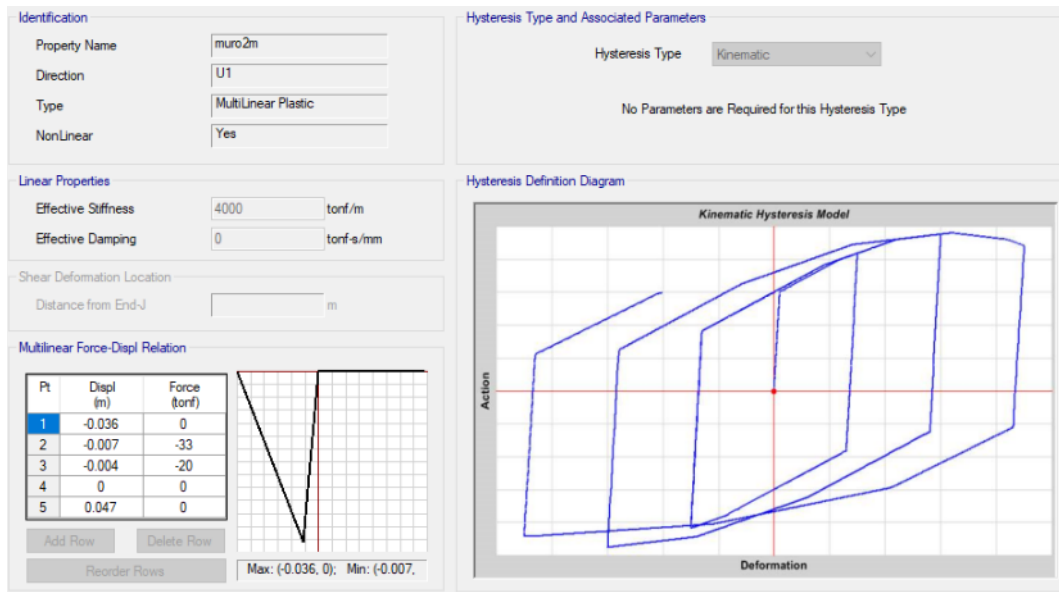


Figura 46. Modelamiento del comportamiento cíclico de la albañilería. Fuente: Elaboración propia.

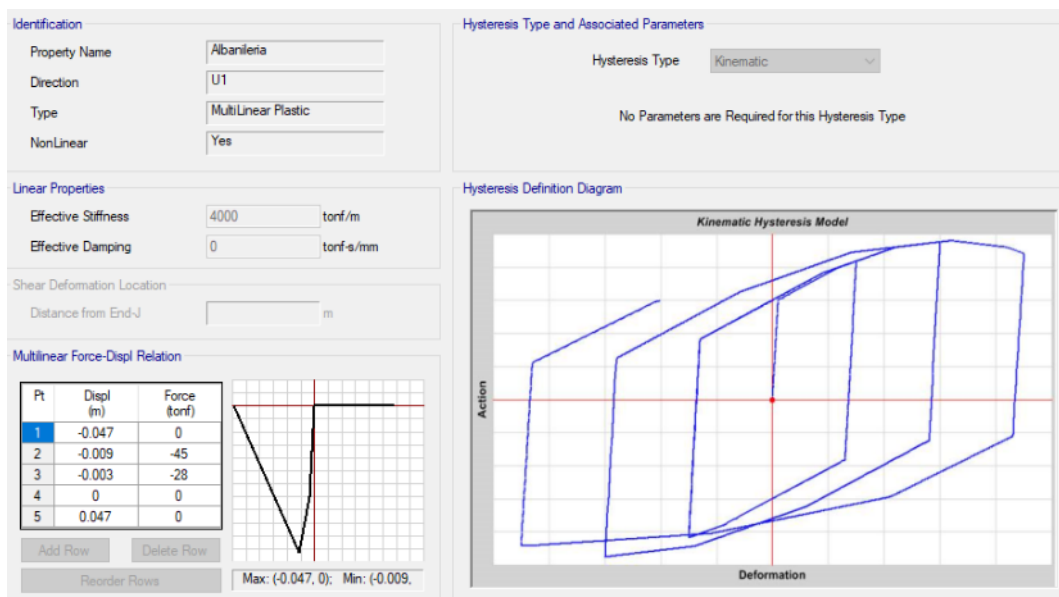


Figura 47. Modelamiento del comportamiento cíclico de la albañilería. Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinadas las propiedades no lineales, tanto del concreto como del acero, es posible realizar un modelamiento que incluya estas características. Tal análisis recibe el nombre de análisis estático no lineal de estructuras. Algunos de estos resultados se muestran en la siguiente sección.

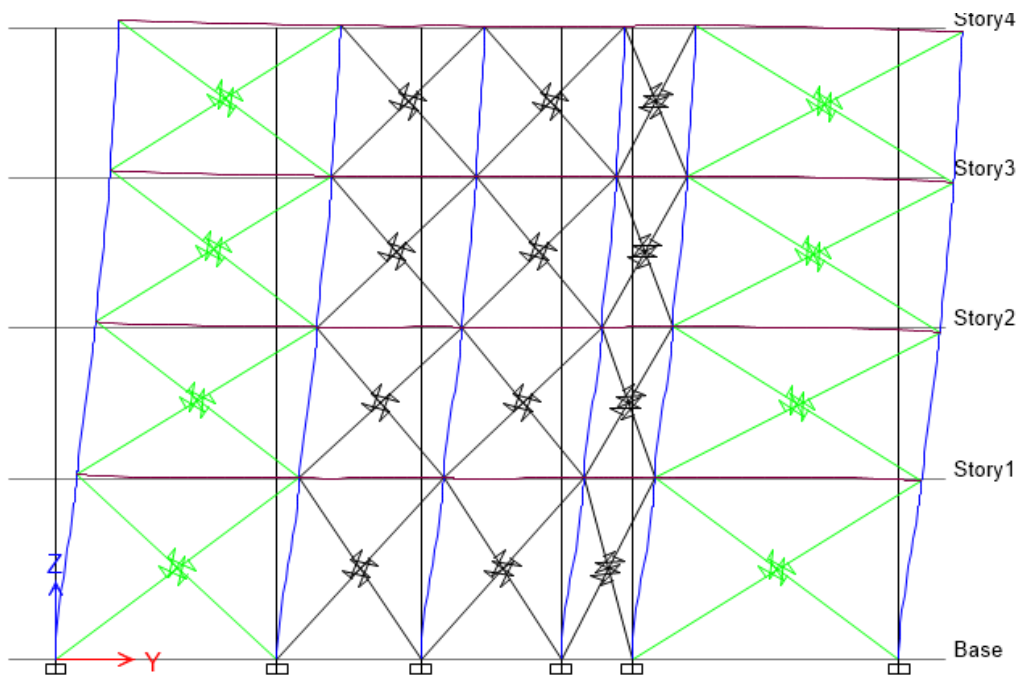


Figura 48. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.

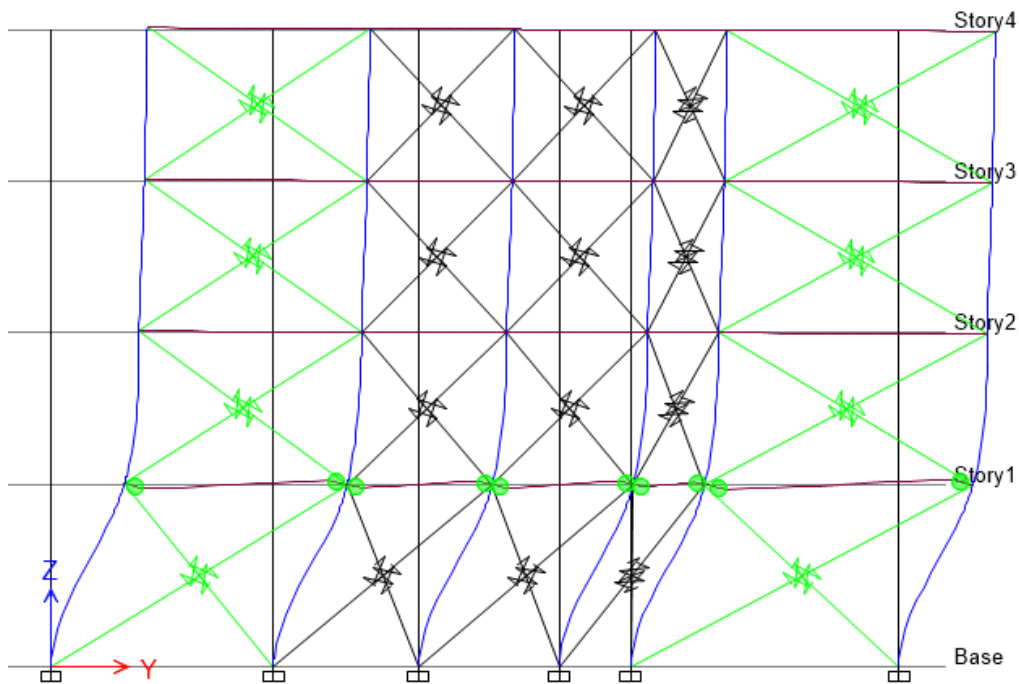


Figura 49. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.

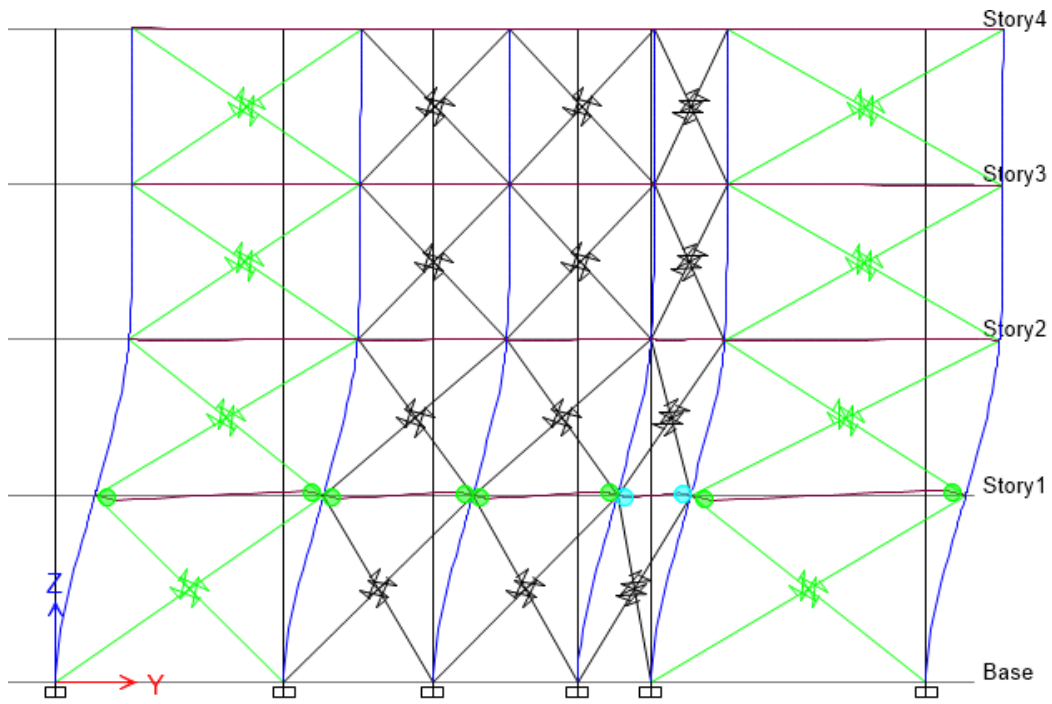


Figura 50. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.

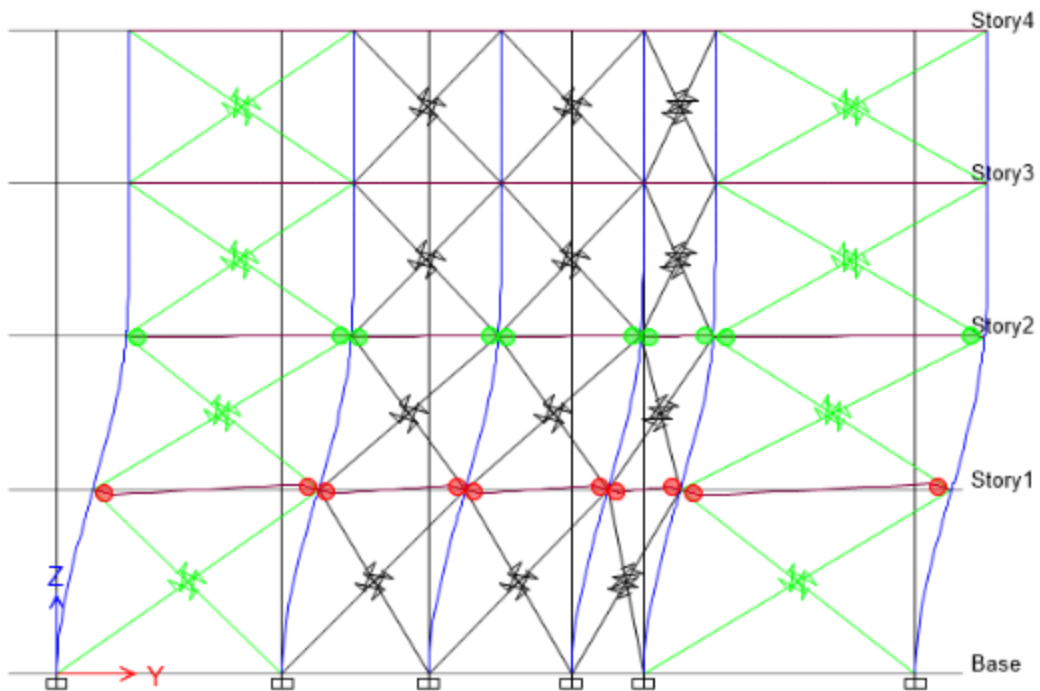


Figura 51. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje Y. Fuente: Elaboración propia.

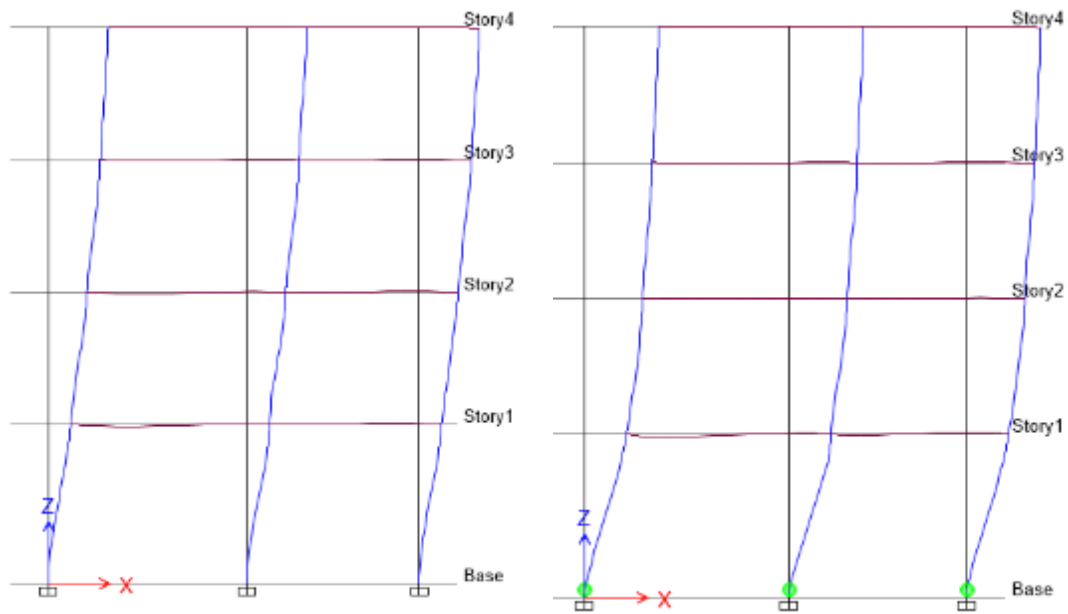


Figura 52. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje X. Fuente: Elaboración propia.

