

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Propuesta de mejora en base a herramientas de  
ingeniería de métodos y la metodología de las 5S para  
incrementar la productividad en el área de producción  
de la empresa maderera Corporación y  
Representaciones J.L. E.I.R.L., Juliaca, 2023**

Deysi Mirian Cruz Vilca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Dr. Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Mg. Ing. Felipe Alejandro Núñez Matta  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 20 de diciembre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS POR DESEMPEÑO SISMICO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA MONICA DEL DISTRITO DE JACOBO HUNTER – AREQUIPA, 2022**", perteneciente a los estudiantes **BACH. ABEL FERNANDO ENDARA CASTILLA** y **BACH. ROLY NERY PALOMINO AVALOS**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 12 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 00 ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

---

Mg. Ing. Felipe Alejandro Núñez Matta  
Asesor de tesis

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, ABEL FERNANDO ENDARA CASTILLA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 30677742, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS POR DESEMPEÑO SÍSMICO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA MÓNICA DEL DISTRITO DE JACOBO HUNTER – AREQUIPA, 2022 ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

17 de Diciembre de 2023.



---

ABEL FERNANDO ENDARA CASTILLA

DNI. No. 30677742

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Roly Nery Palomino Avalos , identificado con Documento Nacional de Identidad No. 47399199, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS POR DESEMPEÑO SÍSMICO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA MÓNICA DEL DISTRITO DE JACOBO HUNTER – AREQUIPA, 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

17 de diciembre de 2023.



---

Roly Nery Palomino Avalos

DNI. No. 47399199

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS POR DESEMPEÑO SÍSMICO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA MÓNICA DEL DISTRITO DE JACOBO HUNTER – AREQUIPA, 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://biblioteca.usac.edu.gt">biblioteca.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
9	<a href="https://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	

		<1 %
10	<a href="http://vriunap.pe">vriunap.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://studylib.es">studylib.es</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
19	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	

		<1 %
21	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
24	1library.co Fuente de Internet	<1 %
25	acarquitectos.com.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Nacional José María Arguedas Trabajo del estudiante	<1 %
30	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

31	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
35	<a href="http://ucsp.edu.pe">ucsp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://dspace.cordillera.edu.ec">dspace.cordillera.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://repositorio.uwiener.edu.pe">repositorio.uwiener.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a>	

	Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://www.with.jrs.net">www.with.jrs.net</a> Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %
45	<a href="http://mixmarket.org">mixmarket.org</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://southforest0.tistory.com">southforest0.tistory.com</a> Fuente de Internet	<1 %
49	"BIM maturity and its relationships with lean and BIM uses performance", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2022 Publicación	<1 %
50	AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final y Planta de Recuperación y Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de La Merced, Distrito y Provincia de	<1 %

Chanchamayo, Región Junín-IGA0001362",  
R.D. N° 097-2014/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

51	Júlia Garcia Borràs. "Estudio hidrotérmico de cubiertas ajardinadas. Análisis y recomendaciones de diseño para una mayor eficiencia energética", Universitat Politècnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
52	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
53	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	edepot.wur.nl Fuente de Internet	<1 %
55	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
58	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
59	Ursula Cárdenas, Ramzy Kahhat, Jose Manuel Magallanes. "Interdependent response of three critical infrastructures in a South-	<1 %

# American megacity", Environmental Research: Infrastructure and Sustainability, 2022

Publicación

---

---

Excluir citas      Activo

Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      Apagado

## **ASESOR**

Mg. Ing. Felipe Alejandro Núñez Matta

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por siempre estar guiando mi camino, apoyándome y formándome como persona.

A mi familia, que cree en mí y me brindaron la motivación para terminar la carrera y así no rendirme.

A mis amigos, por su compañerismo, amistad y empatía que me brindaron en este proceso de investigación.

A la Universidad Continental por todos los conocimientos impartidos hacia mi persona.

Agradecerle a Dios, por darnos el don de la vida, como también habernos dado el don de la inteligencia y perseverancia para concluir nuestros estudios.

Queremos dar gracias a nuestra familia, por el apoyo que nos han brindado y motivarnos a siempre continuar y culminar nuestros estudios.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a Dios y a nuestra familia, gracias a sus esfuerzos y perseverancias nos incentivaron a esforzarnos continuamente para lograr nuestras metas.

Agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional y por confiar en nosotros para lograr nuestros objetivos, a los docentes de carrera de la Universidad Continental por los conocimientos.

## ÍNDICE

ASESOR .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO I .....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1 Problema general .....	3
1.1.2 Problemas específicos .....	3
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 Justificación e importancia .....	4
1.4 Delimitación del proyecto.....	4
1.5 Hipótesis y descripción de las variables .....	5
1.5.1 Hipótesis general.....	5
1.5.2 Hipótesis específicas.....	5
1.5.3 Variable independiente .....	6
1.5.4 Variable dependiente .....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes de la investigación .....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	8
2.1.3 Antecedentes locales.....	10
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1 Diseño estructural .....	11
2.2.2 Desempeño sísmico .....	13
2.2.3 Definición de términos básicos.....	16

CAPÍTULO III.....	24
METODOLOGÍA.....	24
3.1 Método y alcance de la investigación .....	24
3.1.1 Método de la investigación .....	24
3.1.2 Tipo de la investigación .....	24
3.1.3 Diseño de la investigación .....	24
3.1.4 Población y muestra .....	25
3.2 Materiales y métodos .....	25
3.2.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.2.2 Técnicas de análisis de datos .....	25
CAPÍTULO IV .....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1 Descripción .....	27
4.1.1 Antecedentes.....	27
4.1.2 Ubicación del proyecto .....	27
4.1.3 Linderos y medidas .....	27
4.1.4 Vías de acceso:.....	28
4.2 Arquitectura .....	28
4.2.1 Descripción general de la vivienda multifamiliar .....	28
4.3 Estructura .....	34
4.3.1 Método estructural .....	34
4.3.2 Configuración estructural.....	35
4.3.3 Definición de materiales .....	41
4.3.4 Criterios de estructuración .....	42
4.3.5 Estructuración de la edificación.....	43
4.3.6 Pre dimensionamiento de elementos estructurales.....	47
4.3.7 Metrado de Cargas .....	48
4.3.8 Materiales colocados.....	54
4.3.9 Modelo Estructural.....	56
4.3.10 Análisis sísmico estático .....	59
4.3.11 Análisis modal .....	63
4.3.12 Factores de Irregularidad .....	66
4.3.13 Diagramas de momento flector .....	69
4.3.14 Diseño de elementos a flexión .....	72
4.3.15 Diseño de elementos a flexo compresión.....	91
4.3.16 Diseño de losas .....	98
4.3.17 Diseño de cimiento .....	101

4.3.18 Configuración de material no linear.....	106
4.3.19 Rótulas plásticas ubicación .....	108
4.3.20 Momento rotación de vigas.....	109
4.3.21 Momento rotación de columnas.....	110
4.3.22 Curva de capacidad en X .....	113
4.3.23 Curva de capacidad en Y .....	116
4.3.24 Punto de Desempeño.....	118
4.3.25 Ductilidad.....	124
4.3.26 Sobre resistencia .....	124
4.3.27 Criterios de aceptación y desempeño.....	124
4.4 Discusión de resultados.....	126
CAPÍTULO V .....	128
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
5.1 Conclusiones.....	128
5.2 Recomendaciones .....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXOS .....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Metodología.....	6
Tabla 2	Estado de daño y niveles de desempeño.....	14
Tabla 3	Tabla 6.3 Niveles de movimiento de sísmico.....	15
Tabla 4	Tabla 6.4 Niveles recomendados de desempeños esperados.....	16
Tabla 5	Diferencias análisis estático y análisis dinámico.....	21
Tabla 6	Límites para la distorsión del entrepiso.....	23
Tabla 7	Distribución de plantas de arquitectura.....	34
Tabla 8	Cuadro de áreas por nivel.....	34
Tabla 9	Cuadro de normativas RNE a utilizar.....	35
Tabla 10	Cargas vivas mínimas repartidas a utilizar.....	36
Tabla 11	Tabla N° 1 del RNE E-030.....	37
Tabla 12	Tabla N° 3 del RNE E-030.....	39
Tabla 13	Tabla N° 4 del RNE E-030.....	39
Tabla 14	Factor de reducción del RNE E-060.....	40
Tabla 15	Pre Dimensionado en X.....	47
Tabla 16	Pre Dimensionado en Y.....	47
Tabla 17	Dimensionado de columnas.....	48
Tabla 18	Cortante sísmico en X.....	59
Tabla 19	Cortante sísmico en Y.....	60
Tabla 20	Centro de masas y centro de rigidez.....	60
Tabla 21	Distribución de cortante sísmico en x.....	60
Tabla 22	Distribución de cortante sísmico en Y.....	61
Tabla 23	Desplazamientos en X.....	63
Tabla 24	Desplazamientos en Y.....	63
Tabla 25	Modos de vibración.....	64
Tabla 26	Irregularidad de piso blando X.....	66
Tabla 27	Irregularidad de piso blando Y.....	66
Tabla 28	Irregularidad de piso débil X.....	67
Tabla 29	Irregularidad de piso débil Y.....	67
Tabla 30	Irregularidad de masa X.....	67
Tabla 31	Irregularidad de masa Y.....	68
Tabla 32	Irregularidad de sistema resistente en X.....	68
Tabla 33	Irregularidad de sistema resistente en Y.....	68
Tabla 34	Irregularidad torsional en X.....	68
Tabla 35	Irregularidad torsional en Y.....	69
Tabla 36	Diseño de vigas del primer piso.....	73
Tabla 37	Diseño de vigas del segundo piso.....	76

Tabla 38	Diseño de vigas del tercer piso .....	79
Tabla 39	Diseño de vigas del cuarto piso.....	82
Tabla 40	Diseño de vigas del quinto piso .....	85
Tabla 41	Diseño de escalera.....	90
Tabla 42	PuntosM3. ....	93
Tabla 43	Puntos M2. ....	93
Tabla 44	Puntos de diagrama M3.....	97
Tabla 45	Puntos de diagrama M2.....	97
Tabla 46	Push over en X. ....	123
Tabla 47	Push over en Y. ....	123
Tabla 48	Punto de desempeño en X nivel de diseño.....	125
Tabla 49	Punto de desempeño en X nivel MCE. ....	125
Tabla 50	Punto de desempeño en Y nivel diseño.....	125
Tabla 51	Punto de desempeño en Y nivel MCE. ....	125
Tabla 52	Niveles de sismo .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinturón de fuego del Pacífico .....	2
Figura 2. Albañilería confinada. ....	19
Figura 3. Sistema Estructural Aporticado. T.....	19
Figura 4. Sistema Estructural dual mixto.....	20
Figura 5. Estructura con placas de concreto armado de diferentes longitudes .....	20
Figura 6. Ubicación del proyecto.....	27
Figura 7. Primer nivel. ....	30
Figura 8. Piso típico segundo, tercer, cuarto y quinto nivel.....	31
Figura 9. Planta azotea.....	32
Figura 10. Fachada.....	33
Figura 11. Pórticos.....	35
Figura 12. Carga muerta. ....	36
Figura 13. Carga muerta y viva.....	37
Figura 14. Zonas sísmicas.....	38
Figura 15. Esfuerzos del concreto armado.....	41
Figura 16. Estructuración 1er nivel.....	44
Figura 17. Estructuración 2,3,4 y 5to nivel.....	45
Figura 18. Estructuración azotea.....	46
Figura 19. Definición de Losas.....	50
Figura 20. Modelado de Losas.....	51
Figura 21. Modelo de reparto de cargas sobre área .....	51
Figura 22. Espectro de Evaluación Sísmica.....	52
Figura 23. Espectro de muros de concreto.....	53
Figura 24. Espectro de pórticos de concreto.....	54
Figura 25. Propiedades concreto armado.....	55
Figura 26. Propiedades acero estructural .....	55
Figura 27. Modelo 3D.....	56
Figura 28. Sección de Columna .....	57
Figura 29. Sección de Viga.....	57
Figura 30. Excentricidad y direccionalidad de carga sísmica en X. ....	58
Figura 31. Excentricidad y Direccionalidad de carga sísmica en Y.....	58
Figura 32. Configuración del análisis Modal.....	59
Figura 33. Cortante Sísmico en X.....	61
Figura 34. Cortante Sísmico en Y.....	62
Figura 35. Primer modo de vibración. ....	64

Figura 36. Segundo modo de vibración. ....	65
Figura 37. Tercer modo de vibración.....	65
Figura 38. Diagrama de Flexión Eje A. ....	69
Figura 39. Diagrama de Flexión Eje B. ....	70
Figura 40. Diagrama de Flexión Eje C. ....	70
Figura 41. Diagrama de Flexión Eje 1.....	71
Figura 42. Diagrama de Flexión Eje 2.....	71
Figura 43. Diagrama de Flexión Eje 3.....	72
Figura 44. Modelado de la escalera. ....	89
Figura 45. Momentos de la escalera.....	90
Figura 46. Sección de Columna. ....	91
Figura 47. Diagrama de interacción M3. ....	92
Figura 48. Diagrama de interacción M2. ....	92
Figura 49. Diagrama de interacción M3. ....	94
Figura 50. Diagrama de interacción M2. ....	94
Figura 51. Sección de columna.....	95
Figura 52. Diagrama interacción axial momento.....	95
Figura 53. Diagrama interacción axial momento.....	95
Figura 54. Diagrama interacción M3 placas. ....	96
Figura 55. Diagrama interacción M2 placas. ....	96
Figura 56. Modleio de losa.. Tomada de SAFE.....	98
Figura 57. Distribución de Momentos en la dirección M3. ....	99
Figura 58. Distribución de momentos.....	100
Figura 59. Distribución de acero.....	100
Figura 60. Distribución de acero.....	101
Figura 61. Modelo de cemento ....	102
Figura 62. Momento M3.....	102
Figura 63. Acero M2.....	103
Figura 64. Acero M3.....	104
Figura 65. Acero M2.....	104
Figura 66. Acero M3.....	105
Figura 67. Acero M2.....	105
Figura 68. Diseño de vigas.....	106
Figura 69. Curva esfuerzo deformación concreto.....	107
Figura 70. Modelo Kinematics. ....	108
Figura 71. Modelo Kinematics ....	108
Figura 72. Ubicación de Rotulas Plásticas.....	109

Figura 73. Rótulas por flexo compresión.....	110
Figura 74. Rótulas por flexo compresión.....	111
Figura 75. Diagrama de momento curvatura .....	111
Figura 76. Caso inicial Gravedad.....	112
Figura 77. Configuración del análisis Push Over X.....	113
Figura 78. Curva de capacidad en X.....	114
Figura 79. Push Over en X Paso 2 .....	114
Figura 80 Push Over en X Paso 4 .....	115
Figura 81 Push Over en X Paso 12. ....	115
Figura 82 Push Over en X Paso 20. ....	116
Figura 83. Curva de capacidad en Y .....	117
Figura 84. Desplazamiento en Y paso 2. ....	117
Figura 85. Desplazamiento en Y paso 3. ....	118
Figura 86. FEMA 440 en X Diseño.....	119
Figura 86. FEMA 440 en X Diseño .....	119
Figura 88. ASCE 41-13 en X Diseño.....	120
Figura 89. ASCE 41-13 en X MCE. ....	120
Figura 90. FEMA 440 en Y Diseño.....	121
Figura 91. FEMA 440 en Y MCE.....	121
Figura 92. ASCE 41-13 en Y Diseño.....	122
Figura 93. ASCE 41-13 en Y MCE. ....	122

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 5 pisos por desempeño sísmico en la asociación de vivienda santa Mónica del Distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, tiene como objetivo determinar un diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico utilizando la normativa vigente peruana y las recomendaciones del Comité Visión 2000 en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, donde se logra conseguir un nivel de desempeño de prevención de colapso para un sismo a nivel MCE, para un nivel de diseño se logró un desempeño de seguridad de vida, todo para la dirección en X; en tanto, para la dirección en Y se obtuvo un comportamiento lineal, dado que se tiene una gran cantidad de columnas y muros, y el sistema estructural, debido a la forma de la estructura. Finalmente, se realiza una recomendación de cómo utilizar estos desplazamientos con respecto al nivel de desplazamiento estructural.

**Palabras claves:** desempeño estructural, concreto armado, pórticos, análisis no lineal.

## ABSTRACT

The present project consists of the structural design of a 5-story multifamily home by seismic performance in the Santa Mónica housing association of the Jacobo Hunter District - Arequipa, its objective is to determine a structural design of a five-story multifamily home by seismic performance using current Peruvian regulations and the recommendations of the Vision 2000 Committee in the Santa Mónica housing association of the Jacobo Hunter district - Arequipa, 2022, where it is possible to achieve a performance level of collapse prevention for an earthquake at the MCE level, for a design level life safety performance was achieved, all for X steering; Meanwhile, for the Y direction, a linear behavior was obtained, given that there is a large number of columns and walls, and the structural system, due to the shape of the structure. Finally, a recommendation is made on how to use these displacements with respect to the level of structural displacement.

**Keywords:** structural performance, reinforced concrete, frames, non-linear analysis.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis es titulado “Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 5 pisos por desempeño sísmico en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022”.

La investigación comprende el diseño y análisis estructural de una edificación de concreto armado para uso de vivienda multifamiliar, el cual consta de 5 pisos. El edificio se encuentra en el distrito de Jacobo Hunter, en la ciudad de Arequipa.

El Perú es un país altamente sísmico, debido a que se encuentra dentro de la zona conocida como “Cinturón de fuego”.

La ciudad de Arequipa, debido al origen volcánico de los suelos, se presenta una geología muy errática, encontrándose unidades de rocas ígneas intrusivas y extrusivas, tufos volcánicos, material piroclástico y materiales aluviales, los cuales poseen diversas características geotécnicas, siendo una de las regiones más vulnerables a sismos de gran magnitud dentro de nuestro país. Por ello, es de suma importancia la construcción de edificaciones y proyectos capaces de soportar los sismos de gran magnitud que suceden en nuestro país. Para el diseño de la edificación se siguieron los lineamientos planteados en las normas técnicas del reglamento nacional de edificaciones. En cuanto al análisis sísmico, se siguió lo indicado por la norma de diseño sismo resistente E.030.

Para el diseño de elementos estructurales se obedeció los lineamientos de la norma E.060, de diseño en concreto armado. Tanto para el análisis y el diseño, se utilizaron las cargas propuestas por la normativa E.020 de cargas.

La finalidad es mejorar las construcciones de viviendas resistentes y adecuadas, en caso ocurriera algún sismo, permitiendo salvaguardar la vida de las residentes; asimismo, lograr una infraestructura nueva y resistente dando seguridad y confort a las familias.

El contenido de la presente tesis consta de cinco capítulos: el Capítulo I: contiene el planteamiento del estudio, planteamiento y formulación del problema, los objetivos generales y específicos, justificación e importancia y limitaciones; para este apartado el planteamiento del problema se basa en cómo sería el comportamiento sísmico para el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.

La presente investigación se justifica porque aporta a la mejora de la calidad de residencia en los edificios multifamiliares de cinco pisos para el confort de las personas de la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter, para el cual se propone prototipos de diseño que permitirán un mejor confort y diseño estructural, tiene por objeto el desarrollo de

métodos que permitan concebir, diseñar, construir y mantener edificaciones que sean capaces de exhibir un desempeño predecible, cuando son afectadas por sismos.

El Capítulo II contiene el marco teórico, que consta de todos los principios básicos para poder comprender el desempeño sísmico, tales como la propiedades mecánicas de los materiales, el diseño sísmico, los principios del análisis estructural, las normas peruanas y su influencia sobre el diseño en concreto armado, también se hace mención de cómo y qué conceptos se siguen para poder diseñar estructuras según la norma peruana, lo cual nos da unos criterios de desempeño estructural distintos a los de otras normas peruanas.

En el Capítulo III trata de la metodología de investigación, el método bibliográfico nos permite obtener toda la información necesaria mediante, documentos, artículos, libros, etc., referentes al tema de investigación que se quiere realizar. (Cerda, 2011).

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, su alcance es descriptivo, no experimental, transaccional.

En el Capítulo IV se da a conocer los resultados y la discusión. El trabajo de investigación a desarrollarse tiene el objetivo de mejorar la calidad residencial a los pobladores de la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter, el cual brinde una mayor seguridad y confort.

Este proyecto en materia de estudio ha sido diseñado arquitectónicamente de acuerdo a los parámetros urbanísticos de dicho distrito, en cuanto a su espacio, distribución y dimensionamiento conforme al reglamento nacional de edificaciones (RNE).

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

El problema más recurrente en la construcción de viviendas en nuestro país es la autoconstrucción. El 80% de las edificaciones fueron construidas por los dueños de los predios que no contaban con asesoramiento técnico de un profesional, esto representa un peligro en las estructuras durante un movimiento sísmico y poniendo en peligro la vida de las personas.

Otro de los problemas que se da con frecuencia son los movimientos sísmicos que ocurren en nuestro país y especialmente en la región sur, por encontrarse situado en una zona vulnerable donde existe actividad volcánica y fallas de la placa tectónica, como es la placa de Nazca; es por eso que nuestro país ha optado por usar una doctrina basado en el desempeño sismorresistente que fue propuesto por la American Association del SEAOC, implantando el uso de metodologías elásticas y fuerzas laterales. Las estructuras de los edificios no tendrían que sufrir daños irreparables que ponga en peligro la construcción y cause el colapso de los edificios ante un evento sísmico de una magnitud severa, el cual puede ocurrir durante la vida útil de una edificación.

Según CAPECO et al. (2018), de acuerdo a los estudios desarrollados “el 80% de edificaciones son construidas informalmente en el Perú, de las cuales el 40% tienen una alta vulnerabilidad frente a un sismo de alta magnitud. En los pueblos jóvenes la autoconstrucción llega a cifras mayores al 90%”.

Según Felipe García Bedoya, director de CAPECO, en el Perú tenemos dos clases de edificaciones informales: al primero se le denomina construcción por autogestión, que consiste en contratar personal con conocimientos empíricos y no personal técnico, para que diseñe y construya una vivienda. La segunda clase informal es la autoconstrucción, en esta clase la familia no contrata personal empírico y técnico ya que ellos mismos se encargan de ejecutarla la construcción de sus viviendas.

De acuerdo con la fuente de la Escuela de Postgrado de la universidad Católica San Pablo y Mgtr. David Chalco Pari, en la región Arequipa 7 de cada 10 construcciones de viviendas son construidas informalmente en promedio. Esto nos da a entender que las edificaciones no cuentan con licencias de construcción, ni mucho menos con los planos correspondientes, utilizando materiales deficientes, por lo que dichas construcciones estarían expuestas a daños irreparables frente un evento sísmico que pudiera ocurrir en

cualquier momento. Esto se debe al bajo costo con el que se puede realizar este tipo de construcciones que son financiadas por las propias familias, por lo que la ciudadanía debería tomar conciencia que en el futuro realizar reparaciones en sus edificaciones no compensaría su inversión realizada por optar construir sin ningún tipo de asesoramiento técnico.

El Perú está situado en la zona denominada Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se registra el 85 por ciento de los movimientos sísmicos a nivel mundial, la ciudad de Arequipa se encuentra en esta zona y soporta frecuentemente movimientos sísmicos que son perjudiciales para todo tipo de edificaciones y más aún si las construcciones no cuentan con un buen diseño sismo resistente.

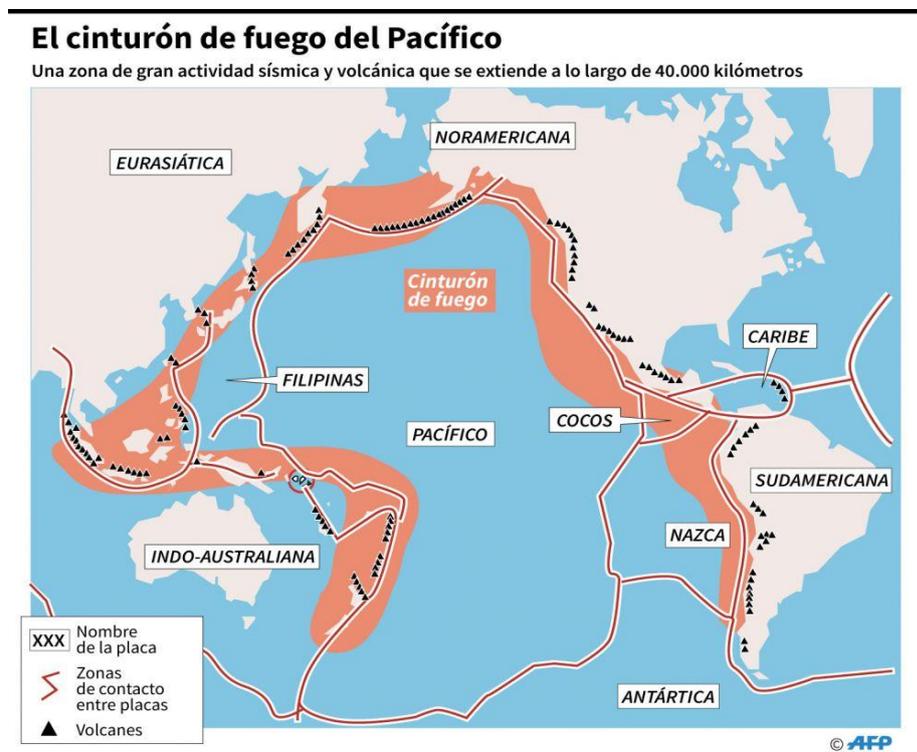


Figura 1. *Cinturón de fuego del Pacífico* (fuente internet)

En nuestro diseño estructural de una vivienda multifamiliar se analizará los desplazamientos, las deformaciones y, además, las fuerzas producidas por los movimientos sísmicos aplicando el reglamento nacional de edificaciones y las recomendaciones del comité Visión 2000.

En consecuencia, se plantea proponer un diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico aplicando la normativa vigente peruana y la propuesta por el Comité Visión 2000 para evaluar una vivienda multifamiliar ubicada en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.

### **1.1.1 Problema general**

¿Cómo sería el comportamiento sísmico para el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos, situado en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando la norma peruana de edificación y ser evaluado por desempeño sísmico propuesto por el Comité Visión 2000?

### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿De qué manera influiría proponer un método de sistema estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022?
- ¿Cómo será la configuración de los elementos estructurales que tendrá la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022?
- ¿Cómo será el diseño por desempeño sísmico de los elementos estructurales más críticos de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022?
- ¿Cómo sería el desempeño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando el análisis no lineal estático, según el Reglamento Nacional de Edificaciones?
- ¿Cuál será el desempeño sísmico estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, evaluado con la metodología de Espectro Capacidad recomendado por el Comité Visión 2000?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar un diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico utilizando la normativa vigente peruana y evaluado con la metodología del espectro propuesto por el Comité Visión 2000 en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Formular un método de sistema estructural que se aplicará a la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.
- Elaborar la configuración de los elementos estructurales que tendrá la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.
- Realizar el diseño por desempeño sísmico de los elementos estructurales más críticos de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, utilizando el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Determinar el desempeño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando el análisis no lineal estático según el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Determinar el desempeño sísmico estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, evaluado con la metodología de Espectro Capacidad recomendado por el Comité Visión 2000.

### **1.3 Justificación e importancia**

La presente investigación aporta en mejorar la seguridad estructural de las edificaciones y resguardar la integridad de las personas en la asociación de vivienda, Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter, provincia y departamento de Arequipa, ya que en la actualidad muchas de las edificaciones son construidas de manera empírica, para lo cual se propone un diseño estructural por desempeño sísmico.

Desde la vista teórica esta investigación proporciona nuevos conocimientos sobre cómo diseñar y mejorar la seguridad en los distintos lugares de nuestro país.

Desde la vista académica este estudio contribuirá al estudio de nuevos proyectos referidos a diseño por desempeño sísmico.

### **1.4 Delimitación del proyecto**

El presente trabajo de investigación consistirá en determinar el diseño de los elementos estructurales más críticos de la edificación (columnas, placas y vigas), utilizando la

metodología de Resistencia Última del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Para el diseño estructural se aplicará la normativa vigente del RNE, las cuales son: NTE-020 de Cargas, NTE-030 (2016) de diseño sismorresistente y NTE-060 de concreto armado.

Para el estudio del análisis por desempeño sísmico se aplicará el análisis no-lineal estático (método de espectro capacidad) por lo que utilizaremos el software ETABS, con ello obtendremos datos para evaluar los diferentes niveles de sismo; para evaluar el desempeño sísmico se usará las recomendaciones propuestas por el Comité Visión 2000 (SEAOC, 1995).

El trabajo de investigación no contemplará el diseño de cimentación, por esta razón no será necesario un estudio de mecánica de suelos.

## **1.5 Hipótesis y descripción de las variables**

### **1.5.1 Hipótesis general**

La propuesta de diseño estructural en un edificio multifamiliar de cinco pisos aumentará significativamente su desempeño sísmico de la estructura ante la amenaza de un evento sísmico en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

Seleccionando el método estructural apropiado favorece al sistema estructural que se aplicará a la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.

Elaborar la configuración de los elementos estructurales mejora significativamente el buen funcionamiento estructural que tendrá la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.

El diseño por desempeño sísmico de los elementos estructurales más críticos de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, utilizando el reglamento nacional de edificaciones cumple las expectativas de diseño.

El desempeño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando el análisis no lineal estático según el reglamento nacional de edificaciones cumple con los resultados esperados.

El desempeño sísmico estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, evaluado con la metodología de Espectro Capacidad recomendado por el Comité Visión 2000, cumple con los resultados necesarios de los parámetros propuestos por Visión 2000.

### 1.5.3 Variable independiente

Diseño estructural: “se trata de la selección de secciones, configuración estructural y el detallado de acero en estructuras diversas, revisando las fuerzas, estabilidad y la permanencia que debe tener la estructura frente a un grupo de cargas conocidas a priori (Reboredo, 2016).

### 1.5.4 Variable dependiente

Desempeño sísmico: “consiste en la revisión del nivel de plastificación que tienen los elementos estructurales, frente a un grupo de cargas sísmicas, las cuales son aplicadas en condicione de servicio, dejando a la estructural deformada lateralmente, dicho nivel de deformación luego se verifica respecto a los máximos aceptados y es relativo a la deformación de cada piso” (Bertedo, en SEAOC, 1995).

Tabla 1 *Metodología*

<b>METODOLOGÍA</b>	
<b>Método</b>	Cuasi experimental
<b>Tipo</b>	Cualitativo- Cuantitativo
<b>Alcance</b>	Descriptivo
<b>Diseño</b>	No experimental – transaccional – descriptivo
<b>Población</b>	Infraestructuras de la asociación de vivienda santa Mónica
<b>Muestra</b>	Lote N°4 de la Mz. K

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

En las consultas realizadas, se ha determinado que en relación al tema no existen estudios que hayan tratado sobre dicha problemática en el actual distrito de Jacobo Hunter; sin embargo, dentro de las averiguaciones realizadas existen algunos estudios que contienen similitudes al tema que se quiere estudiar, entre las cuales tenemos:

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Ortiz E. (2012) realizó su tesis “Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado “Limburg Platz” de la ciudad de Quito, para garantizar la seguridad de los ocupantes”, de la Universidad Técnica de Ambato, con la finalidad de optar el título Profesional de Ingeniero Civil. Esta tesis tiene como objetivo principal comparar que los momentos solicitantes sean inferiores o similares a los momentos resistentes que se calcularon. La citada tesis se encargó en determinar el diseño estructural sismoresistente de las edificaciones de departamentos de concreto armado, con la finalidad de asegurar el bienestar de los habitantes; para este trabajo de investigación se empezó obteniendo la distribución arquitectónica de cada piso, el estudio de mecánica suelos, reglamento de construcción, información de la población, etc.

Una vez que se obtuvo los datos anteriores realizaron el predimensionamiento de cada elemento estructural aplicando las normas del Código ACI318-05 y del CEC 2002. Con el predimensionamiento obtenido se realizó el modelamiento estructural en el programa ETABS, ya que con este programa se obtiene los cálculos más exactos para el desarrollo de la edificación del proyecto. Con los resultados finales se obtuvieron los respectivos planos estructurales para cada edificación. Concluyendo que el crecimiento de la población en la ciudad de Quito requiere que se diseñe proyectos con estructuras que contribuyan al crecimiento y desarrollo de la población.

Mendoza J. y Beteta E. (2009) realizaron su tesis denominada: “Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 12, de la ciudad de Guatemala”, de la Universidad San Carlos de Guatemala, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tiene como principal objetivo determinar

los diferentes niveles de riesgo sísmico aplicando técnicas oculares rápidas en las diferentes construcciones situadas en un sector de la zona 12, colonia La Reformita. Asimismo, tiene como objetivos específicos el realizar el cálculo de daños potenciales de las posibles pérdidas materiales y humanas ante el riesgo de sufrir un evento sísmico de considerable magnitud. Establecer un plan de mitigación para que permita la reducción de la vulnerabilidad del sector en estudio. Este trabajo de investigación inicia describiendo características históricas, características sociales y económicas de la zona con la finalidad de ilustrar al lector ciertas razones que favorecen la vulnerabilidad estructural del sector y que podrían ser importantes para establecer criterios de reducir la vulnerabilidad sísmica. Se dará a conocer conceptos de riesgo estructural y vulnerabilidad sísmica y con ello se determinará un valor representativo de amenaza sísmica para el presente trabajo de investigación; a su vez, se dará a conocer los tipos de clasificación de edificaciones según la norma NR6, de la AGIES. Se detallarán brevemente las diferentes metodologías utilizadas para estudiar la vulnerabilidad estructural, las causas que contribuyen a la vulnerabilidad de las estructuras, los criterios y procedimientos del método utilizado en este trabajo. Por otro lado, se determinará el grado de vulnerabilidad estructural de la zona, la medición de daños probables en personas y materiales. Se tabularán y presentarán los resultados obtenidos a través de las evaluaciones practicadas a las estructuras, el criterio y la forma en que se calcularon los indicadores de la vulnerabilidad en elementos humanos y elementos materiales. Asimismo, se destacan los problemas estructurales típicos observados en el sector y se propondrán las medidas de mitigación pertinentes, se comentarán algunos aspectos de las filosofías modernas del diseño sismorresistente y se presentará una breve discusión sobre los códigos de construcción existentes en Guatemala. Como una de las conclusiones de la presente investigación se determinó que la zona de estudio se sitúa en un suelo tipo “C” (Según norma ACT), con el rompimiento habitual que se tiene en el valle de la ciudad de Guatemala, causadas por el movimiento sísmico de 1976, esta amenaza incrementa la probabilidad para que las redes de servicios básicos tengan daños en el momento que se produzca un sísmico de considerable magnitud.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Mayhua J. (2018) realizó la tesis: “Diseño estructural por desempeño sísmico de un edificio de 5 pisos en el distrito de Ascensión, provincia de Huancavelica”, de la universidad Continental, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo principal en realizar el diseño estructural por desempeño

sísmico de un edificio de cinco pisos, donde propone el diseño estructural de un edificio de cinco pisos por el método de pórticos, cuya estructura será evaluada por desempeño sísmico utilizando la normativa peruana vigente y las recomendaciones de Visión 2000, concluyendo que los criterios basados en la NTP-E030 del reglamento nacional de edificaciones que tomó en cuenta para realizar la configuración estructural donde se logró un buen adecuado desempeño sísmoresistente de la estructura propuesta.

Bonilla H. (2019) desarrolló la tesis denominada “Diseño sísmico y estructural del edificio multifamiliar Las Flores en la urbanización el Ingeniero III, Pimentel - Chiclayo – Lambayeque”, de la universidad Cesar Vallejo, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo principal elaborar el diseño sísmico y estructural de un edificio multifamiliar de 4 niveles más azotea, que cuenta con un área de 160 m<sup>2</sup>, el uso que tienen cada uno de los niveles es variado, consiste en la selección de los ambientes según el espacio destinado, un primer nivel generalmente cuenta con uso de estacionamientos y de bodegas, así como negocios, el segundo nivel y los otros niveles restantes, se consideran usos de viviendas como departamentos, para ello se evalúa el diseño de un edificio de ejemplo y la construcción de más edificios con las mismas características dentro de la urbanización y/o zonas aledañas. Se detalla el análisis, diseño, planificación y desarrollo tomando en cuenta los aspectos y criterios técnicos necesarios tomando como base el Reglamento Nacional de Edificaciones para llegar al producto final. Se realiza el diseño de todos los elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas, cimentación, entre otros. Producto del diseño de los elementos estructurales se elaboró los respectivos planos de arquitectura, estructuras y detalle de cada uno. Concluyendo que primero se debe tener el diseño arquitectónico ya que este influye en el diseño integral de la edificación, debido a que la distribución de cada ambiente es importante para realizar un pre dimensionamiento estructural para realizar los respectivos de sus elementos estructurales y además nos da la información para realizar las instalaciones sanitarias y eléctricas del proyecto; con toda esta información se podrá obtener los costos y presupuestos de la edificación. También se concluye que al desarrollar el cálculo estructural todas las partes estructurales de la edificación son de vital importancia y que cada elemento cumple una determinada función, gracias a ello se garantiza la seguridad de los ocupantes y la vida útil de la edificación.

Cruz I. y Dieguez V. (2015) realizaron la tesis “Análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de

diseño sismorresistente en la Urbanización Soliluz– Trujillo”, de la universidad privada Antenor Orrego, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil, La presente tesis tiene como objetivo principal determinar el análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de diseño sismorresistente. En presente estudio se determinó los análisis sísmicos y el diseño estructural de un multifamiliar de 5 niveles más azotea, ubicado en el distrito de Trujillo. La distribución de cada nivel es similar, a continuación, se detalla la distribución de ambientes: 1 dormitorio principal, 2 dormitorios secundarios, 1 sala-comedor, 1 cocina-comedor, 2 baños, 1 patio de servicio, 1 ingreso, y además jardín con estacionamiento sólo en el 1° nivel. En la azotea tiene, 4 lavanderías, 1 corredor, 1 depósito, 2 baños y 1 terraza. De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, el suelo donde se edificará el edificio tiene una capacidad portante de 1.08 Kg/cm<sup>2</sup>. En el diseño estructural del edificio se consideró un sistema de muros estructurales en ambos sentidos (X – Y), de esta forma se cumple con la Norma E.030 – 2014 del RNE. La edificación se modelo utilizando el software ETABS, con la ayuda de este programa se calcularon las derivas y las fuerzas internas del edificio multifamiliar. Para realizar el diseño de concreto armado se aplicó la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. En una de sus conclusiones manifiestan que con los resultados de los análisis sísmicos y verticales se puede verificar que el esfuerzo sísmico determina el diseño estructural de la edificación, por ello es de suma importancia utilizar de forma adecuada la normativa vigente del reglamento nacional de edificaciones.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

Ramos J. (2021) en su tesis denominada “Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, edificio multifamiliar Benjamín Del Solar, Sachaca, Arequipa 2021”, de la universidad Continental, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tuvo por objetivo determinar el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares, según métodos convencionales. La metodología que se aplicó fue el método científico de análisis estático, dinámico modal y el análisis no lineal estático, con ello se determinó el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar. En la citada tesis se aplicó dos niveles de estudio: explicativo y experimental. Como resultado final se obtuvo los siguientes resultados: en dirección X-X 444.93 tonf y en la dirección Y-Y 472.46 tonf como acción de un sismo severo, obteniendo una clasificación de seguridad de vida (LS), como se aprecia en el gráfico de la sectorización del desempeño sísmico. La investigación muestra como conclusión

que la norma peruana sismorresistente proporciona una conservadora resistencia a las edificaciones de concreto armado, limitando la deriva de entrepiso al 7 por mil, por otra parte, de acuerdo al análisis no lineal la edificación contiene un adecuado porcentaje entre rigidez y ductilidad; hecho que se puede observar gráficamente, mediante la curva de capacidad obtenida para cada dirección del análisis.

Vega W. (2021) realizó su tesis titulada “Análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica del centro de salud de Caylloma mediante el uso de aisladores elastoméricos de base aislada respecto al de base fija, Arequipa 2021”, de la universidad César Vallejo, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. La presente tesis tiene como objetivo principal comparar utilizando aisladores elastoméricos de base aislada respecto a una superficie fija o estable, que se usará en el centro de salud ubicado en la provincia de Caylloma. En los últimos años, se inventaron grandes avances mecánicos con la finalidad de prolongar en las estructuras su vida útil en cuanto a eventos sísmicos. En la actualidad países como Japón, Chile, Estados Unidos, entre otros países del primer mundo emplean los marcos de aislamiento sísmico. Las edificaciones de acuerdo a la norma sismorresistente las edificaciones se estima una vida útil de 50 años, estando expuestas a sismos de diferentes magnitudes. Por esta razón es de vital importancia conocer la ubicación donde ocurre los diferentes daños, ya sea según la zona o en las estructuras. Es por ello que se debe tener en cuenta el uso adecuado de dispositivos de control de respuesta sísmica como son los aisladores sísmicos que cuya función principal es disipar la energía producida por sismos. Concluyendo que el periodo adecuado para una edificación convencional es de  $T = 0.289$  segundos, y por otro lado si usamos aisladores sísmicos en la base el periodo adecuado sería  $T = 2.331$  segundos, Logrando reducir la velocidad de aumento de pisos, las fuerzas de cortantes, los desplazamientos relativos, la deriva, el daño a los elementos estructurales.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Diseño estructural**

#### **a) Definiciones**

Reboredo (2016) define al diseño estructural como “aquel proceso que partiendo de los datos propios del objeto a construir - por ejemplo, un edificio – permite proyectar un sistema estructural completo, estable, permanente y factible”.

El diseño de estructuras basado en la resistencia sísmica propuesta en las normativas y códigos corrientes, tienen como objetivos principales, que las estructuras sean capaces de resistir sismos de baja intensidad sin sufrir daños estructurales

significativos, sismos moderados con daños reparables y sismos de mayor intensidad sin que se produzca el colapso. Siguiendo esta filosofía de diseño, el desempeño de las estructuras, en términos de potencial de daño, no ha sido cuantificado, en tal sentido la fragilidad y vulnerabilidad de las construcciones es alta, según Bonett (2003).

### **b) Importancia**

La importancia del estudio del desempeño sísmico radica en poder conocer el estado de deformación lateral que obtiene una estructura por una fuerza lateral al nivel de diseño, para ello se buscan un grupo de fuerzas y direccionar el diseño a la rotulación de ciertos elementos en la estructura; por ejemplo, se busca que las rótulas se formen en el primer piso y en las vigas, también es necesario realizar los diagramas de momento curvatura, los que se ven reflejados luego en la curva de capacidad lateral que es contrastada con el espectro de demanda sísmica, dejando puntos como la sobre resistencia, punto de desempeño y ductilidad de la estructura.