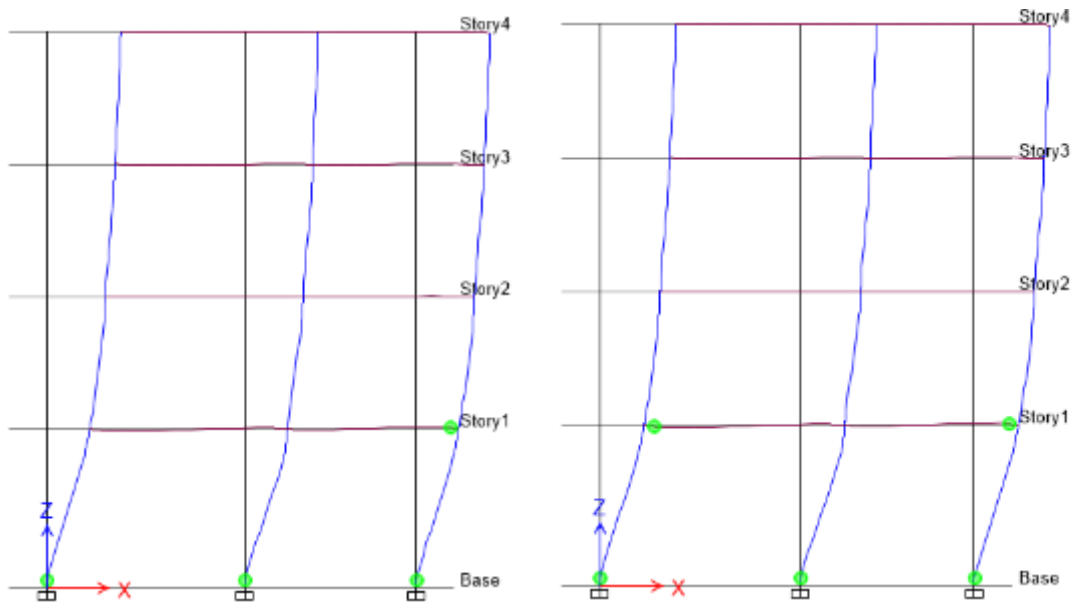


Figura 53. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje X. Fuente: Elaboración propia.

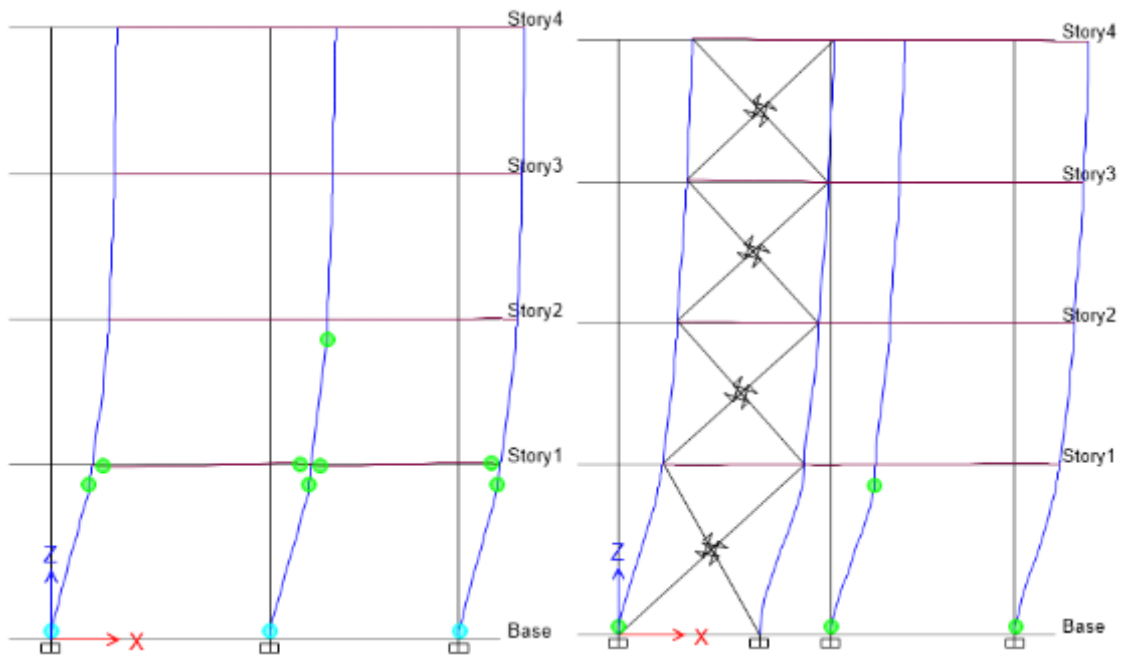


Figura 54. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje X. Fuente: Elaboración propia.

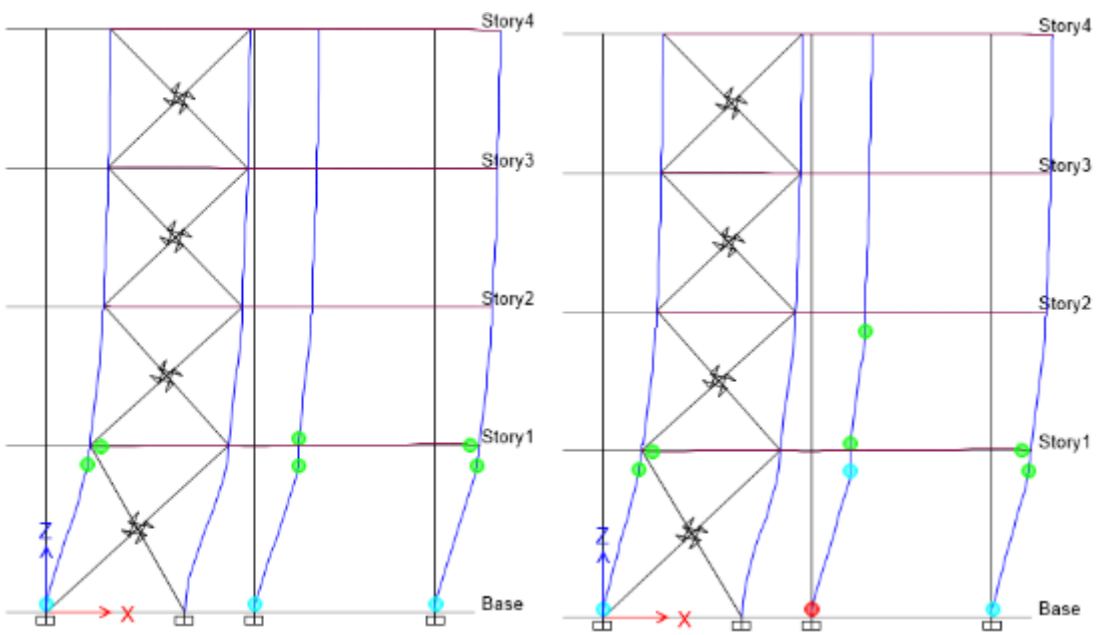


Figura 55. Comportamiento de la estructura analizada frente a la acción de un sismo en eje X. Fuente: Elaboración propia.

3.8.2 Determinación de la curva de capacidad estructura si refuerzo

Una vez resueltas la ecuaciones del movimiento, mediante el uso del software de análisis no lineal ETABS v16, se procedió a la evaluación de la curva de capacidad de la estructura reforzada. Esta curva nos permitirá determinar si el reforzamiento empleado logró incrementar de manera notable las características mecánicas de la estructura, tales como rigidez y resistencia.

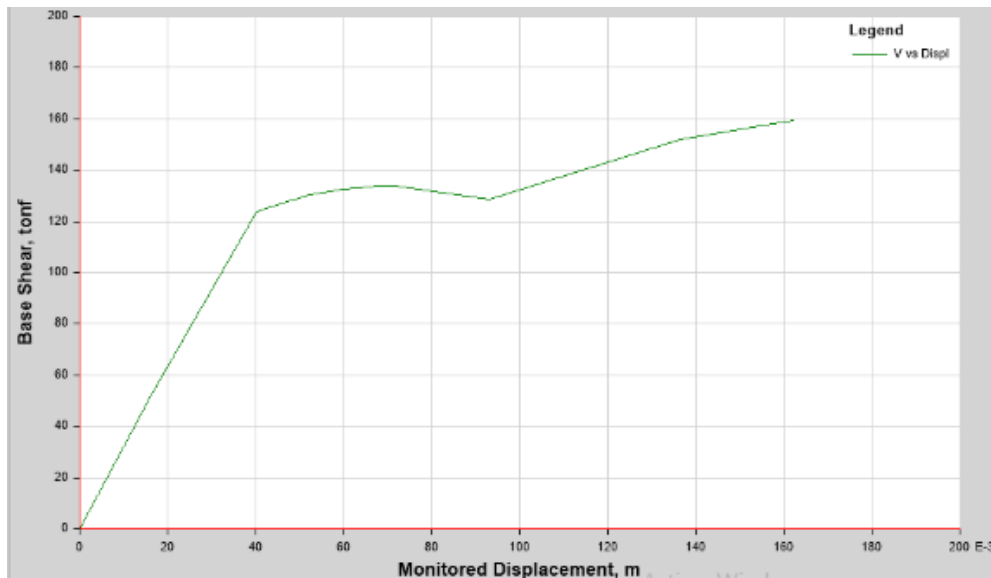


Figura 56. Curva de comportamiento de la estructura analizada en el eje X. Fuente: Elaboración propia.

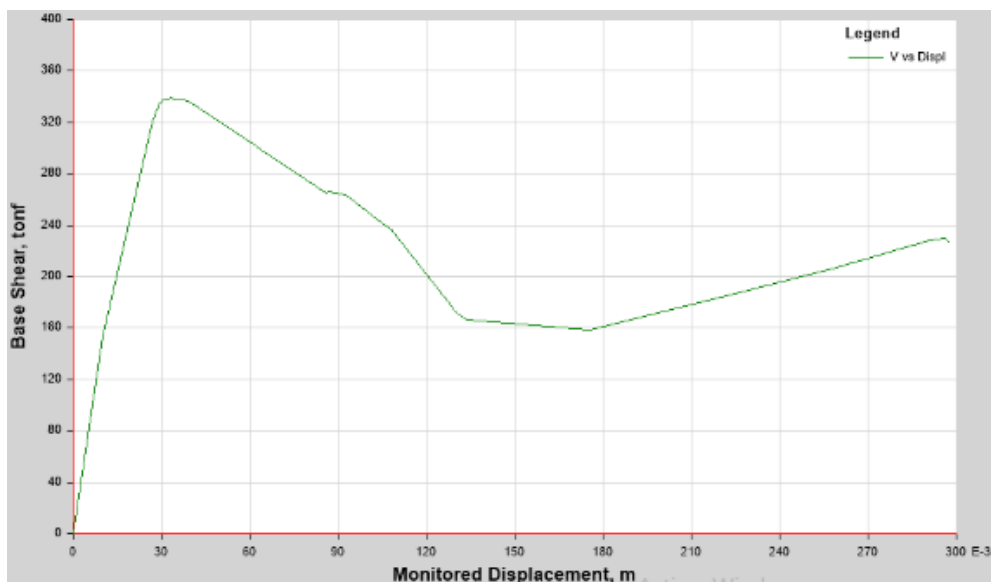


Figura 57. Curva de capacidad de la estructura analizada en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.

3.8.3 Determinación del punto de desempeño

Las curvas de capacidad obtenidas fueron usadas para definir los puntos de desempeño estructural. Estos puntos se definen como los valores más probables de desplazamientos impuestos por algún nivel de peligro sísmico, por tanto, la determinación de este parámetro nos permitirá establecer el nivel de daño esperado en la estructura analizada.

De acuerdo con esto, y con los resultados encontrados del análisis sísmico, en la *Figura 58* se muestra la curva de capacidad de la estructura sin reforzamiento y superpuesto en este mismo gráfico, se muestra la determinación del punto de desempeño sísmico de la estructura analizada.

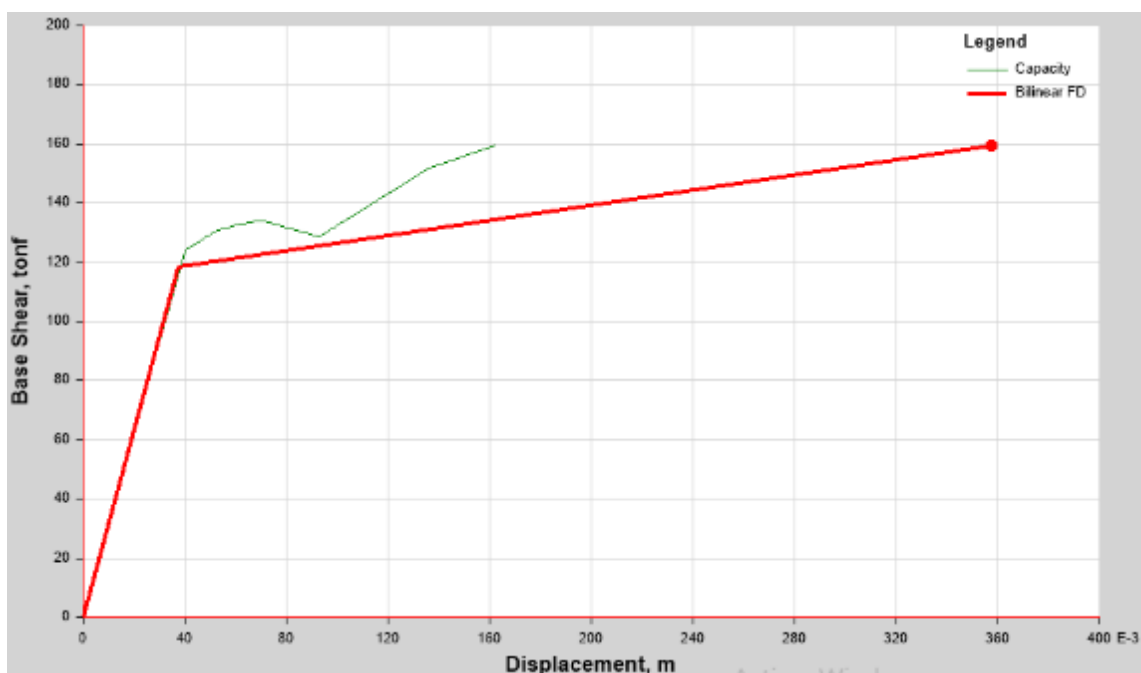


Figura 58. Determinación del punto de desempeño de la estructura analizada en el eje x.

Fuente: Elaboración propia.

Conviene aclarar que la curva mostrada nos permite apreciar cual es el máximo desplazamiento lateral por lo que es claro que si el punto de desempeño está a la derecha de este punto máximo, la estructura habrá colapsado. Esto tiene sentido y coherencia, pues la curva de capacidad nos muestra los límites máximos de resistencia y ductilidad que le confieren a la estructura estabilidad.

En el caso analizado, por otro lado se puede observar que el punto de desempeño está muy a la derecha de la estructura analizada, esto implica que la estructura no será capaz de proveer de la estabilidad necesaria.

Estos resultados muestran que para el nivel de sismo considerado en la norma peruana de diseño sísmico, la estructura se vería afectada de manera negativa. En otras palabras, es necesario el reforzamiento de la estructura analizada.

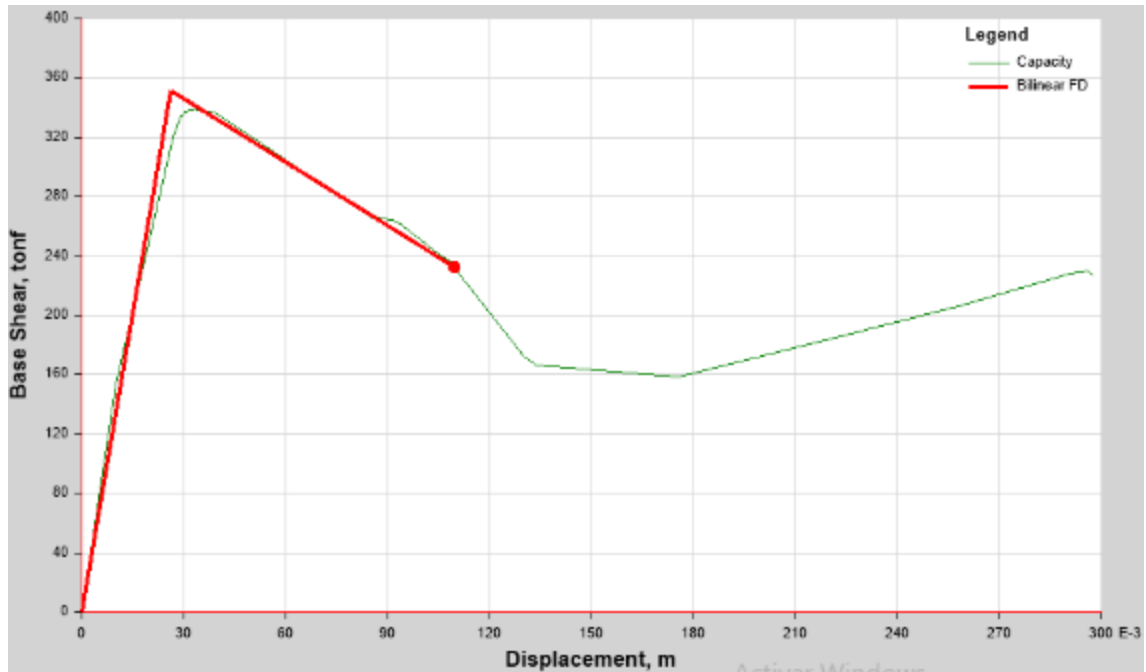


Figura 59. Determinación del punto de desempeño de la estructura en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.

3.9 Propuesta de reforzamiento

A continuación, se describen los razonamientos y procedimiento empleado para la mejora estructural de la edificación analizada. En primer lugar, en la *Figura 60* muestra la planta típica existente y los elementos que serán intervenidos para el reforzamiento.

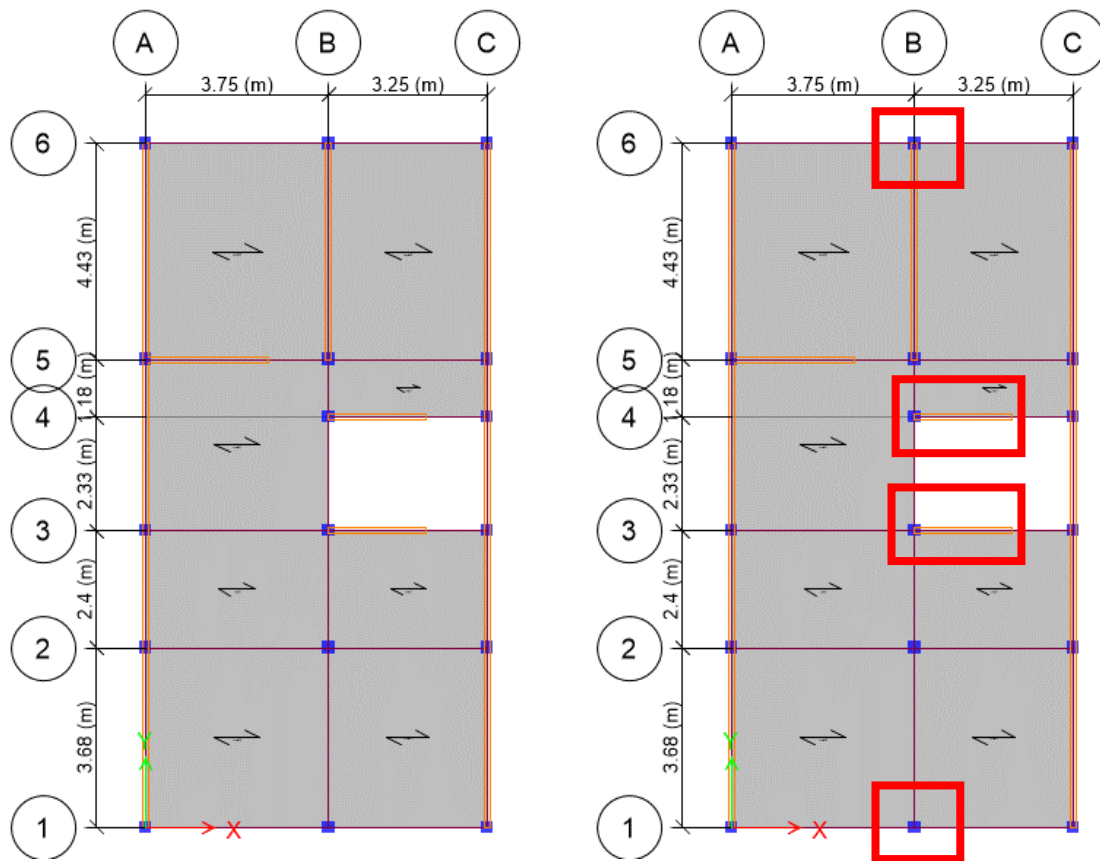


Figura 60. Propuesta de reforzamiento de elementos estructurales presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.

3.10 Dimensionamiento

Toda propuesta de reforzamiento deberá cumplir con dos requisitos esenciales, adecuada rigidez lateral y resistencia sísmica adecuada (Proaño, 2014).

En cuanto al primer requisito se puede mencionar que este se cumple mediante el control de distorsiones de entrepiso, ya que como el lector comprenderá, mientras más rígida sea una estructura las distorsiones serán menores y viceversa. De acuerdo con la norma peruana de diseño sismorresistente (E030, 2018), Toda estructura de concreto armado deberá ser diseñada de tal forma que se le provea de la rigidez lateral necesaria para que las máximas distorsiones laterales no sobrepasen de $7/1000$, tanto en la dirección X, como en la dirección Y.

En el caso de estudio, de los resultados mostrados en las secciones anteriores, se observó que las máximas distorsiones laterales superaban ampliamente los límites máximos de distorsiones laterales permitidos por la norma peruana de diseño sísmico, en especial en

la dirección x. Debido a esto, se propuso incrementar las secciones transversales de las columnas en la dirección X, tal como se muestra en la *Figura 61*.

En este punto es importante mencionar que el incremento de las secciones transversales de las columnas presentes en la estructura analizada no debe hacerse de manera desordenada ni arbitraria, sino que se debe respetar escrupulosamente la arquitectura existente y los usos diarios de las familias que habitan en esta.

Es por esto que el incremento de las secciones transversales no puede darse en todas las columnas, ya que esto afectaría las áreas de uso cotidiano. En lugar de esto se propone aprovechar las estructuras existentes y que en general aportan muy poca rigidez a la estructura. Estos son por ejemplo los muros de albañilería presentes en los ejes “3” y “4”. En este sentido se ha decidido eliminar estos elementos como muros de albañilería e intervenir las columnas existentes para dar origen a una sección de concreto arando que use como base a las columnas de concreto existentes para convertirla en un elemento de gran rigidez lateral.

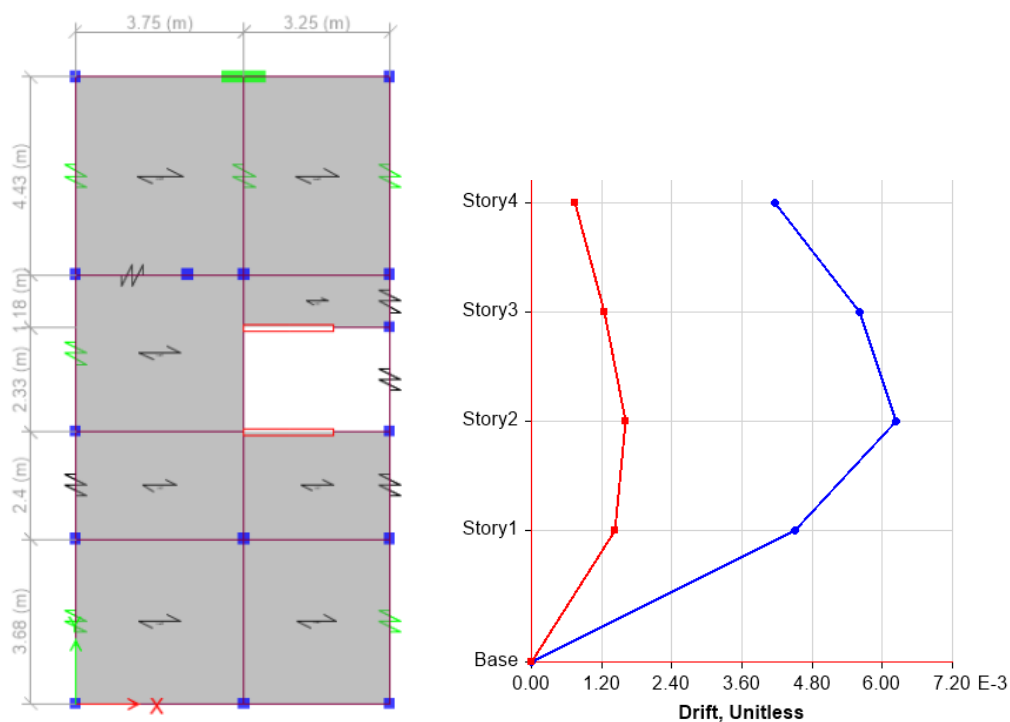


Figura 61. Propuesta de reforzamiento de elementos estructurales presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.

De manera análoga se incrementó la sección transversal de la columna posterior, aprovechando que esta no interrumpe la arquitectura existen. Se aprovecha esta ocasión para informar al lector de que se ha prescindido de los planos de arquitectura, ya que

resulta obvio una intromisión arquitectónica el hecho de ensanchar una columna en la sala o el comedor, por tanto el criterio principal ha sido evitar la invasión de las áreas mostradas.

Como parte del método se debe mencionar que se ha seguido un proceso iterativo para el dimensionamiento de las secciones de los elementos estructurales, dando como resultados las dimensiones mostradas a continuación. La columna ubicada en la intersección de los ejes B y 6, requiere que su dimensión en x sea ampliada desde los 25 cm actuales, hasta 1m de longitud, lo que da a origen a la sección transversal mostrada en la *Figura 62*.

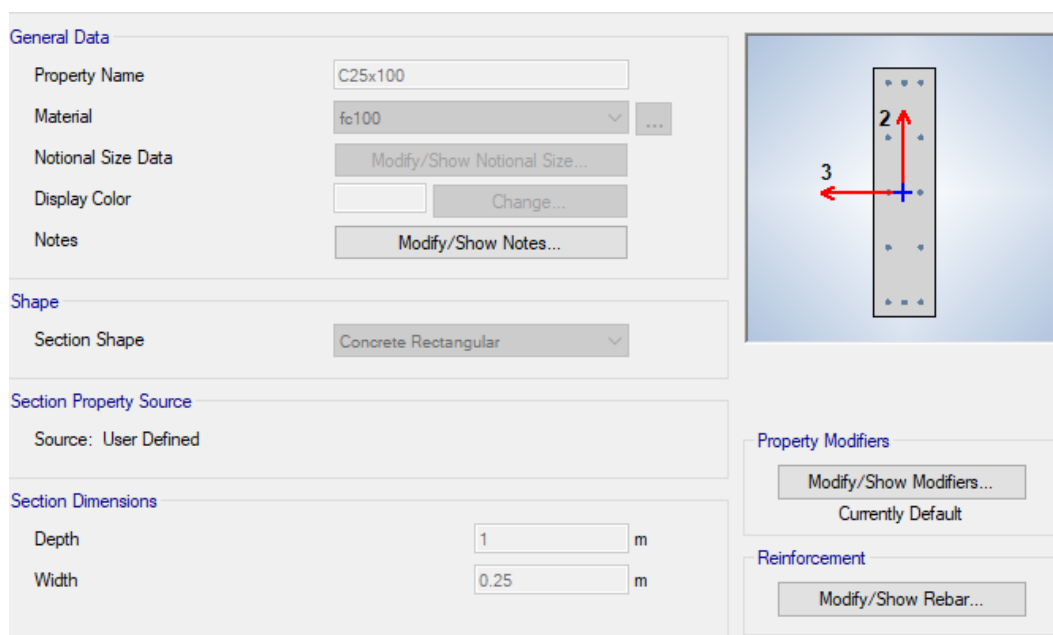


Figura 62. Sección transversal presente en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se procedió al diseño iterativo de las cuantías de refuerzo longitudinal de la columna analizada. El proceso iterativo dio inicio con una cuantía del 1%, de acuerdo con la norma de diseño en concreto armado (E060, 2003). Se elaboró la superficie de interacción de la columna analizada y se procedió a la comparación con la demanda sísmica. Los resultados se muestran en la *Figura 63*.

Los resultados del análisis efectuado muestran que la columna analizada, reforzada con una cuantía del 1% es capaz de absorber las demandas sísmicas asociadas con el sismo de diseño, por lo que el incremento de sección fue el adecuado.