### **c) Elementos que componen el diseño estructural**

El diseño estructural consta de las siguientes partes:

- Estructuración: en esta sección se escogen dimensiones para cada elemento estructural, para luego verificar estas dimensiones con respecto a las necesidades mínimas como son criterios de estabilidad, de fuerzas y otros que consideran el deterioro gradual de los elementos según el volumen que tienen respecto a otros elementos.
- Análisis: en el proceso de análisis se realiza el modelado de la estructura ya dimensionada, para resolver sus esfuerzos y deformaciones respecto a un nivel de fuerzas aplicadas en la estructura, estas fuerzas se aplican por medios naturales como el movimiento de la base y cargas de gravedad.
- Diseño: consiste en colocar acero estructural en las secciones de concreto armado, las que deben de responder a un criterio de daño estructural, por ejemplo, debe primero dañarse las vigas y las columnas del primer nivel, permitiendo que las columnas de los otros pisos no se rotulen, dado que causan inestabilidad.
- Dibujo: la representación de todo lo calculado se da por el dibujo de planos estructurales que ayudan y sirven para poder guiar un proceso de construcción regulado.
- Memoria de cálculo: este paso consiste en la redacción de cálculos estructurales, la formación de un plano estructural y el guardado de toda la información respectiva a los resultados.

## **d) Principios del diseño estructural**

Según la revista EcuRed los principios del diseño estructural son:

- Seguridad: esta se mide en base al nivel de deformación relativa que tiene la estructura respecto del nivel en estudio, esta a su vez da una idea de la cantidad de fuerza que puede resistir en cortante un nivel.
- Funcionalidad: es importante mantener la funcionalidad de la estructura, cada ambiente debe de cumplir con un requisito de funcionabilidad, para poder ayudar al ocupante en sus labores.
- Economía: se busca que las edificaciones no sean económicamente inviables, para ello se realiza ajustes en las secciones y en el detallado del acero.

### **2.2.2 Desempeño sísmico**

#### **a) Definiciones**

“Consiste en colocar límites a deformación en cada elemento estructural, primeramente, en las vigas, luego columnas, para poder obtener una respuesta global de la estructura, la cual debe de ser conforme a unos valores máximos de deformación” (Bertedo, en SEAOC, 1995).

#### **b) Nivel de desempeño**

Es un contraste entre el nivel de demanda y la capacidad estructural que tiene una estructura, este punto tiene varias formas de ser calculado, es en parte de ello que se tienen propuestas de definición de curvas de momento curvatura, así como curvas para las columnas, las cuales son una interacción del momento y la carga axial, dejando un nivel de desempeño definido (SEAOC, 1995).

#### **c) Propuesta Visión 2000**

La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) define cuatro niveles de desempeño sísmico descritos a continuación:

- Totalmente operacional: el nivel operacional hace referencia a que la estructura se mantiene operacional luego de un sismo, por ello la estructura no sufre daños importantes en elementos estructurales y no estructurales.
- Operacional: el nivel operacional hace referencia a que se puede retomar las actividades, pero con cierta limitación, dado que algunos elementos han sido dañados, elementos no estructurales, así como objetos en la estructura.
- Seguridad: este nivel solo asegura que la estructura es segura y no llega a un colapso, puede tener daño en los elementos estructurales, pero no han dejado como inestable la estructura y por ello está en pie.

- Pre- Colapso: en este nivel se puede decir que la estructura ya no es habitable, ni puede repararse, o su reparación es demasiado costosa es por ello que se propone demolerla.

Tabla 2 *Estado de daño y niveles de desempeño*

<b>ESTADO DE DAÑO</b>	<b>NIVEL DE DESEMPEÑO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>
Depreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicios y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños, pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos estructurales pueden dañarse.
Severo	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural, falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Completo	Colapso	Colapso estructural.

Nota: tabla 6.1. Tomada de SEAOC, 1995, p 67.

#### **d) Desempeño esperado de la edificación**

Las estructuras no deben de pasar un límite de deformación ni tener daños muy graves que puedan causar una inestabilidad, es por ello que se busca reforzar la estructura de tal manera que la misma se rompa en los lugares débiles o lugares fusibles (ATC-40, 1996).

El nivel de desempeño estructural puede ser estimado a grandes rasgos, actualmente no se cuenta con técnicas 100% efectivas que puedan aproximar el comportamiento de la estructura para casos existentes o modificados con el tiempo, generalmente solo es posible tratar con edificaciones que son nuevas y confiar en estos cálculos (SEAOC, 1995).

Otro de los inconvenientes del diseño por desempeño es el nivel de demanda sísmica, la cual se calcula por medios estadísticos, haciendo uso del periodo de retorno y probabilidad de excedencia, para ello se utilizan ecuaciones como la siguiente (SEAOC, 1995):

$$T = -\frac{t}{\ln(1-p)} \quad (1)$$

Donde:

T: Periodo de retorno (años).

P: Probabilidad de excedencia.

t: tiempo de exposición (años).

La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1985) define cuatro niveles de amenaza sísmica. La Tabla 6.3., muestra los correspondientes cuatro niveles de movimiento sísmico que se designan con los siguientes calificadores:

Tabla 3 *Tabla 6.3 Niveles de movimiento de sísmico*

Nivel de movimiento sísmico	Periodo medio de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia (p.t)
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	940 años	10% en 100 años

Nota: tomada de SEAOC, 1995, p 71.

Algunos de los requisitos básicos del desempeño estructural son los siguientes:

Tabla 4 *Tabla 6.4 Niveles recomendados de desempeños esperados.*

Instalaciones Básicas		NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO			
		Totalmente	Operacional	Seguridad	Colapso
Instalaciones Esenciales/Riesgosas		Operacional			
Instalaciones de Seguridad Criticas		Desempeño inaceptable			
Nivel de movimiento Sísmico	Frecuente (T=43 años)	1	0	0	0
	Ocasional (T=72 años)	2	1	0	0
	Raro (T=475 años)	3	2	1	0
	Muy Raro (T=970 años)	-	3	2	1

Nota: tomada de SEAOC, 1995.

### 2.2.3 Definición de términos básicos

a) **Reglamento Nacional de Edificaciones:** el Reglamento Nacional de Edificaciones es una norma de carácter ingenieril, el cual muestra la forma en que debe de diseñarse una estructura, considerando principios como el diseño por desempeño, el diseño en acero convencional y otras técnicas de la ingeniería civil, las cuales están normadas y son de obligatorio cumplimiento. Cualquier edificación nueva o existente deberá ser modificada o diseñada usando estos principios, donde se explica cómo diseñar cada elemento de concreto armado, albañilería, diseño en acero, cimentación y otros tipos de estructuras, en base a ello se debe de realizar los diseños actuales.

#### b) Normas para diseño estructural

- Norma E-020

Esta norma da los indicios de las cargas en las estructuras, pero sin considerar cargas sísmicas, dado que hay todo un capítulo dedicado a este tipo de cargas,

tampoco se consideran efectos de tsunamis, tormentas y tornados, esto por su falta en el Perú, pero otras normas si las consideran.

- Norma E-30

Esta norma considera los efectos del sismo como entrada al modelo estructural, para ello se calcula diversos factores como la ubicación de la estructura, el uso de la estructura, las dimensiones de la estructura y el tipo de sistema estructural utilizado.

- Norma –E060

Esta norma nos especifica como diseñar elemento de concreto armado, esto en base a las cargas que caen sobre él; por ejemplo, elementos sujetos a flexión son diseñados a estas cargas, para el caso de elementos con flexión, pero carga vertical también considerable, es necesario aplicar interacciones de cargas.

Esta norma especifica las exigencias mínimas que se deben de tener en cuenta para la elaboración de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple. Además, se tendrá en cuenta que las especificaciones técnicas y planos cumplan con esta norma.

- Norma E-070

Esta norma nos indica como diseñar elementos de albañilería se deben de seguir principios parecidos a los del diseño en concreto armado, solo que estos varían debido a que la albañilería es un material que no desarrolla ductilidad, a flexión, mayormente su efecto es a corte, lo cual los vuelve frágiles, también es necesario considerar que los muros cuando se agrietan si no tienen un buen confinamiento estos se destrozan y los pedazos se desparraman, es por ello que los pedazos deben ser bien confinados, para asegurar integridad del muro.

c) **Elementos estructurales:** los principales tipos de elementos estructurales son; muros de albañilería confinada, columnas, vigas, losas y cimentación. Según Rubicón México (2019).

- Muros de albañilería confinada: tienen huecos que se refuerzan con acero y concreto en su interior.
- Columnas: son elementos verticales de concreto reforzado, de acero o madera.
- Vigas: son elementos horizontales de concreto reforzado, de acero o madera.

- Losas: es un sistema de techo o de piso de niveles superiores, por lo general son de concreto reforzado.
- Cimentación: son zapatas de concreto o de muros de piedra, cajones o pilotes.

**d) Clasificación de las estructuras:** según Aguado Crespo (1987), lo clasifican de la siguiente manera:

- Muros de carga: son aquellas en que las cargas del edificio son sostenidas por muros portantes.
- Pórticos: está conformado por un armazón o esqueleto que soporta el resto de la edificación, llamadas asimismo pórticos, donde los muros solo tendrán función de cierre o divisoria, pero no soportantes. Generalmente está compuesta por losas, vigas y columnas.
- Sistema Mixto: son aquellas que se componen de muros portantes, armazón de vigas y columnas interiores.

**e) Sistema estructural de albañilería confinada:** según San Bartolomé (1994): “la albañilería confinada es aquel tipo de sistema constructivo en el que se utilizan piezas de ladrillo rojo de arcilla horneada o bloques de concreto, de modo que los muros quedan bordeados en sus cuatro lados por elementos de concreto armado, por ejemplo, si se trata de un muro en el primer piso, los elementos confinantes horizontales son la cimentación (1) y la viga de amarre (2), y los elementos confinantes verticales son las dos columnas de sus extremos. Nótese que la separación máxima entre las columnas debe ser menor que dos veces la altura del entrepiso” (ver figura 2).

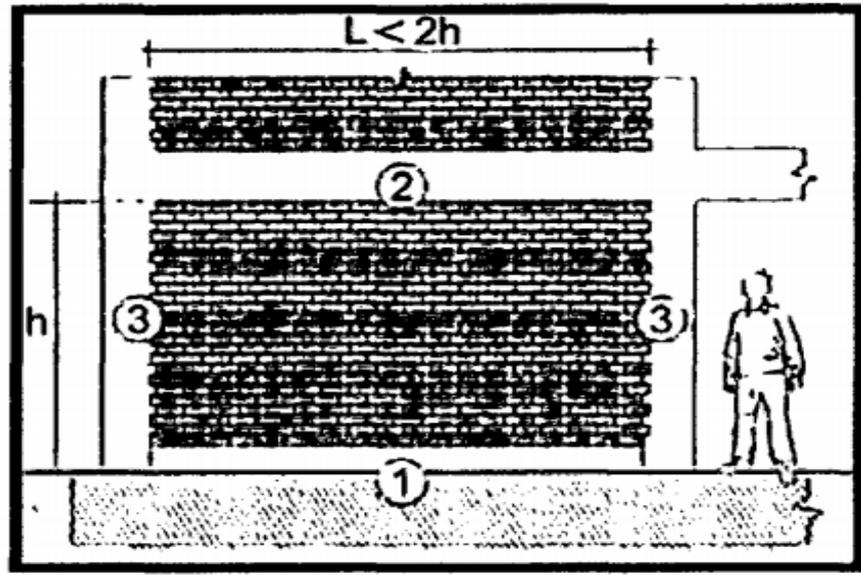


Figura 2. Albañilería confinada. Tomada de San Bartolomé, 1994.

- f) **Sistema estructural aporticado:** según Vásquez (2016) define “por lo menos el 80% de la fuerza cortante de la base actúa sobre las columnas en los pórticos que cumplan los requisitos de la norma NTE E. 060- concreto armado. En caso se tenga muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez”. Ver figura (3)

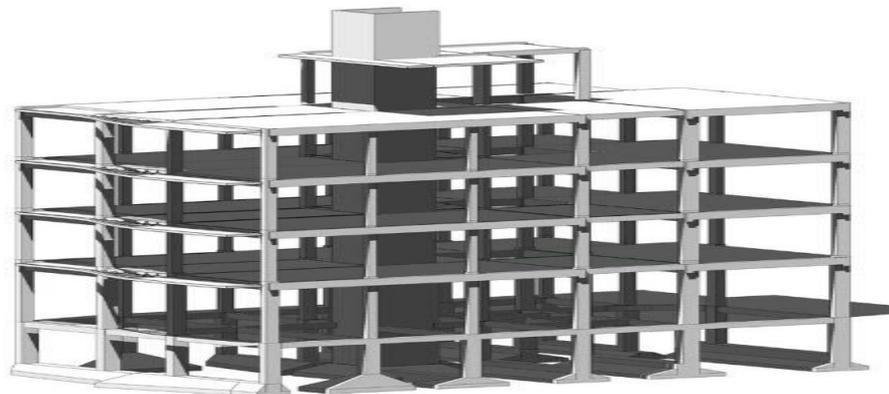


Figura 3. Sistema Estructural Aporticado. Tomada de Vásquez, 2016.

- g) **Sistema estructural dual o mixto:** es un sistema mixto de pórticos reforzados por muros de carga o diagonales de arriostramiento. En este sistema los muros tienden a tomar una mayor proporción de los esfuerzos en los niveles inferiores, mientras que los pórticos pueden disipar energía en los niveles superiores. (slideShare)

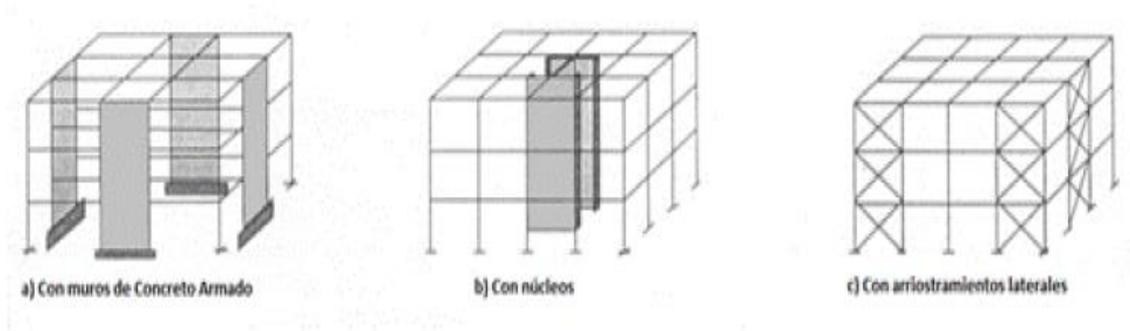


Figura 4. Sistema Estructural dual mixto

- h) Sistema estructural dual con cargas inelásticas:** de acuerdo con Priestley (2007) cuando la carga sísmica es distribuida entre el sistema de pórticos y el de placas en proporción a la rigidez elástica, se genera el problema que se subestima la resistencia del sistema de pórticos. Obviamente el sistema de pórticos representa una menor resistencia que el sistema de placas, pero tardará en fluir en comparación con el sistema de placas.

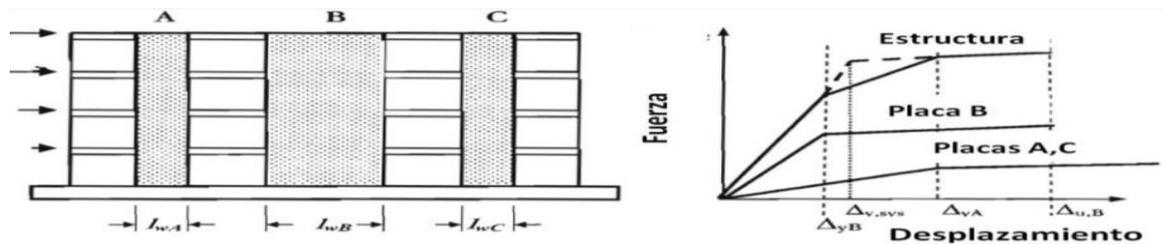


Figura 5. Estructura con placas de concreto armado de diferentes longitudes. Tomada de Priestley et al., 2007.

- i) Análisis en software:** es el proceso automatizado de analizar el sistema para el comportamiento del software. Existen dos tipos principales de análisis, el análisis estático de software y el análisis dinámico de software. Estas técnicas de análisis intentan encontrar y mejorar en un software cuestiones de correctitud, optimización y seguridad.
- j) Software Etabs:** es un programa que se utiliza para realizar los análisis lineales y no lineales del comportamiento estructural de las edificaciones, aquí podemos encontrar herramientas y materiales para realizar un modelo estructural, obteniendo como resultado tablas, gráficos e informes de precisión.
- k) Análisis estático:** de acuerdo con lo señalado por Ingegeek, (2022), el análisis estático es un procedimiento esencial para diseñar una estructura. El análisis

estático es una simplificación bastante grande del fenómeno dinámico, como es el sismo, donde no se consideran efectos inerciales, solo se consideran efectos representativos de la estructura, como los efectos de cargas muertas, los efectos sísmicos sí son considerados, pero solo como cargas estáticas laterales, no se consideran otros efectos.

- l) Análisis dinámico:** considera los efectos del movimiento de la estructura, realizando una aproximación con una ecuación que considera la inercia de las masas de los elementos, cada una de estas masas están concentradas en cada uno de los pisos, las cuales también les dan el movimiento cíclico a cada uno de los pisos, existen modelos más complejos que consideran la masa distribuida; sin embargo, es necesario de considerar otros efectos como el amortiguamiento y otros problemas que aparecen con la inclusión de la masa sísmica (Ingegeek, 2022).

Tabla 5 *Diferencias análisis estático y análisis dinámico*

Análisis estático	Análisis dinámico
Proporciona cálculos de las estructuras bajo acción de fuerzas estáticas constantes aplicadas al sistema en un tiempo definitivo.	Se refiere al análisis de las pequeñas oscilaciones o vibraciones que puede sufrir una estructura alrededor de su posición de equilibrio.
En el análisis estático de una estructura no se considera la acción de los sismos ni vientos.	En el análisis dinámico de una estructura Si se considera acción de los sismos y vientos.
El método de superposición y el método de secciones corresponden a este tipo de análisis.	El método de rigideces y elementos finitos corresponde a este tipo de análisis.
En el análisis estático de estructuras se cuantifican las cargas y momentos.	En el análisis dinámico de estructuras se cuantifican los periodos de vibración.

Nota: tomada de Ingegeek, 2022.

**m) Otros conceptos**

- Carga viva: se refiere a cada elemento movable que contemple una determinada edificación, dentro de ellos tenemos el peso que genera cada ocupante, muebles, equipos, etc.

- Carga muerta: se refiere a los elementos estructurales permanentes. Es decir, el peso propio de cada elemento estructural y no estructurales.
- Carga sismo: hace referencia a la fuerza que este ejerce sobre una edificación pudiendo causar daños materiales y/o personales.
- Cortante basal: el cortante basal total de diseño  $V$ , a nivel de cargas últimas, que será aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante las expresiones:

$$= \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot W \quad (2)$$

$U$  = factor de importancia.

$W$  = Peso de la Estructura.

$Z$  = Factor de Zona

$C$  = Factor de Aceleraciones

$S$  = Factor de Suelos

$R$  = Factor de reducción de respuesta estructural.

- Centro de masa: es el lugar donde se reúnen los momentos causados por un grupo de masas, este lugar geométrico también considera efecto de rotación y otros efectos que puedan ser accidentales al momento de construir una vivienda.
- Desplazamiento lateral: distorsión o deformación lateral respecto al eje vertical correspondiente a cada modo de vibración del edificio, producido por la carga sísmica (Pique y Scaletti, 1991). (26)

El desplazamiento lateral es la máxima deformación relativa que tiene un elemento, considerando que este se ladea bajo cargas laterales solamente. (Norma Técnica E.030, 2018, p. 11)

Los desplazamientos laterales relativos entre la altura de entrepiso se controlan de acuerdo a la tabla:

Tabla 6 *Límites para la distorsión del entrepiso*

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material predominante	( $\Delta_i/h_{ei}$ )
Concreto	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Muros o placas de ductilidad limitada	0.005

Nota: Tomada de Norma E-030 del RNE, 2018.

Diafragma rígido: para poder juntar todos los elementos de un nivel se utilizan un diafragma, el cual es como un grupo de elementos rígidos que logran amarrar cada elemento y permitir que este se deslice en grupo, dejando que la estructura se mantenga completa.

- Rigidez lateral: la rigidez es la cantidad de resistencia que tiene un elemento respecto al movimiento lateral, considerando que este puede desplazarse una unidad unitaria, para lo cual requiere una fuerza lateral en específico.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

El método bibliográfico nos permite obtener toda la información necesaria mediante, documentos, artículos, libros, etc., referentes al tema de investigación que se quiere realizar. Según (Cerdeña, 2011) “el método de investigación bibliográfico es de vital importancia acerca de lo que se dice del tema o problema, así como proporciona una orientación y delimitación del mismo, evitando investigar de lo que ya se ha investigado”. Para la presente investigación, a través de las revisiones bibliográficas se establecerá una metodología que cumpla con la planificación y la demanda sísmica del diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico, brindando, bienestar y seguridad a las familias. Se empleará la técnica de observación y como instrumento para la recolección de datos se utilizará la guía de observación; mediante los cuales se analizará un caso de un edificio multifamiliar, considerando la normativa vigente peruana, tales como las normas técnicas para el diseño estructural y las recomendaciones propuestas por el Comité Visión 2000. De esa forma, se permitirá plantear una “propuesta óptima de diseño de Edificio Multifamiliar de cinco pisos para mejorar el diseño por desempeño sísmico de la vivienda multifamiliar en la asociación de vivienda Santa Mónica del Distrito de Jacobo Hunter.

##### **3.1.2 Tipo de la investigación**

El presente trabajo de investigación tiene un tipo de enfoque cuantitativo, tal y como menciona (Hernández, 2010) “utiliza la recolección de datos sin medición numérica en busca de describir, comprender e interpretar un fenómeno, por medio de la percepción y la experiencia del investigador”. Además, su alcance es descriptivo en tanto que busca determinar las características de las viviendas multifamiliares, así como examinar los elementos estructurales eficientes para el diseño de la edificación.

##### **3.1.3 Diseño de la investigación**

El presente trabajo de investigación es de tipo no experimental – transversal – descriptivo porque recoge datos en un momento dado así, como menciona (Hernández, 2010) “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede”.

### **3.1.4 Población y muestra**

#### **a) Población**

La población para la presente investigación son todas las infraestructuras del lugar, en este caso la asociación de vivienda Santa Mónica del Distrito de Jacobo Hunter con un aproximado de seis edificios multifamiliares.

#### **b) Muestra**

La muestra de estudio seleccionado es el lote 4 de La manzana K, tiene un área aproximada de 130.00 m<sup>2</sup> donde se realizará la edificación para la vivienda Multifamiliar.

## **3.2 Materiales y métodos**

### **3.2.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos para el presente estudio será utilizando instrumentos para reunir datos de campo de manera observacional, algunos instrumentos son:

- Una lista de reconocimiento (sirve para el reconocimiento de la topografía).
- Matriz de estudio (estudio de suelos), anotaciones.
- Estación total, GPS diferencial.
- Programas para ingeniería Civil, AutoCAD, etc.

### **3.2.2 Técnicas de análisis de datos**

Para el análisis de los resultados del presente trabajo de investigación se utilizará con programas de ingeniería civil como el AutoCAD para el planeamiento arquitectónico de la vivienda multifamiliar de cinco pisos, de los cuales se obtendrá los planos de plantas, cortes y elevaciones. Con la obtención de los planos arquitectónicos del edificio multifamiliar se procederá a realizar el pre dimensionamiento.

Los metrados de cargas se efectúan en el software Excel, calculando las cargas vivas y cargas muertas por piso impuestas de acuerdo a norma peruana E.020, obteniendo el peso total de todo el edificio multifamiliar. Una vez obtenido el pre

dimensionamientos de los elementos estructurales se procederá al respectivo modelamiento y análisis estructural y sismo resistente en el programa ETABS. Una vez que se obtiene un modelo definido se aplicará el nuevo diseño con los parámetros establecidos por Comité Visión 2000.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Descripción

Es el desarrollo detallado del trabajo de investigación, no existe normas en cuanto a su alcance por lo que mostraremos los siguientes contenidos:

##### 4.1.1 Antecedentes

La presente tesis tiene como objetivo de realizar un diseño óptimo para garantizar la seguridad estructural de la vivienda multifamiliar de 5 pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter.

##### 4.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto de estudio se encuentra ubicado en la Asociación de Vivienda Santa Mónica, Mza K, Lote 4 del Distrito De Jacobo Hunter – Arequipa, 2022



Figura 6. Ubicación del proyecto. Tomada de Google Earth Pro.

##### 4.1.3 Linderos y medidas

El presente lote donde se realizará el proyecto de estudio tiene los linderos y medidas siguientes:

- Por el frente: limita con la Av. Joya, con una longitud de 6.65 m.
- Por la derecha: limita con lote 5, con una longitud 20 m.
- Por la izquierda: limita con el lote 4F con una longitud de 20 m.
- Por el fondo: limita lote 4C con una longitud de 6.65 m.

#### **4.1.4 Vías de acceso:**

El distrito cuenta con varias vías de acceso, dentro de las cuales las más importantes son:

- Hunter-Tingo- Arequipa.
- Hunter – Vía Paisajista – Socabaya.
- Hunter – Campo Ferial Cerro Juli – Terminal Terrestre – José Luís Bustamante y Rivero.
- Hunter – Villa Sevilla – Los Bosques – Coop. El Carmen – Ciudad Mi Trabajo.

Las vías secundarias comunican los diferentes centros poblados del distrito con el centro del mismo entre ellas podemos mencionar:

- La Vía Paisajista
- Avenida Las Américas
- Avenida París
- Avenida Viña del Mar
- Avenida Brasilia
- Los Ángeles
- Vía de la Amistad
- Avenida Unión

## **4.2 Arquitectura**

### **4.2.1 Descripción general de la vivienda multifamiliar**

La vivienda multifamiliar está compuesta por:

- Primer nivel
- Segundo nivel
- Tercer nivel
- Cuarto nivel
- Quinto nivel
- Azotea

La ubicación de la edificación se encuentra entre colindantes, con un área de terreno es de 133.00 m<sup>2</sup> y un perímetro de 53.30 m lineales, cuya construcción está destinada para vivienda multifamiliar de cinco pisos, cuenta con un acceso principal.

#### **a) Propuesta**

Nuestra propuesta de arquitectura consiste en un edificio de un solo bloque de cinco pisos incluido una caja de escaleras.

La edificación consta de cinco departamentos, distribuidos por un departamento por nivel y una azotea

#### **b) Descripción de cada nivel**

- **En el primer nivel:**

En el primer nivel es para uso vivienda, cuenta con un ingreso principal, una sala un comedor, una cocina, una lavandería, dos baños completos, un pasillo, tres dormitorios, un depósito, un garaje y un patio. Además, en el primer nivel se encuentra la caja de escaleras de uso común.

- **En el segundo, tercero, cuarto y quinto nivel:**

Son para uso vivienda, cuentan con un acceso desde la calle principal por medio de una caja de escaleras, además cuenta con una sala, un comedor, una cocina, un bar, un medio baño, un pasillo, un baño completo, un depósito, dos dormitorios simples y un dormitorio con baño propio.

- **En la azotea:**

Cuenta con la llegada de la caja de escalera y un baño completo.

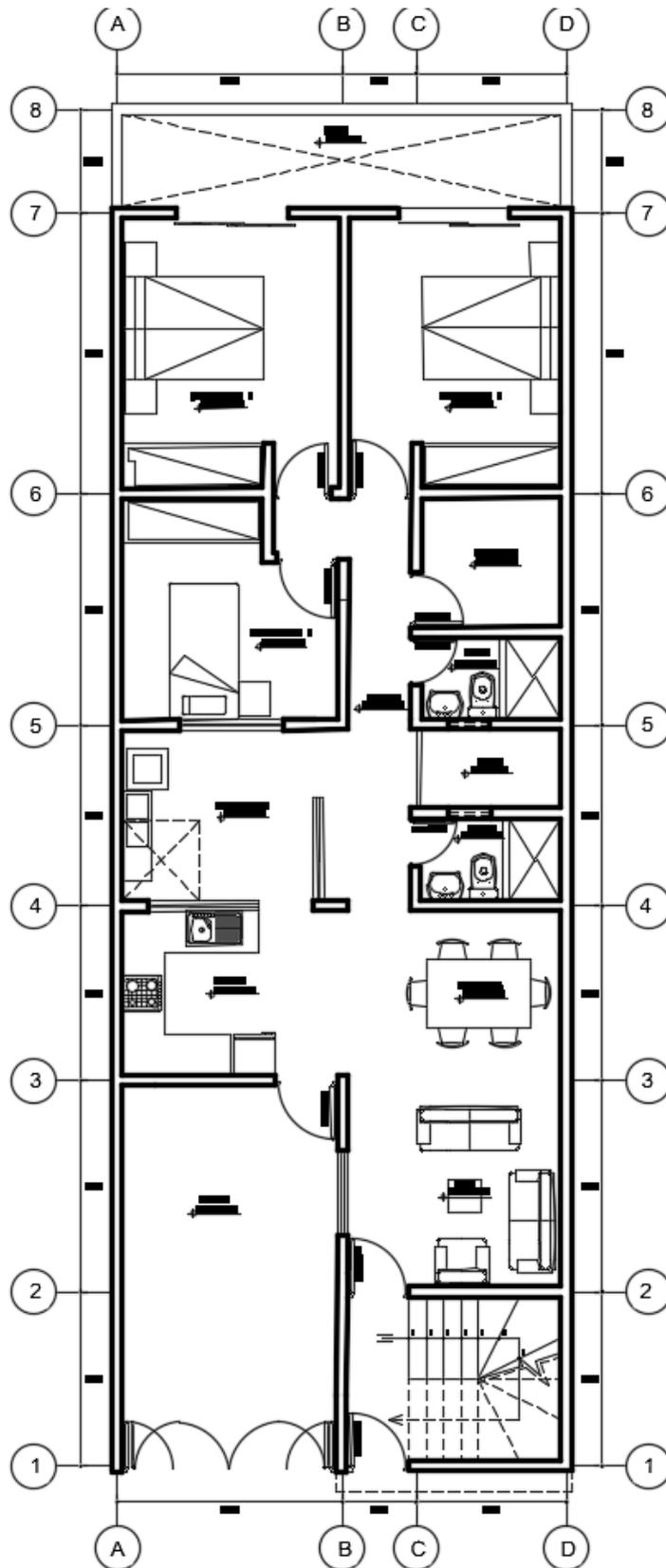


Figura 7. Primer nivel.

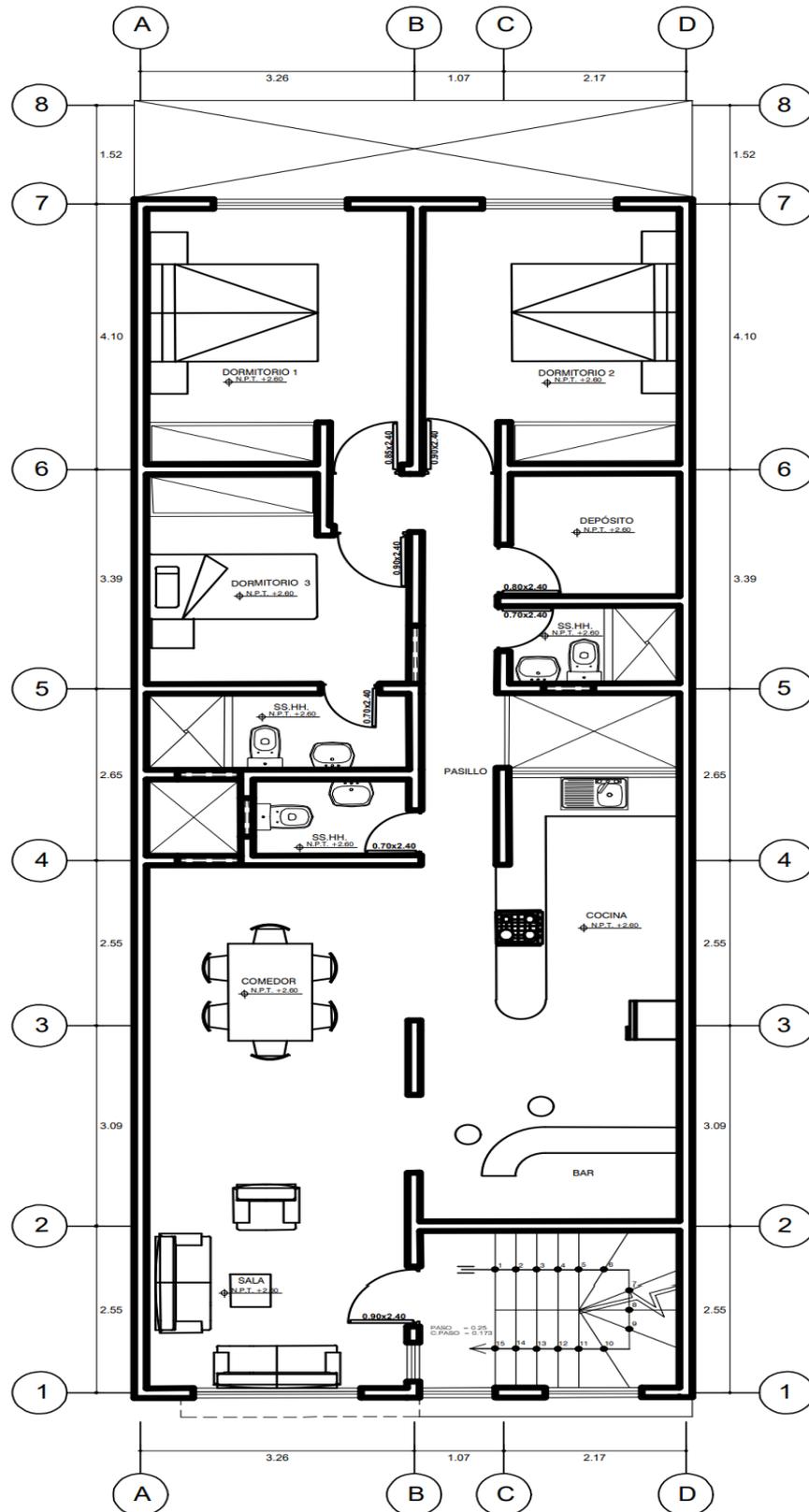


Figura 8. Piso típico segundo, tercer, cuarto y quinto nivel.

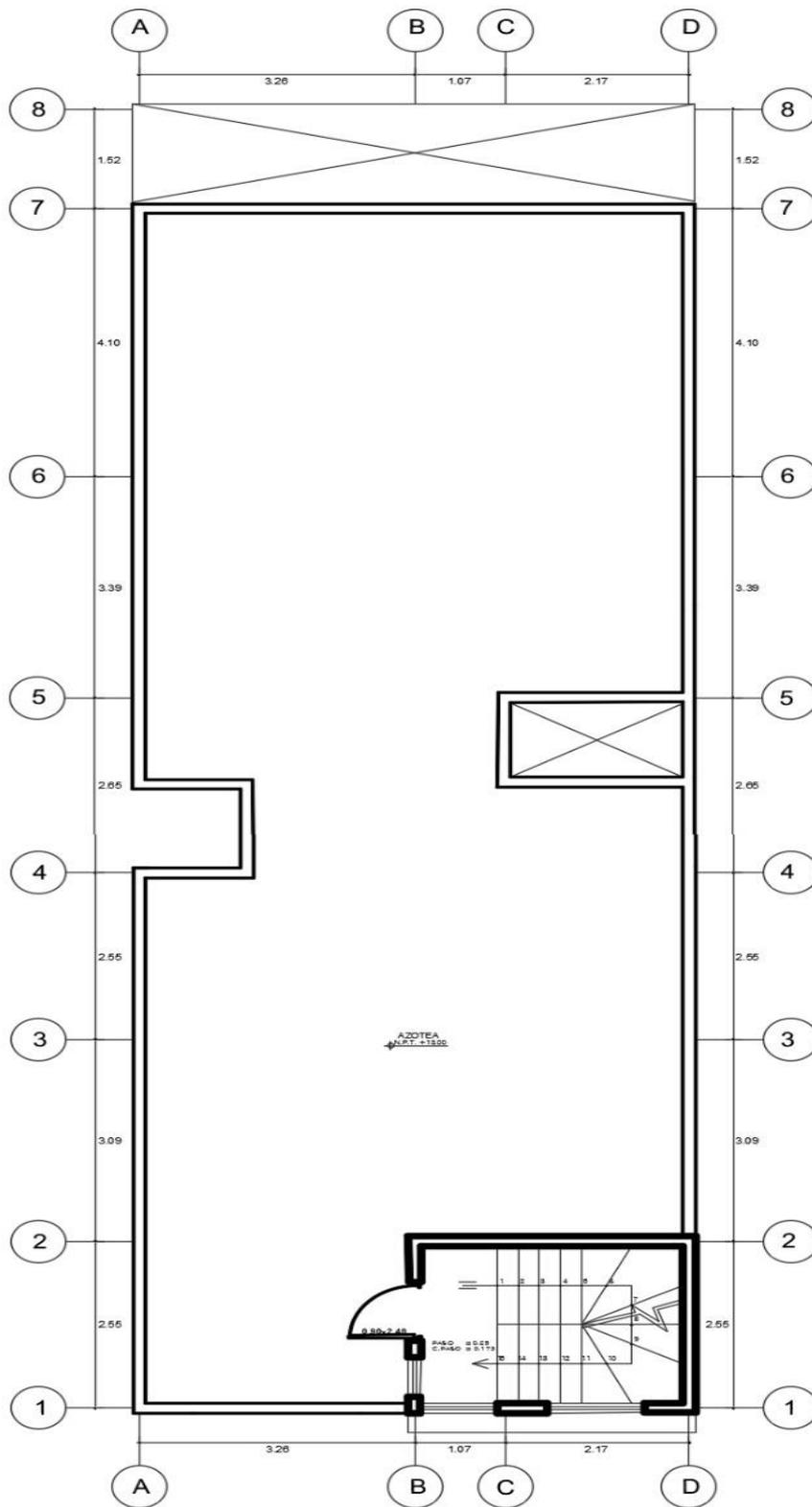


Figura 9. Planta azotea.

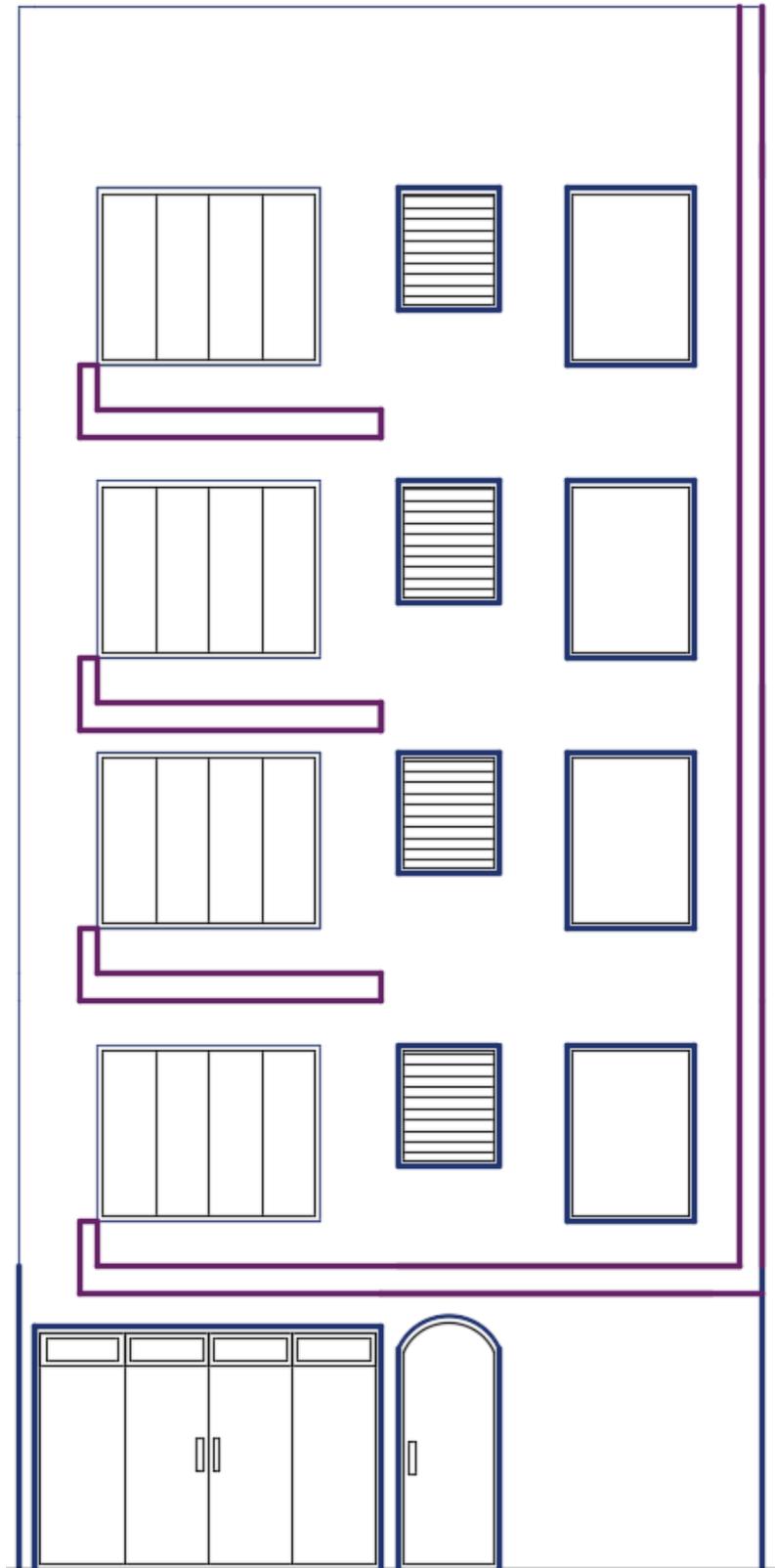


Figura 10. *Fachada.*

### c) Lista de planos de arquitectura

Tabla 7 *Distribución de plantas de arquitectura*

<b>PLANTAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1er nivel	Arquitectura
2do nivel a 5to nivel	Arquitectura
Azotea	Arquitectura

### d) Cuadro de áreas por nivel

Tabla 8 *Cuadro de áreas por nivel*

<b>NIVEL</b>	<b>ÁREA TECHADA (M2)</b>
Primer nivel	114.10
Segundo nivel	114.10
Tercer nivel	114.10
Cuarto nivel	114.10
Quinto nivel	114.10
Caja de escalera	8.80
Área total construida	614.50
Área del terreno	133.50

## 4.3 Estructura

### 4.3.1 Método estructural

El método estructural que se usará para el presente proyecto será el sistema de pórticos. Según (Vásquez, 2016) define “por lo menos el 80% de la fuerza cortante de la base actúa sobre las columnas en los pórticos que cumplan los requisitos de la norma NTE E. 060- concreto armado. En caso se tenga muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez”. Para los ejes horizontal (X) y vertical (Y) se aplicará un sistema de pórticos. Este método estructural es el más adecuado para el presente proyecto ya que tiene una mejor respuesta en cuanto a un evento sísmico. Este método permite que la distribución arquitectónica mantenga la libertad de diseño. En este sistema estructural se debe realizar un buen proceso constructivo, ya que de ello depende la adecuada unión de los nudos y estos tengan un adecuado comportamiento sísmico.

Para controlar el desplazamiento horizontal producto de las fuerzas horizontales y que cumplan las derivas permitidas se deberá determinar las secciones adecuadas tanto para las vigas y columnas.