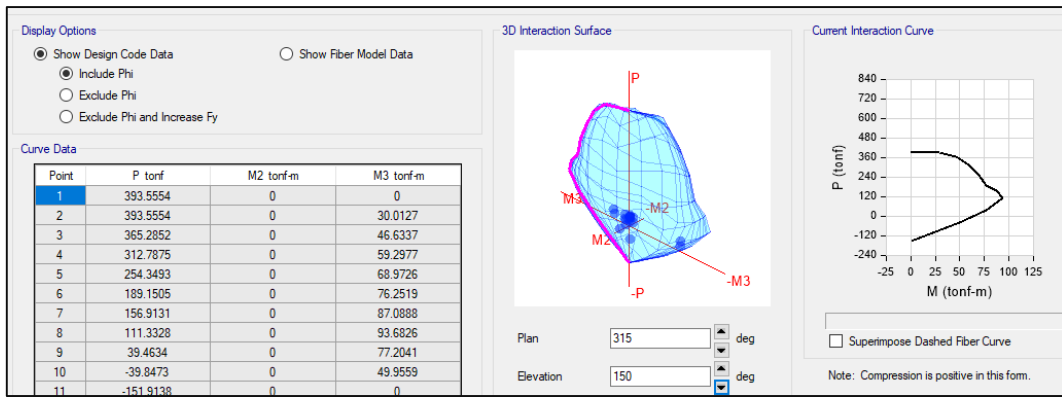


Figura 63. Diagrama de interacción de columna analizada y demanda sísmica. Fuente: Elaboración propia.

3.11 Diagramas momento curvatura

Finalmente, una vez determinadas, tanto las dimensiones del elemento reforzado como la cantidad de acero de refuerzo colocado, se estudió el diagrama momento curvatura de la sección, con fines de análisis no lineal, tal como se muestra en la Figura 65.

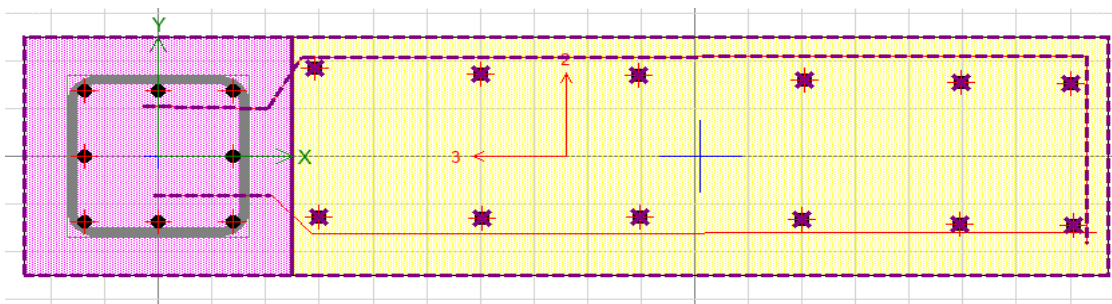


Figura 64. Incremento de la sección transversal de la columna existente. Fuente: Elaboración propia.

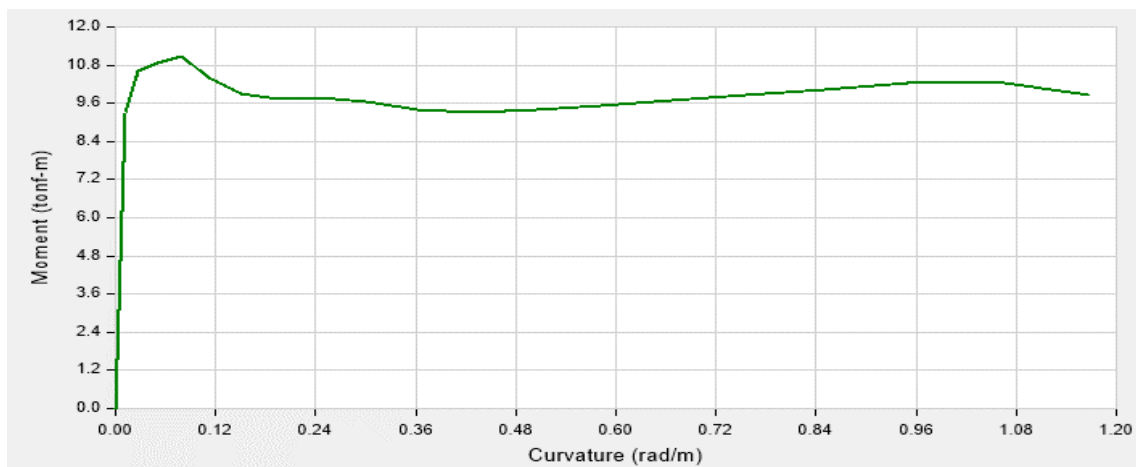


Figura 65. Diagrama momento curvatura de la sección reforzada. Fuente: Elaboración propia.



Figura 66. Sección transversal de la columna existente. Fuente: Elaboración propia.

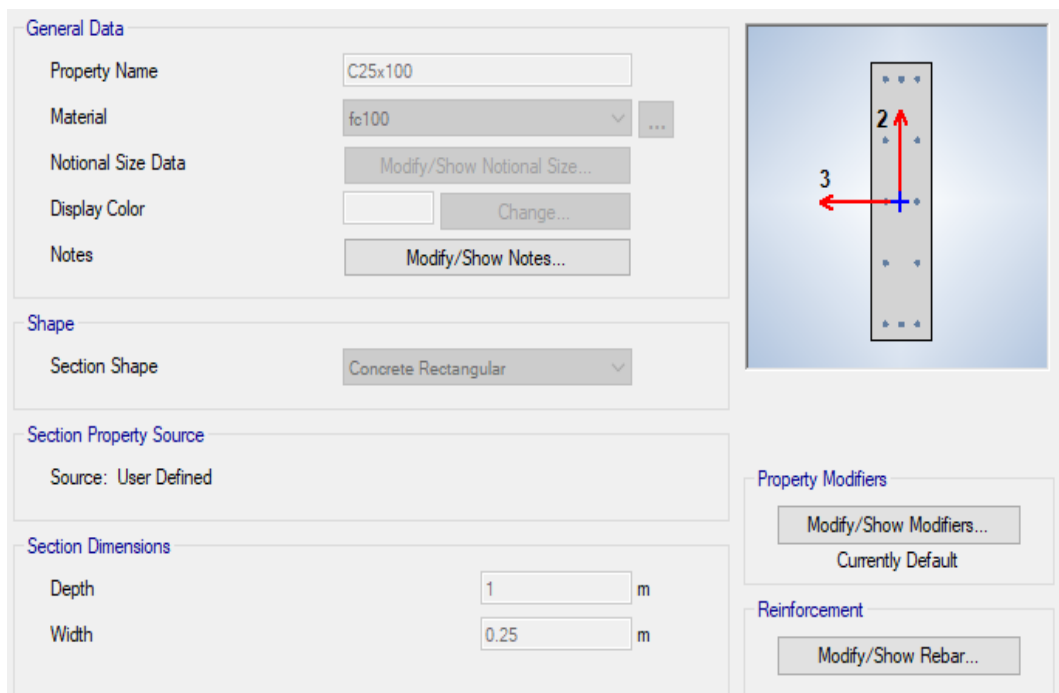


Figura 67. Sección transversal de la viga existente. Fuente: Elaboración propia.

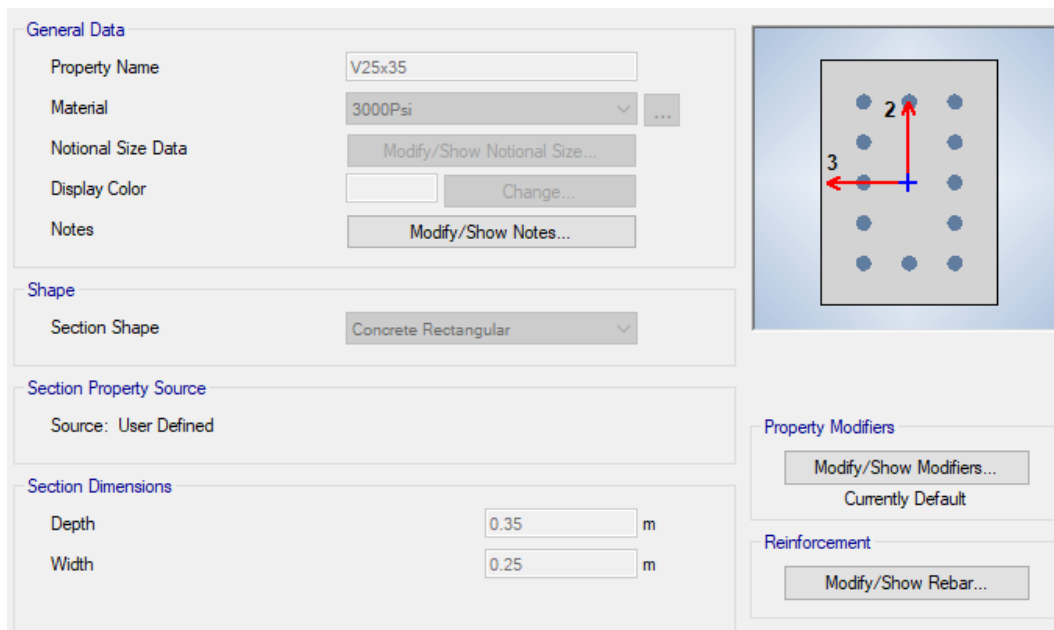


Figura 68. Sección transversal de la viga existente. Fuente: Elaboración propia.

3.12 Modelamiento de la estructura reforzada

Finalmente, con los datos obtenidos en las secciones anteriores, se procedió a modelar la estructura estudiada en el software de análisis no lineal ETABS V16, tal como se muestra en la *Figura 69*. La deformada de la estructura debido a las cargas gravitacionales se muestra en la *Figura 70*.

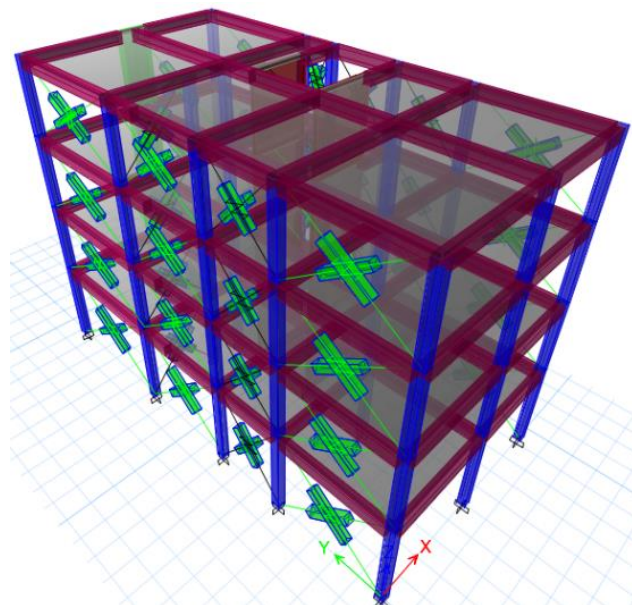


Figura 69. Modelo estructural de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.

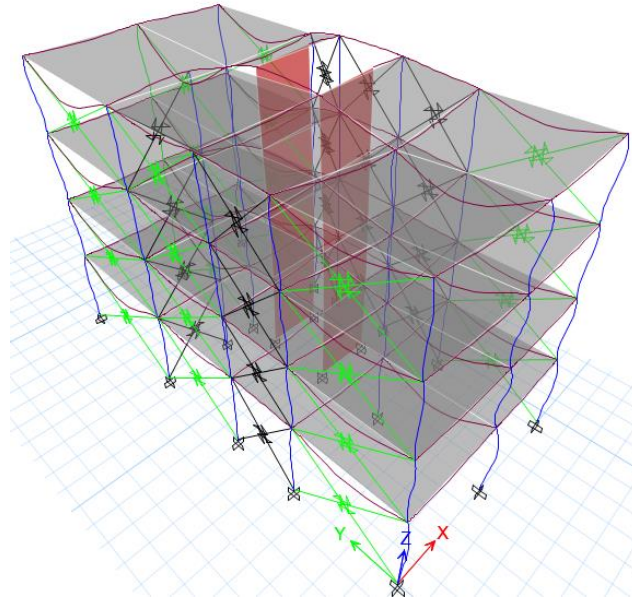


Figura 70. Deformada de la estructura analizada debido a la carga gravitacional. Fuente: Elaboración propia.

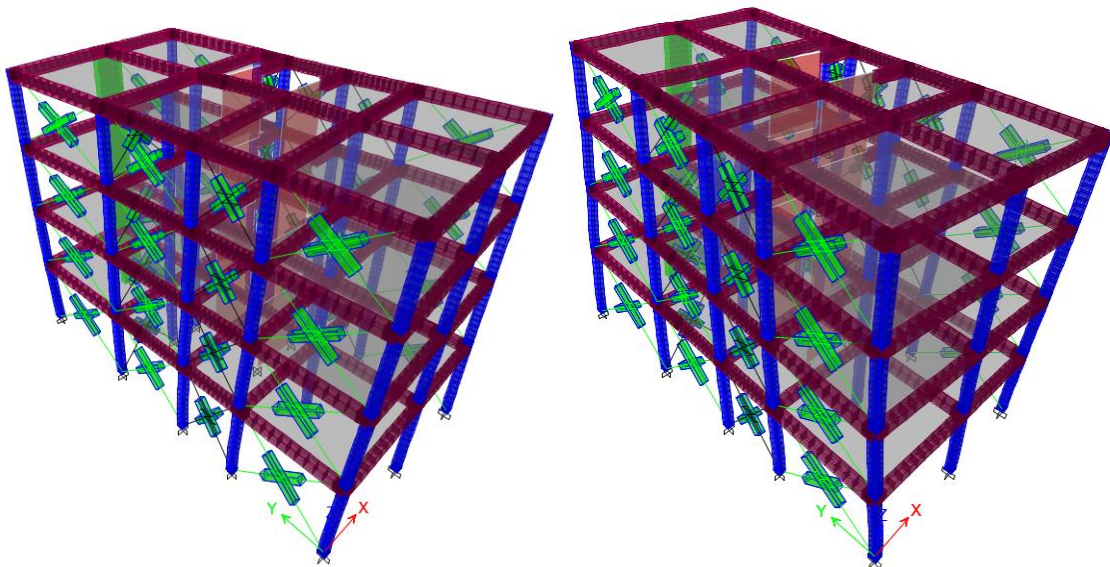


Figura 71. Primera y segunda formas de modo la estructura. Fuente: Elaboración propia.

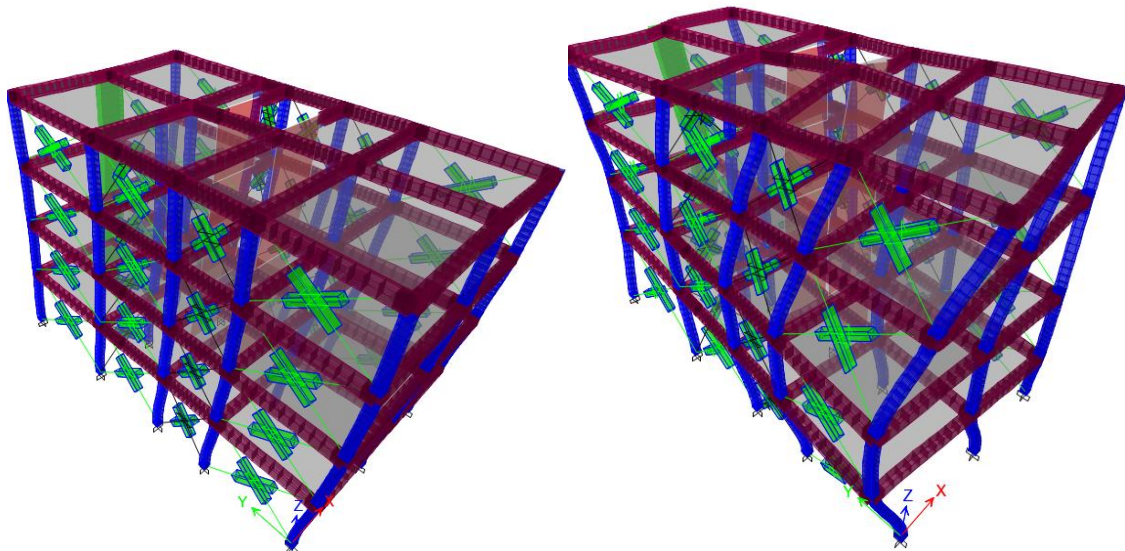


Figura 72. Tercera y cuarta formas de modo presentes en la estructura analizada.

Fuente: Elaboración propia.

3.13 Respuesta sísmica de la estructura reforzada

Los resultados del análisis realizado se han resumido para mostrar los efectos de un sismo en la estructura reforzada. Con respecto de los máximos desplazamientos encontrados, en la Figura 73 se muestran los acontecidos en la estructura debido al sismo de diseño considerado.

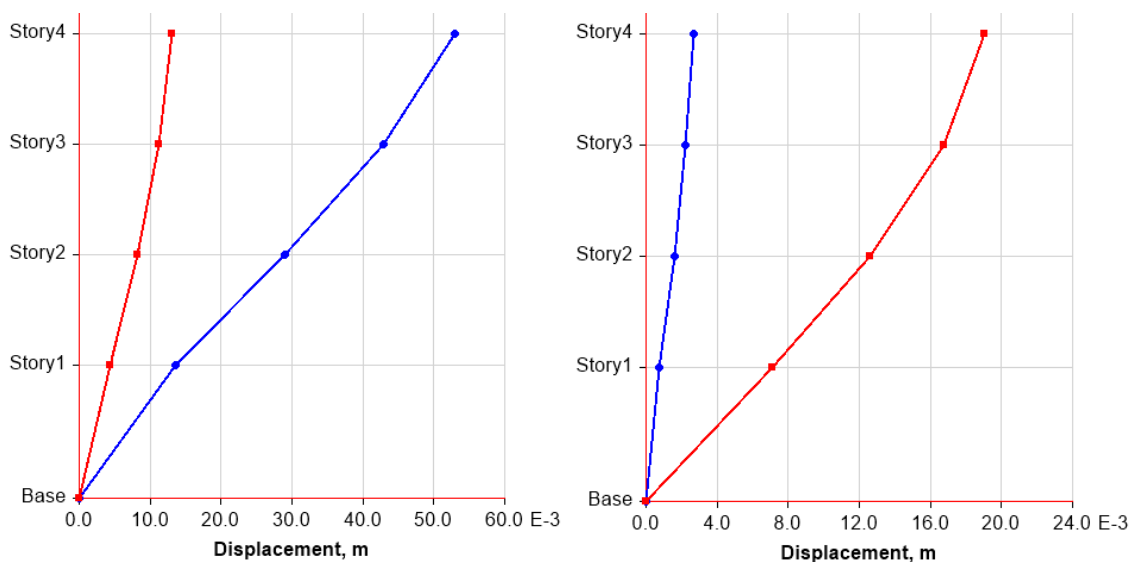


Figura 73. Máximos desplazamientos laterales presentes en la estructura reforzada.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados nos muestran que el máximo desplazamiento obtenido en dirección x fue de 5cm, mientras que el máximo desplazamiento obtenido en dirección y fue de 1.8cm

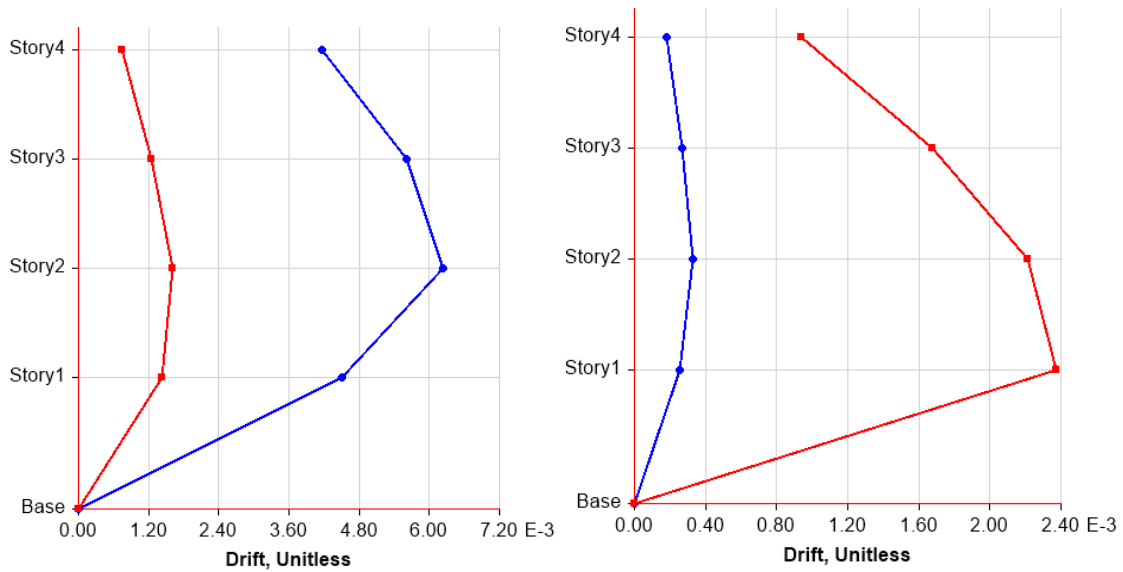


Figura 74. Máximas distorsiones laterales presentes en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

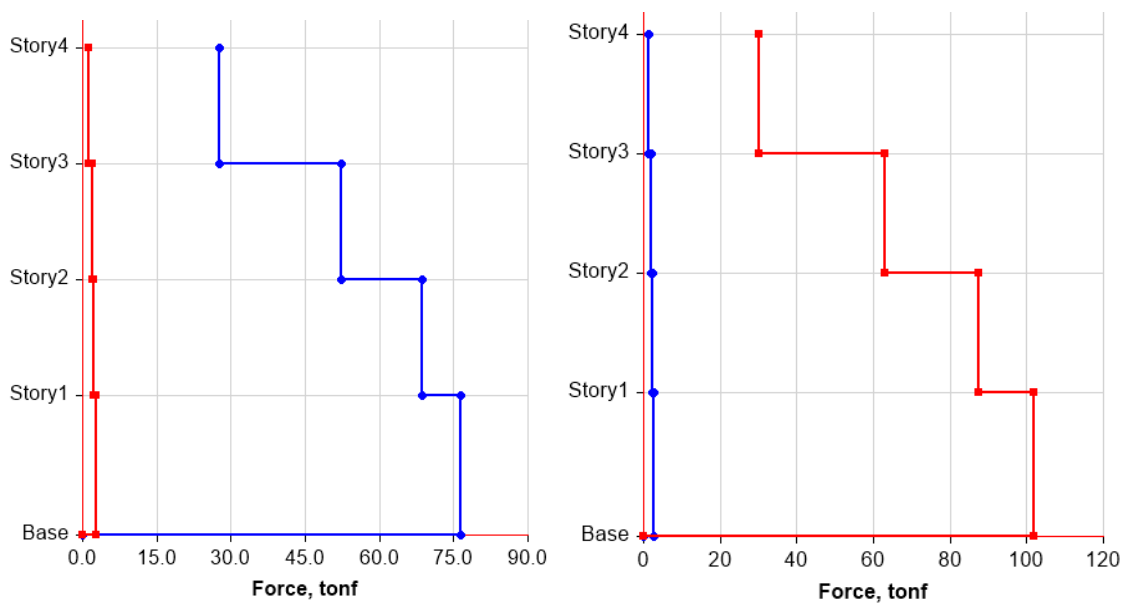


Figura 75. Máximas fuerzas de corte presentes en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

Además, al calcular las máximas distorsiones laterales asociadas a los máximos desplazamientos encontrados, se puede apreciar que el máximo valor obtenido en dirección x fue de 6.1/1000, mientras que la máxima distorsión lateral encontrada en dirección y fue de 2.4/1000. Como se puede apreciar estos valores resultaron ser mucho menores que los máximos encontrados cuando la estructura no se había reforzado. Además, el reforzamiento propuesto permitió obtener distorsiones laterales menores a las requeridas por la norma peruana de diseño sísmico, que en el presente caso de estudio

fueron de 7/1000, en la dirección x, como en la dirección y. En este punto conviene aclarar que se está considerando que el sistema estructural predominante en la dirección, después de aplicado el reforzamiento, es el dual, es decir, una combinación de pórticos y muros de concreto armado. Por tal motivo, se ha considerado que las máximas distorsiones permitidas en dirección x son iguales a 7/1000.

3.14 Desempeño sísmico de la estructura reforzada

Además de los resultados mostrados se ha realizado un análisis estático no lineal, como método para poder determinar el nivel de desempeño alcanzado por la estructura reforzada. Para esto se realizó un análisis estático no lineal usando el software de análisis no lineal ETABS V16.

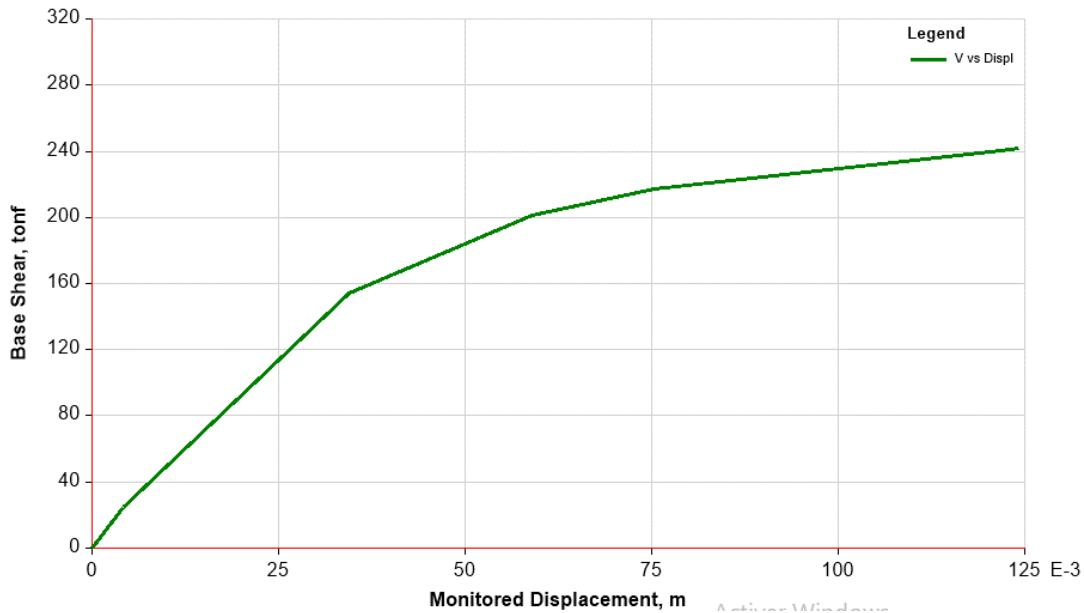


Figura 76. Curva de capacidad o de comportamiento en dirección X de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.

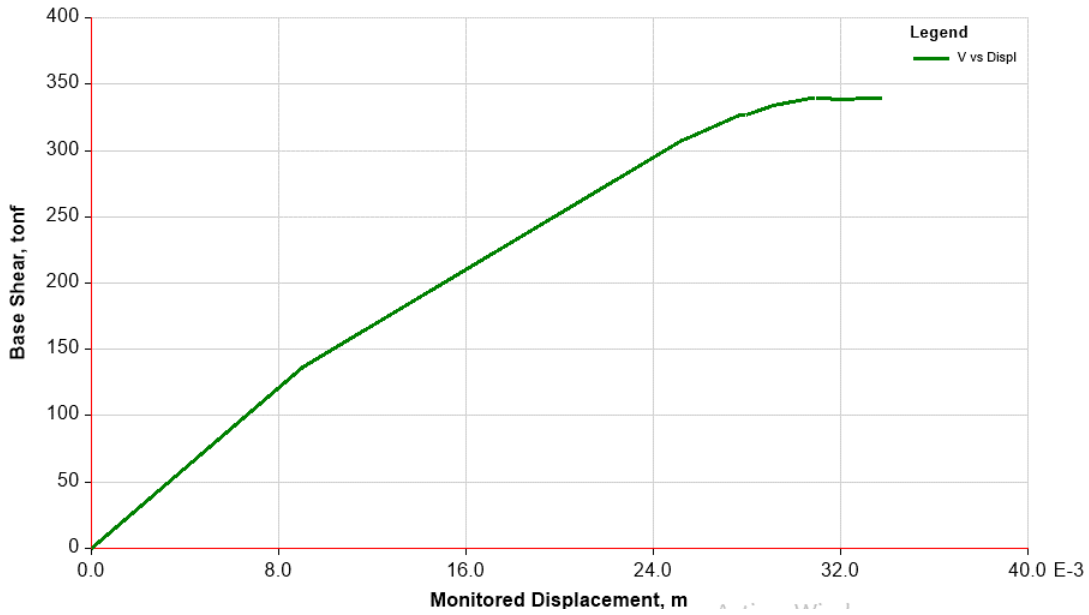


Figura 77. Curva de capacidad o de comportamiento en dirección Y de la estructura reforzada. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos del análisis no lineal se muestran en la Figura 76 y Figura 77, mostrados en formas de curva de capacidad. Los resultados obtenidos nos muestran que la resistencia lateral de la estructura fue de 240 t, en el eje x.

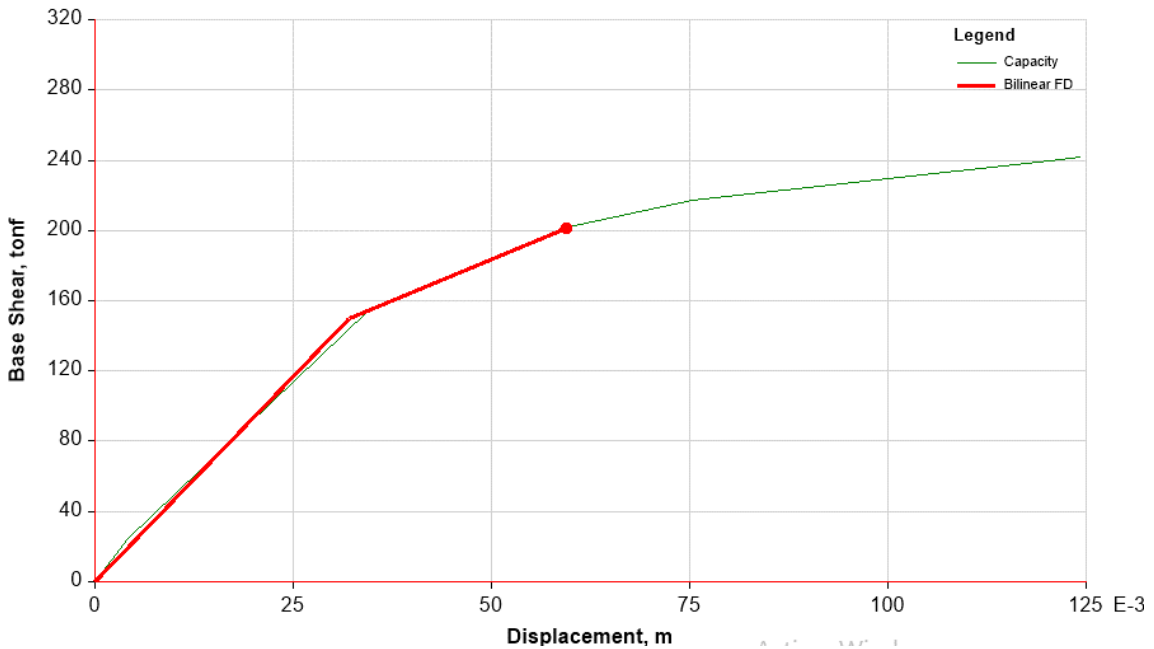


Figura 78. Punto de desempeño de la estructura reforzada en la dirección X. Fuente: Elaboración propia.