Figura 11. *Pórticos. Tomada de Google.*

#### 4.3.2 Configuración estructural

Para realizar la configuración estructural de la edificación multifamiliar de 5 niveles se hará utilizando las normativas vigentes peruanas del RNE y las recomendaciones establecidas por Visión 2000.

Usando las normativas vigentes peruanas se determinará los parámetros que designan el espectro de aceleración (factor zona, factor uso, factor suelo, cargas, etc.).

A continuación, se muestra en la siguiente tabla las normas de diseño a emplearse:

Tabla 9 *Cuadro de normativas RNE a utilizar*

NORMA	VERSIÓN
E.020 Cargas	Mayo 2006
E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE	Febrero 2019
E.0.60 Concreto Armado	Julio 2020

##### a) Norma E.020 Cargas

Dicha norma trata como toda edificación y sus componentes estructurales tienen que soportar toda carga actuante que se les atribuye; además estas cargas mínimas son determinadas en la presente norma como condiciones de servicio. La norma

antes mencionada se complementa con la NTE E.030 (Diseño sismorresistente) y con las normas para el diseño de los diferentes materiales estructurales.

Cargas a considerarse para los elementos estructurales:

**Carga muerta:** se define como carga muerta al peso propio de todo material que conforma y debe soportar toda edificación, que se calcula en base a los pesos unitarios que se utilizaran a continuación:

Tabla 10 *Cargas vivas mínimas repartidas a utilizar.*

Materiales	Peso kN/m <sup>3</sup> (kgf/m <sup>3</sup> )
Unidades de arcilla cocida Huecas	13.5 (1350)
Concreto simple de Grava	23.0 (2300)
Concreto Armado	Añadir 1.0 (100) al peso del concreto simple
Mortero de cemento	20.0 (2000)
Vidrios	25.0 (2500)

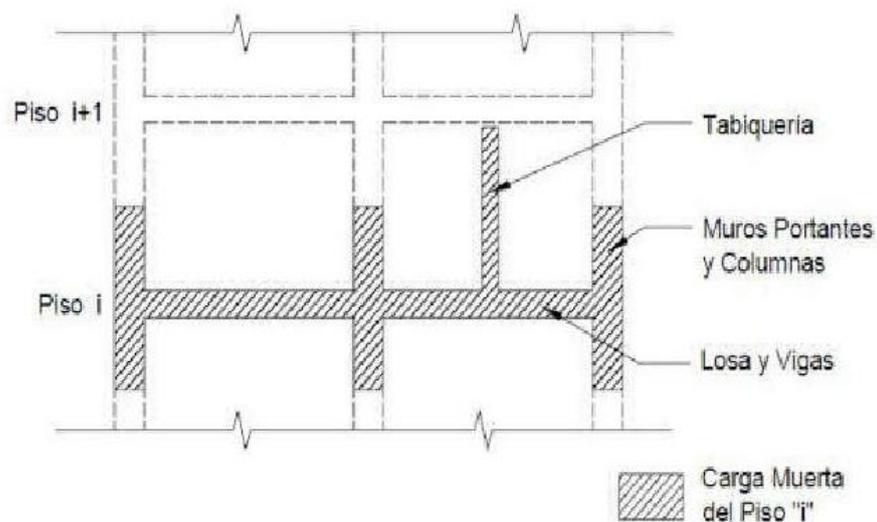


Figura 12. *Carga muerta. Tomada de Google.*

**Carga viva:** se define como carga viva al peso propio de las personas, muebles, materiales, equipos y todo elemento móvil que va soportar una edificación.

En caso de los materiales, se considera su peso real que se puede obtener por medio del análisis o por información de los fabricantes.

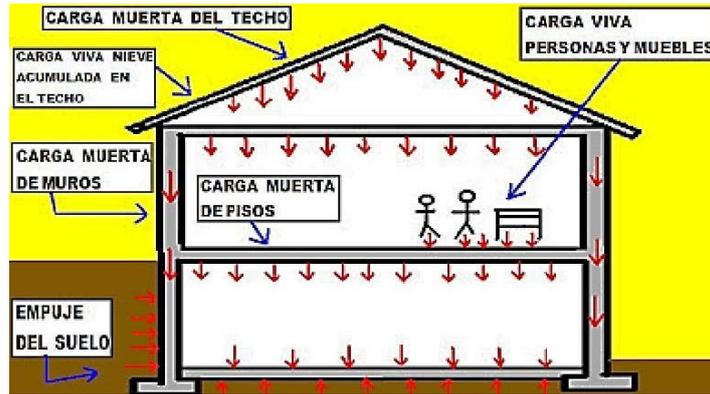


Figura 13. Carga muerta y viva. Tomada de Google.

### b) Norma E.030 Cargas

La norma de diseño sismorresistente posee lineamientos necesarios para calcular la fuerza sísmica y tener una respuesta estructural, y así determinar la rigidez y la resistencia que debe tener toda construcción de edificaciones según su ubicación, según su importancia y según su sistema estructural que se proponga. Para asegurar la resistencia y ductilidad de una edificación se debe seguir el procedimiento de diseño que se determina en la norma de diseño de concreto armado.

#### Zonificación

En la Norma E 030 nuestro país se encuentra dividido en 4 zonas sísmicas, al cual se le asignado un factor de zona (Z), este factor se entiende como la aceleración máxima de un suelo rígido; en el anexo II del RNE E 030 se encuentra la lista de las provincias y distritos del todo el Perú donde se determina las zonas que le corresponda según su ubicación sísmica.

Nuestro proyecto de investigación se encuentra ubicado en la Región de Arequipa, provincia de Arequipa y Distrito de Jacobo Hunter, por lo tanto, le corresponde el factor de zona 3 ( $Z=0.35$ ).

Tabla 11 *Tabla N° 1 del RNE E-030*

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: tomada de RNE E-030



Figura 14. Zonas sísmicas. Tomada de RNE E-030.

**Parámetros del sitio (S, TP, TL)**

Se tendrá en cuenta el perfil que mejor se adapte a las condiciones locales, para ello utilizaremos los valores correspondientes del factor de amplificación del suelo “S” y los periodos “Tp” y “TL”.

Los parámetros que se utilizarán en nuestro proyecto de investigación se obtuvieron del estudio de mecánica de suelo, el cual se encuentra en los anexos, donde el factor de suelo es  $S=1.15$  y los periodos predominantes de vibración del suelo son:  $Tp=0.6$  seg,  $Tl=2.0$  seg.

Tabla 12 *Tabla N° 3 del RNE E-030*

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA / SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1	1.05	1.1
Z <sub>3</sub>	0.8	1	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.8	1	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.8	1	1.60	2

Nota: tomada de RNE E-030

Tabla 13 *Tabla N° 4 del RNE E-030*

PERIODOS "T <sub>P</sub> " Y "T <sub>L</sub> "				
	Perfil del suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T <sub>L</sub> (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Nota: tomada de RNE E-030

### Factor Uso (U)

La estructura de una edificación se clasifica según la categoría que nos indica en la tabla número 5 del RNE E-030.

Para el presente proyecto de investigación está clasificada como categoría "C" (edificios comunes), donde el factor uso  $U=1.0$

### c) Norma E.060 concreto armado

Para el diseño del presente proyecto se aplicará el RNE de la norma E060 (Concreto armado), donde en el Capítulo 9 (Requisitos de resistencia y de servicio) se menciona lo siguiente:

#### Art. 9.1.1 Las estructuras y los elementos estructurales

Cada elemento estructural de una edificación debe diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencia de diseño ( $\Phi R_n$ ) iguales o mayores a las resistencias requeridas ( $R_u$ ).

$$\Phi R_n \geq R_u \quad (3)$$

Donde:

$\Phi R_n$  = Resistencia de diseño

$R_u$  = Resistencia Requerida

### Art. 9.2 Resistencia requerida

En este artículo se obtendrá las combinaciones mínimas de cargas que actúan en una edificación para calcular la resistencia requerida ( $R_u$ ):

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV \quad (4)$$

$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9 CM \pm CS$$

DONDE:

U = Resistencia requerida

CM = Carga muerta

CV = Carga viva

CS = Carga de sismo

### Art. 9.3 Resistencia de diseño

También denominada resistencia específica, es el valor que se adopta en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos, asociado en esta instrucción a un nivel de confianza del 95% (Studocu).

De la norma E060 se obtendrá los factores de reducción para calcular la resistencia de diseño del presente proyecto.

Tabla 14 Factor de reducción del RNE E-060.

SOLICITACIÓN	FACTOR DE REDUCCIÓN ( $\Phi$ )
Flexión sin carga axial	0.90
Carga axial de tracción con o sin flexión	0.90
Carga axial de compresión con o sin flexión:	
Elementos con refuerzo en espiral	0.75
Otros elementos	0.70
Cortante y torsión	0.85
Aplastamiento en concreto	0.70

Nota: tomada de RNE E-060

Para empezar con diseño estructural del edificio, primero debemos tener en cuenta la distribución de cada ambiente que nos proporciona el diseño de la arquitectura desde el primer nivel al quinto nivel, una vez que se identifique todos los ambientes se procederá a predimensionar cada elemento estructural.

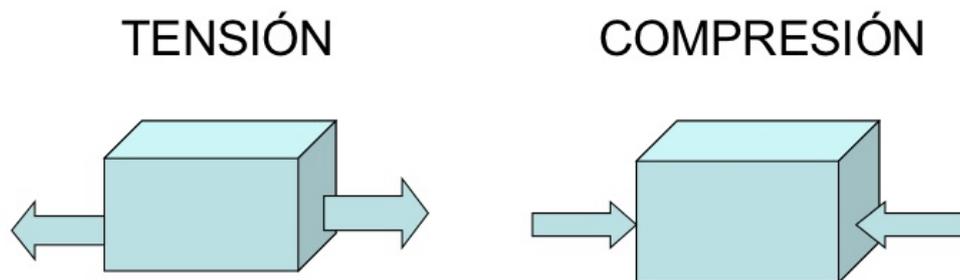
### 4.3.3 Definición de materiales

#### a) Concreto armado

En el siglo XIX el concreto armado revoluciona la industria de la construcción, porque se convierte en el material más común para la construcción en el mundo.

El concreto armado resulta de la mezcla del concreto simple más acero de refuerzo, el concreto armado permite que la estructura trabaje a compresión y a tensión en una edificación. Por las propiedades que tiene este concreto son las más adecuadas para resistir diversas fuerzas como: sismos, vientos, etc.

El concreto por sí solo no puede soportar un esfuerzo de tensión, para lograrlo necesita adicionarle un área de acero en su interior. Todos estos elementos de acero reducirán la tensión de fuerza que se le aplique (Cype Perú, 2019).



**Figura 15. Esfuerzos del concreto armado. Tomada de Cype Perú.**

En este proyecto de investigación se aplicará las siguientes características mecánicas del concreto armado:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_{cu} = 0.003$$

$$\text{Módulo de Elasticidad: } E_c = 15,000\sqrt{f'c} \quad E_c = 217,370.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Módulo de Poisson: } \nu = 0.15$$

$$\text{Módulo de Corte: } G = E_c/2.3 \quad G = 94,500$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia a la Compresión

$\epsilon_{cu}$  = Deformación Unitaria Máxima

$E_c$  = Módulo de Elasticidad

$\nu$  = Módulo de Poisson

$G$  = Módulo de Corte

## b) Acero de refuerzo

Uno de los materiales más importantes para las edificaciones es el acero de refuerzo, ya que brinda mayor seguridad a las edificaciones. El acero de refuerzo se utiliza para reforzar todo tipo de estructuras que estén sujetas a soportar diferentes cargas, este acero al ser incrustado al concreto alcanza mayor resistencia a la tensión y compresión

En este proyecto de investigación se aplicará las siguientes características mecánicas del acero de refuerzo:

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_s = 0.0021$$

$$E_s = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 6300 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

$f_y$  = Esfuerzo de Fluencia

$\epsilon_s$  = Deformación Unitaria Máxima

$E_s$  = Módulo de Elasticidad

$f_r$  = Resistencia mínima a la tracción a la rotura

### 4.3.4 Criterios de estructuración

Los criterios que se deben tener en cuenta según Genaro Choque (2015) son:

- a) Una estructura debe ser económica, confiable y responder a las condiciones que sirvieron de base para su análisis y diseño.
- b) El sistema estructural seleccionado deberá ser acorde con el tipo de suelo y zona sísmica.
- c) La estructura debe ser capaz de adaptarse a cambios arquitectónicos o funcionales, los que son inevitables durante el desarrollo del proyecto.
- d) Tener en cuenta las siguientes precauciones:
  - Estructuras ubicadas en zonas de alta sismicidad.
  - Suelos de baja capacidad de carga.
  - Zonas de vientos fuertes (costa).
  - Zonas propensas a la corrosión.
  - Sitios donde se tengan incertidumbre con relación a las acciones.

#### **4.3.5 Estructuración de la edificación**

Estructurar una edificación consiste en determinar todos los elementos estructurales que van hacer parte del sistema constructivo de la estructura de un edificio, con el propósito de resistir las cargas muerta y cargas vivas para transmitir las al suelo y a su vez ser capaces de soportar las fuerzas externas (sismos, vientos, etc.) y así darle seguridad y alargar la vida útil de la edificación.

Para nuestro proyecto se usará el método de pórticos que consiste en la combinación de columnas y vigas peraltadas distribuidas en ambas direcciones “X” y “Y”. Los elementos estructurales que componen nuestra edificación serán: vigas peraltadas, vigas chatas, columnas de diferentes secciones, muros de tabiquería y lozas aligeradas de tal manera que se le otorguen al sistema estructural estabilidad, resistencia y rigidez, y que el comportamiento estructural responda de manera confiable ante un evento sísmico.

En cuanto a los elementos no estructurales (muros de tabiquería o muros divisorios) serán aislados de la estructura principal de la edificación. Todos los muros divisorios de ambientes que se construyen después del vaciado de la losa serán arriostrados para evitar el volteo contra las fuerzas en dirección a su plano.

**Estructuración de plantas por nivel:**

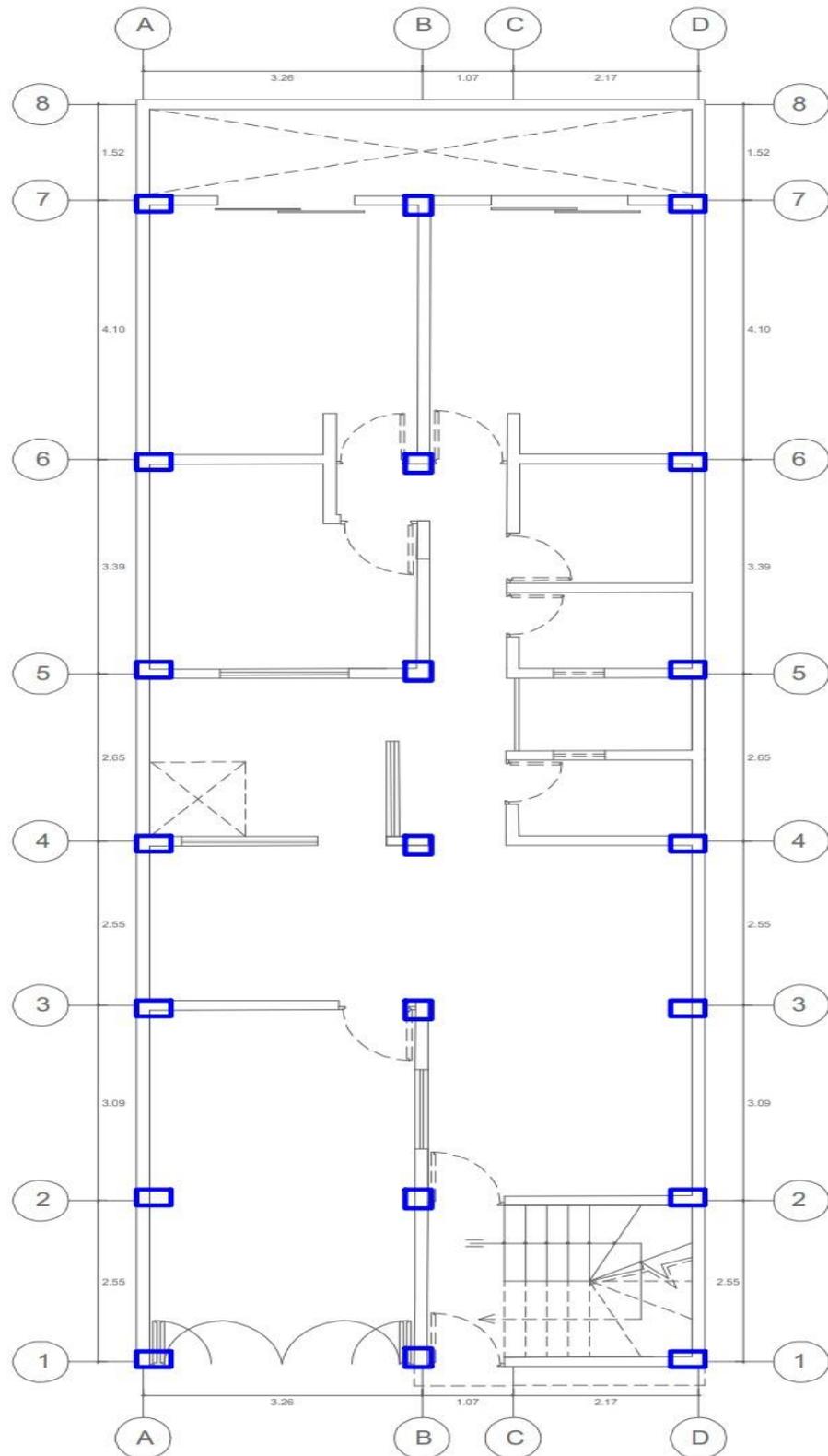


Figura 16. Estructuración 1er nivel.

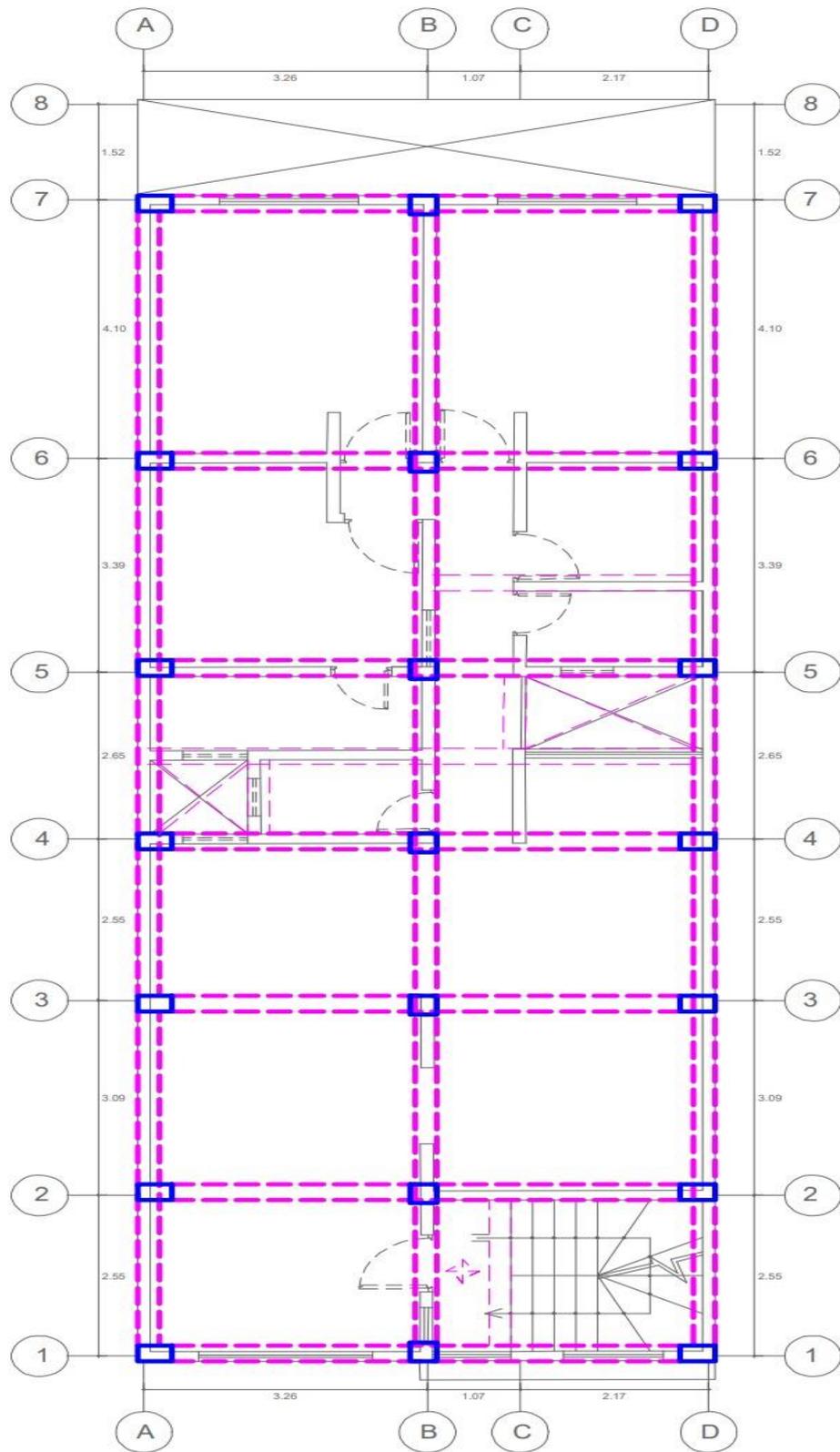


Figura 17. Estructuración 2,3,4 y 5to nivel.

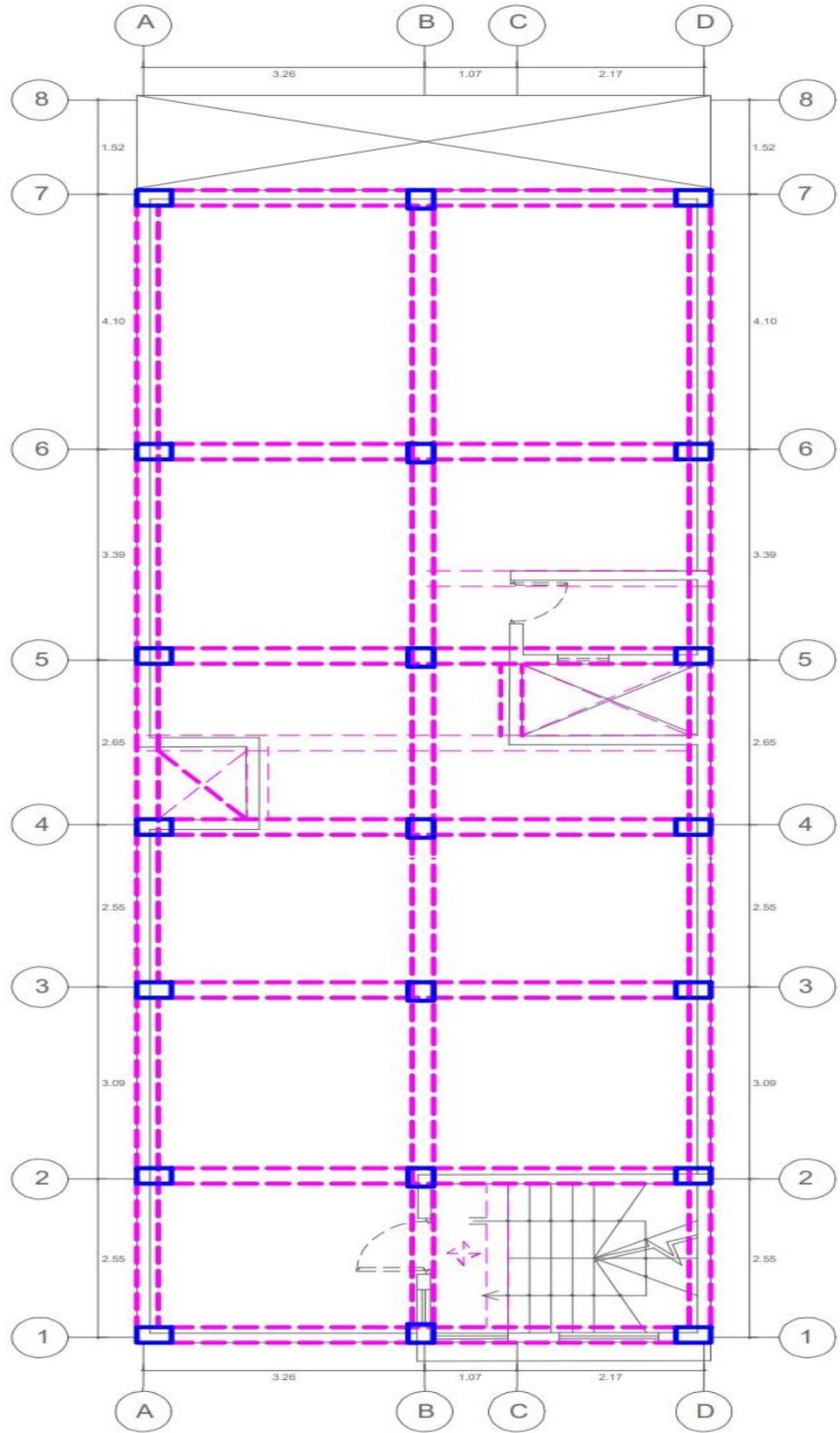


Figura 18. Estructuración azotea.

Estos elementos presentaos son solo la propuesta de la ubicación de las columnas y vigas, las secciones serán calculadas en la sección siguiente.

#### 4.3.6 Pre dimensionamiento de elementos estructurales

Para el pre dimensionado de las vigas tomamos las luces y sus distancias, las cuales las dividimos entre 10 a 12, quedan la aproximación del peralte de la sección, todo esto lo vemos en las siguientes tablas:

Tabla 15 *Pre Dimensionado en X.*

Pre dimensionamiento X								
Viga	Dirección	Inicio	Fin	Luz a ejes	Luz /11 (m)	Peralte (m)	Propuesto (m)	Ancho (m)
VIG1	X	A	B	3.25	0.30	0.300	0.350	0.3
VIG2	X	B	C	3.25	0.30	0.300	0.350	0.3

De la misma manera para la dirección en Y, donde podemos ver que las secciones mínimas son de 0.30X0.35, estas pueden variar en base a lo que busquemos.

Tabla 16 *Pre Dimensionado en Y.*

Pre dimensionamiento Y								
Viga	Dirección	Inicio	Fin	Luz a Ejes	Luz/11 (m)	Peralte (m)	Propuesto (m)	Ancho (m)
VIG6	Y	1	2	2.60	0.24	0.250	0.350	0.3
VIG7	Y	2	3	3.1	0.28	0.250	0.350	0.3
VIG8	Y	3	4	2.60	0.24	0.250	0.350	0.3
VIG9	Y	4	5	2.70	0.25	0.250	0.350	0.3
VIG10	Y	5	6	3.40	0.31	0.250	0.350	0.3
VIG10	Y	6	7	4.10	0.37	0.250	0.350	0.3

Con las dimensiones de las vigas es posible estimar las dimensiones de las columnas, el único problema es que un pre dimensionado por cargas de gravedad como el clásico, casi nunca queda como dimensión final, excepto para viviendas con artos pisos, muchas veces es necesario realizar un dimensionado con otros criterios, como el criterio de flexión y columna fuerte viga débil, por ejemplo. Realizando los cálculos se tiene que las inercias de las columnas de una columna central deben ser mayor que las inercias de las 4 vigas en un nodo, quedando:

Tabla 17 *Dimensionado de columnas.*

Inercia Vigas	0.004
Inercia Columnas	0.0013
Ancho Requerido	0.352
Ancho Propuesto	0.4000
Inercia Col Propu	0.009
Factor	1.990

En base a todo ello se realiza el dibujo de toda la estructura, considerando columnas de 0.4X0.40 también vigas de 0.30X0.35, sin embargo, estas serán modificadas en el futuro, dado que se necesitan más secciones en la dirección X que en Y, esto es algo que el pre dimensionado no considera hasta cierto punto.

#### 4.3.7 **Metrado de Cargas**

Para el metrado de cargas se está considerando, primero dos efectos, el de las cargas de gravedad y las cargas sísmicas.

##### **Cargas de gravedad**

Según la norma peruana, la norma de cargas estáticas E0.20 se debe de colocar como peso propio los pesos de todos los elementos, para luego incluir cargas sobre impuestas, las cuales provienen de posibles movimientos de muros y otros elementos colocados en toda la losa del proyecto.

Pesos propios

Peso concreto armado: 2.4 tonf/m<sup>3</sup>

Peso específico de muros albañilería: 1.9 tonf/m<sup>3</sup> (se distribuye según vista en planta)

Piso terminado: 0.15 tonf/m<sup>2</sup>

Cargas impuestas

Carga sobre impuesta tabiquería: 0.20 tonf/m<sup>2</sup>

**Cargas vivas**

Para las cargas vivas se considera el peso de uso de salas o estar en su mayoría, es posible dividir por ambientes las cargas vivas pero no es práctico, dado que en la realidad cualquier ambiente puede pasar por esos problemas.

Uso Cuartos de vivienda: 0.25 tonf/m<sup>2</sup>

El resto de las cargas de gravedad son obtenidas del metrado propio que tiene la estructura, la cual toma las secciones transversales de todos los elementos y los metra automáticamente, también otra de las ventajas que se tiene es la distribución de cargas automática, dado que nosotros hemos asignado una losa en cada piso y se le ha indicado al programa la dirección de la losa, la cual es la siguiente:

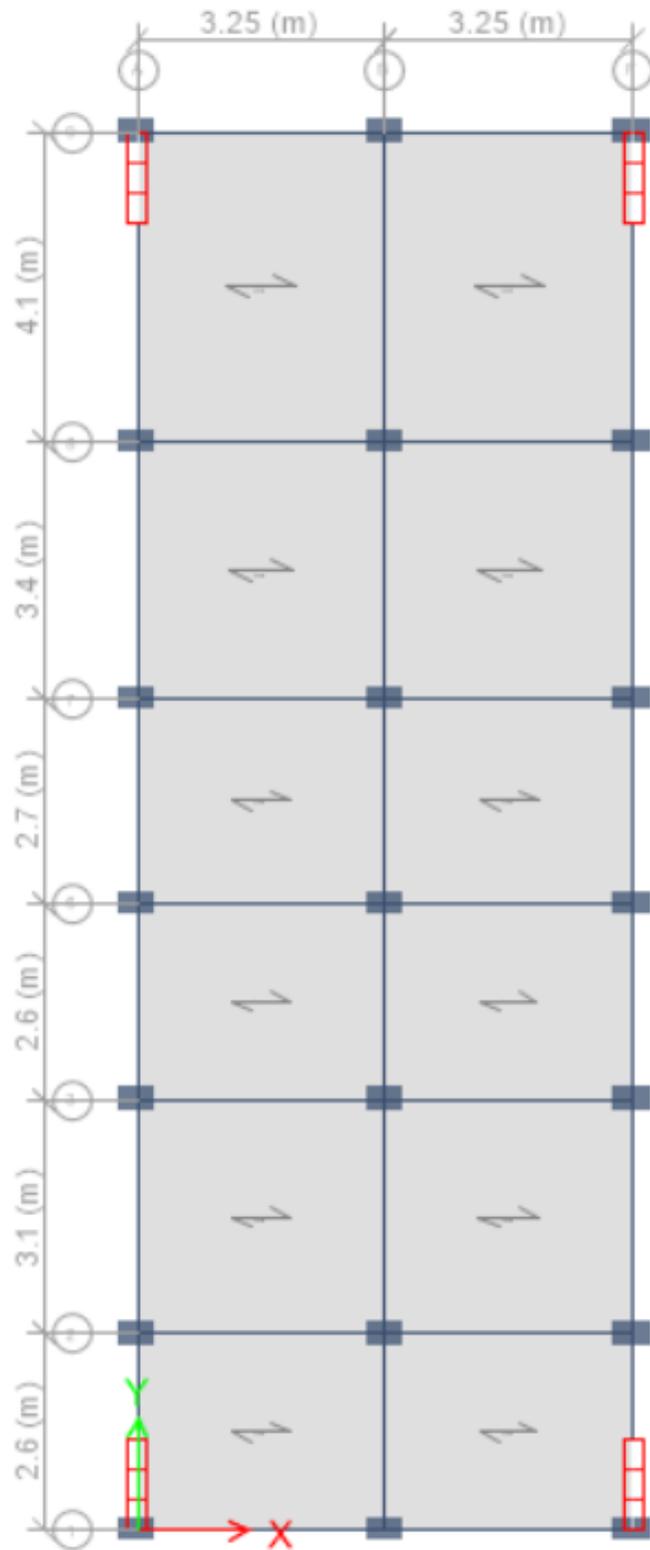


Figura 19. Definición de Losas. Tomada de TABS.

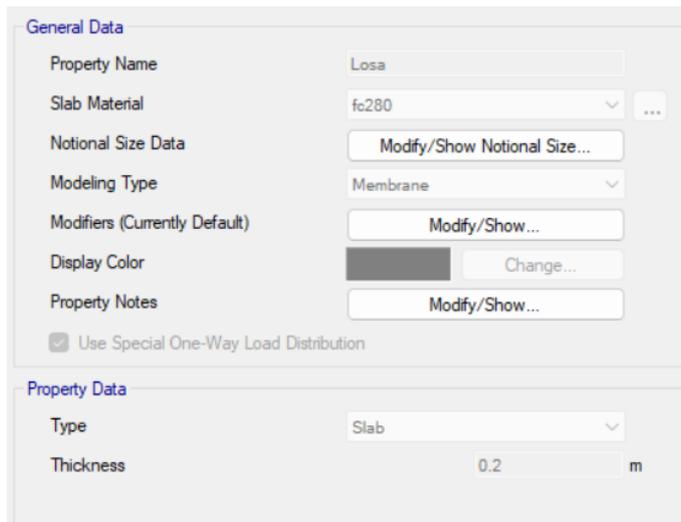


Figura 20. *Modelado de Losas. Tomada de TABS.*

Donde se puede ver que se ha seleccionado una losa de 20cm de espesor, con una distribución en una dirección horizontal, la cual finalmente se puede ver en la forma del modelo siguiente.

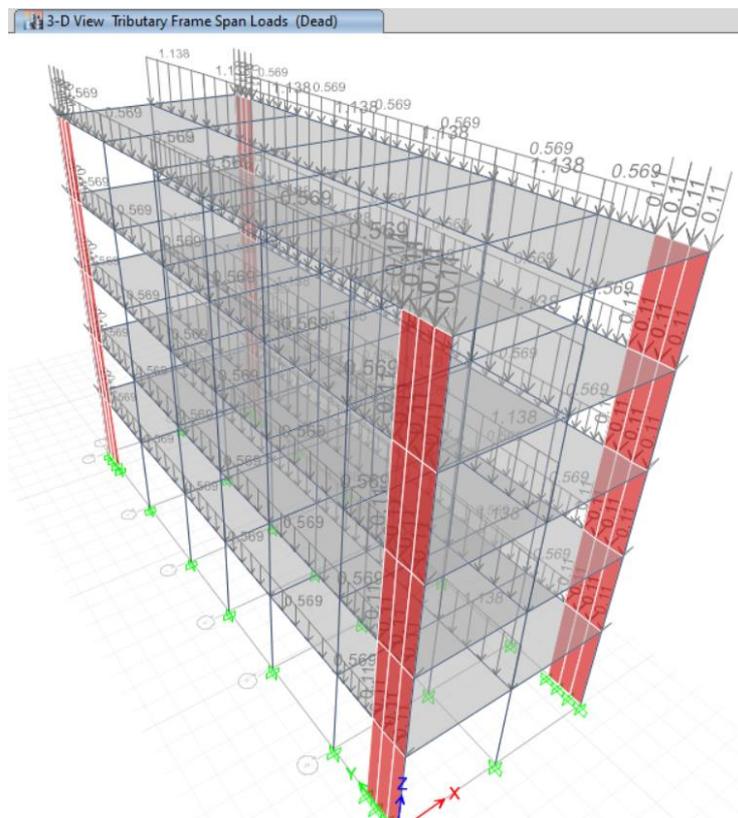


Figura 21. *Modelo de reparto de cargas sobre área. Tomada de TABS.*

Se ha distribuido como cargas puntuales sobre el muro según las discretizaciones del muro propuestas, la cual son la separación de los núcleos frente al muro de concreto armado, también se ha repartido la carga distribuida sobre cada una de las vigas, también se realiza el metrado para poder calcular la masa sísmica, esta a su vez es usada para el cortante sísmico con el coeficiente sísmico de la sección siguiente.

### Cargas sísmicas

Las cargas sísmicas, según la norma E0.30, depende de los coeficientes de zona, importancia, suelo y de sistema estructural, los cuales se multiplican para poder obtener el valor final de coeficiente sísmico:

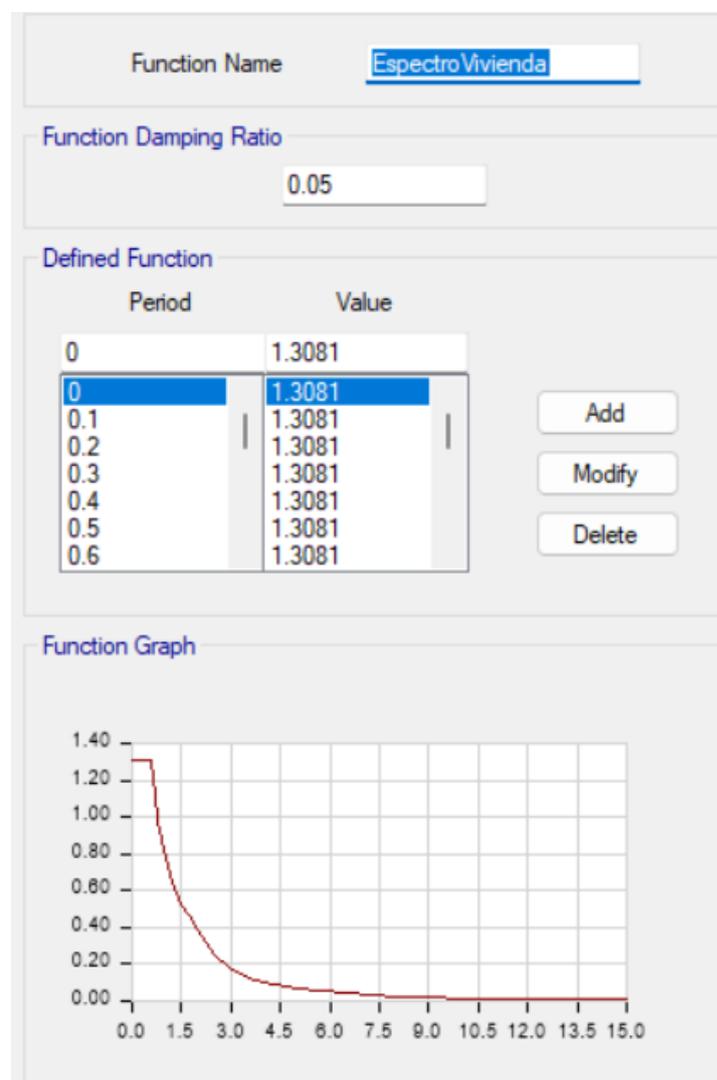


Figura 22. Espectro de Evaluación Sísmica. Tomada de TABS.

Factor de Zona: Zona 3

Factor de Suelo: Suelo S2

Factor de Importancia: 1

Factor de Reducción: R=8 Pórticos en la dirección X

R=6 Muros de Concreto armado en la dirección Y

Sin embargo, no se centra el trabajo en el diseño en concreto armado, es por ello que se hará uso de un espectro con R=1, para poder realizar las verificaciones de desempeño.

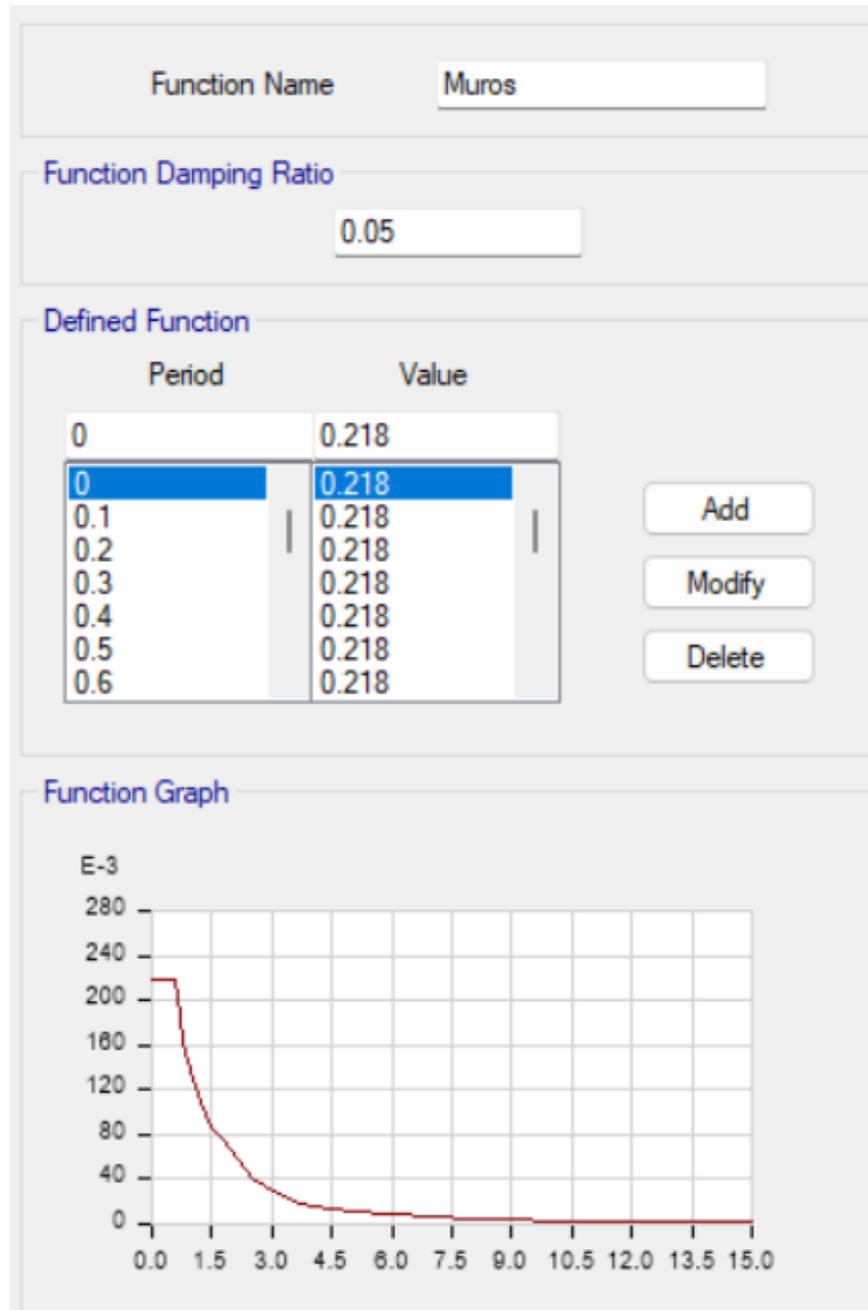


Figura 23. Espectro de muros de concreto. Tomada de TABS.

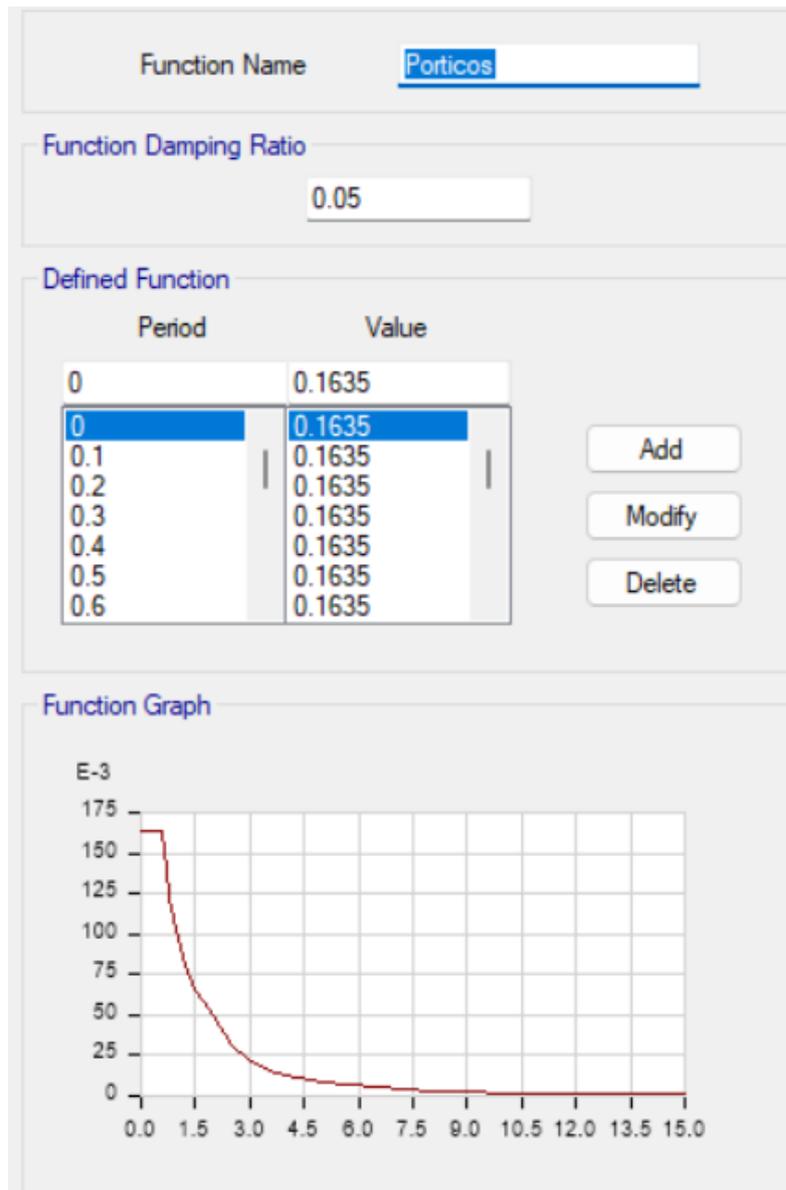


Figura 24. Espectro de pórticos de concreto. Tomada de TABS.

Cada uno de estos espectros tiene su uso, el cual será mostrado en las siguientes secciones.

#### 4.3.8 Materiales colocados

El material se evalúa en base a la importancia de la estructura, es por ello que se propone un concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>, también se busca que el acero demuestre fluencia es por ello que se propone los siguientes materiales:

General Data	
Material Name	fc280
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 <input type="button" value="Change..."/>
Material Notes	<input type="button" value="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 <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.244732 tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2509980.08 tonf/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000055 1/F
Shear Modulus, G	1045825.03 tonf/m <sup>2</sup>

Figura 25. Propiedades concreto armado. Tomada de TABS.

General Data	
Material Name	A615Gr60
Material Type	Rebar
Directional Symmetry Type	Uniaxial
Material Display Color	 <input type="button" value="Change..."/>
Material Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	7.849 tonf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.80038 tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	20389019.16 tonf/m <sup>2</sup>
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000065 1/F

Figura 26. Propiedades acero estructural. Tomada de TABS.

Con estos materiales se procede a completar el modelo estructural.

#### 4.3.9 Modelo Estructural

El modelo estructural consiste en todas las propiedades ya mencionadas, también se agregan las dimensiones de las placas, losas y otros elementos, donde en el caso de las losas, estas tienen una dimensión estándar de 20cm para losa aligerada, en el caso de las placas, estas se dimensionaron en base a los resultados de ladeos laterales, aumentando en base a las dimensiones mínimas probadas inicialmente. El modelo estructural final es el siguiente:

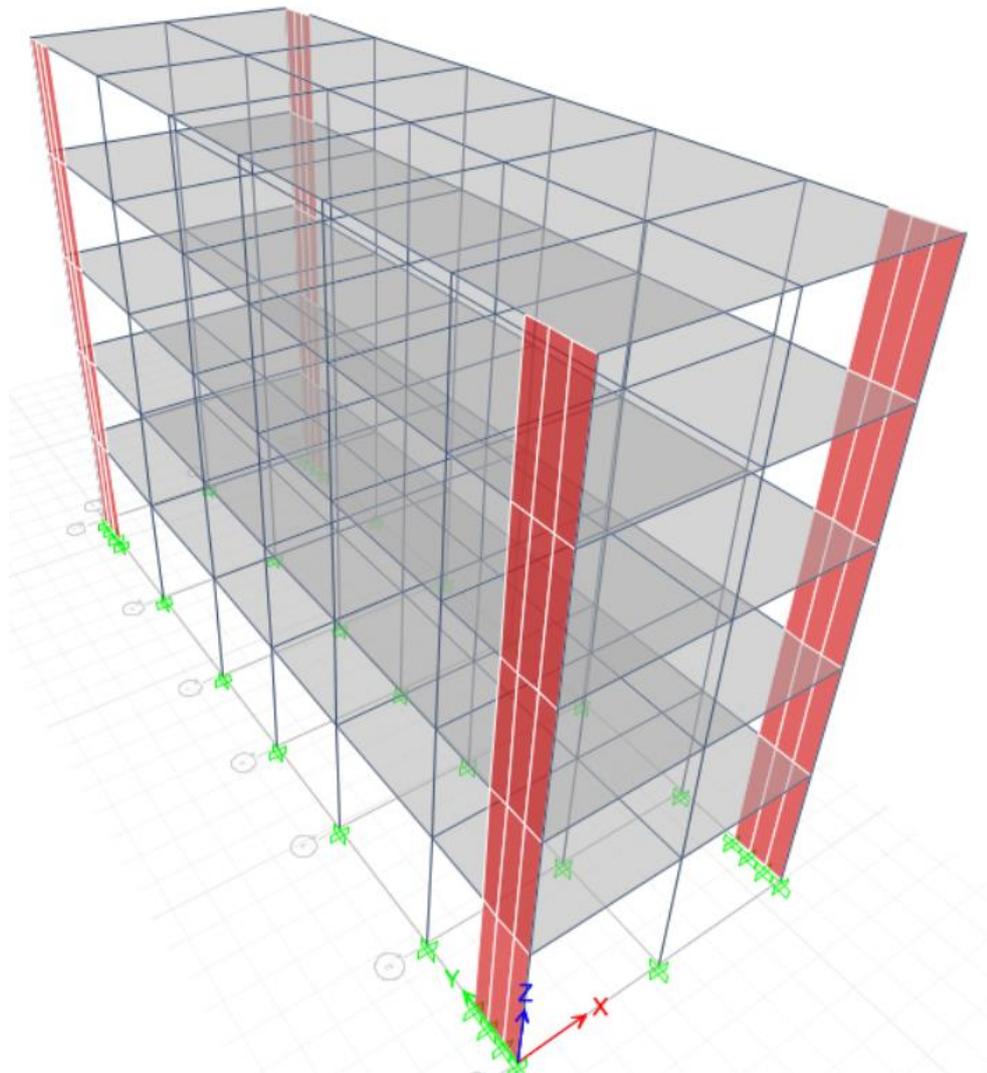


Figura 27. Modelo 3D. Tomada de TABS.

Para el uso de este modelo se han definido las siguientes secciones.

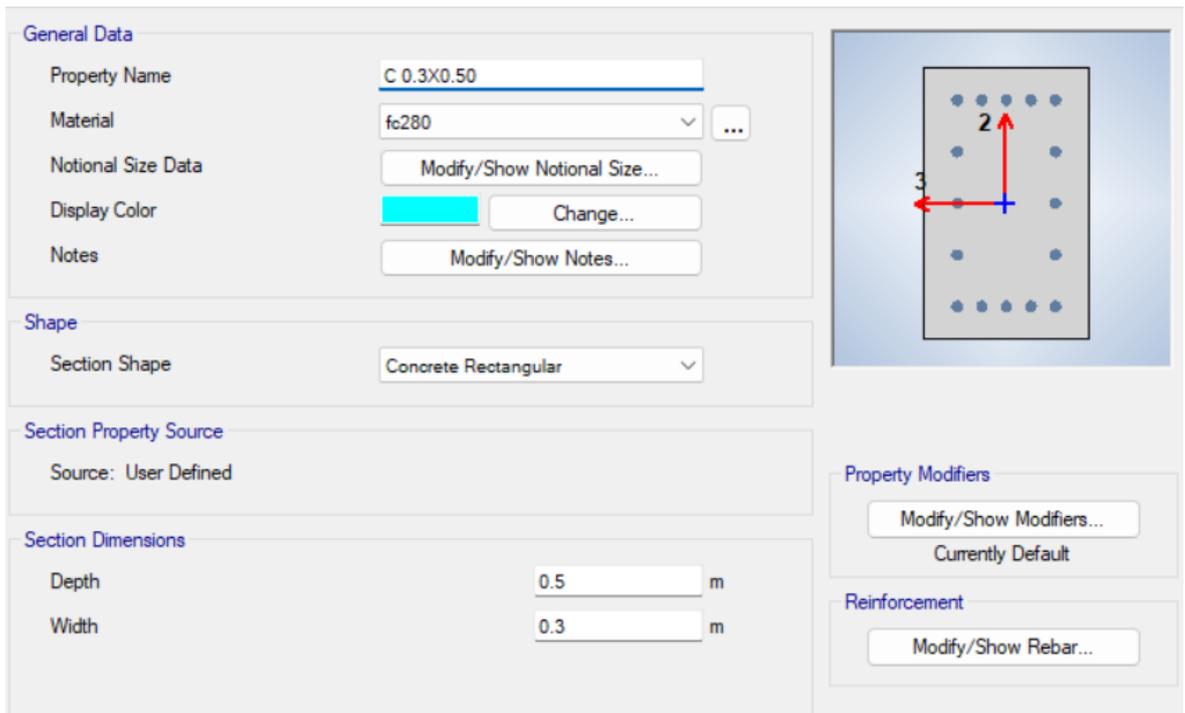


Figura 28. Sección de Columna. Tomada de TABS.

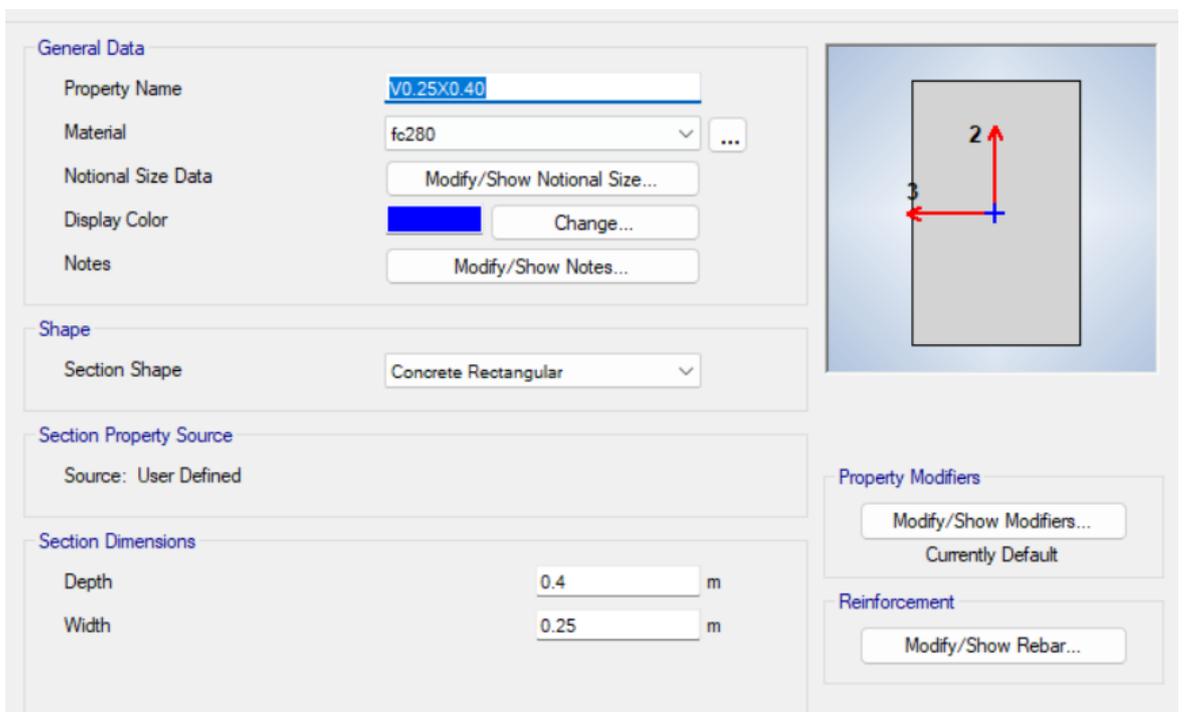


Figura 29. Sección de Viga. Tomada de TABS.

Para este proyecto se deben de configurar otros elementos, también es necesario definir la masa sísmica, la cual en este caso está dada por el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva.

Dejando la estructura completa, finalmente se va a realizar la configuración de un análisis estático, un análisis espectral y la configuración del análisis modal, esto se coloca para poder indicar que se está considerando en cada análisis presentado:

The screenshot shows a software interface with two main sections: 'Direction and Eccentricity' and 'Factors'. In the 'Direction and Eccentricity' section, the 'X Dir + Eccentricity' option is selected with a blue checkmark. Other options include 'X Dir', 'Y Dir', 'X Dir - Eccentricity', and 'Y Dir - Eccentricity'. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05, and there is an 'Overwrite Eccentricities' button. The 'Factors' section includes 'Base Shear Coefficient, C' set to 1.3 and 'Building Height Exp., K' set to 1. Below this is a 'Story Range' section with 'Top Story' set to 'Story5' and 'Bottom Story' set to 'Base'.

Figura 30. Excentricidad y direccionalidad de carga sísmica en X. Tomada de TABS.

The screenshot shows the same software interface as Figure 30, but with the 'Y Dir + Eccentricity' option selected with a blue checkmark. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' remains at 0.05. The 'Factors' and 'Story Range' sections are identical to Figure 30.

Figura 31. Excentricidad y Direccionalidad de carga sísmica en Y. Tomada de TABS.

Como se puede ver en el análisis estático se está considerando los coeficientes con una reducción de  $R=1$ , también se está considerando que se tiene una excentricidad la cual es del 0.05 de la longitud, el cual se vuelve un momento actuante en la estructura.

Se está realizando un análisis modal utilizando un método de eigen valores, esto se configura y asigna en el análisis modal, también se están buscando 3 modos de vibración por cada piso.

Finalmente se realizan la revisión de la norma peruana respecto al modelo realizado.

**General**

Modal Case Name:  Design...

Modal Case Sub Type:  Notes...

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

---

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

Use Preset P-Delta Settings:  Modify/Show...

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case:

---

**Loads Applied**

Advanced Load Data Does NOT Exist  Advanced

---

**Other Parameters**

Maximum Number of Modes:

Minimum Number of Modes:

Frequency Shift (Center):  cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius):  cyc/sec

Convergence Tolerance:

Allow Auto Frequency Shifting

Figura 32. Configuración del análisis Modal. Tomada de TABS.

#### 4.3.10 Análisis sísmico estático

En el análisis estático es necesario revisar las cargas en la base, también la distribución del cortante, los cuales dependen de la rigidez.

Primero se va a revisar el cortante sísmico asignado, el cual también se divide en toda la altura de la estructura.

Tabla 18 Cortante sísmico en X.

Load Case/Combo	Location	P Tonf	VX Tonf	VY Tonf	T Tonf-m	MX Tonf-m	MY Tonf-m
Sismo X	Bottom	0	- 410.3531	0	4175.343	0	-4008.7954

De la misma manera para la otra dirección Y, donde se tiene un cortante similar.

Tabla 19 *Cortante sísmico en Y.*

Load Case/Comb o	Location	P Tonf	VX Tonf	VY Tonf	T Tonf-m	MX Tonf-m	MY Tonf-m
Sismo Y	Bottom	0	0	-410.3531	-1467.0124	4008.7954	0

Junto a la revisión del cortante se realiza la inspección del centro de masa y el centro de rigidez, para ello se van a calcular las ubicaciones de cada uno de ellos, considerando que mientras menos separación tengan ambos, menor será el momento que actué sobre la estructura, si su separación es grande, esto puede ocasionar torsión grande, la torsión es un problema grande y por ello debe de ser evaluado, es por ello que se tiene las verificaciones de irregularidades en la norma peruana.

Tabla 20 *Centro de masas y centro de rigidez*

D1	Diaphragm	Mass X	Mass Y Tonf- s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	XCCM m	YCCM m
Story5	D1	6.4376	6.4376	3.25	9.25	3.25	9.25
Story4	D1	6.4376	6.4376	3.25	9.25	3.25	9.25
Story3	D1	6.4376	6.4376	3.25	9.25	3.25	9.25
Story2	D1	6.4376	6.4376	3.25	9.25	3.25	9.25
Story1	D1	6.4376	6.4376	3.25	9.25	3.25	9.25

De la misma manera se van a revisar la distribución de fuerzas en la altura del edificio, la cual es la siguiente:

Tabla 21 *Distribución de cortante sísmico en x*

Story	Load Case/Com	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T Tonf-m	MX Tonf- m	MY Tonf-m
Story5	SismoX	Bottom	0	-	0	1371.162	0	-
				134.7579				350.3706
Story4	SismoX	Bottom	0	-	0	2474.2774	0	-
				243.1722				982.6184
Story3	SismoX	Bottom	0	-	0	3309.346	0	-1828.25
				325.2428				
Story2	SismoX	Bottom	0	-	0	3876.3679	0	-
				380.9698				2818.771
Story1	SismoX	Bottom	0	-	0	4175.343	0	-
				410.3531				4008.795

Tabla 22 *Distribución de cortante sísmico en Y*

Story	Load Case/Column	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T Tonf-m	MX Tonf-m	MY Tonf-m
Story5	SismoY	Bottom	0	0	-134.7579	-481.7596	350.370	0
							6	
Story4	SismoY	Bottom	0	0	-243.1722	-869.3407	982.618	0
							4	
Story3	SismoY	Bottom	0	0	-325.2428	-1162.7432	1828.25	0
Story2	SismoY	Bottom	0	0	-380.9698	-1361.9671	2818.77	0
							1	
Story1	SismoY	Bottom	0	0	-410.3531	-1467.0124	4008.79	0
							5	

Para la distribución gráficamente también podemos tener:

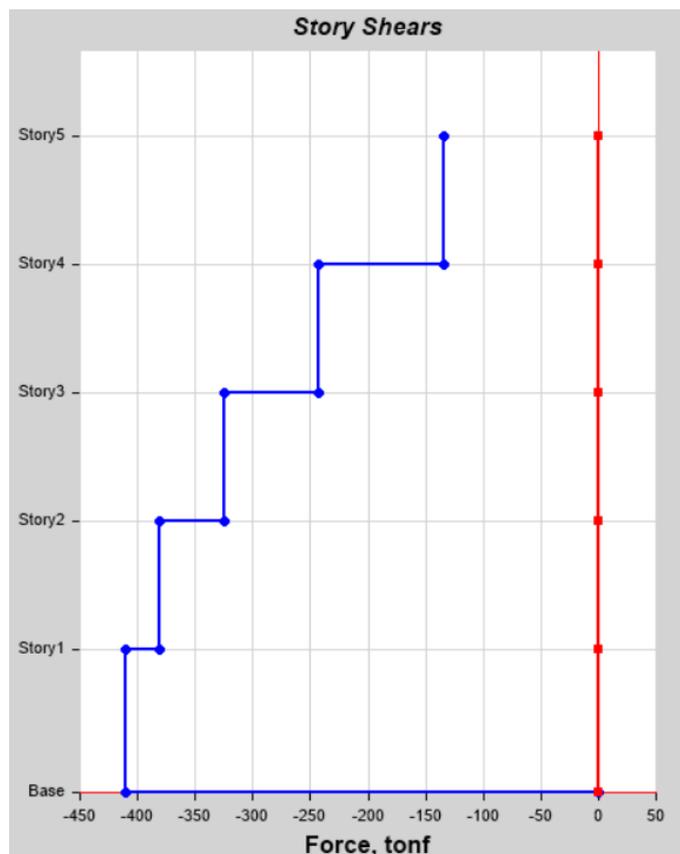


Figura 33. *Cortante Sísmico en X.*

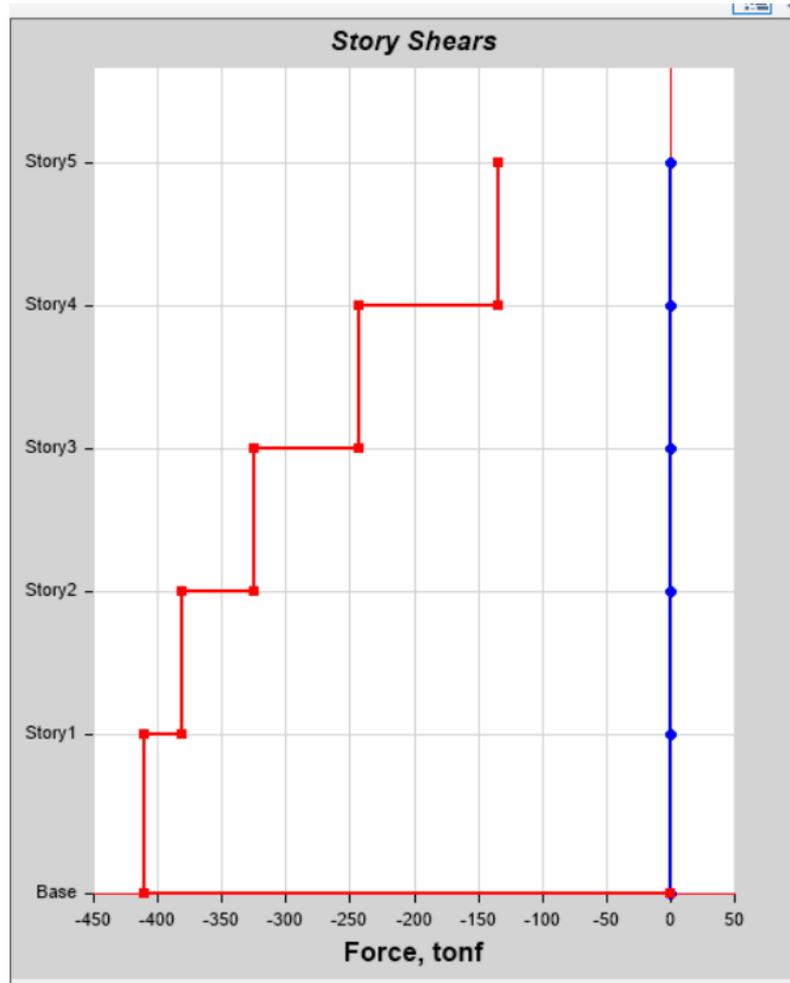


Figura 34. Cortante Sísmico en Y.

Como se puede ver no hay distribución u oposición en la otra dirección, ambos lados o direcciones son similares en cuanto a las inercias, también se considera que el cortante se está distribuyendo uniformemente, con ello también se debe de verificar el análisis modal.

Se va a verificar el desplazamiento lateral de la estructura, la cual no debe de exceder el valor de  $7/1000$ , esto en ambas direcciones, con las secciones iniciales de sección cuadrada del dimensionamiento se ha tenido problemas con los desplazamientos, estos son más de los permitidos, siendo necesario agregar placas en la dirección donde se necesita, para ello se ha propuesto una placa en cada esquina, esto para mantener la simetría y no producir torsión en la edificación, la falta de rigidez en X se da porque todas las columnas tienen su lado ancho en la dirección Y, siendo esto necesario porque sin ello no pasan la verificación de desplazamiento en Y, lo cual nos lleva a utilizar placas en la dirección X.

Tabla 23 *Desplazamientos en X*

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Ladeo
Story5	SismoX	X	0.004147	3.11025
Story4	SismoX	X	0.006215	4.66125
Story3	SismoX	X	0.007866	5.8995
Story2	SismoX	X	0.008324	6.243
Story1	SismoX	X	0.00524	3.93

Tabla 24 *Desplazamientos en Y.*

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Ladeo
Story3	SismoY	Y	0.003037	3.037
Story2	SismoY	Y	0.003593	3.593
Story1	SismoY	Y	0.003972	3.972
Story3	SismoY	Y	0.003692	3.692
Story2	SismoY	Y	0.001829	1.829
Story1	SismoY	Y	0.00572	5.72

Donde se puede ver que no se excede el valor máximo de 7, este ladeo en realidad tiene valores de 7/1000, con ello se puede empezar a verificar elementos secundarios como el análisis modal o las irregularidades de la estructura.

#### 4.3.11 Análisis modal

El análisis modal se realizó mediante un análisis de eigen valores, también se usaron una estimación de 3 modos de vibración por cada piso, se debe de recordar el criterio básico de verificación de modos de vibración, se debe de tener como primer modo de vibración un modo traslacional, el segundo modo también debe ser traslacional, esto indica que la estructura es regular y que la distribución de rigidez es uniforme. Finalmente, el tercer modo de vibración debe de ser rotacional, cada uno de estos modos tiene un peso, no puede asignarse valores a cada uno sin revisar los valores de modo de vibración y las formas de vibración de todos los modos.

Tabla 25 *Modos de vibración.*

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	0.367	2.724	17.1155	292.94
Modal	2	0.283	3.529	22.1726	491.623
Modal	3	0.276	3.617	22.7272	516.5276
Modal	4	0.111	9.002	56.56	3199.0315
Modal	5	0.082	12.127	76.1951	5805.6899
Modal	6	0.074	13.537	85.0533	7234.0556
Modal	7	0.057	17.443	109.6001	12012.1902
Modal	8	0.04	25.14	157.9588	24950.9672
Modal	9	0.036	27.819	174.7897	30551.449
Modal	10	0.032	31.227	196.2074	38497.3534
Modal	11	0.027	37.683	236.7698	56059.9398
Modal	12	0.023	42.743	268.5612	72125.1194
Modal	13	0.18	56.792	356.8376	127333.051
Modal	14	0.017	60.518	380.2435	144585.126
Modal	15	0.012	83.431	524.2132	274799.464

Se puede ver como el primero modo de vibración tiene un valor de 0.367, lo cual nos da la idea que la estructura está un poco rígida respecto a su valor normal, también se va a evaluar la forma de cada modo.

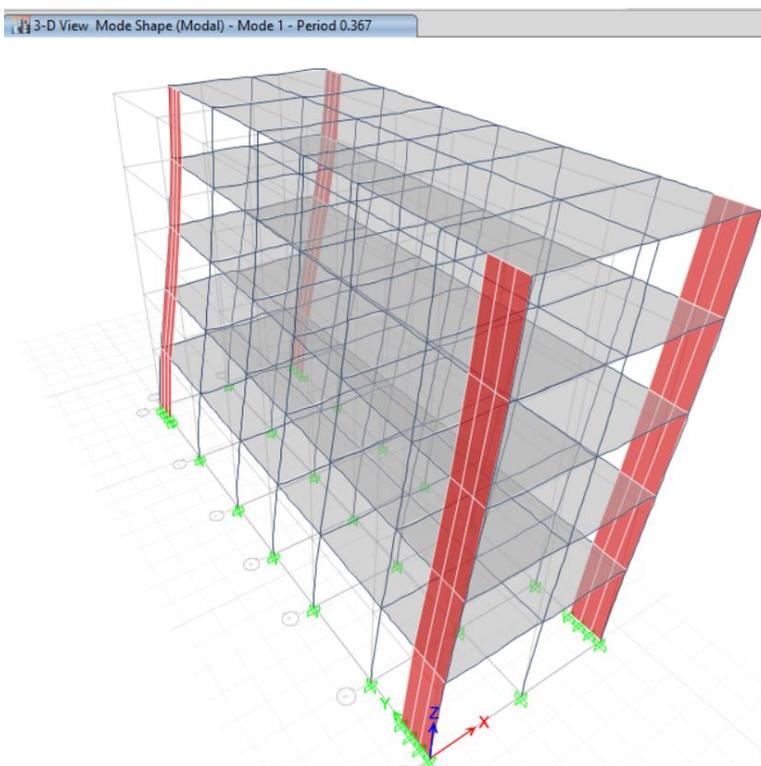


Figura 35. *Primer modo de vibración.*

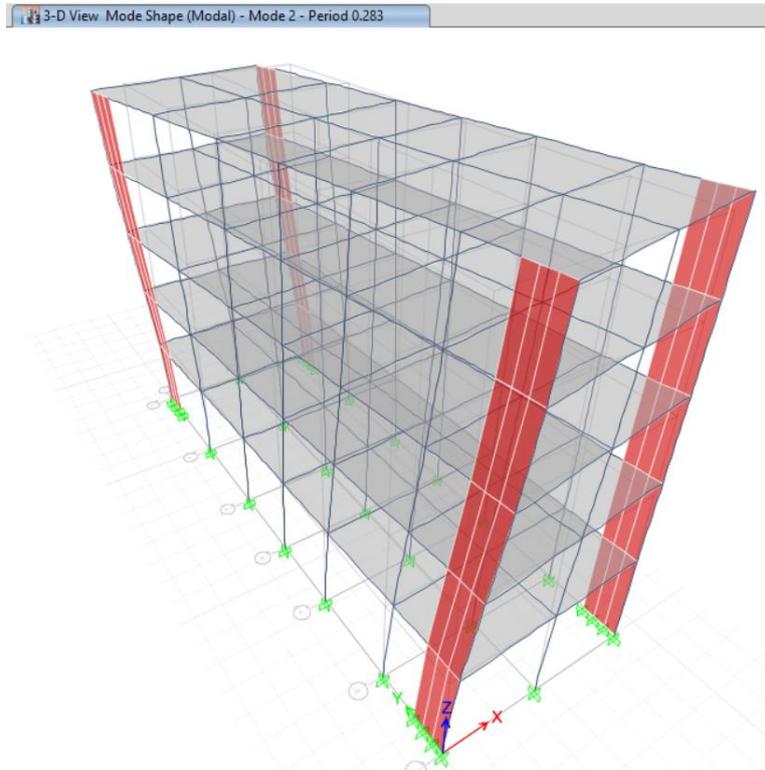


Figura 36. Segundo modo de vibración.

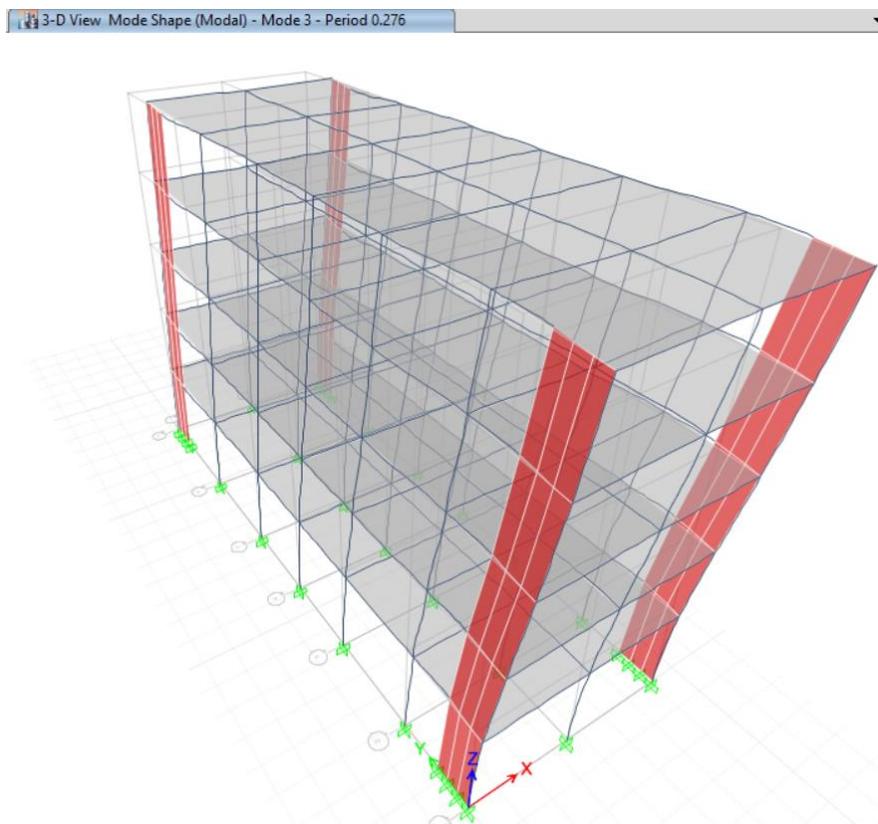


Figura 37. Tercer modo de vibración.

Como se puede ver existe la posibilidad que la estructura tengo irregularidad es por ello que se revisa su irregularidad, mediante las recomendaciones de la norma.

#### 4.3.12 Factores de Irregularidad

Para las verificaciones de los factores de irregularidad, es necesario primer evaluar la norma peruana E0.30 y ver que se nos pide, revisando se puede ver que mayormente se nos pide ladeos laterales en condiciones de sismo y de cargas de gravedad, las cuales pasamos a una hoja de Excel y se usan para poder verificar los valores respecto a los pisos superiores, que es lo que generalmente se propone.

##### Irregularidad de peso blando

Tabla 26 Irregularidad de piso blando X

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ PISO BLANDO - X						
Story	Load Case/Com	Item	Drift	1.4 Piso Superior	1.25 3 Pisos	¿Cumple?
Story5	SX Max	Max Drift X	0.004147			Si pasa
Story4	SX Max	Max Drift X	0.006215	0.0058058		Si pasa
Story3	SX Max	Max Drift X	0.007866	0.008701		Si pasa
Story2	SX Max	Max Drift X	0.008324	0.0110124	0.006076	Si pasa
Story1	SX Max	Max Drift X	0.00524	0.0116536	0.0074683	Si pasa

Tabla 27 Irregularidad de piso blando Y.

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ PISO BLANDO - Y						
Story	Load Case/Com	Item	Drift	1.4 Piso Superior	1.25 3 Pisos	¿Cumple?
Story5	SY Max	Max Drift Y	0.003037			
Story4	SY Max	Max Drift Y	0.003593	0.0042518		Si pasa
Story3	SY Max	Max Drift Y	0.003972	0.0050302		Si pasa
Story2	SY Max	Max Drift Y	0.03692	0.0055608	0.003534	Si pasa
Story1	SY Max	Max Drift Y	0.001829	0.0051688	0.00375233	Si pasa

### Irregularidad de piso débil

Tabla 28 Irregularidad de piso débil X

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ PISO BLANDO - Y						
Story	Load Case/Com	Item	Drift	1.4 Piso Superior	1.25 3 Pisos	¿Cumple?
Story5	SY Max	Max Drift Y	0.003037			
Story4	SY Max	Max Drift Y	0.003593	0.0042518		Si pasa
Story3	SY Max	Max Drift Y	0.003972	0.0050302		Si pasa
Story2	SY Max	Max Drift Y	0.03692	0.0055608	0.003534	Si pasa
Story1	SY Max	Max Drift Y	0.001829	0.0051688	0.00375233	Si pasa

Tabla 29 Irregularidad de piso débil Y

IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA PISO DEBIL - Y				
Story	Strenght	Resistencia	Piso Superior	¿Cumple?
Story5	Strenght	17474.818		Si pasa
Story4	Strenght	26754.549	13979.8544	Si pasa
Story3	Strenght	32456.478	21403.6392	Si pasa
Story2	Strenght	41019.854	25965.1824	Si pasa
Story1	Strenght	80323.585	32815.8832	Si pasa

### Irregularidad de masa

Tabla 30 Irregularidad de masa X

IRREGULARIDAD DE MASA - X				
Story	MASS	Mass	Piso Superior	¿Cumple?
Story5	Mass	63.152856		Si pasa
Story4	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa
Story3	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa
Story2	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa
Story1	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa

Tabla 31 *Irregularidad de masa Y*

IRREGULARIDAD DE MASA - Y				
Story	MASS	Mass	Piso Superior	¿Cumple?
Story5	Mass	63.152856		Si pasa
Story4	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa
Story3	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa
Story2	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa
Story1	Mass	63.152856	94.729284	Si pasa

**Irregularidad de sistema resistente**

Tabla 32 *Irregularidad de sistema resistente en X.*

IRREGULARIDAD DE SISTEMA RESISTENTE - X				
SISTEMA CENTRADOS SIN DESFASE				

Tabla 33 *Irregularidad de sistema resistente en Y.*

IRREGULARIDAD DE SISTEMA RESISTENTE - Y				
SISTEMA CENTRADOS SIN DESFASE				

**Irregularidad torsional**

Tabla 34 *Irregularidad torsional en X.*

IRREGULARIDAD TORSIONAL - X							
Story	Item	Drift CM	Arista 1	Arista 2	Arista 3	Arista 4	¿Cumple?
Story5	SXMax	0.000012	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story4	SXMax	0.000011	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story3	SXMax	0.00001	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story2	SXMax	0.000007	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story1	SXMax	0.000003	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa

Tabla 35 Irregularidad torsional en Y.

IRREGULARIDAD TORSIONAL - Y							
Story	Item	Drift CM	Arista 1	Arista 2	Arista 3	Arista 4	¿Cumple?
Story5	SYMax	0.000012	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story4	SYMax	0.000011	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story3	SYMax	0.00001	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story2	SYMax	0.000007	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa
Story1	SYMax	0.000003	0.000008	0.000011	0.000007	0.000011	Si pasa

Como se puede ver la estructura no cuenta con ningún tipo de irregularidad, lo cual es bueno y nos permite desarrollar el método de análisis push over con total normalidad.

#### 4.3.13 Diagramas de momento flector

Los diagramas de momento flexión muestran los principales requisitos que tiene la estructura.

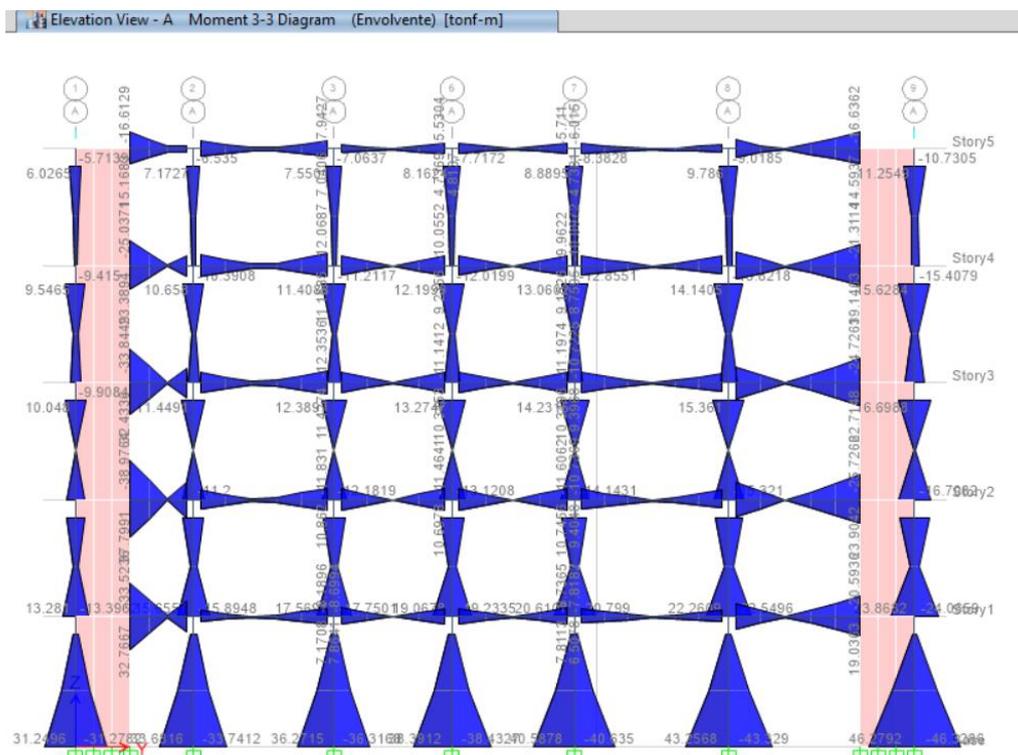


Figura 38. Diagrama de Flexión Eje A. Tomada de ETABS.

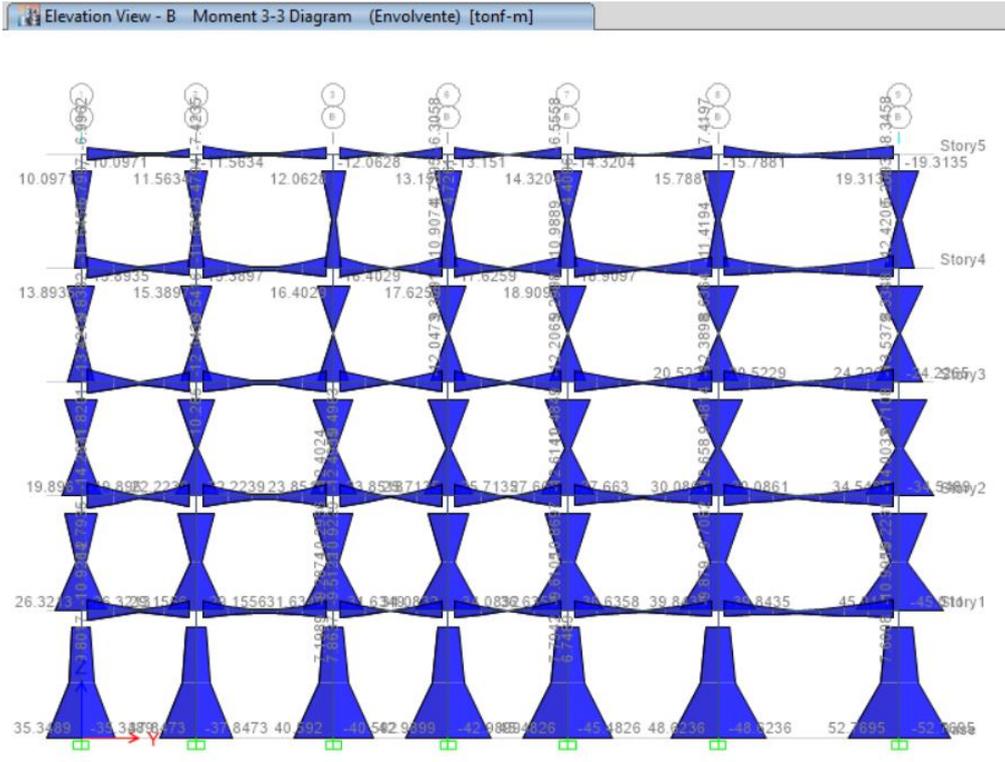


Figura 39. Diagrama de Flexión Eje B. Tomada de ETABS.