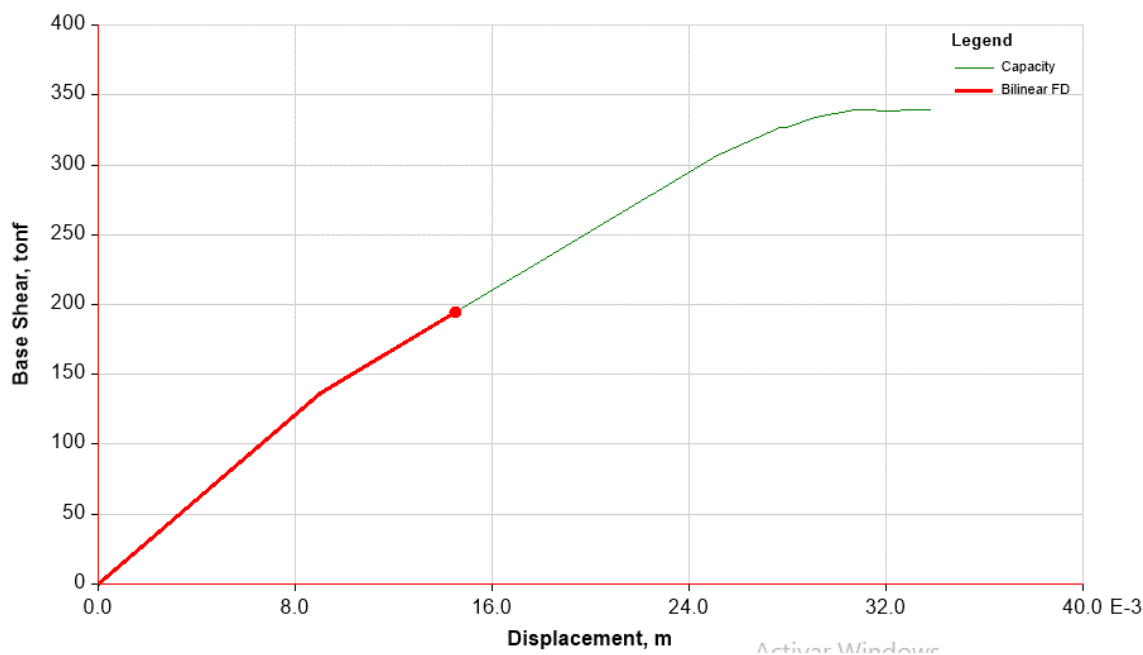


Figura 79. Punto de desempeño de la estructura reforzada en la dirección Y. Fuente: Elaboración propia.

La resistencia lateral de la estructura en el eje y fue de 350t, en la dirección y. Estos resultados muestran claramente un incremento, tanto en la rigidez como en la resistencia de la estructura reforzada, al ser comparada con la estructura si reforzamiento.

Tabla 13: Resultados de parámetros sísmicos de la estructura reforzada y sin reforzar.

Parámetro	Reforzado		Sin reforzar	
	X	Y	X	Y
FY (t)	160	150	120	240
Dy (m)	0.03	0.009	0.04	0.015
Fu (t)	240	350	130	350
Du (m)	0.125	0.04	0.15	0.04

Finalmente, en la *Figura 78* y *Figura 79* se muestran los puntos de desempeño de la estructura analizada al ser comparados usando los niveles de demanda sísmica exigidas por la norma peruana de diseño sísmico. Los resultados muestran que en ambos casos los niveles de desempeño fueron de operacionales, es decir, gracias al reforzamiento propuesto, se ha logrado evitar el daño en la estructura analizada.

IV: DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis lineales realizados en el capítulo tres indican que las distorsiones máximas esperadas en la estructura analizada son del orden de 8.5/1000 y 1.8/1000, en las direcciones x e y, respectivamente. En cuanto a los niveles de distorsiones encontrados en una estructura se puede afirmar que las máximas distorsiones laterales son un indicador útil en la respuesta sísmica de estructuras, tal como han demostrado diversos autores como Muñoz (2012) y Quiun (2012), quienes usaron el parámetro distorsiones laterales como una medida de la rigidez estructural.

Estos resultados indican que la rigidez lateral de la estructura analizada, en la dirección x, es insuficiente para garantizar el requisito de máximas distorsiones de 7/1000, en el caso de estructuras de concreto armado, tal como establece la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2018).

En el caso de las máximas distorsiones encontradas en la dirección y, es posible afirmar que la rigidez lateral de la estructura en esta dirección es adecuada, ya que de acuerdo con la norma peruana de diseño sísmico, en el caso de muros de albañilería confinada, la máxima distorsión lateral permitida sería de 5/1000, hecho que, como se ve del análisis, se está cumpliendo adecuadamente.

En este punto es importante aclarar que los resultados obtenidos se hicieron usando métodos de análisis lineal, y que por tanto no reflejan el comportamiento inelástico de los materiales componentes. Estos métodos permiten estimar de manera bastante buena la rigidez inicial de la estructura. Además, se debe considerar que para el cálculo de los desplazamientos laterales se ha usado el hecho de que la norma permite estimar los desplazamientos o distorsiones inelásticas usando la siguiente fórmula.

$$\Delta_i = 0.75R\Delta_e$$

Los resultados así obtenidos nos indican que el comportamiento sísmico de la estructura en la dirección x se verá afectada por un nivel de daño estructural significativo. Es posible afirmar esto último ya que dentro de la práctica moderna de la ingeniería estructural se sabe que el nivel de daño estructural está estrechamente relacionado con el nivel de distorsiones laterales.

Además, aunque los niveles de distorsiones laterales en la dirección y sean significativamente inferiores a los máximos permitidos por la norma peruana de diseño sísmico, es posible aseverar que la estructura también se verá afectada seriamente por la falta de rigidez de la estructura en la dirección x. Esto como consecuencia de los

grandes desplazamientos experimentados por la estructura en la dirección x, lo que conllevará a que los muros de albañilería estén desplomados cuando la fuerza sísmica actúe sobre ellas en la dirección y.

Resultados similares a los mencionados han sido obtenidos en los trabajos presentados por Martínez (2014) y Flores (2015), quienes en los estudios de la vulnerabilidad sísmica realizados, específicamente en el caso de viviendas autoconstruidas con un sistema mixto de albañilería confinada y pórticos de concreto armado, han encontrado que la baja rigidez lateral en dirección implica una serie amenaza para la estabilidad de los muros de albañilería confinada encontrados en dirección y. Esta característica tiende a provocar que la gran rigidez de muros de albañilería ganados en una dirección específica, tenga poca influencia en el incremento de la resistencia del conjunto.

Los resultados obtenidos de los análisis mencionados obligaron a la realización de un segundo tipo de análisis, más refinado y detallado, que sea capaz de incorporar en el análisis el comportamiento no lineal de sus componentes estructurales. Este tipo de análisis es conocido en la práctica de la ingeniería como análisis estático no lineal (AENL).

En este sentido se puede afirmar que es un método de análisis de estructuras ampliamente reconocido en la práctica del diseño estructural, así como en la investigación científica. Esto último se puede apreciar en los trabajos de Moya (2013), quien aplicó el método de análisis descrito para determinar el efecto de un reforzamiento propuesto en el desempeño sísmico de una estructura. Además, en los trabajos de Flores (2002) se ha podido observar que el método estático no lineal es una herramienta práctica y útil en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras de concreto armado.

El estudio del comportamiento no lineal de la estructura sin reforzar requirió el uso de modelos de análisis mucho más elaborados, ya que como se mencionó anteriormente, los modelos de análisis no lineal, no son capaces de relacionar las fuerzas externas aplicadas y los desplazamientos correspondientes.

Con este objetivo las vigas y las columnas se modelaron como modelos de plasticidad concentrada, es decir, se usaron rotulas plásticas en sus extremos, esto ya que es precisamente en esas zonas en las que se espera que ocurra las no linealidades, tanto de columnas como en vigas.

La albañilería confinada se modeló usando modelos de puntal tirante, un método bastante difundido para predecir el comportamiento cíclico de este tipo de elementos. En este método, el muro de albañilería es reemplazado por dos diagonales, las que solo son capaces de funcionar ya sea en compresión o en tracción. Por tanto, cuando un conjunto de fuerzas laterales actúa sobre un elemento en una dirección una de las diagonales trabaja en estrictos niveles de compresión, mientras que la otra diagonal trabaja en un estado de tensión pura.

A estos modelos se les deben unir modelos de comportamiento o modelos histeréticos, estos permiten representar características cíclicas de ciertos elementos, tales como concretos, acero, madera, o incluso albañilería. En el presente trabajo se ha considerado la inclusión de modelos de comportamiento cíclico como los descritos.

Para el caso del concreto se han considerado los modelos de degradación de Takeda, mientras que para el caso de la albañilería se usó el modelo de comportamiento isotrópico, considerando que los puntales y tirantes usados para el modelamiento no pueden absorber tracciones.

Finalmente, se modeló la estructura estudiada, usando los modelos descritos, y se consideraron análisis estáticos no lineales. Los resultados obtenidos muestran que la estructura analizada resultó ser extremadamente vulnerable frente a la acción de un sismo con periodo de retorno de 475 años, un sismo consecuente con las recomendaciones de la norma de diseño sísmico. Esto se dedujo al observar que la curva de capacidad y el espectro de demanda carecía de intersección, ya que el espectro de demanda queda a la derecha de curva de capacidad, por lo que se deduce que el sismo considerado supera considerablemente las capacidades sísmicas de la estructura estudiada.

Un análisis similar fue realizado para el caso de la estructura reforzada con malla electrosoldada. Los resultados mostraron un incremento en características importantes, tales como el incremento de la rigidez y resistencia lateral así como un incremento en la capacidad de deformación. Específicamente se observó que la resistencia lateral se incrementó de 110 t hasta 165 t, es decir, se registró un incremento de resistencia de hasta el 50%, mientras que en el caso de la rigidez lateral, es el valor pasó de 1200 t/m hasta 3000 t/m, lo que supuso un incremento de la rigidez lateral de hasta 150%.

Finalmente, conviene observar, de los resultados presentados, que el incremento de las propiedades mecánicas de la estructura le permitió obtener un desempeño sísmico

mejorado, ya que antes de que la estructura sea reforzada, el nivel de desempeño sísmico alcanzado fue de prevención de colapso o colapso, es decir, que después de la ocurrencia de un sismo raro ($T_r=475$ años) la estructura presentará tal nivel de daño, que el colapso será inminente, mientras que después del reforzamiento propuesto en la estructura, el nivel de desempeño alcanzado por la estructura fue de seguridad de vía, para el mismo nivel de peligro sísmico.

Los resultados encontrados son consecuentes con los obtenidos por Moya (2013), ya que este autor busco el reforzamiento de elementos estructurales orientados a pórticos de concreto armado, siendo el encamisado de columnas, una de las técnicas empleadas para el mejoramiento del desempeño sísmico de la estructura analizada. El citado autor concluye que la técnica del encamisado de columnas permitió incrementar tanto a la resistencia lateral de la estructura como la rigidez lateral de la estructura.

En este sentido, los resultados encontrados son coherentes con los resultados obtenidos por Quin (2012), quien aplicó ensanches de secciones transversales a diferentes elementos estructurales, los que habían sido dañados previamente en el sismo de Arequipa en el 2001. Quin (2012), encontró que el ensanche de secciones de columnas de concreto armado permitía un incremento de la resistencia lateral de las estructuras sometidas a ellas, por lo que el nivel de vulnerabilidad sísmica, para un sismo consecuente con el de la norma peruana de diseño sísmico, disminuía considerablemente.

V: CONCLUSIONES

General

- ✓ La presente investigación concluye que el reforzamiento de columnas, aplicando la técnica del encamisado mejoró de manera notable el desempeño sísmico de la vivienda, como se muestra en la Figura 77, donde la estructura se ubica en seguridad de vida y en la Figura 78 la estructura se ubica en operacional, con ello se confirma la hipótesis. El resultado nos muestra que el reforzamiento permitió reducir las distorsiones de entrepiso hasta los límites que la norma peruana de diseño sísmico exige. De los análisis no lineales efectuados se puede apreciar que se logró alcanzar niveles de desempeño de operacional, frente al nivel de prevención de colapso que tiene la estructura analizada antes del reforzamiento.

Secundarias

- ✓ La rigidez de la estructura mejoro con el reforzamiento de columnas, con lo que confirmo la hipótesis; esto se puede apreciar en los resultados encontrados, específicamente de las distorsiones máximas encontradas, que fueron de 8.5/1000 y 1.8/1000 en las direcciones X e Y, respectivamente, antes del refuerzo, y teniendo en cuenta que el límite máximo de distorsión para edificaciones de albañilería confinada, de acuerdo con la norma de diseño sismorresistente (E030, 2016), es de 5/1000; por ello la rigidez de la edificación estudiada es insuficiente, se espera que esta quede seriamente dañada. Luego del refuerzo los máximos desplazamientos encontrados, se puede apreciar que el máximo valor obtenido en dirección x fue de 6.1/1000, mientras que la máxima distorsión lateral encontrada en dirección y fue de 2.4/1000 como se muestran en la Figura 73. Como se pude apreciar estos valores resultaron ser mucho menores que los máximos encontrados

cuando la estructura no se había reforzado. Además, el reforzamiento propuesto permitió obtener distorsiones laterales menores a las requeridas por la norma peruana de diseño sísmico, que en el presente caso de estudio fueron de 7/1000, en la dirección X, como en la dirección Y. En este punto conviene aclarar que se está considerando que el sistema estructural predominante en la dirección, después de aplicado el reforzamiento, es el dual, es decir, una combinación de pórticos y muros de concreto armado. Por tal motivo, se consideró que las máximas distorsiones permitidas en dirección x son iguales a 7/1000. Se concluye que la rigidez lateral de la edificación estudiada mejoro notablemente

- ✓ La aplicación del encamisado de columnas de concreto armado en elementos estructurales estratégicos, tales como columnas y/o sustitución de elementos de albañilería confinada, permitió incrementar de manera notable la resistencia lateral de la estructura en su estado original con ello se confirma la hipótesis. Esto se puede apreciar en los resultados donde vemos en la Figura 75 y 76 que la curva de capacidad de la estructura mejoro notablemente.
- ✓ La aplicación del encamisado de columnas en elementos estructurales estratégicos nos permitió mejorar la capacidad de deformación de la estructura original, este resultado afirma la hipótesis. La mejora de la capacidad de deformación de la estructura se debe a la adición de acero de refuerzo en el encamisado de columnas, esto se puede apreciar en el diagrama de momento curvatura del elemento reforzado en la Figura 64.