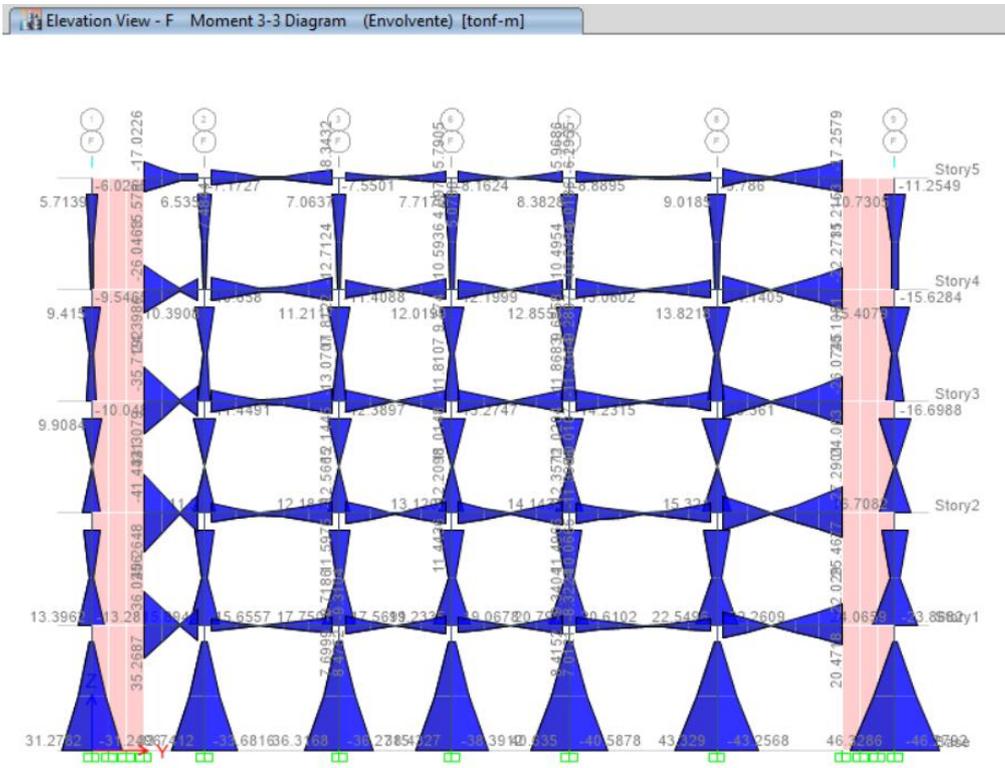


Figura 40. Diagrama de Flexión Eje C. Tomada de ETABS.

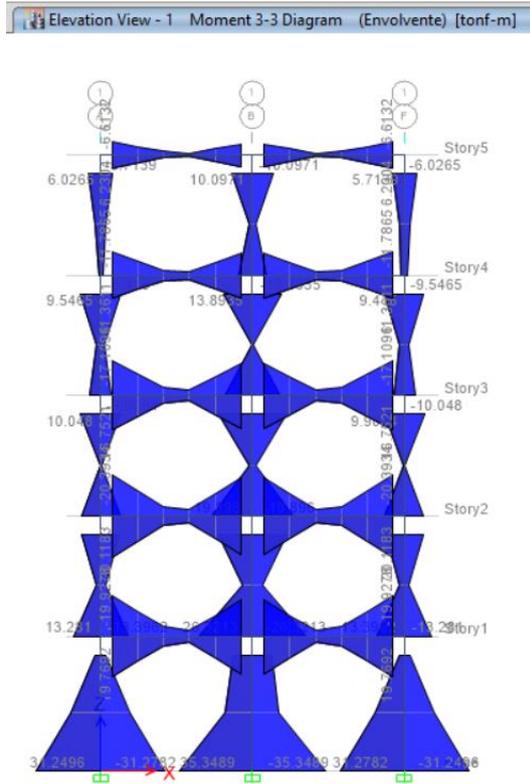


Figura 41. Diagrama de Flexión Eje 1. Tomada de ETABS.

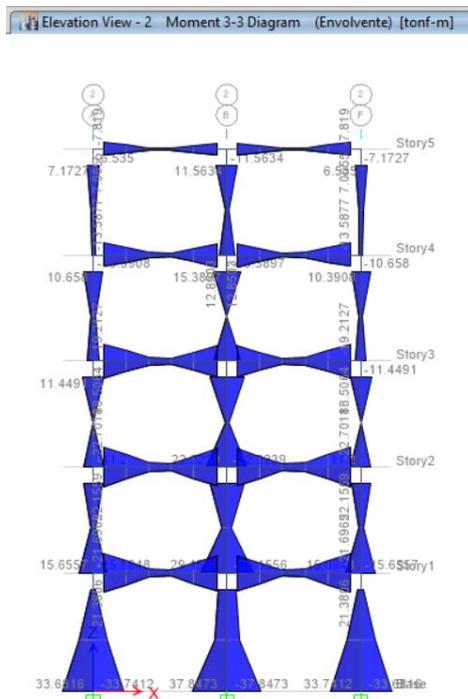


Figura 42. Diagrama de Flexión Eje 2. Tomada de ETABS.

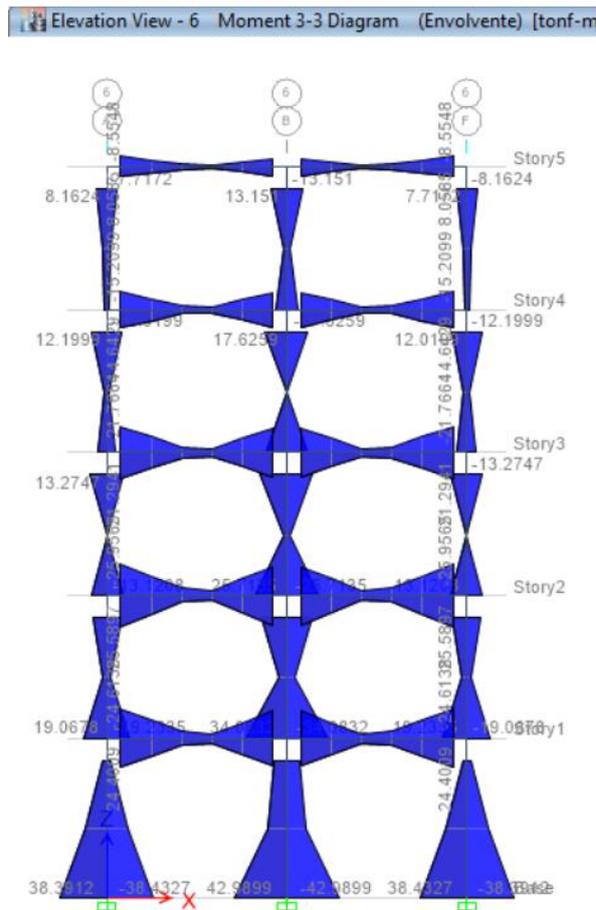


Figura 43. Diagrama de Flexión Eje 3. Tomada de ETABS.

Como se puede ver la forma de estos diagramas refleja que la estructura con respecto a las vigas y columnas están siendo requeridas más a sismo y es por ello que en las combinaciones de carga se puede ver este efecto.

#### 4.3.14 Diseño de elementos a flexión

Para el diseño a flexión se van a usar una tabla con el resumen de los momentos máximos en cada viga o columna, esto para poder hacer un diseño más efectivo para todos los elementos, además de incluir un estándar para que cada viga o columna cuenta con aceros similares con respecto a los otros elementos.

Estas tablas cuentan con las propiedades de la sección, detallado de acero y momento resistente, el cual luego se transforma a momento nominal para hacer la verificación.

Tabla 36 *Diseño de vigas del primer piso*

fc	280	Acero 1	2.85	Piso 1													
Viga	Caso	Peralte	Ancho	M	M	Cuantía	Efecto	a	Mn	Mn	Acero	Efecto	¿Fluye?	Colocado	Colocado		
		Efectivo	b	Superior	Inferior	Inicial	Tensión		Tensión	Compresión	Compresión	Compresión		superior	Inferior		
		cm	cm	Tonf-m	Tonf-m	Cm											
B2	ENV	34	30	5.154	6.1031	0.00559	2	3.353	7.738	-2.01	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B2	ENV	34	30	3.0198	2.77	0.00559	2	3.353	7.738	-4.38	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B2	ENV	34	30	0.8863	0.044	0.00559	2	3.353	7.738	-6.75	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B2	ENV	34	30	2.9113	2.0829	0.00559	2	3.353	7.738	-4.50	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B2	ENV	34	30	5.0243	4.8163	0.00559	2	3.353	7.738	-2.16	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B2	ENV	34	30	7.1708	8.1896	0.00559	2	3.353	7.738	0.23	0.176115679	2	Si fluye	2	4		
B3	ENV	34	30	7.8641	8.6994	0.00559	2	3.353	7.738	1.00	0.767769545	2	Si fluye	2	4		
B3	ENV	34	30	4.1925	4.0409	0.00559	2	3.353	7.738	-3.08	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B3	ENV	34	30	0.4551	0.0554	0.00559	2	3.353	7.738	-7.23	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B3	ENV	34	30	4.0799	3.8727	0.00559	2	3.353	7.738	-3.21	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B3	ENV	34	30	7.7401	8.4641	0.00559	2	3.353	7.738	0.86	0.661949439	2	Si fluye	2	4		
B4	ENV	34	30	7.5512	8.3387	0.00559	2	3.353	7.738	0.65	0.500744455	2	Si fluye	2	4		
B4	ENV	34	30	3.9691	3.7469	0.00559	2	3.353	7.738	-3.33	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B4	ENV	34	30	0.5423	0.0064	0.00559	2	3.353	7.738	-7.14	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B4	ENV	34	30	4.215	4.0616	0.00559	2	3.353	7.738	-3.05	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B4	ENV	34	30	7.8113	8.7365	0.00559	2	3.353	7.738	0.94	0.722710661	2	Si fluye	2	4		
B5	ENV	34	30	6.5078	7.8182	0.00559	2	3.353	7.738	-0.51	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B5	ENV	34	30	4.7143	4.7308	0.00559	2	3.353	7.738	-2.50	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B5	ENV	34	30	3.1424	2.3812	0.00559	2	3.353	7.738	-4.25	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B5	ENV	34	30	1.1987	0.176	0.00559	2	3.353	7.738	-6.41	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B5	ENV	34	30	2.254	1.486	0.00559	2	3.353	7.738	-5.23	mínimo	2	Si fluye	2	4		
B5	ENV	34	30	3.8246	3.8274	0.00559	2	3.353	7.738	-3.49	mínimo	2	Si fluye	2	4		

B5	ENV	34	30	5.6199	6.9098	0.00559	2	3.353	7.738	-1.49	mínimo	2	Si fluye	2	4
B7	ENV	34	30	9.8017	10.9264	0.00559	2	3.353	7.738	3.15	2.421294037	2	Si fluye	2	4
B7	ENV	34	30	6.0446	5.3593	0.00559	2	3.353	7.738	-1.02	mínimo	2	Si fluye	2	4
B7	ENV	34	30	1.8766	0.6599	0.00559	2	3.353	7.738	-5.65	mínimo	2	Si fluye	2	4
B7	ENV	34	30	3.9218	3.4525	0.00559	2	3.353	7.738	-3.38	mínimo	2	Si fluye	2	4
B7	ENV	34	30	7.7234	9.2801	0.00559	2	3.353	7.738	0.84	0.647697861	2	Si fluye	2	4
B8	ENV	34	30	7.0487	9.1762	0.00559	2	3.353	7.738	0.09	0.071917011	2	Si fluye	2	4
B8	ENV	34	30	4.7641	4.4582	0.00559	2	3.353	7.738	-2.44	mínimo	2	Si fluye	2	4
B8	ENV	34	30	2.5889	1.0623	0.00559	2	3.353	7.738	-4.86	mínimo	2	Si fluye	2	4
B8	ENV	34	30	2.7345	1.2001	0.00559	2	3.353	7.738	-4.70	mínimo	2	Si fluye	2	4
B8	ENV	34	30	4.9212	4.5918	0.00559	2	3.353	7.738	-2.27	mínimo	2	Si fluye	2	4
B8	ENV	34	30	7.1989	9.2874	0.00559	2	3.353	7.738	0.26	0.200009588	2	Si fluye	2	4
											1				
B9	ENV	34	30	7.8637	9.5122	0.00559	2	3.353	7.738	1.00	0.76742819	2	Si fluye	2	4
B9	ENV	34	30	4.4097	4.0937	0.00559	2	3.353	7.738	-2.84	mínimo	2	Si fluye	2	4
B9	ENV	34	30	0.9134	0.2105	0.00559	2	3.353	7.738	-6.72	mínimo	2	Si fluye	2	4
B9	ENV	34	30	4.3686	3.9597	0.00559	2	3.353	7.738	-2.88	mínimo	2	Si fluye	2	4
B9	ENV	34	30	7.8034	9.2661	0.00559	2	3.353	7.738	0.93	0.715968897	2	Si fluye	2	4
B10	ENV	34	30	7.636	9.203	0.00559	2	3.353	7.738	0.75	0.573111754	2	Si fluye	2	4
B10	ENV	34	30	4.307	3.8478	0.00559	2	3.353	7.738	-2.95	mínimo	2	Si fluye	2	4
B10	ENV	34	30	0.9965	0.1772	0.00559	2	3.353	7.738	-6.63	mínimo	2	Si fluye	2	4
B10	ENV	34	30	4.4395	4.105	0.00559	2	3.353	7.738	-2.81	mínimo	2	Si fluye	2	4
B10	ENV	34	30	7.7942	9.6105	0.00559	2	3.353	7.738	0.92	0.708117727	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	6.7489	9.2347	0.00559	2	3.353	7.738	-0.24	mínimo	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	4.9089	4.9269	0.00559	2	3.353	7.738	-2.28	mínimo	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	3.4629	2.0452	0.00559	2	3.353	7.738	-3.89	mínimo	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	1.6601	0.4093	0.00559	2	3.353	7.738	-5.89	mínimo	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	3.442	2.2505	0.00559	2	3.353	7.738	-3.91	mínimo	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	4.9346	5.4049	0.00559	2	3.353	7.738	-2.26	mínimo	2	Si fluye	2	4
B 1 1	ENV	34	30	6.7147	9.879	0.00559	2	3.353	7.738	-0.28	mínimo	2	Si fluye	2	4

B12	ENV	34	30	6.1081	10.3595	0.00559	2	3.353	7.738	-0.95	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	4.798	5.5079	0.00559	2	3.353	7.738	-2.41	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	3.9824	2.2905	0.00559	2	3.353	7.738	-3.31	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	2.6934	0.2912	0.00559	2	3.353	7.738	-4.75	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	4.0189	0.9424	0.00559	2	3.353	7.738	-3.27	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	5.5184	3.4592	0.00559	2	3.353	7.738	-1.61	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	6.2259	6.3238	0.00559	2	3.353	7.738	-0.82	mínimo	2	Si fluye	2	4
B12	ENV	34	30	7.6008	109955	0.00559	2	3.353	7.738	0.71	0.543072498	2	Si fluye	2	4
B14	ENV	34	30	5.5268	6.4759	0.00559	2	3.353	7.738	-1.60	mínimo	2	Si fluye	2	4
B14	ENV	34	30	3.2122	2.9624	0.00559	2	3.353	7.738	-4.17	mínimo	2	Si fluye	2	4
B14	ENV	34	30	0.8984	0.056	0.00559	2	3.353	7.738	-6.74	mínimo	2	Si fluye	2	4

Tabla 37 Diseño de vigas del segundo piso

Piso 2												
	M Superior tonf-m	M Inferior tonf-m	Cuantía Inicial	Efecto Tensión	a económico cm	Mn Tensión	Mn Compresión	Acero Compresión cm2	Efecto Compresión	¿Fluye?	Colocado Superior	Colocado Inferior
B1	8.9977	9.9807	0.00559	2	3.353	7.738	2.26	1.73517013	2	si fluye	2	4
B1	5.3537	5.1211	0.00559	2	3.353	7.738	-1.79	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	1.7264	0.8845	0.00559	2	3.353	7.738	-5.82	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	3.589	2.7443	0.00559	2	3.353	7.738	-3.75	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	7.2204	6.9794	0.00559	2	3.353	7.738	0.28	0.21844372	2	si fluye	2	4
B1	10.862	11.831	0.00559	2	3.353	7.738	4.33	3.32614128	2	si fluye	2	4
B2	10.6707	11.4456	0.00559	2	3.353	7.738	4.12	3.16288817	2	si fluye	2	4
B2	5.5686	5.3824	0.00559	2	3.353	7.738	-1.55	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	0.4633	0.1221	0.00559	2	3.353	7.738	-7.22	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	5.5967	5.4061	0.00559	2	3.353	7.738	-1.52	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	10.6978	11.4641	0.00559	2	3.353	7.738	4.15	3.18601498	2	si fluye	2	4
B2	10.4691	11.3136	0.00559	2	3.353	7.738	3.89	2.99084516	2	si fluye	2	4
B3	5.42	5.2243	0.00559	2	3.353	7.738	-1.72	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	0.5373	0.0025	0.00559	2	3.353	7.738	-7.14	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	5.6949	5.5072	0.00559	2	3.353	7.738	-1.41	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	10.7456	11.6062	0.00559	2	3.353	7.738	4.20	3.22680692	2	si fluye	2	4
B3	9.4048	10.7369	0.00559	2	3.353	7.738	2.71	2.08258436	2	si fluye	2	4
B3	6.6467	6.6756	0.00559	2	3.353	7.738	-0.35	Mínimo	2	si fluye	2	4

B4	4.1087	3.3506	0.00559	2	3.353	7.738	-3.17	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	1.2047	0.1758	0.00559	2	3.353	7.738	-6.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	3.231	2.4476	0.00559	2	3.353	7.738	-4.15	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	5.7741	5.7523	0.00559	2	3.353	7.738	-1.32	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	8.5287	9.7847	0.00559	2	3.353	7.738	1.74	1.33493118	2	si fluye	2	4
B4	12.7935	14.2671	0.00559	2	3.353	7.738	6.48	4.97446011	2	si fluye	2	4
B5	7.552	7.0537	0.00559	2	3.353	7.738	0.65	0.50142717	2	si fluye	2	4
B5	2.0638	0.8723	0.00559	2	3.353	7.738	-5.45	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	5.2558	4.6498	0.00559	2	3.353	7.738	-1.90	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	10.475	11.7332	0.00559	2	3.353	7.738	3.90	2.99588014	2	si fluye	2	4
B5	10.2583	12.3484	0.00559	2	3.353	7.738	3.66	2.81095098	2	si fluye	2	4
B5	6.7229	6.3911	0.00559	2	3.353	7.738	-0.27	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.2793	1.7383	0.00559	2	3.353	7.738	-4.09	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.3168	1.7795	0.00559	2	3.353	7.738	-4.05	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	6.7549	6.4342	0.00559	2	3.353	7.738	-0.23	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	10.2936	12.4024	0.00559	2	3.353	7.738	3.70	2.84107557	2	si fluye	2	4
B6	10.9229	12.4955	0.00559	2	3.353	7.738	4.40	3.37811261	2	si fluye	2	4
B6	5.9521	5.5945	0.00559	2	3.353	7.738	-1.12	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9202	0.228	0.00559	2	3.353	7.738	-6.72	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	5.8919	5.5098	0.00559	2	3.353	7.738	-1.19	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	10.8576	12.3813	0.00559	2	3.353	7.738	4.33	3.32238637	2	si fluye	2	4
B7	10.6375	12.2872	0.00559	2	3.353	7.738	4.08	3.13455569	2	si fluye	2	4

B7	5.7781	5.3629	0.00559	2	3.353	7.738	-1.32	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9916	0.1593	0.00559	2	3.353	7.738	-6.64	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	6.0004	5.6327	0.00559	2	3.353	7.738	-1.07	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	10.8697	12.6141	0.00559	2	3.353	7.738	4.34	3.33271237	2	si fluye	2	4
B8	9.5475	12.1755	0.00559	2	3.353	7.738	2.87	2.20436282	2	si fluye	2	4
B8	6.7611	6.8618	0.00559	2	3.353	7.738	-0.23	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	4.3577	2.9633	0.00559	2	3.353	7.738	-2.90	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	1.693	0.3686	0.00559	2	3.353	7.738	-5.86	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	4.5247	3.2376	0.00559	2	3.353	7.738	-2.71	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	6.9502	7.2654	0.00559	2	3.353	7.738	-0.02	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	9.7082	12.658	0.00559	2	3.353	7.738	3.05	2.34150226	2	si fluye	2	4
B9	8.6509	12.6993	0.00559	2	3.353	7.738	1.87	1.43921518	2	si fluye	2	4
B9	6.5738	7.1647	0.00559	2	3.353	7.738	-0.43	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	5.0076	3.2807	0.00559	2	3.353	7.738	-2.17	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	2.8815	0.0234	0.00559	2	3.353	7.738	-4.54	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	4.4109	1.4677	0.00559	2	3.353	7.738	-2.84	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	6.5934	4.7515	0.00559	2	3.353	7.738	-0.41	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	8.1257	8.525	0.00559	2	3.353	7.738	1.29	0.99101583	2	si fluye	2	4
B10	10.2231	14.0033	0.00559	2	3.353	7.738	3.62	2.78091172	2	si fluye	2	4
B10	9.6243	10.6072	0.00559	2	3.353	7.738	2.96	2.26990301	2	si fluye	2	4
B11	5.7079	5.4752	0.00559	2	3.353	7.738	-1.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B11	1.8081	0.9662	0.00559	2	3.353	7.738	-5.73	Mínimo	2	si fluye	2	4

Tabla 38 Diseño de vigas del tercer piso

Piso 3												
	M Superior	M Inferior	Cuantía Inicial	Efecto Tensión	a económico	Mn Tensión	Mn Compresión	Acero Compresión	Efecto Compresión	¿Fluye?	Colocado Superior	Colocado Inferior
	tonf-m	tonf-m			cm			cm2				
B1	10.0915	11.0807	0.00559	2	3.353	7.738	3.47	2.66860587	2	si fluye	2	4
B1	6.1219	5.8856	0.00559	2	3.353	7.738	-0.94	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	2.1718	1.3166	0.00559	2	3.353	7.738	-5.33	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	3.5004	2.6325	0.00559	2	3.353	7.738	-3.85	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	7.4689	7.1949	0.00559	2	3.353	7.738	0.56	0.43051063	2	si fluye	2	4
B1	11.4274	12.3536	0.00559	2	3.353	7.738	4.96	3.80864683	2	si fluye	2	4
B2	10.1542	10.9002	0.00559	2	3.353	7.738	3.54	2.72211329	2	si fluye	2	4
B2	5.2722	5.0716	0.00559	2	3.353	7.738	-1.88	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	0.4755	0.0322	0.00559	2	3.353	7.738	-7.21	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	5.4582	5.2826	0.00559	2	3.353	7.738	-1.67	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	10.3453	11.1412	0.00559	2	3.353	7.738	3.76	2.88519573	2	si fluye	2	4
B2	10.1325	10.9992	0.00559	2	3.353	7.738	3.52	2.70359477	2	si fluye	2	4
B3	5.2619	5.0797	0.00559	2	3.353	7.738	-1.89	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	0.4994	0.0356	0.00559	2	3.353	7.738	-7.18	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	5.4809	5.2893	0.00559	2	3.353	7.738	-1.65	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	10.3496	11.1974	0.00559	2	3.353	7.738	3.76	2.8888653	2	si fluye	2	4
B3	9.3968	10.7225	0.00559	2	3.353	7.738	2.70	2.07575726	2	si fluye	2	4

B3	6.6353	6.6549	0.00559	2	3.353	7.738	-0.37	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	4.0997	3.3293	0.00559	2	3.353	7.738	-3.18	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	1.1938	0.1497	0.00559	2	3.353	7.738	-6.41	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	3.2706	2.469	0.00559	2	3.353	7.738	-4.10	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	5.82	5.777	0.00559	2	3.353	7.738	-1.27	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	8.5695	9.8015	0.00559	2	3.353	7.738	1.78	1.36974941	2	si fluye	2	4
B4	11.8201	13.4215	0.00559	2	3.353	7.738	5.40	4.14377228	2	si fluye	2	4
B5	7.0257	6.5861	0.00559	2	3.353	7.738	0.07	0.05228909	2	si fluye	2	4
B5	2.0446	0.8428	0.00559	2	3.353	7.738	-5.47	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	4.8847	4.1992	0.00559	2	3.353	7.738	-2.31	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	9.6285	10.7381	0.00559	2	3.353	7.738	2.96	2.27348724	2	si fluye	2	4
B5	10.285	12.3436	0.00559	2	3.353	7.738	3.69	2.83373643	2	si fluye	2	4
B5	6.7737	6.4156	0.00559	2	3.353	7.738	-0.21	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.3394	1.7774	0.00559	2	3.353	7.738	-4.03	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.2705	1.7175	0.00559	2	3.353	7.738	-4.10	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	6.6917	6.3604	0.00559	2	3.353	7.738	-0.30	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	10.2108	12.3142	0.00559	2	3.353	7.738	3.61	2.77041505	2	si fluye	2	4
B6	10.4963	12.038	0.00559	2	3.353	7.738	3.92	3.01405731	2	si fluye	2	4
B6	5.7265	5.3567	0.00559	2	3.353	7.738	-1.38	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9143	0.2607	0.00559	2	3.353	7.738	-6.72	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	5.7075	5.3505	0.00559	2	3.353	7.738	-1.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	10.4799	12.0473	0.00559	2	3.353	7.738	3.91	3.00006175	2	si fluye	2	4

B7	10.2759	11.9643	0.00559	2	3.353	7.738	3.68	2.8259706	2	si fluye	2	4
B7	5.595	5.2032	0.00559	2	3.353	7.738	-1.52	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9843	0.1768	0.00559	2	3.353	7.738	-6.64	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	5.8006	5.4255	0.00559	2	3.353	7.738	-1.29	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	10.4849	12.2065	0.00559	2	3.353	7.738	3.91	3.00432868	2	si fluye	2	4
B8	9.3117	11.9755	0.00559	2	3.353	7.738	2.61	2.00313394	2	si fluye	2	4
B8	6.6061	6.7296	0.00559	2	3.353	7.738	-0.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	4.2787	2.8943	0.00559	2	3.353	7.738	-2.98	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	1.6957	0.3751	0.00559	2	3.353	7.738	-5.85	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	4.4532	3.1504	0.00559	2	3.353	7.738	-2.79	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	6.7974	7.084	0.00559	2	3.353	7.738	-0.19	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	9.4814	12.3898	0.00559	2	3.353	7.738	2.80	2.14795388	2	si fluye	2	4
B9	8.2263	12.1617	0.00559	2	3.353	7.738	1.40	1.07686666	2	si fluye	2	4
B9	6.2795	6.7802	0.00559	2	3.353	7.738	-0.76	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	4.8753	3.0811	0.00559	2	3.353	7.738	-2.32	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	2.8687	0.0807	0.00559	2	3.353	7.738	-4.55	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	4.336	1.3711	0.00559	2	3.353	7.738	-2.92	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	6.3653	4.5247	0.00559	2	3.353	7.738	-0.67	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	7.7558	8.1792	0.00559	2	3.353	7.738	0.88	0.67534763	2	si fluye	2	4
B10	9.7108	13.5379	0.00559	2	3.353	7.738	3.05	2.34372107	2	si fluye	2	4

Tabla 39 Diseño de vigas del cuarto piso

Piso 4												
	M Superior	M Inferior	Cuantía Inicial	Efecto Tensión	a económico	Mn Tensión	Mn Compresión	Acero Compresión	Efecto Compresión	¿Fluye?	Colocado Superior	Colocado Inferior
	tonf-m	tonf-m			cm			cm2				
B1	10.5387	11.5496	0.00559	2	3.353	7.738	3.47	2.66860587	2	si fluye	2	4
B1	6.5285	6.3043	0.00559	2	3.353	7.738	-0.94	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	2.548	1.6953	0.00559	2	3.353	7.738	-5.33	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	3.1648	2.29	0.00559	2	3.353	7.738	-3.85	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	7.1778	6.8873	0.00559	2	3.353	7.738	0.56	0.43051063	2	si fluye	2	4
B1	11.1685	12.0687	0.00559	2	3.353	7.738	4.96	3.80864683	2	si fluye	2	4
B2	8.946	9.6583	0.00559	2	3.353	7.738	3.54	2.72211329	2	si fluye	2	4
B2	4.6495	4.4296	0.00559	2	3.353	7.738	-1.88	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	0.5361	0.0233	0.00559	2	3.353	7.738	-7.21	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	4.9281	4.7618	0.00559	2	3.353	7.738	-1.67	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	9.2356	10.0552	0.00559	2	3.353	7.738	3.76	2.88519573	2	si fluye	2	4
B2	9.0045	9.9016	0.00559	2	3.353	7.738	3.52	2.70359477	2	si fluye	2	4
B3	4.7141	4.545	0.00559	2	3.353	7.738	-1.89	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	0.4914	0.0802	0.00559	2	3.353	7.738	-7.18	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	4.8711	4.6584	0.00559	2	3.353	7.738	-1.65	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	9.1526	9.9622	0.00559	2	3.353	7.738	3.76	2.8888653	2	si fluye	2	4
B3	8.7595	10.0972	0.00559	2	3.353	7.738	2.70	2.07575726	2	si fluye	2	4

B3	6.1623	6.1898	0.00559	2	3.353	7.738	-0.37	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	3.789	3.0227	0.00559	2	3.353	7.738	-3.18	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	1.0491	0.0051	0.00559	2	3.353	7.738	-6.41	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	3.2548	2.4493	0.00559	2	3.353	7.738	-4.10	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	5.6439	5.5932	0.00559	2	3.353	7.738	-1.27	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	8.2276	9.4478	0.00559	2	3.353	7.738	1.78	1.36974941	2	si fluye	2	4
B4	9.8382	11.6455	0.00559	2	3.353	7.738	5.40	4.14377228	2	si fluye	2	4
B5	5.8917	5.5659	0.00559	2	3.353	7.738	0.07	0.05228909	2	si fluye	2	4
B5	1.8556	0.6753	0.00559	2	3.353	7.738	-5.47	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	4.2326	3.4766	0.00559	2	3.353	7.738	-2.31	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	8.0905	9.0375	0.00559	2	3.353	7.738	2.96	2.27348724	2	si fluye	2	4
B5	9.5416	11.5832	0.00559	2	3.353	7.738	3.69	2.83373643	2	si fluye	2	4
B5	6.3534	5.9839	0.00559	2	3.353	7.738	-0.21	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.2341	1.6665	0.00559	2	3.353	7.738	-4.03	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.0607	1.5077	0.00559	2	3.353	7.738	-4.10	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	6.1584	5.8329	0.00559	2	3.353	7.738	-0.30	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	9.3595	11.4744	0.00559	2	3.353	7.738	3.61	2.77041505	2	si fluye	2	4
B6	9.309	10.8094	0.00559	2	3.353	7.738	3.92	3.01405731	2	si fluye	2	4
B6	5.1357	4.7425	0.00559	2	3.353	7.738	-1.38	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9191	0.2539	0.00559	2	3.353	7.738	-6.72	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	5.1257	4.7814	0.00559	2	3.353	7.738	-1.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	9.3091	10.9074	0.00559	2	3.353	7.738	3.91	3.00006175	2	si fluye	2	4

B7	9.1126	10.8414	0.00559	2	3.353	7.738	3.68	2.8259706	2	si fluye	2	4
B7	5.0127	4.6431	0.00559	2	3.353	7.738	-1.52	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9807	0.1964	0.00559	2	3.353	7.738	-6.64	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	5.204	4.8145	0.00559	2	3.353	7.738	-1.29	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	9.2998	10.9889	0.00559	2	3.353	7.738	3.91	3.00432868	2	si fluye	2	4
B8	8.3789	11.1195	0.00559	2	3.353	7.738	2.61	2.00313394	2	si fluye	2	4
B8	5.9807	6.1473	0.00559	2	3.353	7.738	-0.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	3.9562	2.5813	0.00559	2	3.353	7.738	-2.98	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	1.7178	0.3643	0.00559	2	3.353	7.738	-5.85	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	4.2145	2.8537	0.00559	2	3.353	7.738	-2.79	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	6.2419	6.4368	0.00559	2	3.353	7.738	-0.19	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	8.6364	11.4194	0.00559	2	3.353	7.738	2.80	2.14795388	2	si fluye	2	4
B9	7.1966	11.0134	0.00559	2	3.353	7.738	1.40	1.07686666	2	si fluye	2	4
B9	5.5739	6.0099	0.00559	2	3.353	7.738	-0.76	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	4.499	2.6939	0.00559	2	3.353	7.738	-2.32	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	2.7911	0.1152	0.00559	2	3.353	7.738	-4.55	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	3.9722	1.1043	0.00559	2	3.353	7.738	-2.92	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	5.6235	3.9338	0.00559	2	3.353	7.738	-0.67	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	6.7324	7.3606	0.00559	2	3.353	7.738	0.88	0.67534763	2	si fluye	2	4
B10	8.3348	12.4206	0.00559	2	3.353	7.738	3.05	2.34372107	2	si fluye	2	4

Tabla 40 *Diseño de vigas del quinto piso*

Piso 5												
	M Superior	M Inferior	Cuantía Inicial	Efecto Tensión	a económico	Mn Tensión	Mn Compresión	Acero Compresión	Efecto Compresión	¿Fluye?	Colocado Superior	Colocado Inferior
	tonf-m	tonf-m			cm			cm2				
B1	7.0152	7.8341	0.00559	2	3.353	7.738	3.47	2.66860587	2	si fluye	2	4
B1	4.6071	4.2298	0.00559	2	3.353	7.738	-0.94	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	2.1385	1.1715	0.00559	2	3.353	7.738	-5.33	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	2.1737	1.2233	0.00559	2	3.353	7.738	-3.85	Mínimo	2	si fluye	2	4
B1	4.6178	4.2905	0.00559	2	3.353	7.738	0.56	0.43051063	2	si fluye	2	4
B1	7.0406	7.9427	0.00559	2	3.353	7.738	4.96	3.80864683	2	si fluye	2	4
B2	3.9564	4.756	0.00559	2	3.353	7.738	3.54	2.72211329	2	si fluye	2	4
B2	2.0077	1.8467	0.00559	2	3.353	7.738	-1.88	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	0.744	0.2618	0.00559	2	3.353	7.738	-7.21	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	2.7888	2.6248	0.00559	2	3.353	7.738	-1.67	Mínimo	2	si fluye	2	4
B2	4.7369	5.5304	0.00559	2	3.353	7.738	3.76	2.88519573	2	si fluye	2	4
B2	4.8137	5.6518	0.00559	2	3.353	7.738	3.52	2.70359477	2	si fluye	2	4
B3	2.6545	2.4772	0.00559	2	3.353	7.738	-1.89	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	0.4528	0.1118	0.00559	2	3.353	7.738	-7.18	Mínimo	2	si fluye	2	4
B3	2.5867	2.467	0.00559	2	3.353	7.738	-1.65	Mínimo	2	si fluye	2	4

B3	4.7578	5.711	0.00559	2	3.353	7.738	3.76	2.8888653	2	si fluye	2	4
B3	4.7381	6.015	0.00559	2	3.353	7.738	2.70	2.07575726	2	si fluye	2	4
B3	3.588	3.5493	0.00559	2	3.353	7.738	-0.37	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	2.6592	1.8212	0.00559	2	3.353	7.738	-3.18	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	1.3509	0.2297	0.00559	2	3.353	7.738	-6.41	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	1.6432	0.7549	0.00559	2	3.353	7.738	-4.10	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	2.6088	2.4698	0.00559	2	3.353	7.738	-1.27	Mínimo	2	si fluye	2	4
B4	3.725	4.8514	0.00559	2	3.353	7.738	1.78	1.36974941	2	si fluye	2	4
B4	5.7997	6.9962	0.00559	2	3.353	7.738	5.40	4.14377228	2	si fluye	2	4
B5	4.1456	3.4535	0.00559	2	3.353	7.738	0.07	0.05228909	2	si fluye	2	4
B5	2.1145	0.8123	0.00559	2	3.353	7.738	-5.47	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	1.7884	1.155	0.00559	2	3.353	7.738	-2.31	Mínimo	2	si fluye	2	4
B5	3.4546	4.7685	0.00559	2	3.353	7.738	2.96	2.27348724	2	si fluye	2	4
B5	5.4794	7.4235	0.00559	2	3.353	7.738	3.69	2.83373643	2	si fluye	2	4
B5	3.9938	3.5302	0.00559	2	3.353	7.738	-0.21	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	2.5314	0.8728	0.00559	2	3.353	7.738	-4.03	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	2.2355	0.5949	0.00559	2	3.353	7.738	-4.10	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	3.6715	3.2618	0.00559	2	3.353	7.738	-0.30	Mínimo	2	si fluye	2	4
B6	5.1729	7.2069	0.00559	2	3.353	7.738	3.61	2.77041505	2	si fluye	2	4
B6	4.4599	6.1084	0.00559	2	3.353	7.738	3.92	3.01405731	2	si fluye	2	4

B6	2.5969	2.3069	0.00559	2	3.353	7.738	-1.38	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.8662	0.1225	0.00559	2	3.353	7.738	-6.72	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	2.885	2.5538	0.00559	2	3.353	7.738	-1.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	4.7395	6.3058	0.00559	2	3.353	7.738	3.91	3.00006175	2	si fluye	2	4
B7	4.7261	6.3766	0.00559	2	3.353	7.738	3.68	2.8259706	2	si fluye	2	4
B7	2.8588	2.4708	0.00559	2	3.353	7.738	-1.52	Mínimo	2	si fluye	2	4
B7	0.9427	0.2577	0.00559	2	3.353	7.738	-6.64	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	2.817	2.5293	0.00559	2	3.353	7.738	-1.29	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	4.705	6.5558	0.00559	2	3.353	7.738	3.91	3.00432868	2	si fluye	2	4
B8	4.4096	6.8855	0.00559	2	3.353	7.738	2.61	2.00313394	2	si fluye	2	4
B8	3.3688	3.377	0.00559	2	3.353	7.738	-0.40	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	2.7262	1.2991	0.00559	2	3.353	7.738	-2.98	Mínimo	2	si fluye	2	4
B8	1.6686	0.4672	0.00559	2	3.353	7.738	-5.85	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	2.594	1.3934	0.00559	2	3.353	7.738	-2.79	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	3.2832	3.7445	0.00559	2	3.353	7.738	-0.19	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	4.264	7.4197	0.00559	2	3.353	7.738	2.80	2.14795388	2	si fluye	2	4
B9	3.5144	7.5289	0.00559	2	3.353	7.738	1.40	1.07686666	2	si fluye	2	4
B9	2.934	3.3996	0.00559	2	3.353	7.738	-0.76	Mínimo	2	si fluye	2	4
B9	2.9666	1.023	0.00559	2	3.353	7.738	-2.32	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	2.9295	0.8329	0.00559	2	3.353	7.738	-4.55	Mínimo	2	si fluye	2	4

B10	3.9601	0.6173	0.00559	2	3.353	7.738	-2.92	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	4.7373	2.4045	0.00559	2	3.353	7.738	-0.67	Mínimo	2	si fluye	2	4
B10	4.6764	4.4934	0.00559	2	3.353	7.738	0.88	0.67534763	2	si fluye	2	4
B10	5.2393	8.3458	0.00559	2	3.353	7.738	3.05	2.34372107	2	si fluye	2	4

Dado que en este caso se está tratando con un problema de desempeño sísmico, se está tratando de uniformizar las secciones de vigas, dado que el momento debe de desarrollarse de manera uniforme, todas las vigas deben repartirse el efecto de flexión causado por el sismo.

El diseño de las escaleras se asemeja mucho al diseño de una viga, para ello se realiza un modelado de la viga y se evaluará los momentos ocasionados, considerando que esta se rotula en ambos costados de la escalera, colocando las cargas muertas de peso propio y peso de carga viva de escalera, obteniendo:

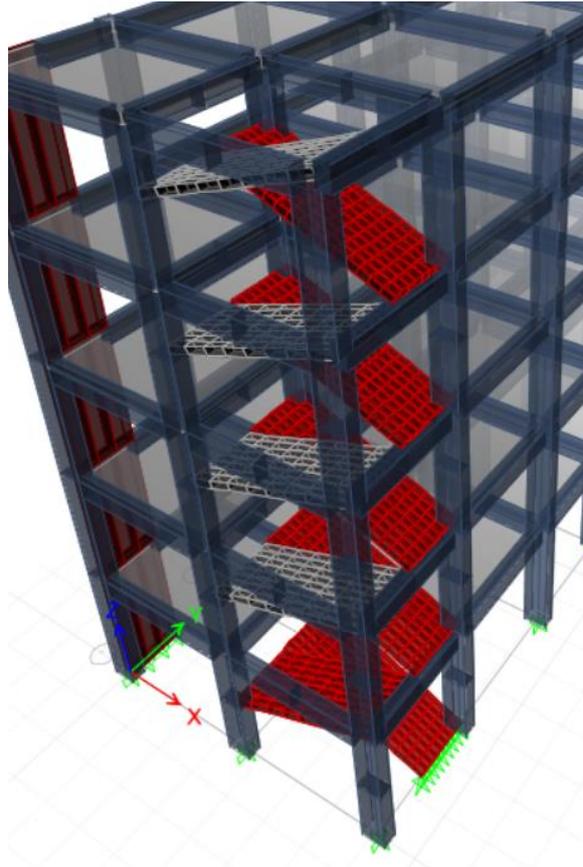


Figura 44. *Modelado de la escalera. Tomada de ETABS 2017.*

Este solo se ha considerado en el modelo del diseño de escalera, pero no se puede colocar en el diseño de la estructura y análisis Push Over, dado que la escalera le daría mayor rigidez y afectaría el análisis Push Over, obteniendo malos resultados, es por ello que se considera que la escalera está rotulada en sus apoyos y se diseña con estos requisitos.

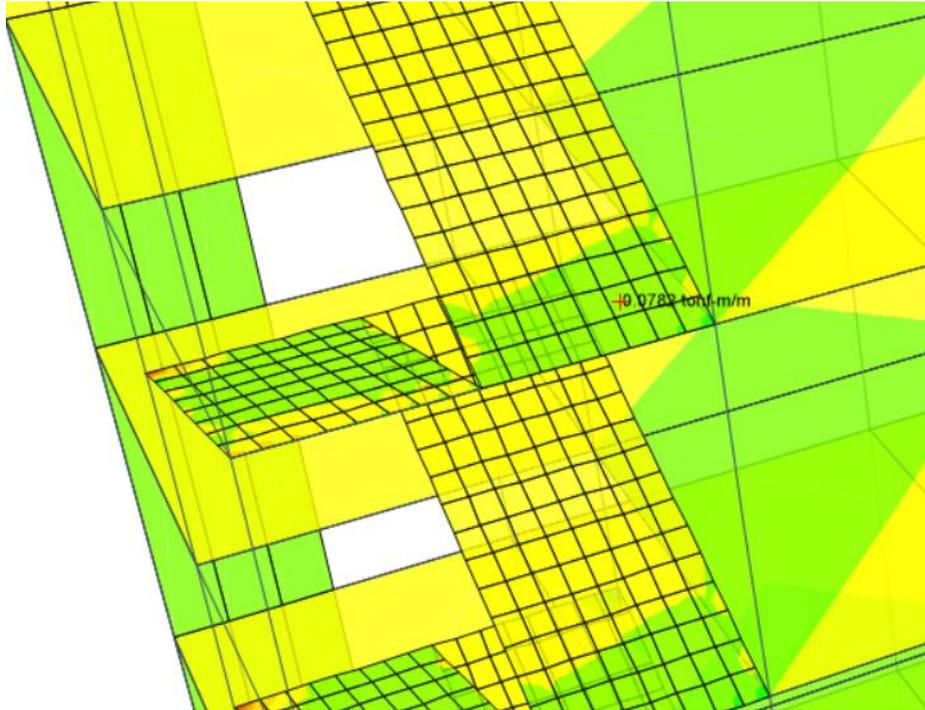


Figura 45. *Momentos de la escalera.*

Se diseña la sección de concreto para un peralte de 15cm efectivos, con un momento máximo de 0.0782 tonf-m por cada metro de escalera, lo cual es poco momento flector.

Tabla 41 *Diseño de escalera*

<b>fc</b>	<b>280</b>	<b>acero 1</b>	<b>1.29</b>		
<b>Viga</b>	<b>Caso</b>	<b>Peralte Efectivo d</b>	<b>Ancho b</b>	<b>M Superior</b>	<b>M Inferior</b>
		<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>tonf-m</b>	<b>tonf-m</b>
B2	ENV	11	100	0.0782	0.0782

<b>Momentos Máximos</b>				
<b>Cuantía Inicial</b>	<b>Efecto Tensión</b>	<b>a</b>	<b>Mn Tensión</b>	<b>Mn Compresión</b>
		<b>cm</b>		
0.00117273	1	0.228	0.590	-0.50
<b>Acero Compresión</b>	<b>Efecto Compresión</b>	<b>¿Fluye?</b>	<b>Colocado Superior</b>	<b>Colocado Inferior</b>
<b>cm2</b>				
mínimo	1	sí fluye	1	1

Donde se concluye que es suficiente con acero de  $\frac{1}{2}$  a lo largo de la sección de la escalera, para el caso de los muros de albañilería, no se ha realizado ningún diseño, dado que son muros de tabiquería solamente, en caso de querer considerar los efectos de muros de albañilería confinada, estos aumentarían la rigidez de la estructura tanto que no le permitirían disipar energía por degradación, por ello se aísla los muros de la estructura principal.

#### 4.3.15 Diseño de elementos a flexo compresión

Para los elementos a flexo compresión, es necesario primero calcular las combinaciones de carga. En este caso no se usan los valores máximos de las envolventes, solo se usan los valores máximos de cada combinación de carga, los que se verifican en las secciones transversales.

Para el diseño a flexo compresión primero convertimos la sección de concreto armado a Section Desginer, de donde sacamos el diagrama de interacción axial momento, para luego buscar cada combinación de cargas y contrastarlo con el valor máximo que puede resistir dicha sección.

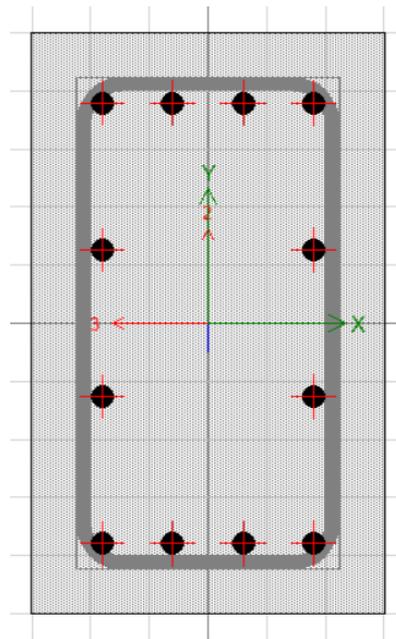


Figura 46. Sección de Columna. Tomada de ETABS.

De esta sección es posible obtener los diagramas de interacción, considerando una cantidad de acero, también el ángulo de cálculo que se requiera, según la norma peruana es necesario solo usar 2 direcciones.

Se van a obtener los diagramas de interacción en ambas direcciones, los cuales son:

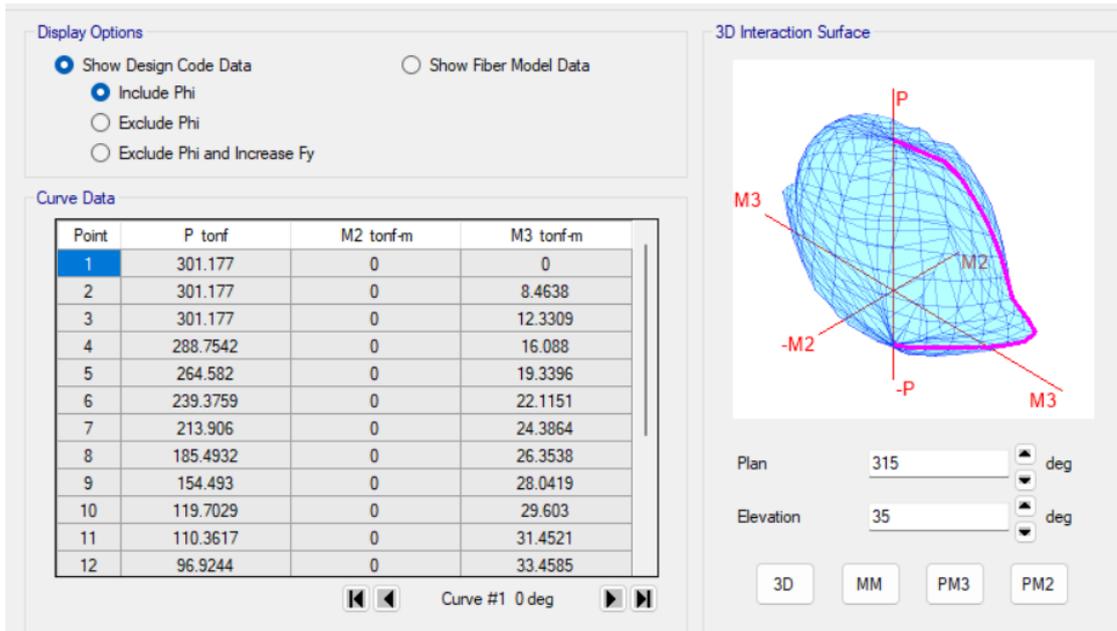


Figura 47. Diagrama de interacción M3. Tomada de ETABS.

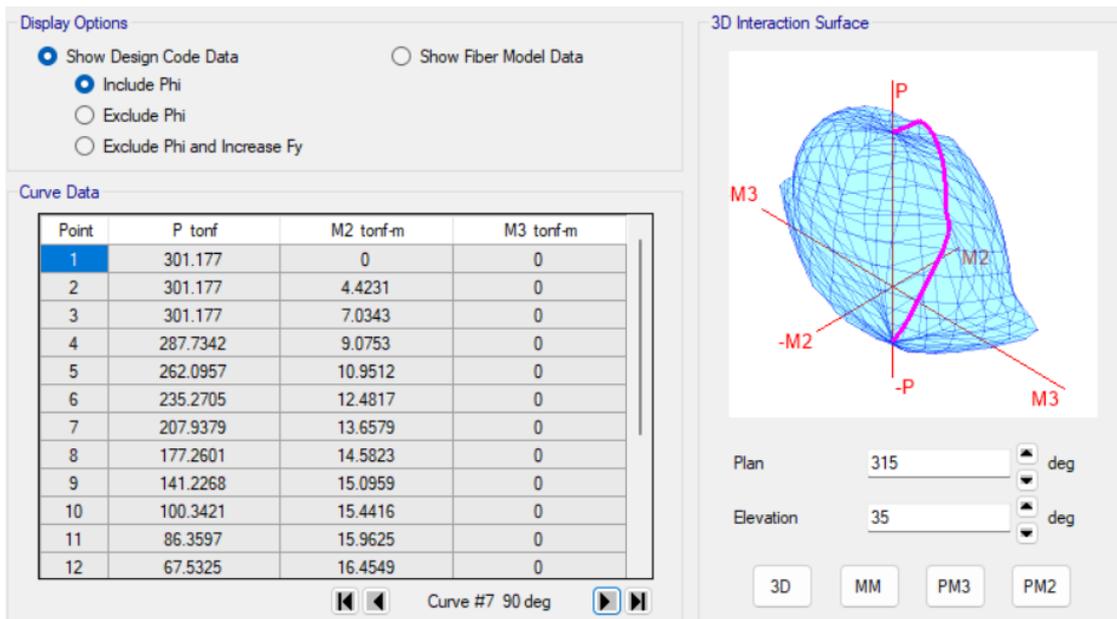


Figura 48. Diagrama de interacción M2. Tomada de ETABS.

Considerando ello se colocan las cargas de las combinaciones, las cuales son las siguientes:

Tabla 42 *PuntosM3*.

<b>Diagrama M3</b>		
<b>P tonf</b>	<b>M2 ton-m</b>	<b>M3 ton-m</b>
301.177	0	0
301.177	0	8.4638
301.177	0	12.3309
288.7542	0	16.088
264.582	0	19.3396
239.3759	0	22.1151
213.906	0	24.3864
185.4932	0	26.3538
154.493	0	28.0419
119.7029	0	29.603
110.3617	0	31.4521
96.9244	0	33.4585
79.6693	0	35.2655
53.185	0	33.1582
17.9605	0	28.573
-13.8562	0	23.222
-51.1519	0	16.1047
-110.126	0	4.4433
-128.764	0	0

Tabla 43 *Puntos M2*.

<b>Diagrama M2</b>		
<b>P tonf</b>	<b>M2 ton-m</b>	<b>M3 ton-m</b>
301.177	0	0
301.177	4.4231	0
301.177	7.0343	0
287.7342	9.0753	0
262.0957	10.9512	0
235.2705	12.4817	0
207.9379	13.6579	0
177.2601	14.5823	0
141.2268	15.0959	0
100.3421	15.4416	0
86.3597	15.9625	0
67.5325	16.4549	0
46.6306	16.7145	0
15.691	15.0755	0
-15.3074	12.5467	0
-52.1427	8.9717	0
-94.8973	4.6516	0
-111.830	2.4329	0
-128.764	0	0

Obteniendo los siguientes diagramas de interacción, con los siguientes puntos en la verificación.

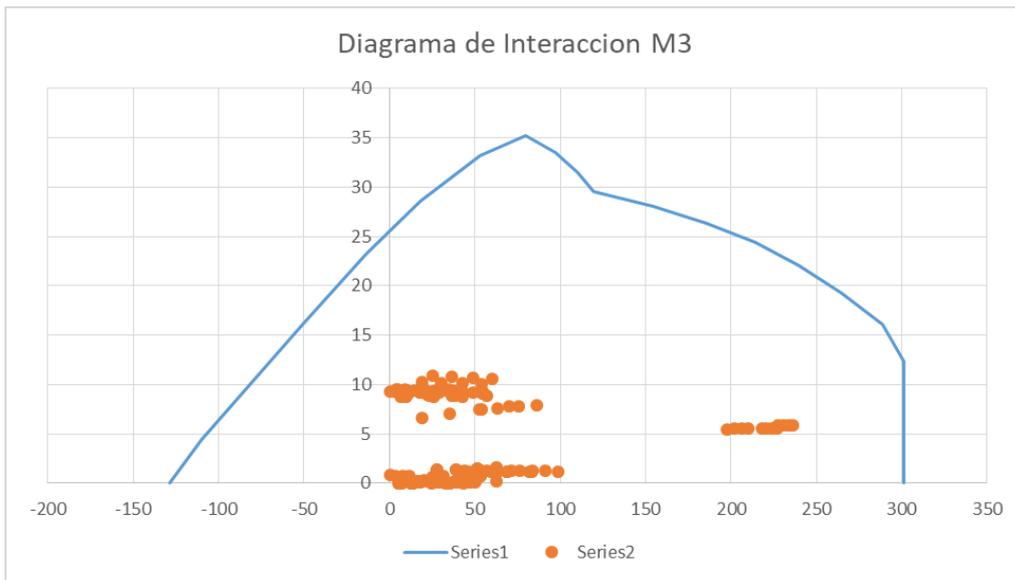


Figura 49. Diagrama de interacción M3.

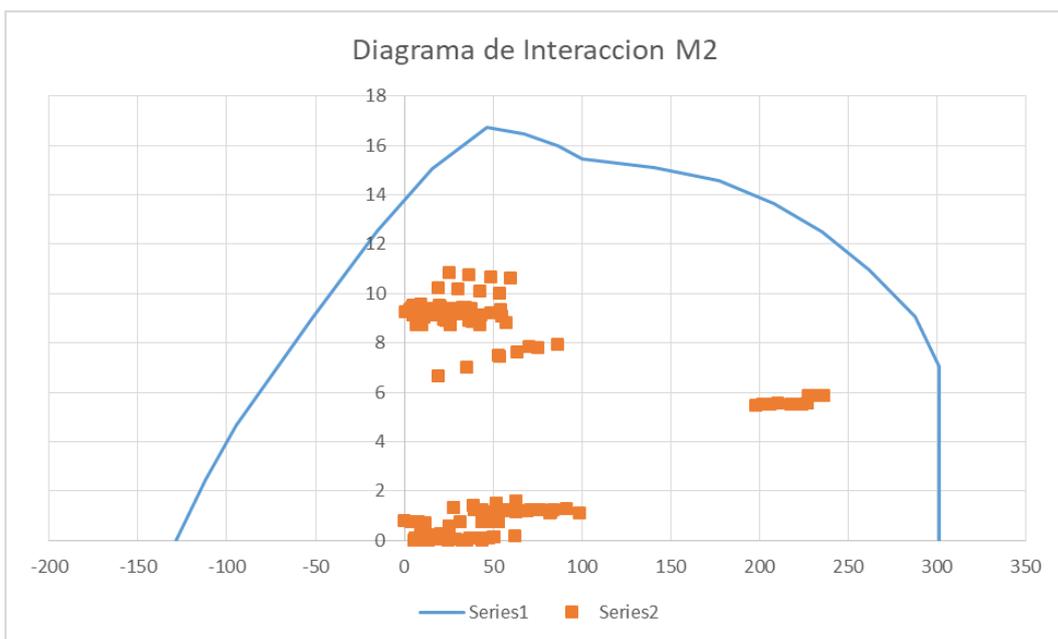


Figura 50. Diagrama de interacción M2.

Como se puede ver los puntos de las combinaciones de carga están sobre cada una de las gráficas de interacción, lo cual nos indica que el diseño es correcto.

Para el diseño de las placas es necesario hacer un diseño similar, primero se va a sacar las cargas de la placa, las cuales se suman usando un pier label, también se va a usar el section designer para poder calcular el diagrama de interacción, para luego busca las combinaciones de los modos de vibración y ubicarlos en el diagrama.

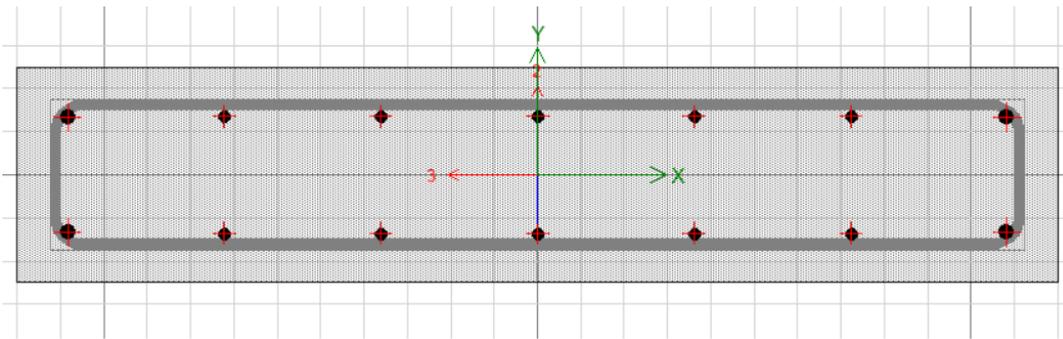


Figura 51. Sección de columna. Tomada de ETABS

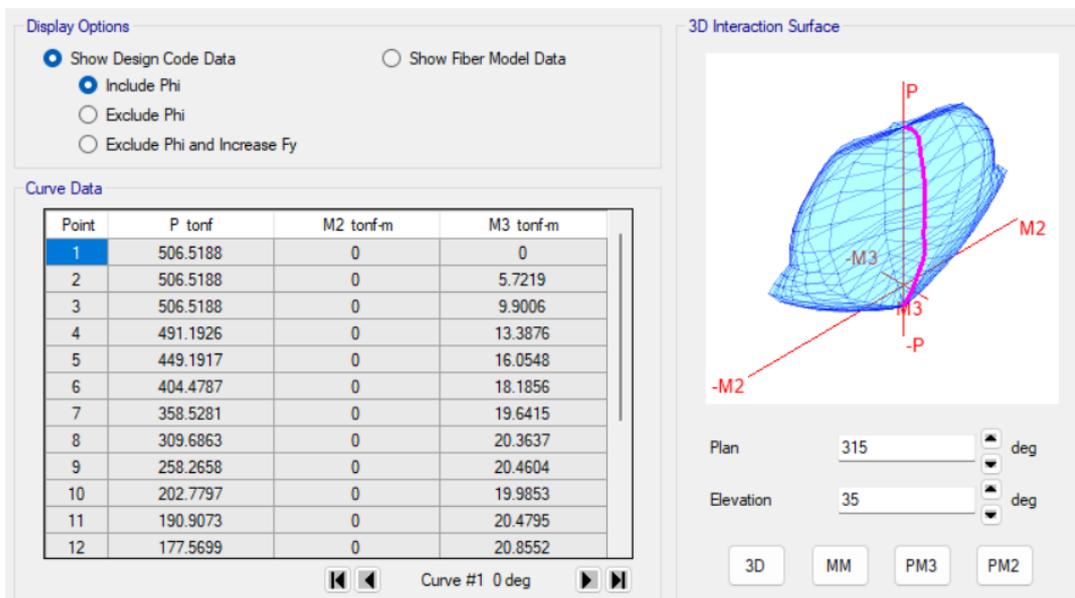


Figura 52. Diagrama interacción axial momento. Tomada de ETABS

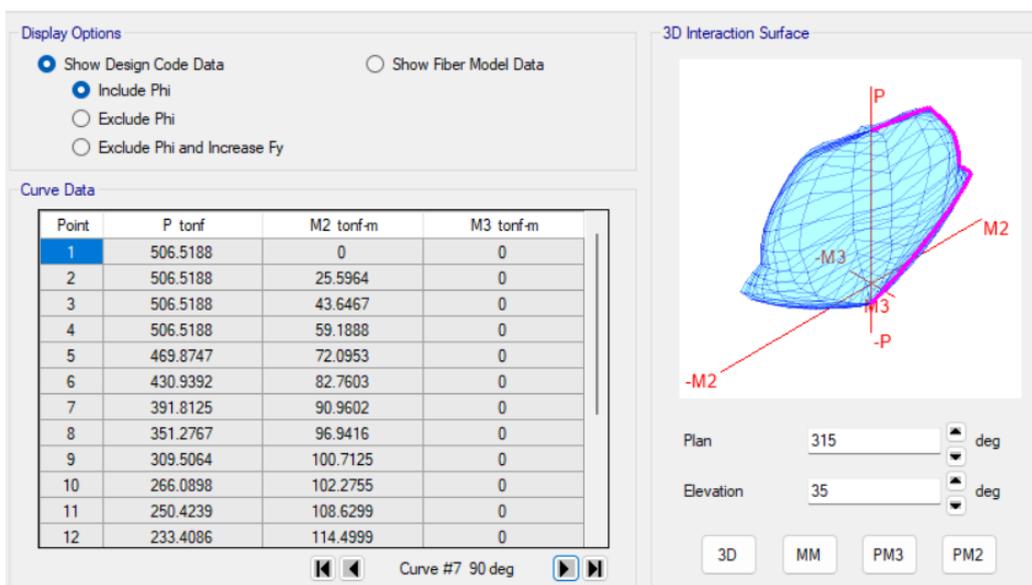


Figura 53. Diagrama interacción axial momento. Tomada de ETABS

Colocando las cargas y puntos axial y momento obtenemos:

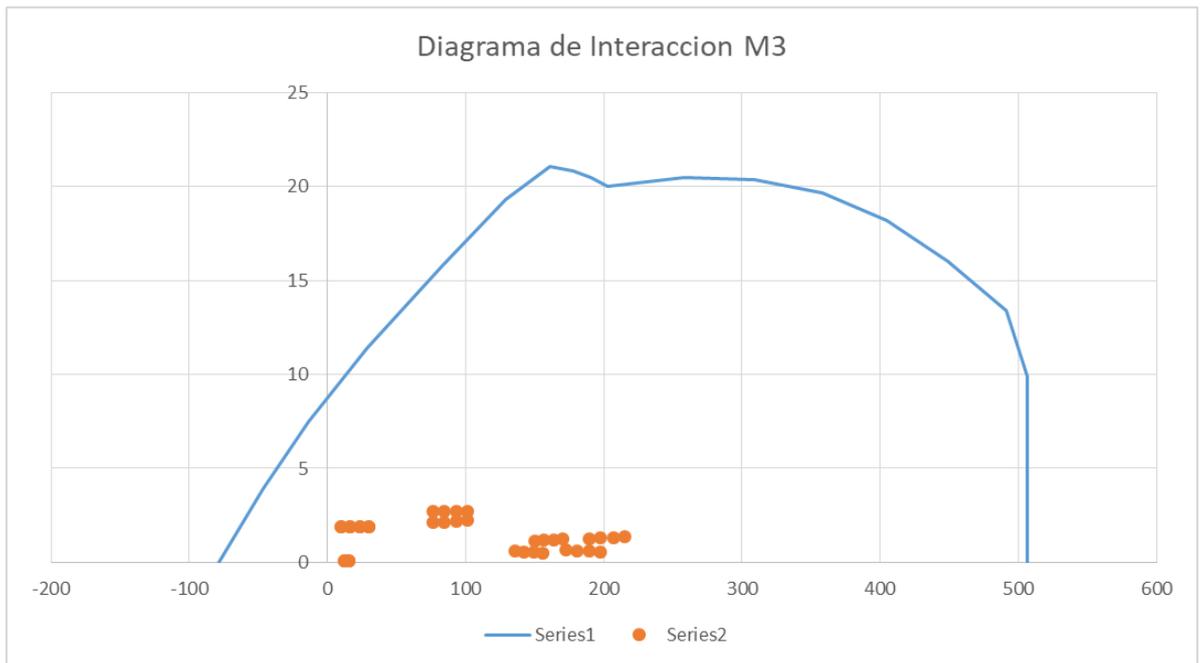


Figura 54. Diagrama interacción M3 placas. Tomada de ETABS

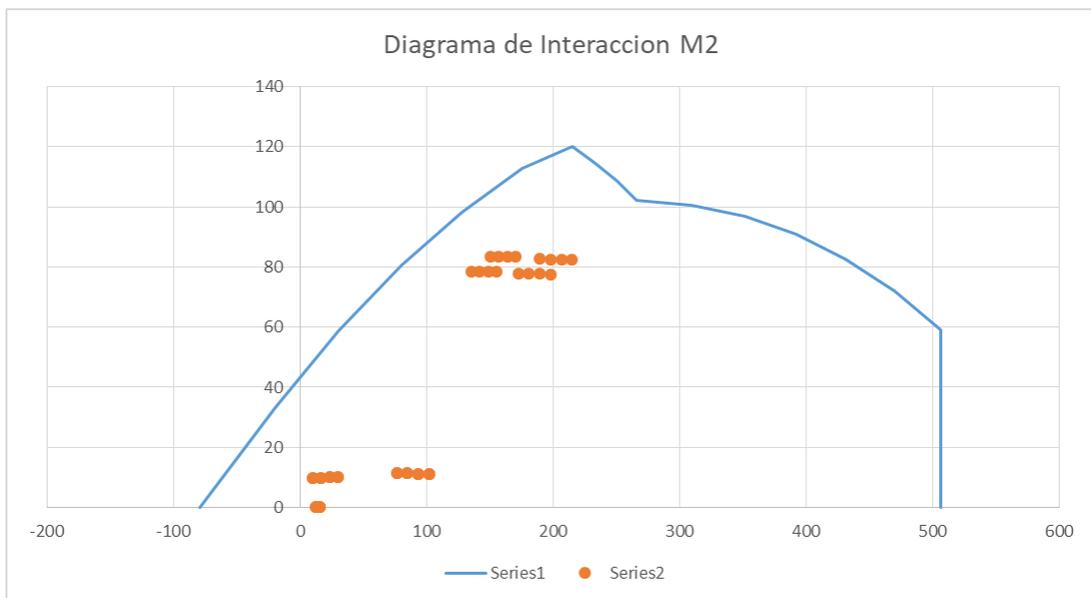


Figura 55. Diagrama interacción M2 placas. Tomada de ETABS

Tabla 44 *Puntos de diagrama M3.*

<b>Diagrama M3</b>		
<b>P tonf</b>	<b>M2 ton-m</b>	<b>M3 ton-m</b>
506.5188	0	0
506.5188	0	5.7219
506.5188	0	9.9006
491.1926	0	13.3876
449.1917	0	16.0548
404.4787	0	18.1856
358.5281	0	19.6415
309.6863	0	20.3637
258.2658	0	20.4604
202.7797	0	19.9853
190.9073	0	20.4795
177.5699	0	20.8552
161.3314	0	21.0906
129.2137	0	19.2856
83.435	0	15.8164
28.9371	0	11.4282
-13.6142	0	7.5094
-46.3141	0	3.9211
-79.014	0	0

Tabla 45 *Puntos de diagrama M2.*

<b>Diagrama M2</b>		
<b>P tonf</b>	<b>M2 ton-m</b>	<b>M3 ton-m</b>
506.5188	0	0
506.5188	25.5964	0
506.5188	43.6467	0
506.5188	59.1888	0
469.8747	72.0953	0
430.9392	82.7603	0
391.8125	90.9602	0
351.2767	96.9416	0
309.5064	100.7125	0
266.0898	102.2755	0
250.4239	108.6299	0
233.4086	114.4999	0
214.9352	119.9984	0
175.355	112.9804	0
127.5297	98.1872	0
79.9988	80.6398	0
30.4499	58.8821	0
-19.833	33.1864	0
-79.014	0	0

Como se puede ver el diseño fue exitoso, los puntos de las combinaciones de carga caen sobre cada curva de interacción suelo estructura.

#### 4.3.16 Diseño de losas

Para el diseño de las losas se va a usar el modelo de cada losa exportado a SAFE, donde se podrá realizar el análisis y el diseño de cada tramo de la losa en ambas direcciones.

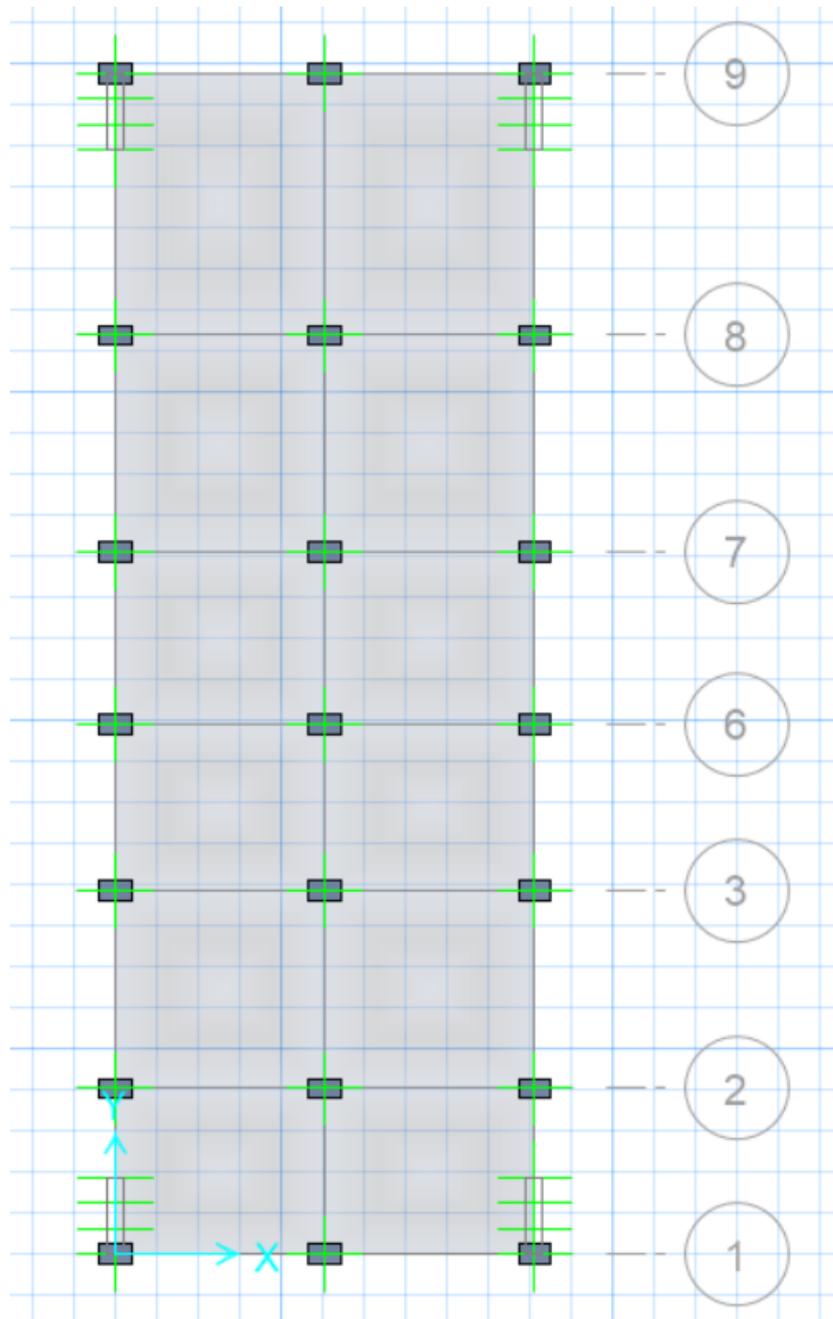


Figura 56. Modelo de losa. Tomada de SAFE

El modelo del diseño de la losa está dado por los Shell que se reparten y apoyan en cada uno de los elementos verticales, estos se apoyan con la rigidez que tiene la losa, distribuyendo los esfuerzos según la dirección que tiene la losa, ello se puede ver en las siguientes secciones.

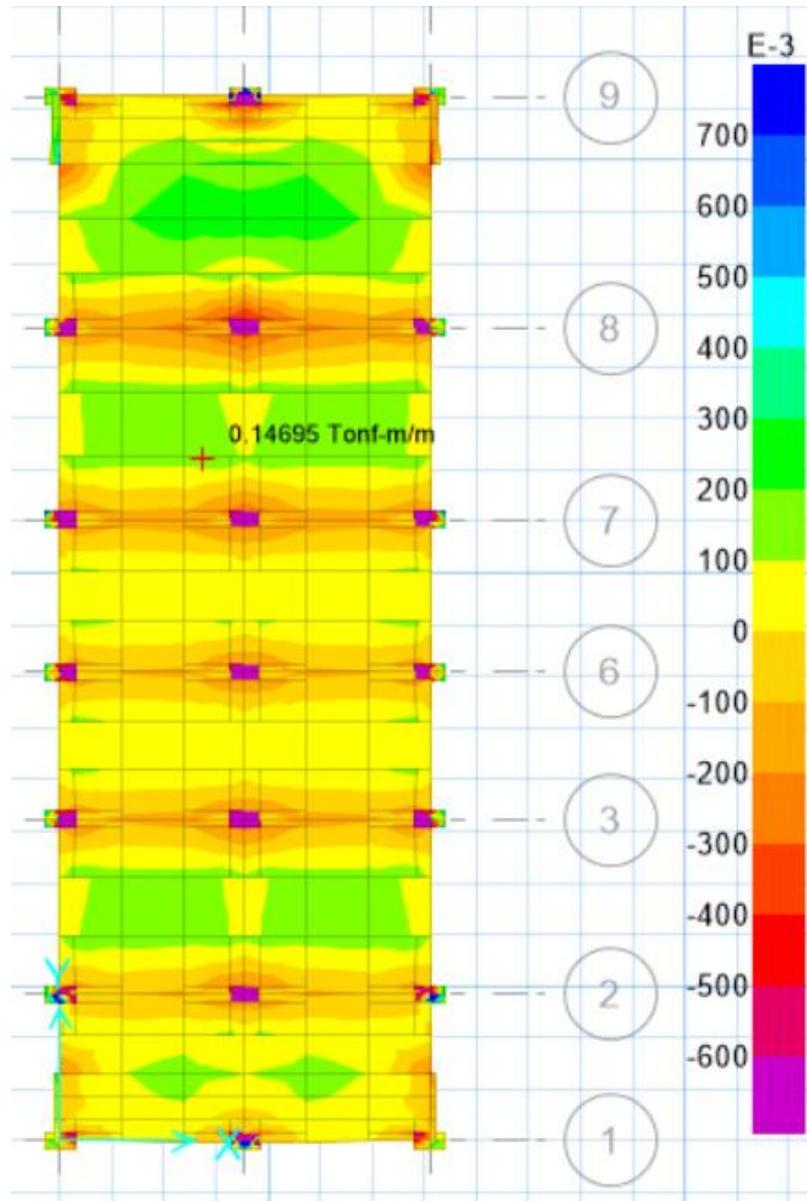


Figura 57. Distribución de Momentos en la dirección M3. Tomada de SAFE

Se puede ver cómo la distribución de momentos se reparte de manera horizontal, dejando todas las cantidades de acero requerida por cada losa, según se pudo ver el diseño se repite en cada piso, dado que es una losa típica, además que se está usando las mismas cargas y la misma geometría, los apoyos también son los mismos, esto porque al tratar de cambiar las losas de los pisos o cambiar grandemente las cargas de cada piso se tendría una estructura irregular.

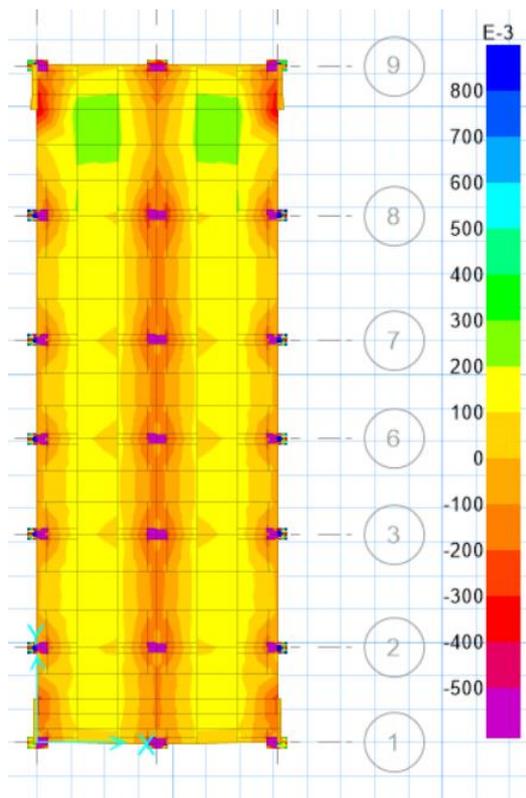


Figura 58. Distribución de momentos. Tomada de SAFE

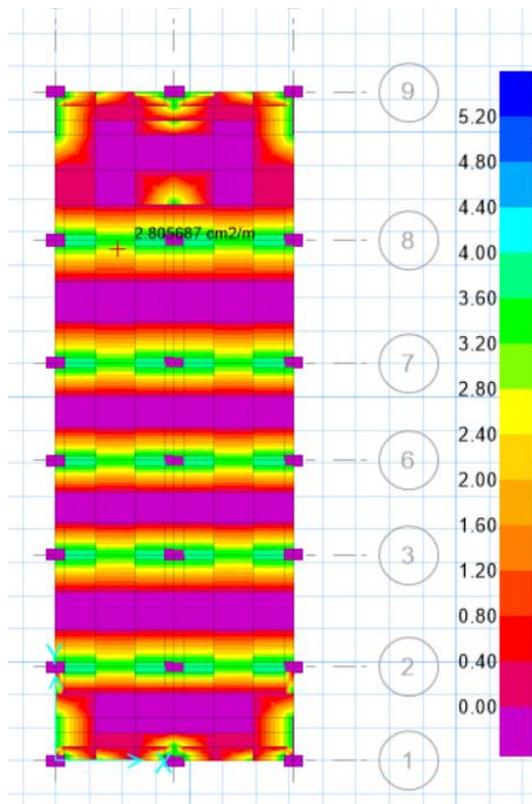


Figura 59. Distribución de acero. Tomada de SAFE

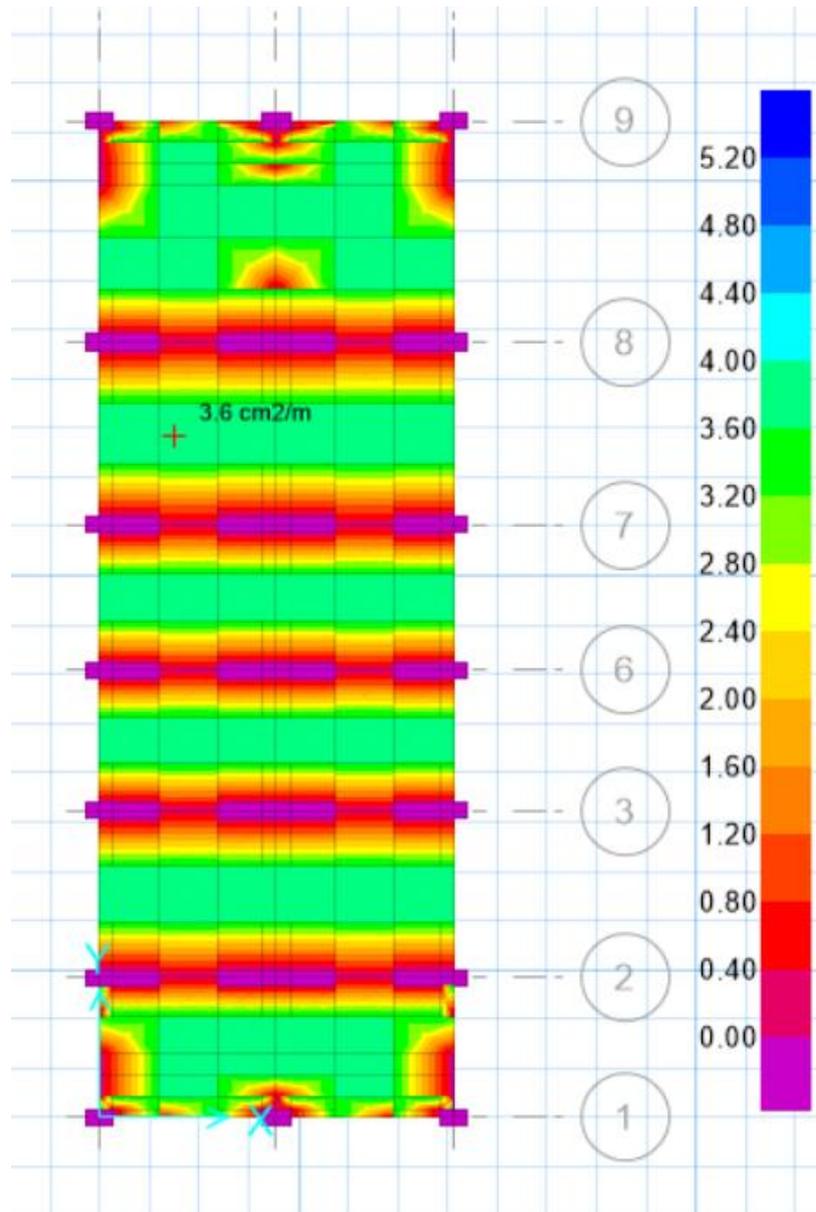


Figura 60. *Distribución de acero. Tomada de SAFE*

Como se puede ver es suficiente con colocar acero de  $\frac{1}{2}$  en cada vigueta, los cuales deben incluir la el diseño por cada franja en cada caso, con ello se completa el diseño de la losa.

#### 4.3.17 Diseño de cimiento

Para el diseño del cimiento se ha tomado las cargas sobre cada columna de la estructura y se ha exportado a cada modelo, las dimensiones de cada zapata o de cada elemento dependen completamente de la capacidad portante y de las cargas sobre la estructura.

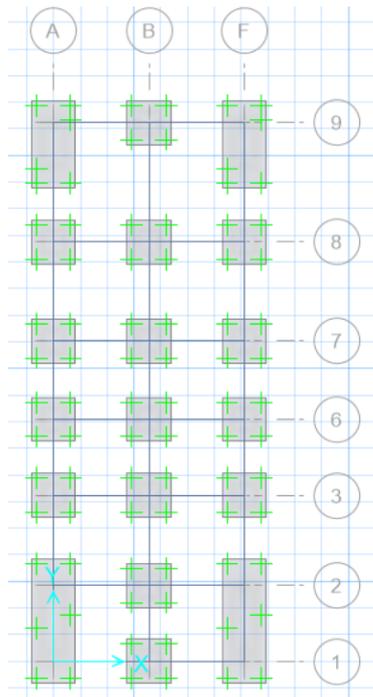


Figura 61. Modelo de cemento. Tomada de SAFE

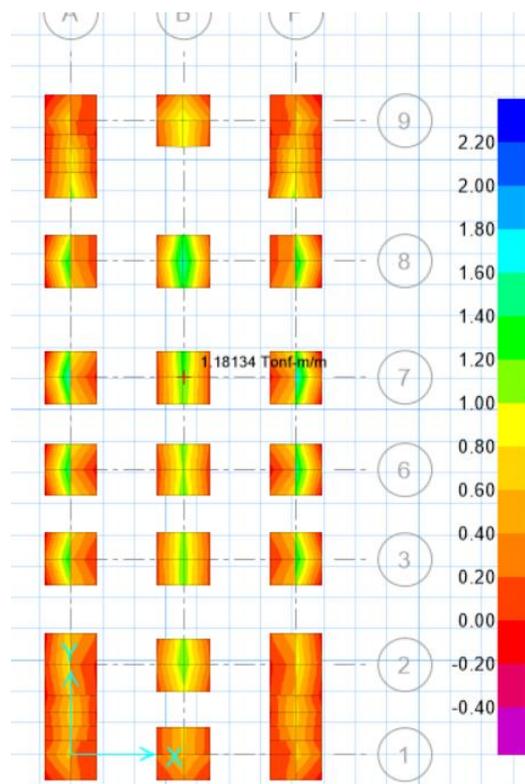


Figura 62. Momento M3. Tomada de SAFE

Del programa también incluidas las cargas es posible de obtener los momentos en ambas direcciones, también calcular el área de acero a partir de estos elementos, el

diseño a flexión como se ha mostrado crece en el centro de las zapatas para el momento M2.