VI: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aprovechar la presencia de muros de albañilería para ser reemplazados por muros de concreto armado. Esto permite incrementar la rigidez lateral de manera considerable y de esta manera cumplir con los requisitos de rigidez solicitados en la norma de diseño sísmico.
2. Se recomienda reforzar aquellas columnas que no perjudiquen la arquitectura de la vivienda, ya que esto hecho podría ir en contra del confort de los ocupantes. Por tal motivo se recomienda reforzar las columnas presentes en la parte posterior de la estructura y aquellas ubicadas cerca de muros de albañilería.
3. Se recomienda el reforzamiento de elementos estructurales en la dirección más débil, usualmente en la dirección de la fachada, pues a menudo, en las viviendas peruanas, es en esta dirección en donde la cantidad de elementos estructurales es reducida y paradójicamente más esbeltas.

REFERENCIAS

1. ABURTO CALDERÓN, Pilar Andrea. 2013. Análisis de la vulnerabilidad sísmica del puente Pedro de Valdivia-Chile. Valdivia : Universidad Austral de Chile, 2013.
2. ALCOGER, Kimbal. 2012. Structural and Rehabilitation of Multi Storeyed residential Buildings at ONGC colony Chandkheda, Ahmedabad, Gujrat.
3. BASURTO CARTULIN, Rosario del Pilar. 2015. Vulnerabilidad sísmica y mitigación de desastres en el distrito de San Luis. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2015.
4. BOURNAS y TRIANTAFILLOU, 2012. Innovative seismic retrofitting of old-type rc columns through jacketing: textile-reinforced mortars (trm) versus fiber-reinforced polymers (frp). 8th congreso mundial de ingeniería sísmica, 2008, Beijing.
5. CHOPRA, Anil K. 2014. Dinámica de Estructuras. México: Pearson, 2014.
6. CONSTANTIN, R. y Beyer, K. 2012. Modelling of Reinforced Concrete Core Walls Under Bi-directional Loading. Lisboa, Lisboa, Portugal : s.n., 2012.
7. ESCOLANO, Margarit, y otros. 2012. Failure Mechanism of Reinforced Concrete Structural Walls with and without Confinement. Lisboa, Lisboa, Portugal : s.n., 2012.
8. FLORES DE LOS SANTOS, Roberto Angel. 2012. Diagnostico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de la autoconstrucción en Lima. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
9. FLORES, Hugo. 2002. Diagnostico preliminar de la vulnerabilidad Sísmica de las autoconstrucciones en Lima. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Pontificia universidad católica del Perú
10. FLORES, René. 2015. Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad José Carlos Mariátegui Moquegua – Perú.
11. GÁLVEZ VILLACORTA, Adolfo. 2012. Propuesta del Factor de Reducción de Fuerza Sísmica para sistemas estructurales en Concreto Armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electrosoldadas.: PUCP, 2012.

12. GAYTAN, Edwards. 2017. Retrofit of reinforced concrete columns”, Universidad Estatal de Ohio
13. HUACO CARDENAS, Guillermo y Jirsa, J. 2017. Performance of masonry wall retrofitted using CFRP sheets and anchors. Santiago de Chile: 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017. 2017.
14. ILGADI, Otman B. 2013. Advanced three-dimensional analysis of concrete structures using nonlinear truss models. Colorado: Colorado University, 2013. Phd Thesis.
15. LAUCATA, Alberto. 2013. Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Pontificia universidad católica del Perú.
16. LOVERA, Daniel. 2016. El refuerzo de estructuras de concreto armado mediante el uso de varillas grado 75 en el Perú. Lima: Pontifica Universidad Católica de Perú, 2016.
17. MARTINEZ Alejandro. 2012. Evaluación de la vulnerabilidad Sísmica Urbana basada en tipologías constructivas y disposición Urbana de la edificación. Application en la Ciudad de Lorca, region de Murcia.
18. MOYA, Ricardo. 2013. Reforzamiento sísmico de pórticos usando técnicas de optimización. Lima: Pontifica Universidad Católica de Perú, 2013.
19. MUÑOZ, Peláez. 2012. reparación y reforzamiento sísmico de edificios educativos y hospitales afectados por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú: Pontifica Universidad Católica de Perú, 2012.
20. NTE-0.30. 2016. Normas Técnicas de Edificaciones E0.30- Diseño sismorresistente. Lima: s.n., 2016.
21. NTE-0.70. 2006. Norma Técnica de Edificaciones 0.70 - Albañilería. Lima: s.n., 2006.
22. NTE-A020. 2006. Norma Técnica de Edificaciones. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, 2006.
23. NTP-060. 2009. Normas Técnicas de Edificaciones E060 - Concreto Armado. Lima: s.n., 2009.
24. ORTIZ, Arcángel. 2014. Diseño Sísmico de Muros de Concreto Armado. Bases para el diseño por desplazamientos. Instituto de Ingeniería UNAM: México, 2014. Tesis de Maestría.

25. PINEDO, kiliam. 2012. Urbanización marginal e impacto ambiental en la ciudad de Montería. Tesis Doctoral en el departamento de Urbanismo Territorio Y Sostenibilidad, en la Universidad Politécnica de Valencia – España.
26. PINILLA RAMOS, Camilo Ignacio. 2012. Correlación entre el perfil de velocidad de propagación de ondas de corte y el espectro de respuesta en suelos. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2012.
27. PROAÑO TATAJE, Ricardo. 2014. Reforzamiento de estructuras. Lima: II ciclo de conferencias GEOCON, 2014.
28. QUIUN, Mikael. 2012. Reforzamiento sísmico de edificios de salud y educativos afectados por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú: Pontifica Universidad Católica de Perú, 2012.
29. RIVERA VARGAS, Darío. 2015. Evaluación simplificada de la vulnerabilidad sísmica de puentes urbanos. México: Centro Nacional de Prevención de desastres-CENAPRED, 2015.
30. ROCA LOAYZA, Dandy. 2015. Resistencia Probable a flexo compresión de muros estructurales de concreto armado. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. Tesis de Maestría.
31. SANTOYO, Eduardo. 2015. Análisis y Diseño estructural comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda en la ciudad de Lircay: Universidad Nacional de Huancavelica, 2015.
32. SILVA BUSTOS, Natalia Andrea. 2012. Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2012.
33. SINGH, Hans. 2013. Structural and Rehabilitation of Multi Storeyed residential Buildings at ONGC colony Chandkheda, Ahmedabad, Gujrat.
34. VIZCONDE CAMPOS, Adalberto. 2014. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente. Lima: Universidad de Piura, 2014.
35. ZAVALA, Carlos, y otros. 2014. Comparison of Behavior of Non-Engineered Mansory Tubular Block Walls and Solid Engineered Walls. Lima: Centro de Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de desastres (CISMID), 2014.

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia: Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018



PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Cómo influiría en el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, el reforzamiento de columnas mediante encamisado Condevilla San Martín de Porres 2018?</p> <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>¿Cuál es el efecto que tiene el reforzamiento de columnas mediante encamisado en la rigidez lateral de las viviendas de albañilería confinada?</p> <p>¿Cómo influye el reforzamiento de columnas mediante encamisado en la resistencia lateral de viviendas de albañilería?</p> <p>¿Cuál es el efecto del reforzamiento de columnas mediante encamisado en la capacidad de deformación de viviendas de albañilería confinada?</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>Evaluar el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, con reforzamiento de columnas mediante encamisado Condevilla, San Martín de Porres 2018.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Evaluar el efecto que tiene el reforzamiento de columnas mediante encamisado en la rigidez lateral de las viviendas de albañilería confinada.</p> <p>Estimar la influencia del reforzamiento de columnas mediante encamisado en la resistencia lateral de viviendas de albañilería confinada.</p> <p>Determinar el efecto del reforzamiento de columnas mediante encamisado en la capacidad de deformación de una vivienda de albañilería confinada.</p>	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>Mejorará el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, con el reforzamiento de columnas mediante encamisado Condevilla, San Martín de Porres 2018.</p> <p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>El reforzamiento de columnas mediante encamisado mejorará la rigidez lateral de viviendas de albañilería.</p> <p>El reforzamiento de columnas mejorará la resistencia lateral de viviendas de albañilería confinada.</p> <p>El reforzamiento de columnas mediante encamisado incrementará la capacidad de deformación de viviendas de albañilería confinada.</p>	<p><u>Variable (Independiente):</u></p> <p>Reforzamiento de columnas mediante encamisado</p> <p><u>Variable (Dependiente):</u></p> <p>Desempeño sísmico</p>	<p>Materiales</p> <p>Configuración estructural</p> <p>Rigidez lateral</p> <p>Resistencia lateral</p> <p>Capacidad de deformación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión del concreto f'_c • Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo f_y. • Cantidad de refuerzo colocado • Sistema estructural • Reforzamiento de elementos • Secciones transversales. • Sistema de anclajes • Columnas de concreto • Demanda sísmica • Curva de capacidad • Determinación de la curva de capacidad • Objetivos de desempeño • Niveles de desempeño. • Totalmente operacional operacional • Seguridad de vida • Próxima al colapso. • Sismos de diseño • objetivos de diseño • Deriva objetivo • Punto de desempeño 	<p>Plano de vivienda</p> <p>Ficha técnica</p> <p>Plano estructura</p> <p>Inspección ocular (Ficha recolección datos)</p> <p>Diseño estructural</p> <p>Análisis estructural ETABS</p>



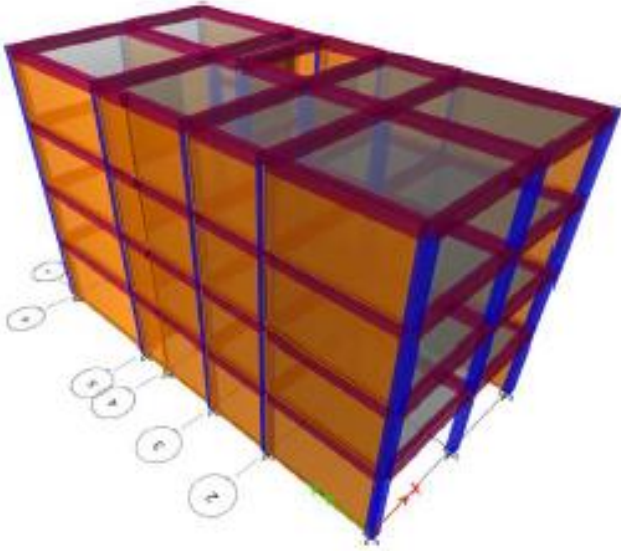

ANEXO 2

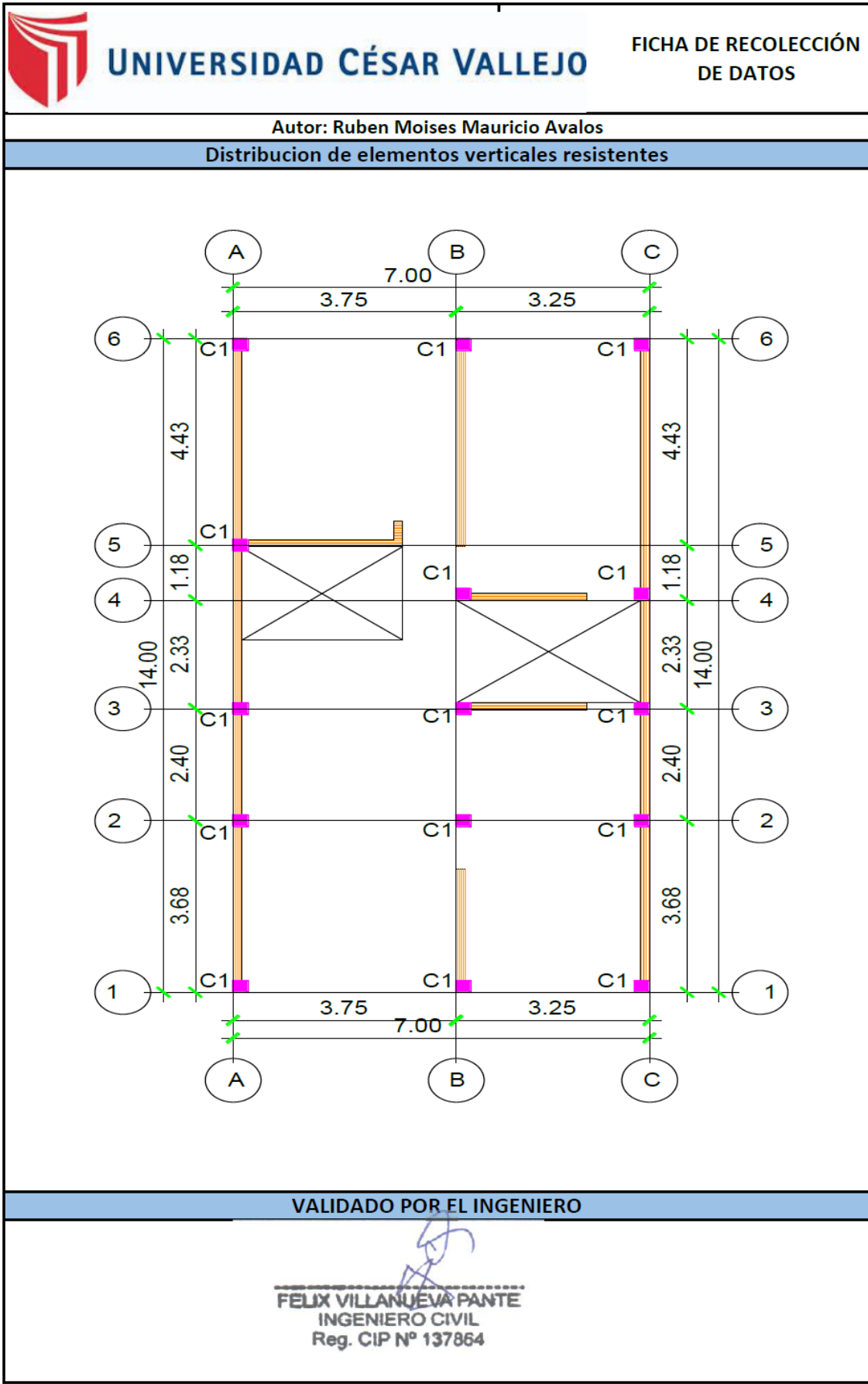
Matriz operacional: Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA DE INVESTIGACION
<u>Variable Independiente:</u> Reforzamiento de columnas mediante encamisado.	Es la utilización de ciertas técnicas y de diversos materiales con el objetivo de fortalecer una estructura con el fin de prevenir los posibles colapsos en caso de sismo.	Esta variable permite la caracterización de los elementos estructurales presentes dentro de una vivienda. Las características más importantes son sección transversal, cantidad y distribución del refuerzo.	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo f_y. Cantidad de refuerzo colocado 	Método: Método científico Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicada
			Configuración estructural	<ul style="list-style-type: none"> Sistema estructural Reforzamiento de elementos Secciones transversales. Sistema de anclajes Columnas de concreto Demanda sísmica 	
<u>Variable Dependiente:</u> Desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada.	Es la forma como una estructura se comporta frente a la acción de un sismo. Determina el estado de daño que exhibe una estructura frente a un nivel determinado de cargas laterales.	El desempeño sísmico de una vivienda se caracteriza por los valores de rigidez, resistencia y punto de desempeño que una estructura soporta frente a la acción de un sismo.	Rigidez lateral Resistencia lateral Capacidad de deformación de	<ul style="list-style-type: none"> Curva de capacidad Determinación de la curva de capacidad Objetivos de desempeño Niveles de desempeño. Totalmente operacional operacional Seguridad de vida Próxima al colapso. Sismos de diseño objetivos de diseño Deriva objetivo Punto de desempeño 	Nivel de investigación: Explicativo Diseño de investigación: experimental