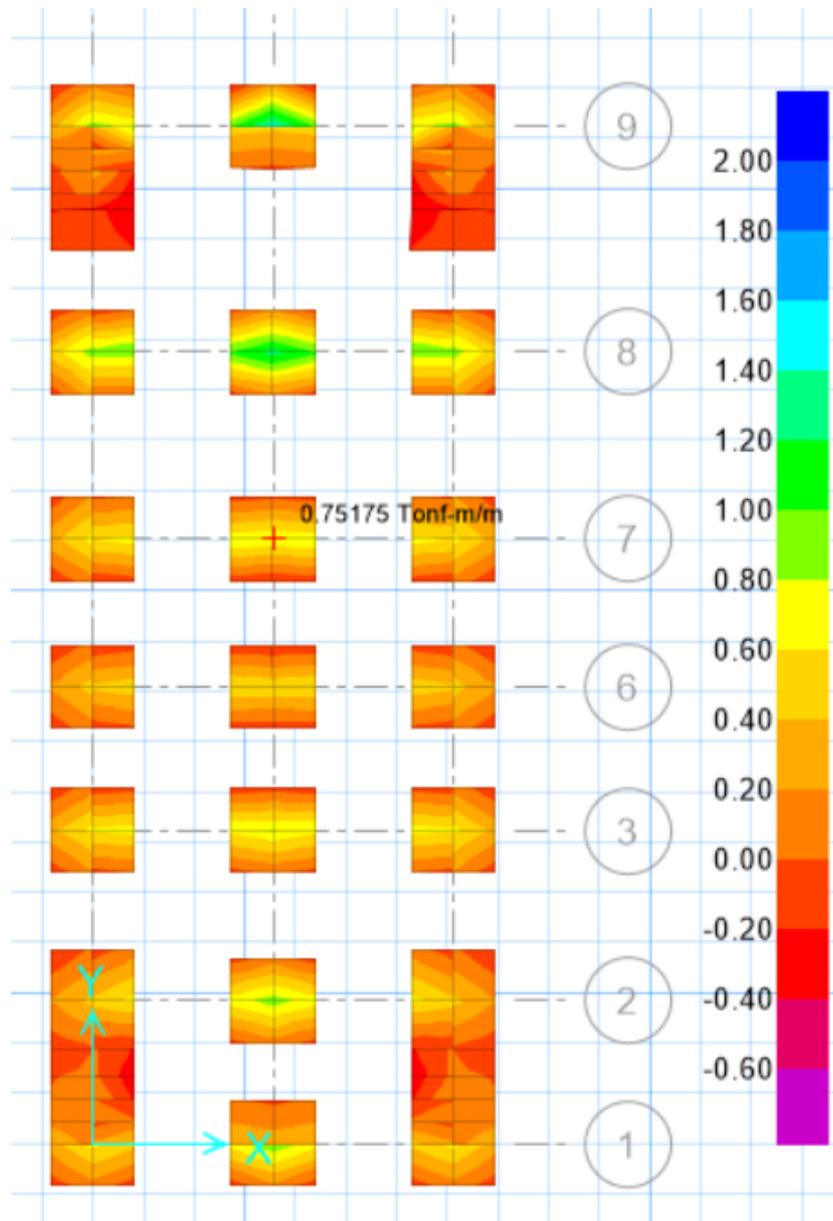


Figura 63. Acero M2. Tomada de SAFE

Para las zapatas se piensa colocar acero de 5/8 cada 20cm, lo cual según los cálculos es suficiente en ambas direcciones.

Esto para el diseño en ambas direcciones, donde se tienen diseños de acero para la capa superior e inferior, considerando que el momento también se da en ambas direcciones y por dos capas.

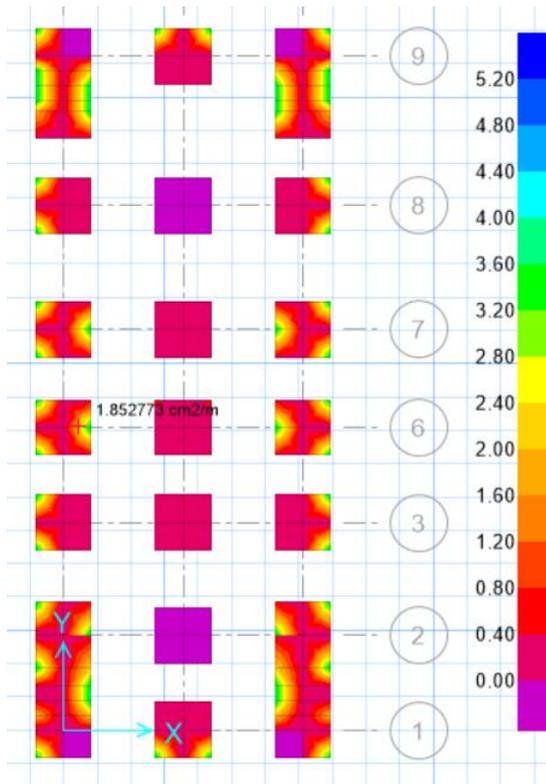


Figura 64. Acero M3. Tomada de SAFE



Figura 65. Acero M2. Tomada de SAFE

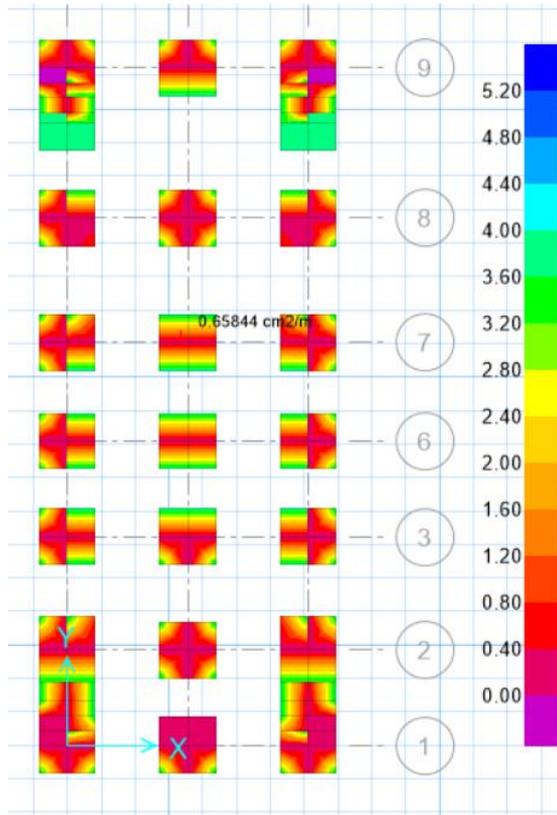


Figura 66. Acero M3. Tomada de SAFE

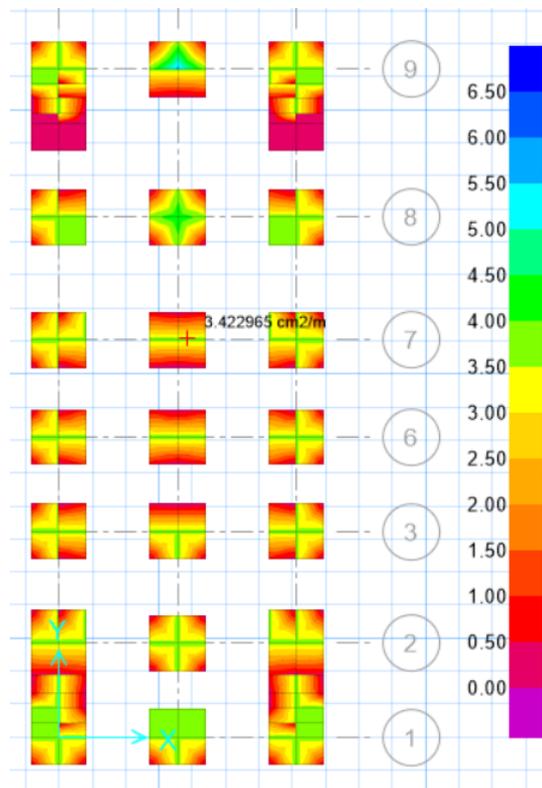


Figura 67. Acero M2. Tomada de SAFE

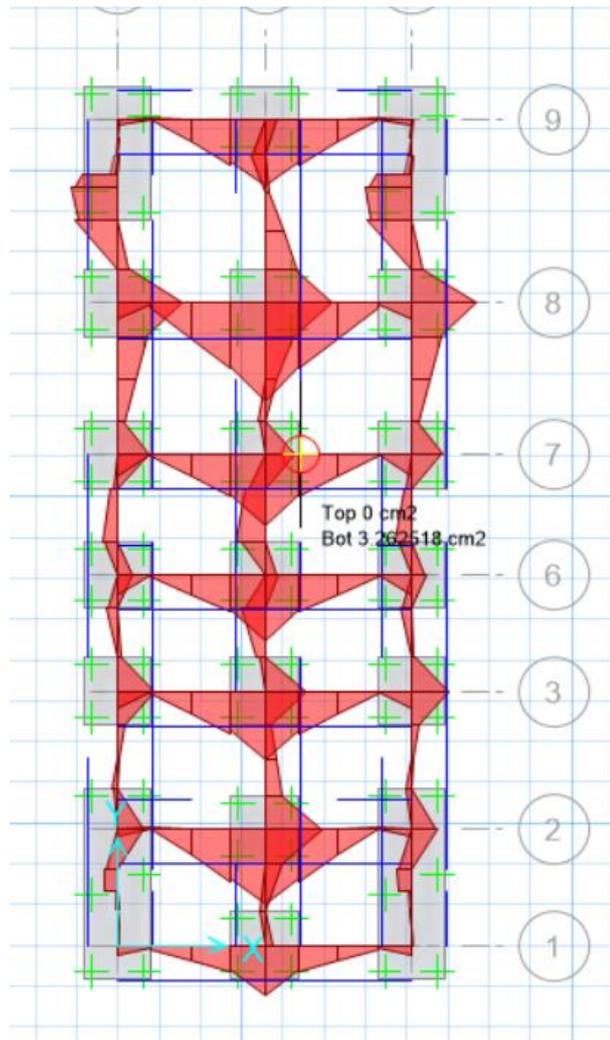


Figura 68. *Diseño de vigas. Tomada de SAFE*

En el diseño de las vigas de cimentación se realiza proponiendo primero una sección de 0.30X0.60, la cual se va a diseñar en toda su longitud, colocando 4 aceros de 5/8 en la parte inferior y 3 en la parte superior, tal como se puede ver en el diseño y verificación con SAFE.

#### 4.3.18 Configuración de material no lineal

Para configurar el material es necesario escoger algunos parámetros, primero debemos escoger el tipo de concreto, en este caso se definir las propiedades no lineares para cada uno de los materiales:

##### **Propiedades del concreto**

Las propiedades buscadas del concreto son las de deformaciones en límites de ocupación inmediata, seguridad de vida, prevención del colapso, además de la curva de esfuerzo deformación del concreto, la cual está dada por la tabla siguiente:

**Material Name and Type**

Material Name: fc280  
Material Type: Concrete, Isotropic

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type: Concrete  
Modify/Show Hysteresis Parameters...  
Drucker-Prager Parameters  
Friction Angle: 0 deg  
Dilatational Angle: 0 deg

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
IO	0.01	0.003	m/m
LS	0.02	0.006	m/m
CP	0.05	0.015	m/m

Ignore Tension Acceptance Criteria

**Stress Strain Curve Definition Options**

Parametric  
 User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve: 10

Point Number	Strain	Stress (tonf/m2)	Point ID
1	-0.00866	-2438.84	
2	-0.007217	-2801.13	-E
3	-0.00521	-3213.17	
4	-0.003203	-3500	-B
5	-0.002228	-3324.99	
6	-0.001254	-2524.72	
7	-0.000279	-700	
8	0	0	A
9	0.000191	480.21	

Add Row  
Delete Rows  
Order Rows  
Show Plot...

Figura 69. Curva esfuerzo deformación concreto. Tomada de ETABS

Se puede ver que cada punto de la tabla está asociada a una deformación y a un nivel de esfuerzo, solo que este punto está considerando algún límite de esfuerzo.

**Material Name and Type**

Material Name: A615Gr60  
Material Type: Rebar, Uniaxial

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type: Kinematic

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
IO	0.01	0.005	m/m
LS	0.02	0.01	m/m
CP	0.05	0.02	m/m

**Stress Strain Curve Definition Options**

Parametric  
 User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve: 11

Point Number	Strain	Stress (tonf/m2)	Point ID
1	-0.108	-26299.77	
2	-0.09	-63000	-E
3	-0.045556	-56000	-D
4	-0.018889	-49000	-C
5	-0.00206	-42000	-B
6	0	0	A
7	0.00206	42000	B
8	0.018889	49000	C
9	0.045556	56000	D

Add Row  
Delete Rows  
Order Rows  
Show Plot...

Figura 70. *Modelo Kinematics. Tomada de ETABS*

El modelo tiene un efecto bidireccional de la misma manera que en el concreto; sin embargo, para el caso del concreto solo se va a tener un efecto unidireccional, dado que se va a hacer un análisis no lineal monodireccional.

Con ello se debe de definir la ubicación y las rotulas plásticas, también los diagramas momento curvatura de las secciones, de todas las vigas en particular, así como los diagramas de momento curvatura en ambas direcciones.

#### 4.3.19 Rótulas plásticas ubicación

Primero se debe de ubicar las rótulas plásticas, con ello definir cada rótula. Para ello, se hará uso de las tablas del ASCE, donde se explican más detalladamente el proceso de como calcular la aproximación de diagramas momento rotación en cada rótula, también se puede hacer uso de un análisis más sofisticado como en que da el section designer, pero es suficiente con realizar una aproximación por rectas, tal como se plantea en la norma ASCE 41-13.

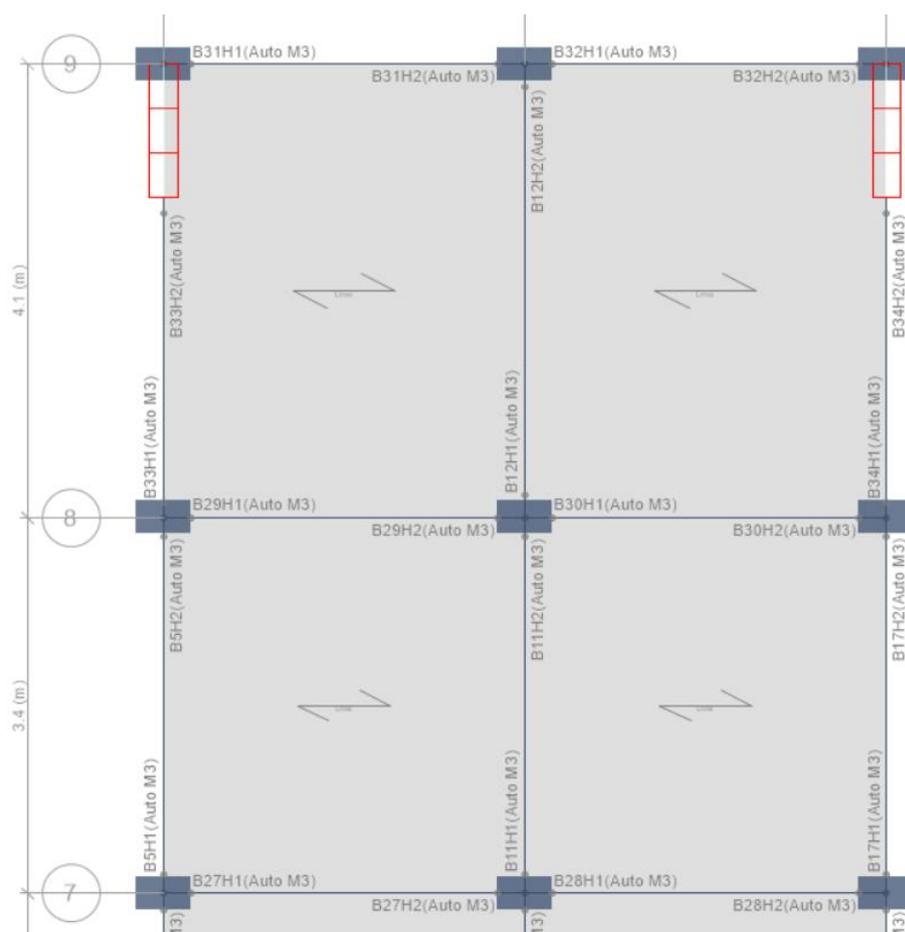


Figura 71. *Modelo Kinematics. Tomada de ETABS*

En la vista en altura podemos ver las siguientes ubicaciones de las rótulas plásticas, las cuales están ubicadas a 5% como se comentó, contando desde la cara de la placa o de las columnas o vigas.

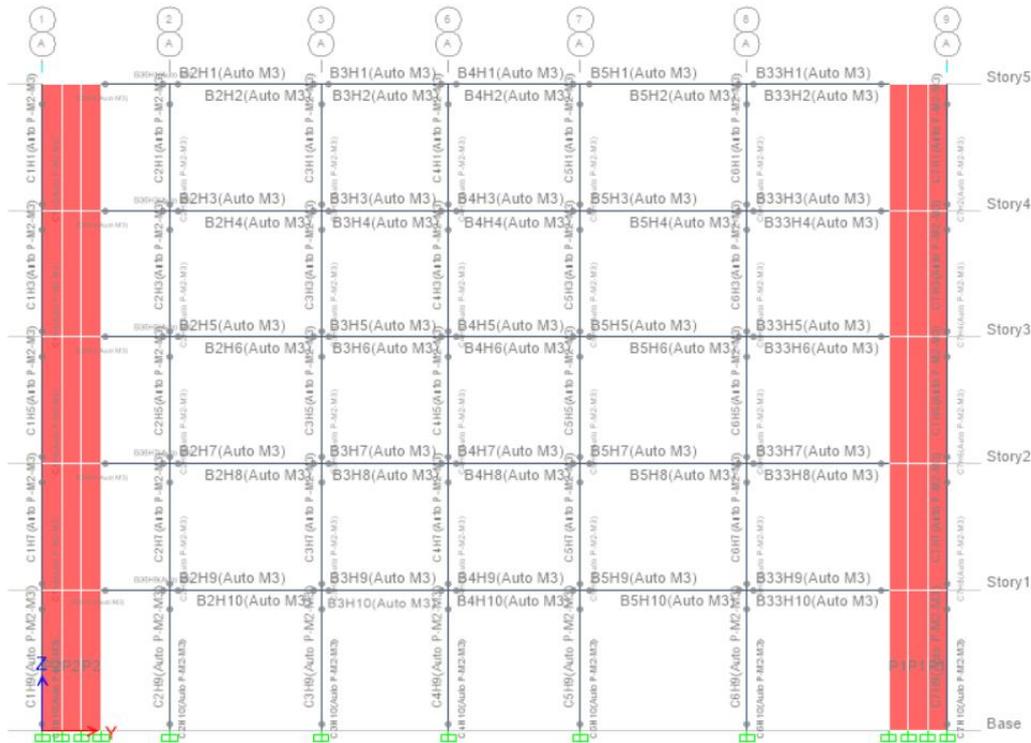


Figura 72. Ubicación de Rotulas Plásticas. Tomada de ETABS

Para ubicar las rótulas plásticas se suele utilizar en la práctica la aproximación del 5%, muchos otros estudios intentan modificar esta ubicación; sin embargo, todavía están en aproximación, lo cual es correcto, pero implica realizar un cálculo por cada elemento.

#### 4.3.20 Momento rotación de vigas

Primero definimos la ubicación de las rótulas plásticas, por practicidad las rótulas plásticas están ubicadas a 5% y 95% de la longitud de los elementos, esto para ambos casos: vigas y columnas, en el primer caso se hará uso de la tabla 10-7 del ASCE 41-13. Elementos de concreto armado sujetos a flexión, ítem i, donde se define como se arman estas aproximaciones por rectas para cada tipo de sección, las cuales son:

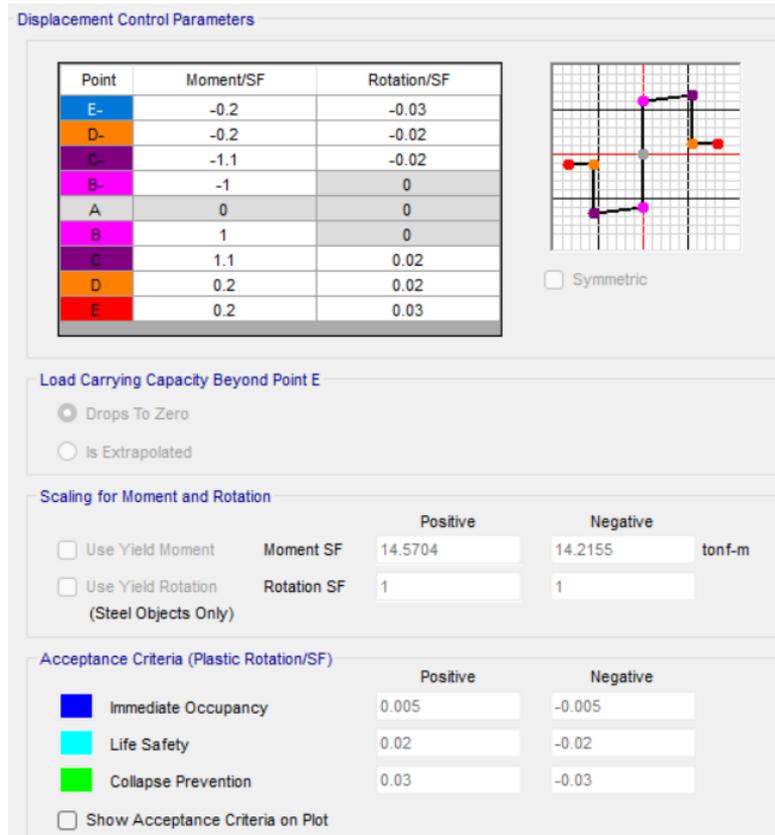


Figura 73. Rótulas por flexo compresión. Tomada de ETABS

#### 4.3.21 Momento rotación de columnas

Para el caso de las columnas se va a realizar una aproximación según la norma ASCE 41-13, usando la tabla 10-8, la cual habla de los elementos a flexo compresión. En concreto elementos a efectos P-M2-M3, los mismos que serán sometidos al efecto de condición de falla ii, que es de flexión y corte, también se hará uso de un drop de la rótula o de su aporte cuando llegue al límite E de rotulación.

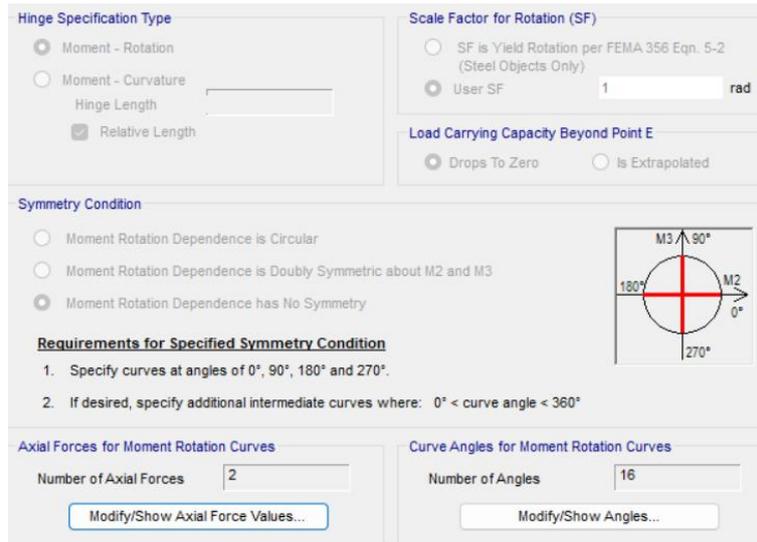


Figura 74. Rótulas por flexo compresión. Tomada de ETABS

Donde la flexión y compresión se combinan, dejando a la estructura con efecto combinado de rotación en una dirección, es por ello que se evalúa el momento en cada dirección de análisis, también se especifican las curvas a ángulos del 0, 90, 180 y 270, dado que no es necesario considerar otros ángulos de rotación, no en casos convencionales, el contenido de las rótulas plásticas varía como se puede ver a continuación:

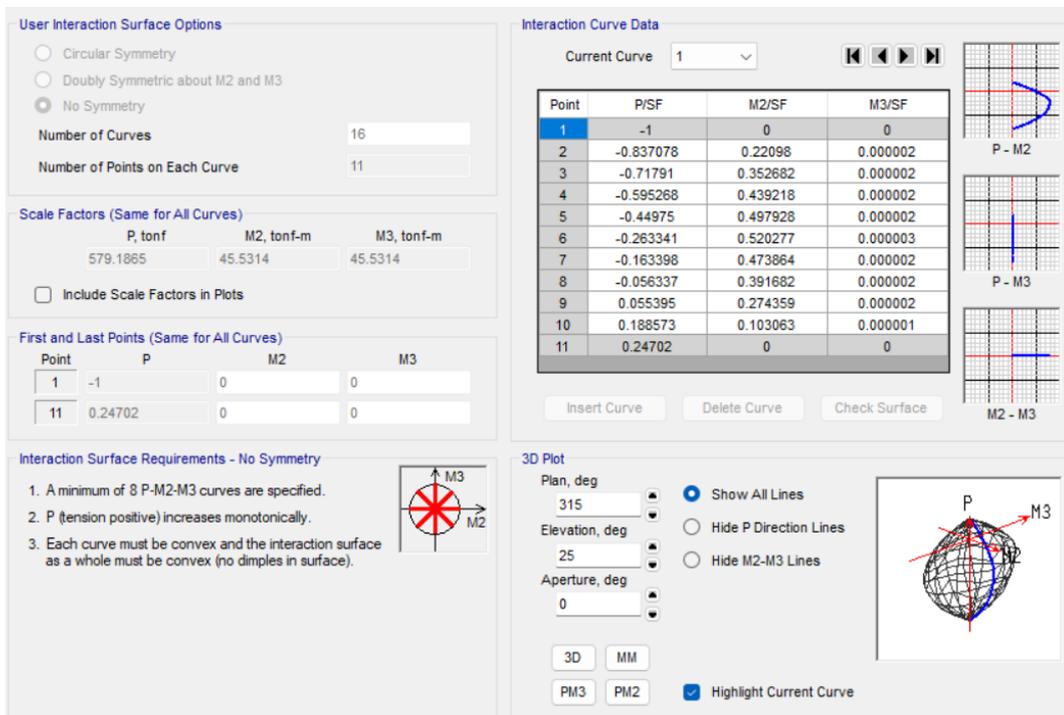
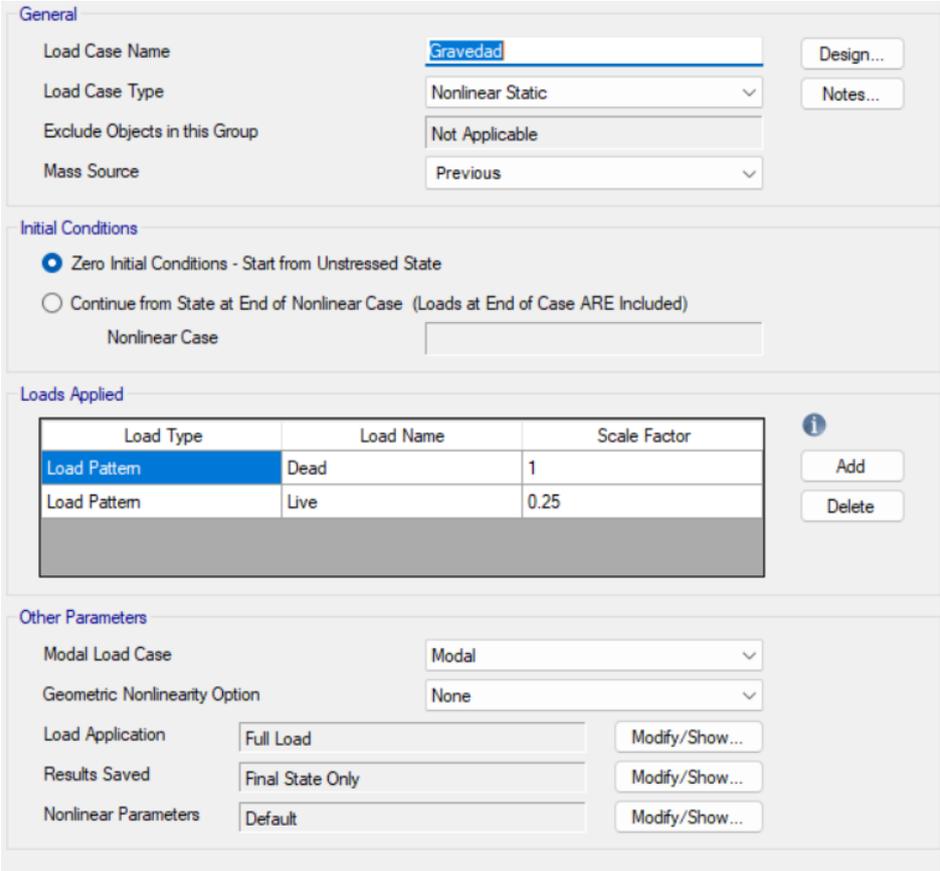


Figura 75. Diagrama de momento curvatura. Tomada de ETABS

El diagrama momento curvatura se puede calcular para ambas direcciones, considerando que el efecto de ángulo y la sección rotada en un ángulo intervienen en el cálculo.

Con todos estos diagramas se puede realizar la curva de capacidad de la estructura, solo es necesario realizar algunas configuraciones.



**General**

Load Case Name: Gravedad [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: [ ]

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.25

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Figura 76. Caso inicial Gravedad. Tomada de ETABS

El caso de gravedad es necesario para iniciar el desplazamiento lateral sobre la estructura, como el análisis push over. Primero se debe de simular las condiciones de servicio, las cuales son en las que se encuentra la estructura al ocurrir el sismo, luego se evalúa las cargas sísmicas que se realizan con un control de desplazamientos y en múltiples pasos, a diferencia de este caso de análisis de cargas de gravedad donde solo se tiene un paso directo, que carga toda la estructura y solo se guarda un paso.

Para el análisis estático se configuran varios pasos, todos partiendo del paso de cargas de gravedad, ajustando los desplazamientos en cada nivel, también considerando el movimiento en la dirección del nodo de control, el cual está en el último piso.

**General**

Load Case Name: Push Over X Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

---

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Gravedad

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SismoX	1

i Add Delete

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

Figura 77. Configuración del análisis Push Over X. Tomada de ETABS

Para el análisis Push Over en X se está considerando un control del centroide, este no debe pasar los 25cm de desplazamiento lateral total, luego se considera que la estructura es inestable, para calcular la curva de capacidad en dicha dirección, lo mismo se realiza en la dirección X y Y, algunos de los parámetros del algoritmo para resolver el problema no lineal se han dejado tal y como están, pero que se van a modificar mientras pase el tiempo si es necesario de ajustar, dado que en algunas ocasiones el programa con converge en su solución.

#### 4.3.22 Curva de capacidad en X

Para el cálculo de la curva de capacidad es necesario considerar ambas direcciones, también es necesario contabilizar el aporte de cada columna, viga o de cada placa del proyecto, las cuales aportan no linealidad a la estructura global. Este último valor es el que utilizamos, considerando todos estos aspectos obtenemos los resultados en X siguientes:

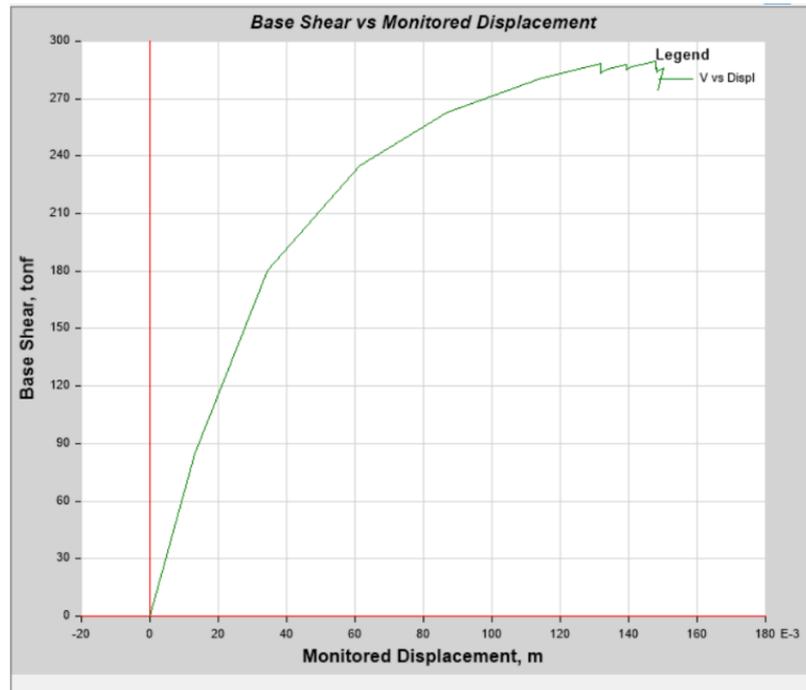


Figura 78. Curva de capacidad en X. Tomada de ETABS

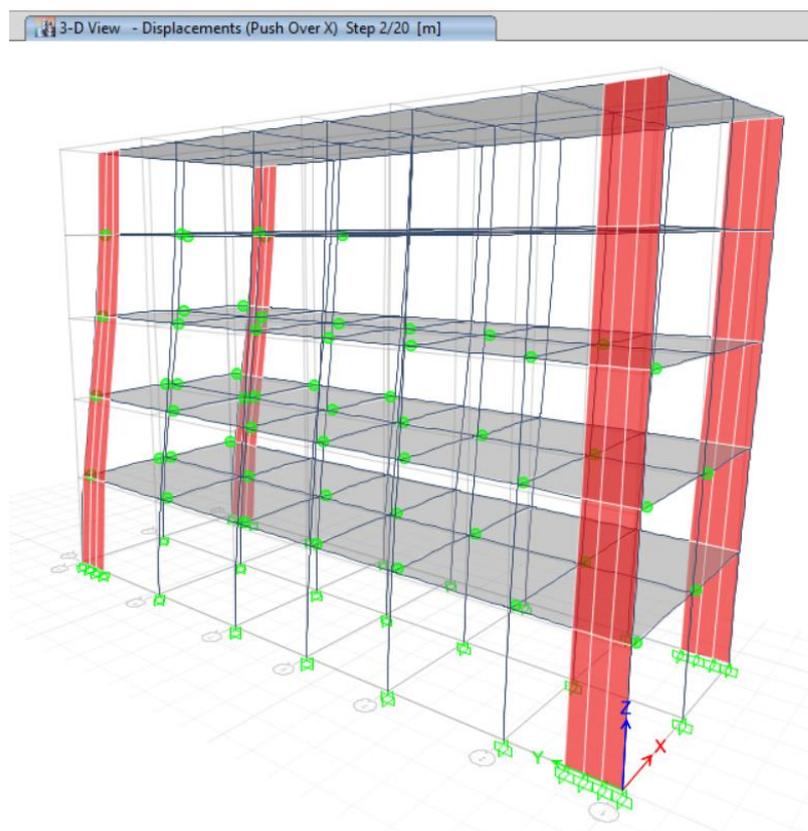


Figura 79. Push Over en X Paso 2. Tomada de ETABS

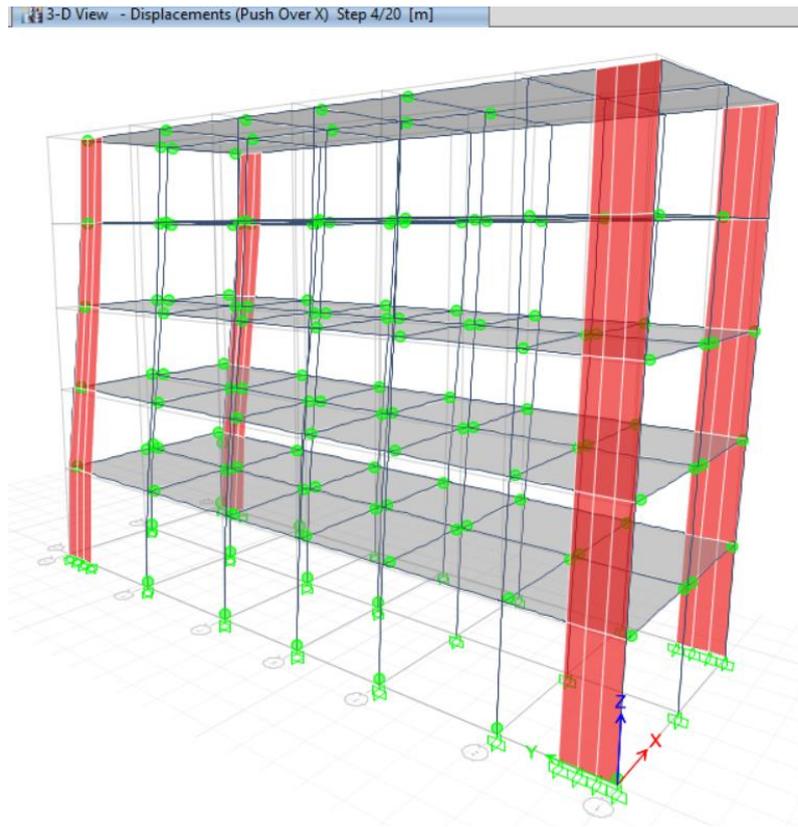


Figura 80 Push Over en X Paso 4. *Tomada de ETABS*

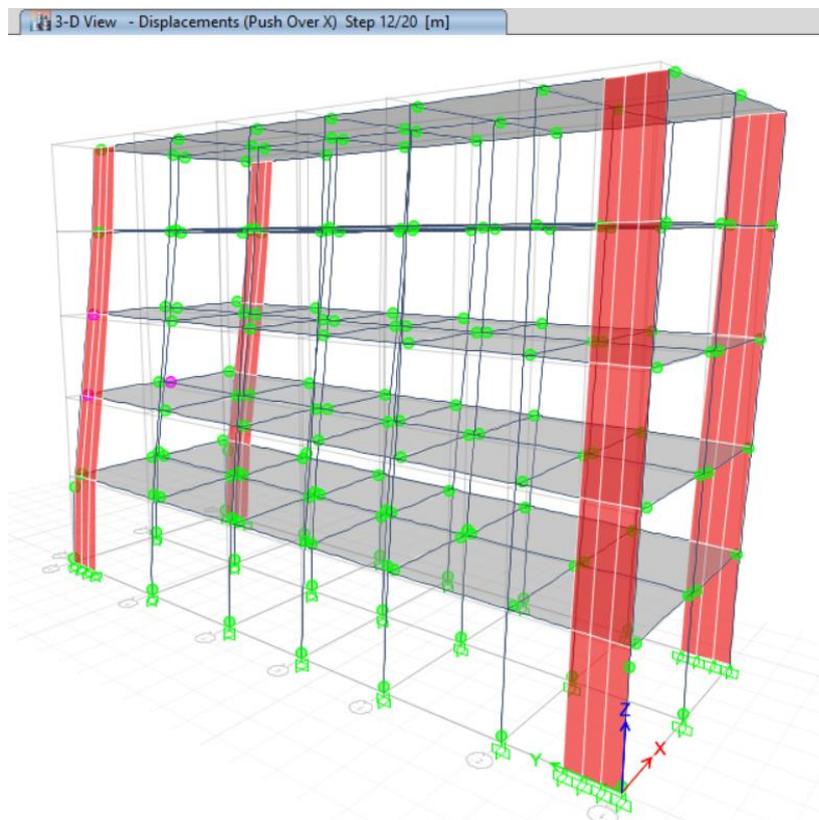


Figura 81 Push Over en X Paso 12. *Tomada de ETABS.*

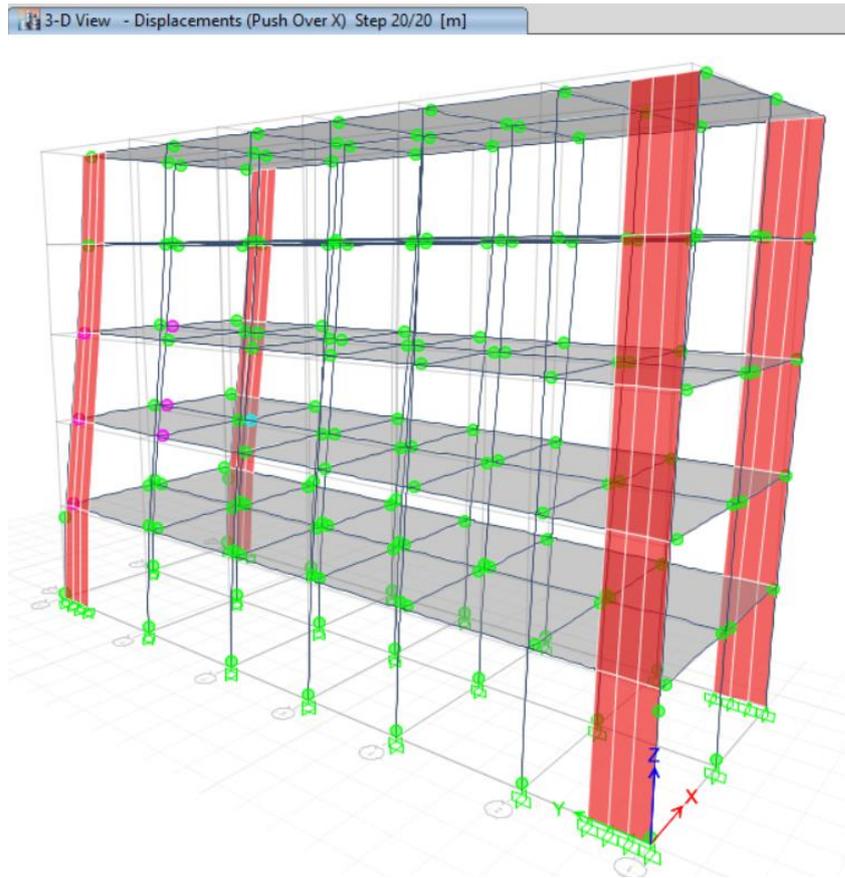


Figura 82 Push Over en X Paso 20. *Tomada de ETABS.*

En cada uno de los pasos se puede ver como la rotación avanza en cada elemento, se puede ver como todas las columnas aún tienen capacidad de rotación, las vigas han sido deterioradas a un nivel verde, el cual es indicativo de poco daño, para todo el recorrido se puede ver que hay bastante capacidad lateral, la estructura puede desplazarse bastante si sufre muchas complicaciones.

#### 4.3.23 Curva de capacidad en Y

Para la otra dirección, se tiene una capacidad de desplazamiento diferente, dado que se tienen varios muros y la estructura por sí misma es más larga en esa dirección, que la capacidad a rotación es bastante grande, los elementos son bastante rígidos, es por ello que la curva de desplazamiento lateral da completamente elástica, aun para desplazamientos grandes, sobre esto no hay forma de reducirlo, dado que los muros de los costados de la estructura van cerrados por ser límite de la propiedad, entonces estos resultados permanecen.