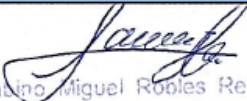
ANEXO 3



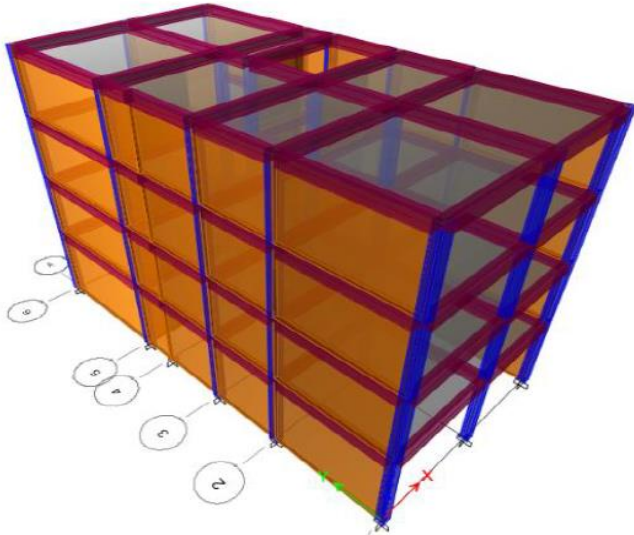

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
Autor: Ruben Moises Mauricio Avalos						
DATOS GENERALES						
TIPO DE ESTRUCTURA:	Vivienda					
ANTIGÜEDAD:	10 años					
ENCUESTADO:	Propietario					
N° PISOS:	4					
AREA TERRENO:	140					
ASESORIA TECNICA DISEÑO:	no					
ASESORÍA EN CONSTRUCCIÓN:	no					
DATOS TECNICOS ESTRUCTURALES						
SISTEMA ESTRUCTURAL:	Mixto: Albañilería y porticos de concreto					
SECCIONES TRANSVERSALES DE VIGAS						
	Tipo 1		Tipo 2			
	b (cm)	h (cm)	b (cm)		h (cm)	
Vigas x	25	35				
Vigas Y	25	35				
SECCIONES TRANSVERSALES DE COLUMNAS						
	Tipo 1		Tipo 2			
	b (cm)	t (cm)	b (cm)		t (cm)	
Esquineras	25	25				
Centrales	25	25				
Perimetrales	25	25				
TIPOS DE ALBAÑILERIA EN MUROS Y TECHO						
KINKON INDUSTRIAL	-----					
KINKON ARTESANAL:	si					
PANDERETA	si					
LADRILLO TECHO	si					
OTROS	-----					
LOSAS						
LOSA ALIGERADA:	20 cm					
OTROS:	-----					
CARACTERISTICAS DINAMICAS DEL SUELO						
TIPO SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
		x				
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
Elemento	Resistencia a la compresion (f'_c [kg/cm ²])					
Columnas	100					
Vigas	100					
VALIDADO POR EL INGENIERO						
 FELIX VILLANUEVA PANTE INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 137864						


	<h2 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</h2>	<p style="margin: 0;">FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p>																			
<p style="margin: 0;">Autor: Ruben Moises Mauricio Avalos</p>																					
<p style="margin: 0;">FOTOGRAFIA DE LA VIVIENDA</p>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Reforzamiento estructural</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; color: red;">No posee</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Sistema de anclaje</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; color: red;">No posee</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Parametros de demanda sismica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">Z</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">0.45</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">U</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">2.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">S1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">R</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">3</td> </tr> </table>	Reforzamiento estructural		No posee		Sistema de anclaje		No posee		Parametros de demanda sismica		Z	0.45	U	1	C	2.5	S	S1	R	3	
Reforzamiento estructural																					
No posee																					
Sistema de anclaje																					
No posee																					
Parametros de demanda sismica																					
Z	0.45																				
U	1																				
C	2.5																				
S	S1																				
R	3																				
<p style="margin: 0;">MODELO REALIZADO EN ETABS</p>																					
																					
<p style="margin: 0;">VALIDADO POR EL INGENIERO</p>																					
<div style="text-align: center;">  <hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/> <p style="margin: 0;">FELIX VILLANUEVA PANTE INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 137864</p> </div>																					



ANEXO 6

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
Autor: Ruben Moises Mauricio Avalos						
DATOS GENERALES						
TIPO DE ESTRUCTURA:	Vivienda					
ANTIGÜEDAD:	10 años					
ENCUESTADO:	Propietario					
N° PISOS:	4					
AREA TERRENO:	140					
ASESORIA TECNICA DISEÑO:	no					
ASESORÍA EN CONSTRUCCIÓN:	no					
DATOS TECNICOS ESTRUCTURALES						
SISTEMA ESTRUCTURAL:	Mixto: Albañilería y porticos de concreto					
SECCIONES TRANSVERSALES DE VIGAS						
	Tipo 1		Tipo 2			
	b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)		
Vigas x	25	35				
Vigas Y	25	35				
SECCIONES TRANSVERSALES DE COLUMNAS						
	Tipo 1		Tipo 2			
	b (cm)	t (cm)	b (cm)	t (cm)		
Esquineras	25	25				
Centrales	25	25				
Perimetrales	25	25				
TIPOS DE ALBAÑILERIA EN MUROS Y TECHO						
KINKON INDUSTRIAL	-----					
KINKON ARTESANAL:	sí					
PANDERETA	sí					
LADRILLO TECHO	sí					
OTROS	-----					
LOSAS						
LOSA ALIGERADA:	20 cm					
OTROS:	-----					
CARACTERISTICAS DINAMICAS DEL SUELO						
TIPO SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
		x				
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
Elemento	Resistencia a la compresion (f'_c [kg/cm ²])					
Columnas	100					
Vigas	100					
VALIDADO POR EL INGENIERO						
 Sabino Miguel Robles Retuerto INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 49126						

	<h2 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</h2>	<p style="margin: 0;">FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p>																			
<p style="margin: 0;">Autor: Ruben Moises Mauricio Avalos</p>																					
<p style="margin: 0;">FOTOGRAFIA DE LA VIVIENDA</p>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Reforzamiento estructural</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; color: red;">No posee</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Sistema de anclaje</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; color: red;">No posee</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Parametros de demanda sismica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">Z</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">0.45</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">U</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">2.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">S1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">R</td> <td style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">3</td> </tr> </table>	Reforzamiento estructural		No posee		Sistema de anclaje		No posee		Parametros de demanda sismica		Z	0.45	U	1	C	2.5	S	S1	R	3	
Reforzamiento estructural																					
No posee																					
Sistema de anclaje																					
No posee																					
Parametros de demanda sismica																					
Z	0.45																				
U	1																				
C	2.5																				
S	S1																				
R	3																				
<p style="margin: 0;">MODELO REALIZADO EN ETABS</p>																					
																					
<p style="margin: 0;">VALIDADO POR EL INGENIERO</p>																					
<div style="text-align: center;">  <p style="margin: 0;">Sabino Miguel Robles Retuerto INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 49126</p> </div>																					

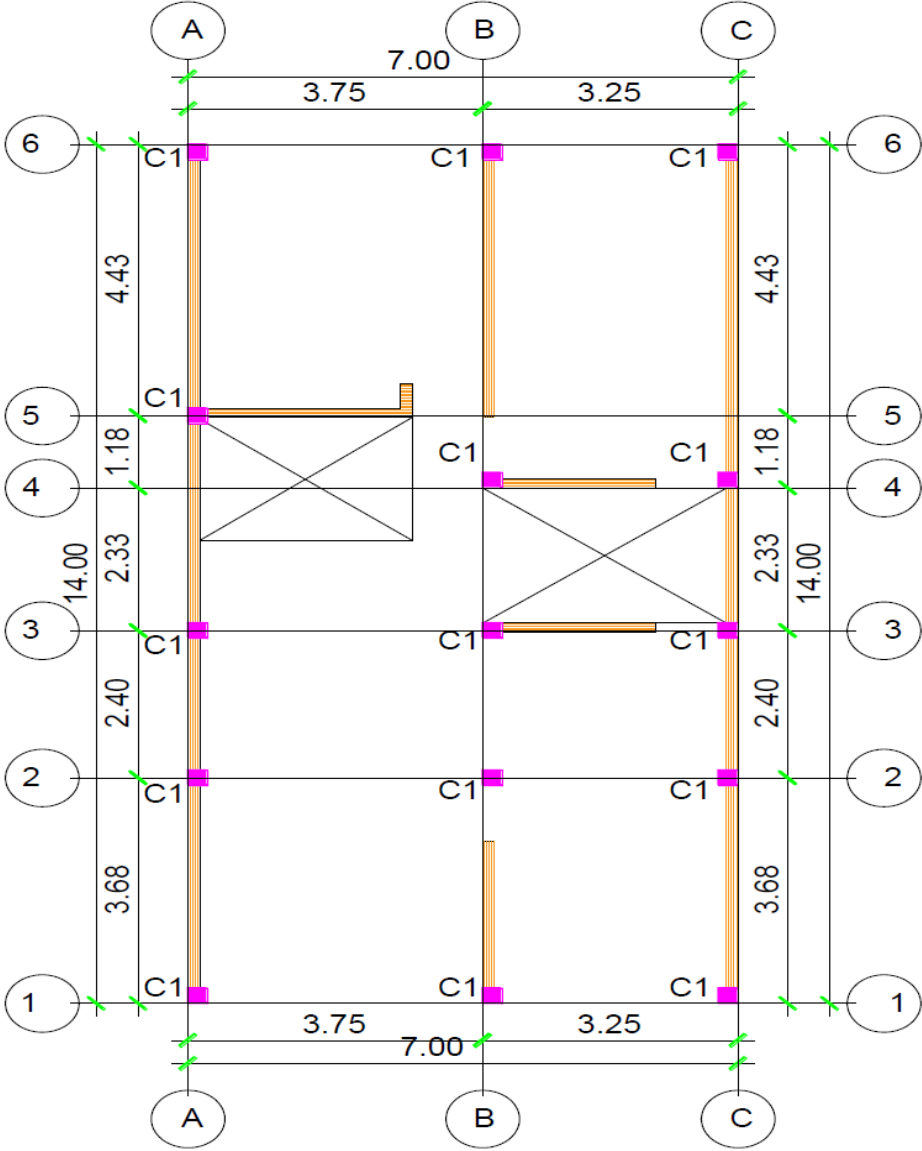


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

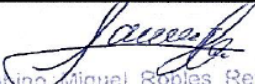
FICHA DE RECOLECCIÓN
DE DATOS

Autor: Ruben Moises Mauricio Avalos

Distribucion de elementos verticales resistentes





VALIDADO POR EL INGENIERO



Sabino Miguel Robles Retuerto
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 49126

ANEXO 9

Universidad Cesar Vallejo							
Facultad de Ingenieria civil							
Tesis: Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albanilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018.							
Tesista: MAURICIO AVALOS, RUBEN MOISES							
1. Tabla de datos de esclerometria							
Columna 1- A/ PISO 1	Resist/ punto(kg/c m ²)	Columna 3- B/ PISO 2	Resist/ punto(kg/c m ²)	Columna 3- B/ PISO 3	Resist/ punto(kg/c m ²)	Columna 3- B/ PISO 4	Resist/ punto(kg/c m ²)
medida 1	95	medida 1	100	medida 1	105	medida 1	104
medida 2	105	medida 2	90	medida 2	90	medida 2	90
medida 3	110	medida 3	110	medida 3	103	medida 3	102
medida 4	103	medida 4	103	medida 4	103	medida 4	103
medida 5	90	medida 5	90	medida 5	90	medida 5	90
medida 6	100	medida 6	100	medida 6	101	medida 6	101
medida 7	110	medida 7	100	medida 7	105	medida 7	105
medida 8	100	medida 8	100	medida 8	100	medida 8	100
medida 9	115	medida 9	115	medida 9	109	medida 9	105
promedio	103.1	promedio	100.9	promedio	100.7	promedio	100
Validado por el Ing.							
 FELIX VILLANUEVA PANTE INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 137864							

Anexo 10









UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MAURICIO AVALOS, RUBÉN MOISÉS

INFORME TÍTULADO:

*EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE VIGAS DE ALBAÑICERÍA
CONFINADO CON REFORZAMIENTO DE COLUMNAS MEDIANTE ENCLAVADO,
CONDIVIA, SAN MARTÍN DE PORRES 2018.*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

10 / 12 / 2018

NOTA O MENCIÓN :

16 (Diez y Seis)

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, José Luis Benites Zuñiga

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:


"Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018".

del (de la) estudiante Rubén Moisés Mauricio Avalos

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 10 - Dic - 2018

.....


Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

José Luis Benites Zuñiga

DNI: 42419842

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

ANEXO 13

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo **Rubén Moisés Mauricio Avalos**, identificado con DNI N° **10392788**,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018”;

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA


DNI: 10392788

FECHA: 10 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Feedback Studio - Google Chrome
 https://evturnitin.com/app/carta/es/?lang=es&student_user=1&u=1082338903&o=1051420761

feedback studio Ruben Moises Mauricio Avalos | Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas median



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TÍTULO

“Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martín de Porres, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

AUTOR

Mauricio Avalos, Ruben Moises


ASESOR

Mg. Ing. Benites Zuniga, Jose Luis

LÍNEA DE INVESTIGACION

Diseño Sísmico Y Estructural

Lima - Perú
2018



Resumen de coincidencias

16 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	4 %
	Fuente de Internet	
2	riunet.upv.es	1 %
	Fuente de Internet	
3	Entregado a Universida...	1 %
	Trabajo del estudiante	
4	www.scribd.com	1 %
	Fuente de Internet	
5	oa.upm.es	1 %
	Fuente de Internet	
6	Entregado a Universida...	1 %
	Trabajo del estudiante	
7	Entregado a Pontificia ...	1 %
	Trabajo del estudiante	
8	cybertesis.uach.cl	1 %
	Fuente de Internet	
9	Entregado a Universida...	<1 %
	Trabajo del estudiante	
10	docplayer.es	<1 %
	Fuente de Internet	