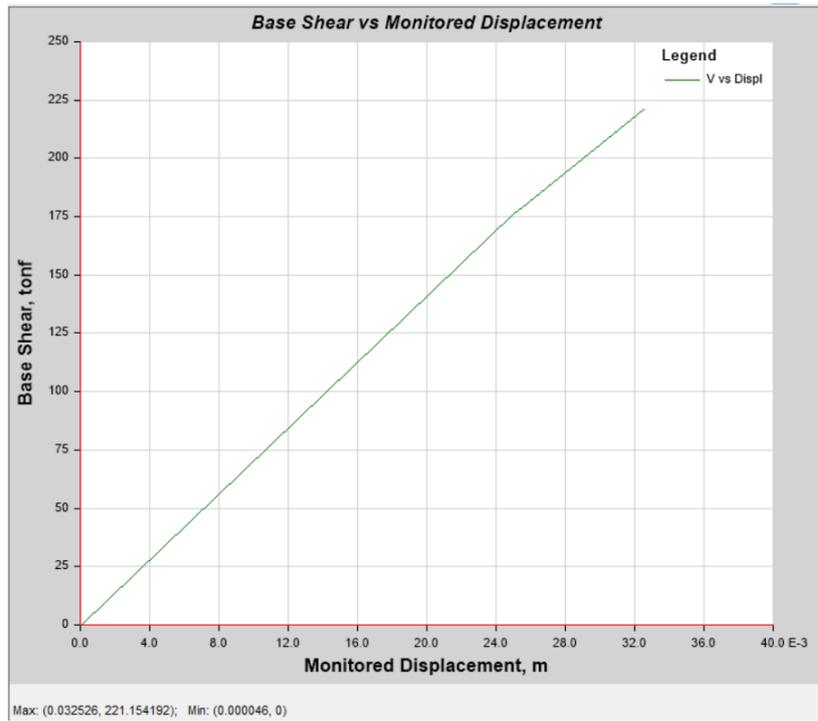


Figura 83. Curva de capacidad en Y. Tomada de ETABS.

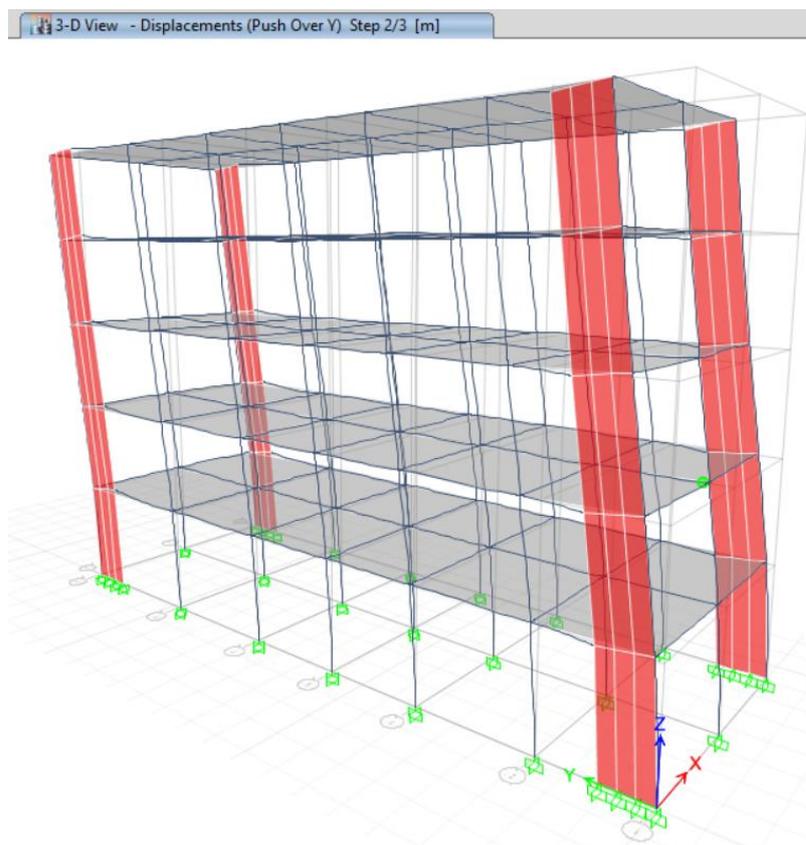


Figura 84. Desplazamiento en Y paso 2. Tomada de ETABS.

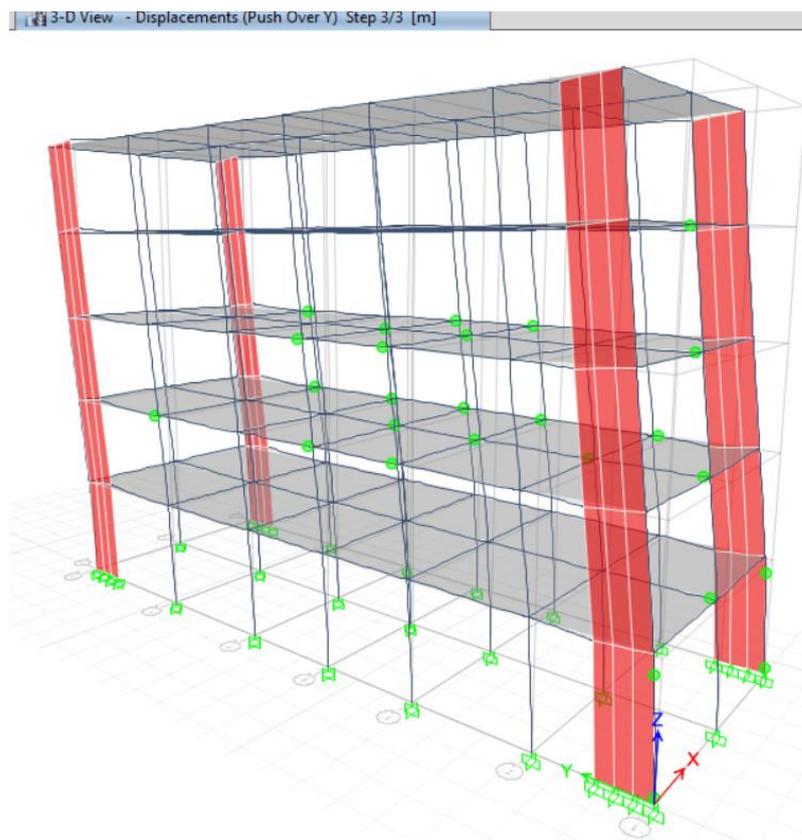


Figura 85. *Desplazamiento en Y paso 3. Tomada de ETABS.*

Se puede ver como solo ocurrió algunas rotulas en las vigas, lo cual nos indica que el diseño es correcto, más la rigidez y capacidad de rotación es mucho más grande de la necesaria, la estructura puede rotar con total libertad, incluyendo fuerzas aún más grandes de las que se buscan, es por ello que también se ha probado la estructura frente a un nivel de desplazamiento mayor como el sismo máximo considerado, el cual es 1.5 veces mayor al sismo de diseño.

#### **4.3.24 Punto de Desempeño**

El punto de desempeño para ambas direcciones X y Y se calculan por dos métodos. El primero es el método del FEMA 440 y el otro es el método del ASCE 41-13. En el primer método se utiliza una aproximación por la intersección de un espectro con la curva de capacidad, en la segunda se utiliza un curva bilinear para encontrar el punto de capacidad estructural, ambos casos funcionan bajo principios diferentes pero dan resultados parecidos, esto para la mayoría de las estructuras donde se les ha probado, dichos puntos de desempeño estructural nos dan información de sobre resistencia, ductilidad y factor de reducción sísmica.

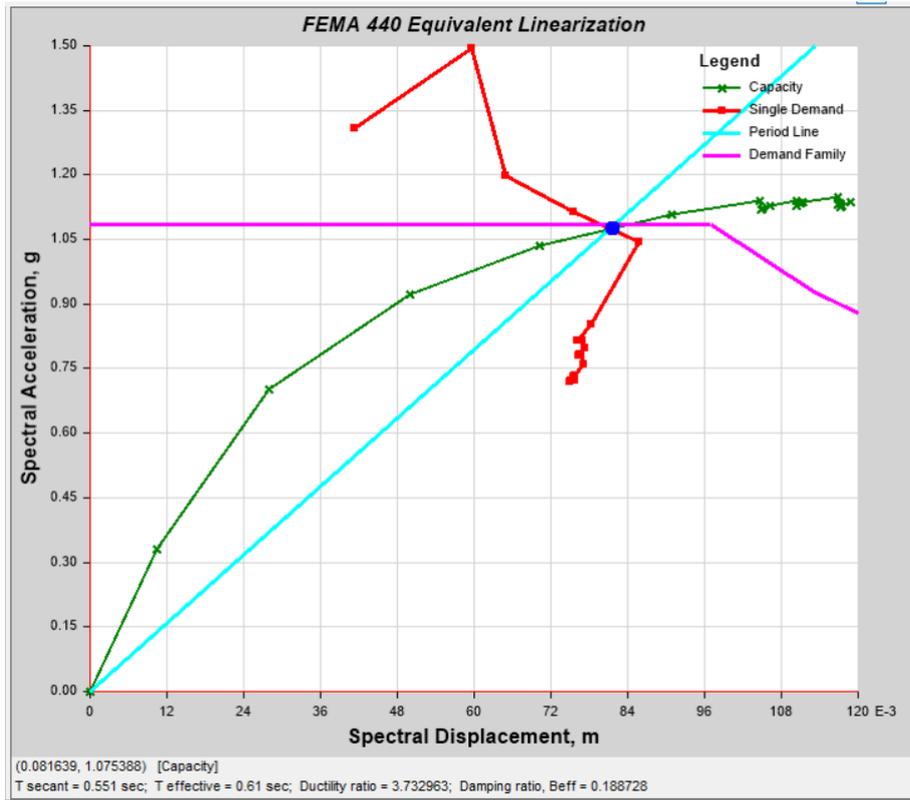


Figura 86. FEMA 440 en X Diseño. Tomada de ETABS.

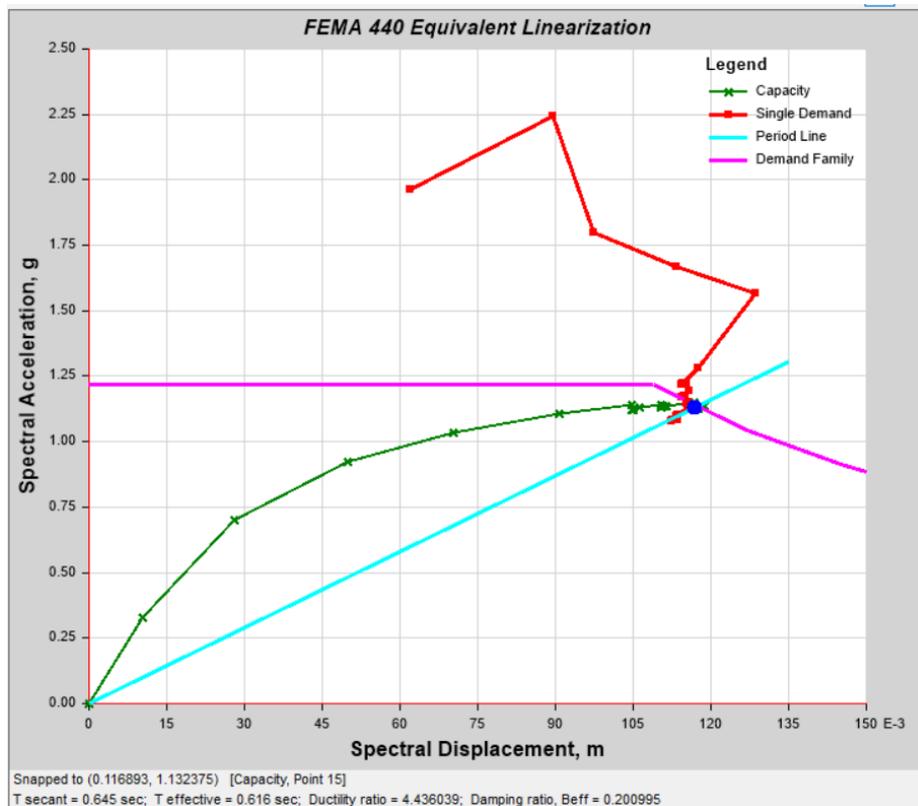


Figura 87. FEMA 440 en X Diseño. Tomada de ETABS.

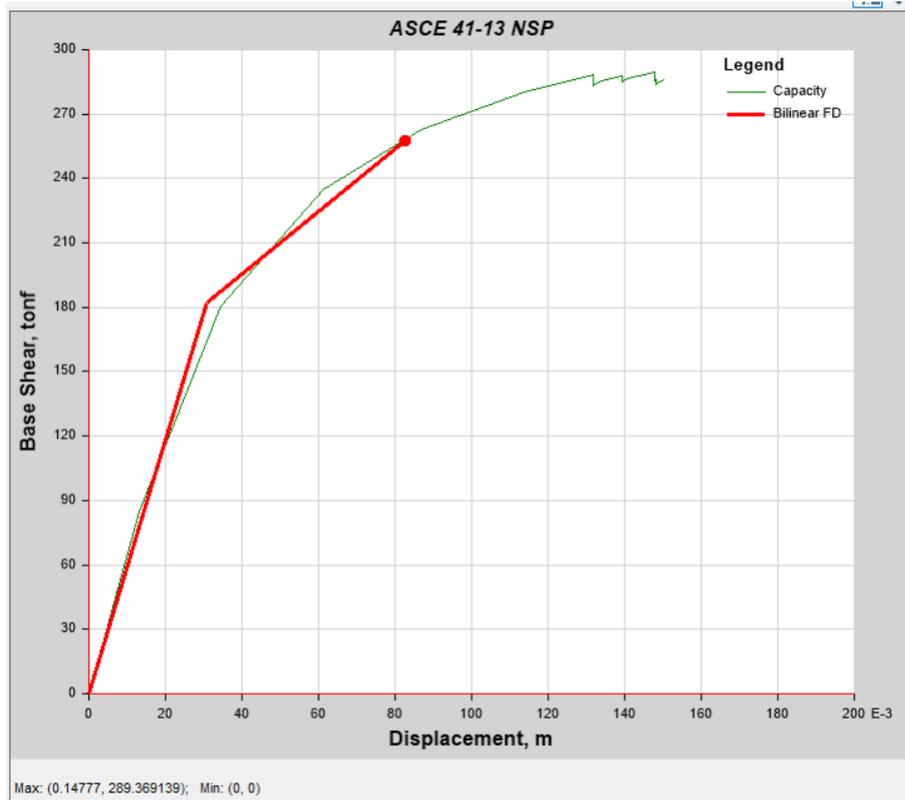


Figura 88. ASCE 41-13 en X Diseño. Tomada de ETABS.

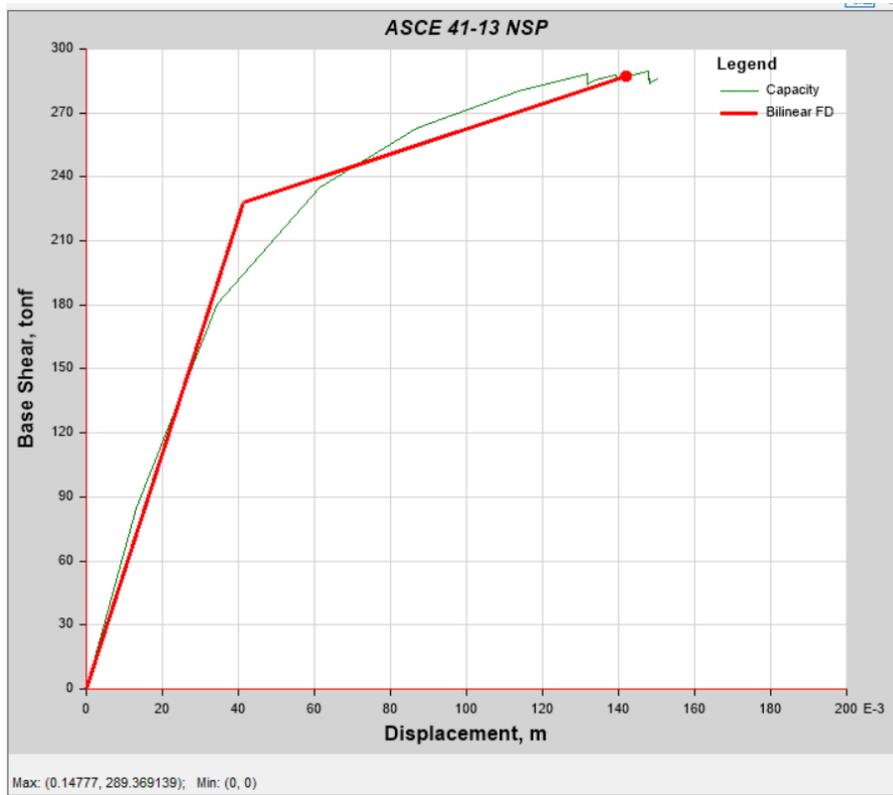


Figura 89. ASCE 41-13 en X MCE. Tomada de ETABS.

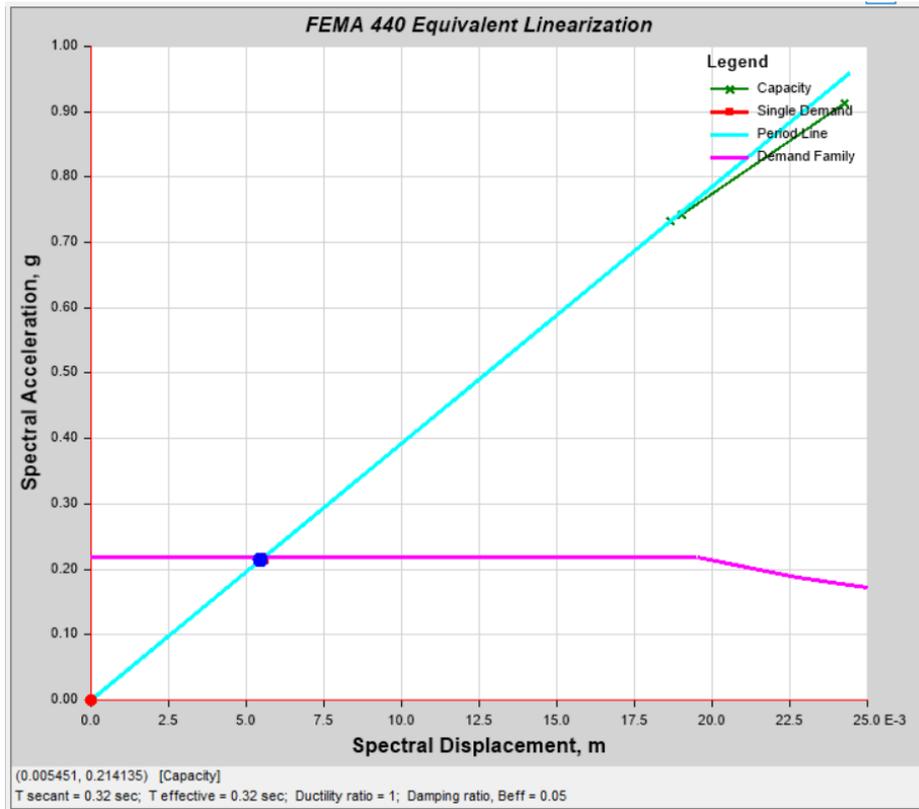


Figura 90. FEMA 440 en Y Diseño. Tomada de ETABS.

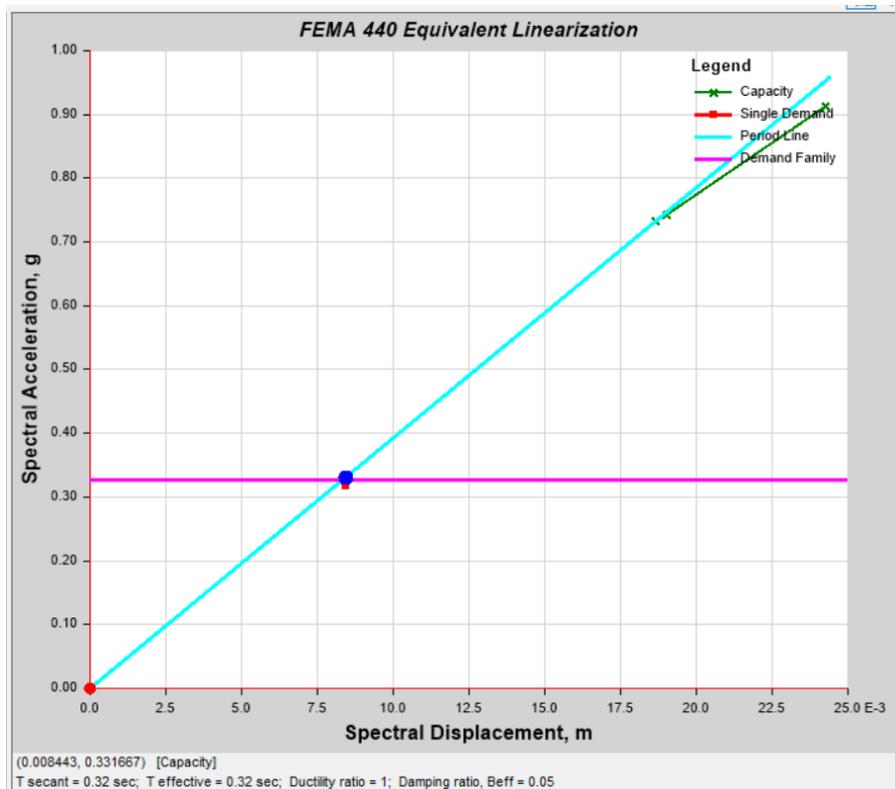


Figura 91. FEMA 440 en Y MCE. Tomada de ETABS.

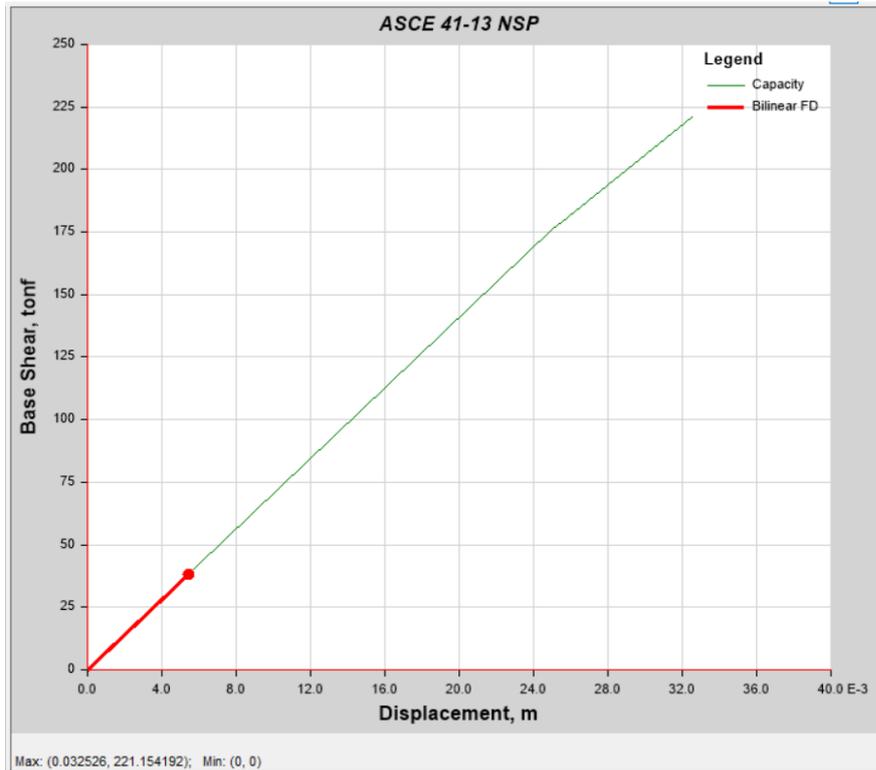


Figura 92. ASCE 41-13 en Y Diseño. Tomada de ETABS.

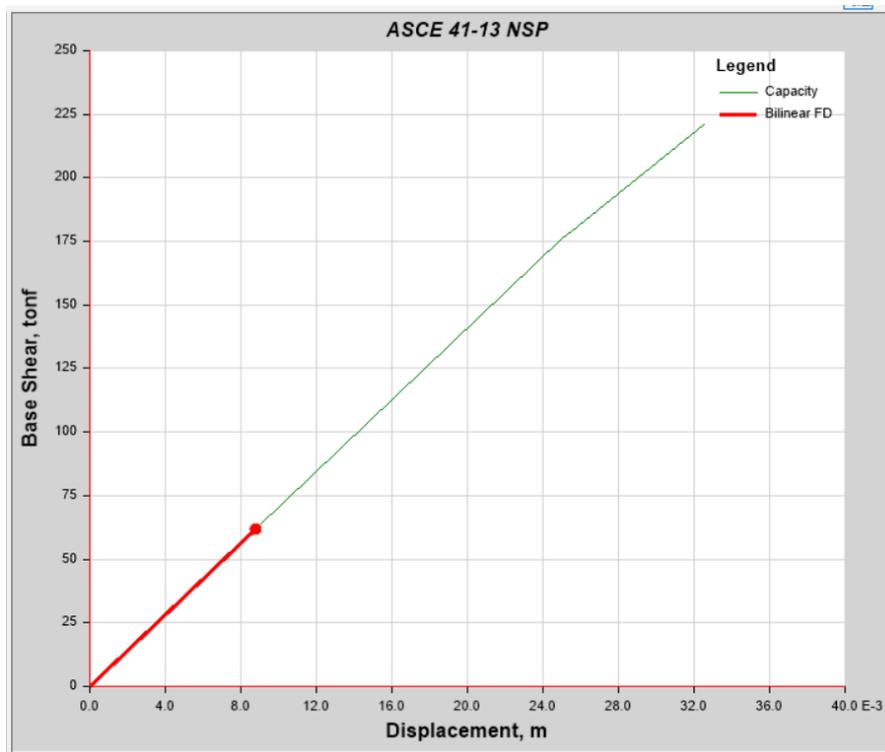


Figura 93. ASCE 41-13 en Y MCE. Tomada de ETABS.

En el cálculo de todos estos puntos, para cada uno de los métodos y en cada una de las direcciones se puede ver que en la dirección Y se tiene demasiada rigidez, en la dirección X se tiene poca rigidez, dejando puntos de desempeño en la etapa no lineal para la dirección en X, para la dirección en Y se tiene poco desplazamiento, solo falta hacer revisión de estos puntos de desempeño encontrados para los sismos de diseño y para los sismos de MCE, donde se calcula los valores de ductilidad, sobre resistencia y por último los criterios de aceptación.

Para trabar la ductilidad, sobre resistencia y evaluar los niveles de aceptación se van a armar una tabla resumen, de los valores que se han obtenido del análisis no lineal en ambas direcciones.

Tabla 46 *Push over en X.*

		<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante (tonf)</b>
<b>Push Over X</b>	Fluencia	3.458	180.68
	Ultimo	14.81	283.91
	Ductilidad	4.282822441	-
	Sobre Resistencia	-	1.571341598
	Factor de Reduccion	6.72977706	

Tabla 47 *Push over en Y.*

		<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante (tonf)</b>
<b>Push Over Y</b>	Fluencia	-	-
	Ultimo	3.25	221.145
	Ductilidad	-	-
	Sobre Resistencia	-	-
	Factor de Reduccion	-	

En las siguientes secciones se analizará los resultados obtenidos, así como las conclusiones que obtenemos al encontrar los valores de ductilidad y sobre resistencia alcanzados.

#### **4.3.25 Ductilidad**

Respecto a la ductilidad se puede concluir que la estructura en la dirección X tiene un valor de 6.72, considerando que en el diseño en concreto armado se asumió un valor de 8, esto nos indica que la estructura no es totalmente elástica, pero que tampoco se llega a comportamientos malos en base a las deformaciones. Para la dirección en Y no podemos hablar de factor de reducción, dado que la estructura se comporta totalmente lineal, incluso se puede ver como la estructura no desarrolla nada de ductilidad, esto por la gran cantidad de rigidez en dicha dirección, lo cual rigidiza y no permite la plastificación de los elementos, es por ello, que en Y no se podrá hablar de términos no lineales.

Para la ductilidad en X se tiene un valor de 4.29, el cual es bastante para una estructura a porticada. Asumiendo que el material debe de plastificar 4.3 veces más de su límite se recomienda no abusar del término ductilidad, dado que en muchas ocasiones no es posible que los materiales plastifiquen tanto, en cálculos matemáticos es posible, pero en la realidad puede que esto no suceda.

#### **4.3.26 Sobre resistencia**

Respecto a la sobre resistencia se puede ver que en la dirección X se tiene un valor de 1.6, lo cual nos indica que asumir un comportamiento elasto plástico para este caso nos da bastante error, dado que 1.6 es bastante grande respecto del valor de 1, considerando ello se recomienda modelar la estructura con su curva completa, sin considerar que se necesitan.

#### **4.3.27 Criterios de aceptación y desempeño**

Respecto a los criterios de aceptación y de desempeño, primero debemos de definir las tablas de resultados, donde indicamos el cortante y el desplazamiento por cada piso, así como los valores de desplazamiento y cortante por cada punto de desempeño.

Tabla 48 *Punto de desempeño en X nivel de diseño*

<b>Diseño</b>	<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante (g/tonf)</b>
FEMA 440	8.16	1.075
ASCE 41-13	8.2	260

Tabla 49 *Punto de desempeño en X nivel MCE.*

<b>MCE</b>	<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante (g/tonf)</b>
FEMA 440	11.689	1.13
ASCE 41-13	14	285

Tabla 50 *Punto de desempeño en Y nivel diseño.*

<b>Diseño</b>	<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante (g/tonf)</b>
FEMA 440	0.545	0.214
ASCE 41-13	0.51	37.5

Tabla 51 *Punto de desempeño en Y nivel MCE.*

<b>MCE</b>	<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante (g/tonf)</b>
FEMA 440	0.844	0.331
ASCE 41-13	0.91	65.5

Según el método del ASCE y del FEMA, se obtienen resultados parecidos para la dirección. Los valores de desplazamiento son de 8.2 cm aproximadamente, según ambos métodos. Este nivel de deformación es esperado en X, dado que en Y se tiene demasiada rigidez lo que limita el desplazamiento en Y en cierta manera. Para el cortante se tiene una variación, en el método del FEMA se usan aceleraciones espectrales dado que se convierte la curva de capacidad a un

formato de aceleraciones, contrario al método del ASCE donde se trabaja con la curva de manera directa, para el caso del desplazamiento en MCE o máximo considerado, se tiene una diferencia más grande, teniendo en cuenta que 3cm de desplazamiento es lo que diferencia las aproximaciones; por otro lado, se pudo ver en la curva de capacidad que este desplazamiento deja a la estructura en un nivel cercano al de colapso; es por ello, que se debe limitar más el desplazamiento si el objetivo es que la estructura no colapse frente a un sismo MCE, la norma peruana solo pide no colapso frente al sismo de diseño, el cual si funciona correctamente en la estructura.

Tabla 52 Niveles de sismo

Tabla 4: Movimientos Sísmicos de Diseño		
Movimiento sísmico de Diseño	Intervalo de Ocurrencia	Probabilidad de excentricidad
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

Nota: tomada de VISION 2000

Por ello también se recomienda usar otros sismos a otros niveles de probabilidad de excedencia, para poder lograr el desempeño buscado según las tablas del Comité Visión 2000.

#### 4.4 Discusión de resultados

En base a los resultados de Ortiz E. (2012) en su tesis “Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado Limburg Platz de la ciudad de Quito”, se propone un diseño estructural convencional, el cual no realiza un análisis de desempeño estructural, pero se dan las bases para poder evaluar las estructuras desde el punto de vista elástico, considerando que la curva elastoplástica se desarrolla con normalidad. En base a estas recomendaciones se puede ver que el autor se centra en cumplir la norma al pie de la letra, lo cual limita la identificación de problemas que no se tratan en la norma. En este caso, el problema de los grandes desplazamientos por necesidad de dejar una estructura en prevención de colapso en lugar de considerarla en un límite de desempeño inferior, permitiendo a que los elementos de concreto armado deban desarrollar grandes ductilidades, las cuales pueden llegar a ser irreales hasta cierto punto.

En el estudio realizado por Mendoza J. y Beteta E. (2009) en su tesis “Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 12, de la Ciudad de Guatemala”, de la Universidad San Carlos de Guatemala, se estudia la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, solo que en este caso se le da un enfoque basado en la inspección y recolección de data. Cuando se realiza un enfoque basado en cálculos estructurales como en este proyecto, también se toman datos pero el método más exacto es el método de vulnerabilidad, que se centra en realizar evaluaciones de grandes áreas y no solo de una estructura en particular, por lo que no funcionan de la misma manera. En la tesis y en contraste con la propuesta realizada en esta investigación, se propone utilizar el método de evaluación de la vulnerabilidad para determinar los problemas en ciertas edificaciones puntuales, para luego determinar si estas cuentan con problemas resaltables, se procede a realizar el análisis no lineal de cada una de estas, con la búsqueda de nuevos datos y mejores aproximaciones.

En el proyecto de Mayhua J. (2018) con la tesis: “Diseño estructural por desempeño sísmico de un edificio de 5 pisos en el distrito de Ascensión, provincia de Huancavelica”, de la universidad Continental, se propone un enfoque basado en el desempeño estructural. El único problema identificado es que se busca plastificar demasiado los elementos de concreto armado dejando a la estructura a nivel de diseño con un desempeño de prevención de colapso, esto puede representar un riesgo para la estructura; sin embargo, se debe de considerar que son lineamientos usados en diferentes normas, aun así el citado proyecto se cuestiona ya que se puede buscar mejores niveles de desempeño al lograr que la estructura llegue al nivel de prevención de colapso para niveles más altos de sismos, como el sismo MCE el cual no es un sismo mencionado en muchas de las normas, para ello se suele usar en la norma ASCE, asimismo sería bueno tener un equivalente de uso en la norma peruana.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se ha logrado determinar el desempeño sísmico de la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, mediante la metodología del espectro propuesto por el Comité Visión 2000, donde la edificación califica como seguridad de vida para un nivel de sismo de diseño, para un sismo del nivel de MCE la estructura califica como prevención de colapso.
- Se ha logrado formular un sistema estructural para la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, proponiendo sistemas aporticados en la dirección X y sistemas de muros estructurales en la dirección Y, dado que la forma de la estructura es rectangular con poca longitud en un sentido. Es necesario dejar libre los espacios para el recorrido en la dirección X. Para la dirección Y, por otro lado, se tiene una serie de muros en filas que aportan bastante rigidez, dejando un sistema de muros estructurales.
- Se ha logrado identificar y diseñar los elementos estructurales más críticos, que permitió determinar a aquellos con mayor rotulación en el análisis push over, revisando que son las vigas de algunos pisos, viendo que el límite de rotación que se obtuvo es cuando algunos elementos llegan a un nivel de prevención de colapso.
- Según la norma peruana, las estructuras del tipo común no deben llegar a colapsar frente a un sismo del nivel de diseño. Esta verificación se realizó en el presente proyecto, obteniendo que en ambas direcciones desarrolla un desplazamiento del nivel de seguridad de vida, el cual está caracterizado por dañar considerablemente los elementos, pero sin dejar elementos con rotulaciones al extremo de estar cerca de colapsar; es por ello, que según el RNE la estructura está con un buen desempeño estructural, teniendo un desplazamiento de 8cm en X y quedando elástica en Y, para un nivel MCE un desplazamiento de 14 cm en X, quedando también elástica en la dirección Y, debido a la gran rigidez en dicha dirección.
- Según los criterios de Comité Visión 2000, la estructura cae dentro del límite de seguridad de vida en la dirección en X, lo mismo para Y. Para el caso del sismo MCE se tiene un nivel de prevención de colapso, lo que al final son requerimientos más exigentes a los mínimos pedidos por la norma E0.30.

#### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda no desarrollar grandes ductilidades en los elementos de concreto armado, dado que los desplazamientos requeridos para cumplir límites óptimos pueden llegar a ser bastante exigentes, llegando incluso a 15cm para poder dejar a la estructura en límites de prevención de colapso, que es requerido por la norma peruana, se debe de optar por desplazamientos menores, dado que estos desplazamientos tan elevados implican desgastes muy grandes en los elementos.
- Se recomienda utilizar más de un sismo de evaluación, se pueden usar sismos frecuentes, diseño y MCE, para poder evaluar los desplazamientos en cada uno de ellos e indicar el nivel de desempeño
- Se recomienda aplicar desempeño estructural en edificaciones lo más simétricas posibles, dado que estos se basan en efectos de fuerzas laterales unidireccionales, las cuales pueden tener problemas cuando fuerzas de torsión aparecen, dado que las fuerzas incrementales son laterales y no de otro tipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTERO, V. *Lessons Learned from Recent Catastrophic Earthquake and Associated Research*. Madrid, España: Primera conferencia internacional Torroja, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICCET), 1992.
- CAMPBELL, P. Ove Arup 1895-1988. *En The Institution of Civil Engineers* (ed.), Ove Arup. London: The Institution of Civil Engineers, 1995. págs. 26-37.
- CHAUX, M. *Estimación de la Variabilidad de la derivada y del cortante basal resistente de pórticos de concreto reforzado en Bogota*. Bogota: Universidad Javeriana, 2011.
- CLAROS, E. *Rigidez de estructuras y resistencia del concreto*. [En línea] 2018. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/calidad-y-aspectos-tecnicos/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-concreto#:~:text=La%20rigidez%20de%20las%20estructuras%2C%20es%20la%20propiedad%20que%20tiene,sin%20deformarse%20o%20desplazarse%20>.
- CRUZ, I. y DIEGUEZ, V. *Análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de diseño sismorresistente en la Urbanización Soliluz- Trujillo*. Repositorio Digital de la Universidad privada de Antenor Orrego. 2016. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2099>
- FOSTER, H. *Voces en vanguardia. Pequeño diccionario de ideas del diseño actual*. España: Arquitectura Viva, nº 93. Noviembre, 2003. pp 31-33.
- HAMBURGER R. O. y Moehle J. *State of Performance Based-Engineering in the United States*". Sapporo, Japan: Second US-Japan Workshop on Performance-Based Design Methodology for Reinforced Concrete Building Structures, 2000.
- HUNT, A. *Tony Hunt's second sketchbook*. Oxford: 2nd Edition. Architectural Press, 2003. Inglaterra. Disponible en: <https://libgen.pm/ads897b0f7fe390b0441ada6f3676ff27ccIFKVEV8I>
- INGESOFT. *Estructuras E.020*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú. 2018. p. 22.
- JORGINHO M. *Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, edificio multifamiliar Benjamín Del Solar, Sachaca*,

- Arequipa 2021*. Huancayo: Universidad Continental, 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10465>, con fecha 23-12-2021.
- LIDDELL, I. y DICKSON, M. *Design towards convergence*. Happold, Edmund. 7, s.l. Architectural design, 1976, Vol. 46.
- LUZ, S. *Aplicación de la norma E.070 en el Diseño de un edificio de albañilería confinada*. Lima: Ingeniería Civil. Perú. 2016.
- MANTEROLA, J. *Estructuras resistentes en la obra de Norman Foster*. En Mateo, Josep Lluís (ed.). Norman Foster. Obras y proyectos 1981-1988. Colegio de arquitectos de Catalunya. Barcelona: Monografias de Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Gustavo Gili., 1988.
- MARLENE, L. *Análisis y diseño estructural de las IES agropecuaria No125 de Chupa, Distrito de Chupa Azángaro - Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. [En línea] 2018. [Fecha de consulta: 03 de junio de 2022]. Red de repositorios Latinoamericanos. Disponible en <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3277007>
- MARTINEZ, C. *La contribución del ingeniero a la arquitectura contemporánea*. Londres: Antonio Caza. Tomás Editorial Telford, Londres., 2005.
- MENDOZA J. y BETETA, E. *Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 12, de la Ciudad de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. [En línea] [fecha de consulta: 12 de enero de 2023]. Disponible en: <https://zdocs.tips/doc/vulnerabilidad-5-7p4myqqovzpj>
- MERCADO R. *Desempeño sísmico de muros de Quincha tradicional mediante el método del espectro de capacidad*. Lima: Universidad Católica del Perú, 2018.
- Método matricial de la rigidez. [En línea] [fecha de consulta: 21 de enero de 2023]. [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_matricial\\_de\\_la\\_rigidez](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_matricial_de_la_rigidez).
- MOREIRA, M. *Propuesta de diseño arquitectónico de vivienda con criterios sismo resistente para la población de Manta*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2019.
- MURCIA, E. *Deformación de losas sin Vigas*. España: s.n., 2019.
- NAVEDA E. *Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado "Limburg Platz" de la ciudad de Quito, para garantizar la seguridad de los ocupantes*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.

- Norma Técnica de Edificación E.020 Cargas. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.
- RICE, P. *Mémoires d'un ingénieur*. Londres: Groupe Moniteur, 1998.
- ROJAS C. *Residencial Vertical y Urbanismo Verde* Arequipa: Taller de titulación. Perú. 2012.
- SEAOC. *Performance Based Seismic Engineering of Buildings*. California: Structural Engineers Association of California, Sacramento, CA, EUA. 1995.
- SENCICO. *Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño sismorresistente*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones. 2018.
- VEGA, W. *Análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica del centro de salud de Caylloma mediante el uso de aisladores elastoméricos de base aislada respecto al de base fija*, Arequipa 2021. [En línea] [fecha de consulta: 14 de enero de 2023]. Arequipa. Repositorio de la Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63293>
- WIKIPEDIA. *Análisis de software*. [En línea] [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_software](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_software).
- WIKIPEDIA. *Deformación (ingeniería)*. [En línea] [Fecha de consulta: 16 de diciembre de 2021]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Deformaci%C3%B3n\\_\(ingenier%C3%ADa\)#:~:text=En%20ingenier%C3%ADa%2C%20el%20t%C3%A9rmino%20deformaci%C3%B3n, respecto%20a%20sus%20puntos%20colindantes..](https://es.wikipedia.org/wiki/Deformaci%C3%B3n_(ingenier%C3%ADa)#:~:text=En%20ingenier%C3%ADa%2C%20el%20t%C3%A9rmino%20deformaci%C3%B3n, respecto%20a%20sus%20puntos%20colindantes..)

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición	Tipo de Variable	Operacionalización	Categorización o Dimensiones	Indicador	Nivel de Medición	Instrumento	Escala
Diseño estructural	Define al diseño estructural; "Es aquel proceso que partiendo de los datos propios del objeto a construir - por ejemplo un edificio - permite proyectar un sistema estructural completo, estable, permanente y factible". Reborado (2016).	Variable Independiente	Método del sistema estructural	Sistema aporticado	Vigas	Hoja de cálculos	Normativa peruana	Prueba
					Columnas			
					Muro de Corte			
			Configuración estructural	Predimensionamiento de elementos estructurales	Comportamiento estructural	Desplazamientos y deformaciones	Análisis en software	
	Cálculos	Peso propio y las propiedades del suelo	Metrados de cargas					
					Forma de aplicación	Reglamento de edificaciones	Norma E-020 cargas, Norma E-030 del diseño sismo resistente, Norma E-050 suelos y cimentaciones, Norma E-060 concreto armado, Norma E-070 albañilería.	
Desempeño sísmico	Define: "El diseño basado en el desempeño sísmico consiste en la selección de apropiados esquemas de evaluación que permitan el dimensionado y detallado de los componentes estructurales, no estructurales y del contenido, de manera que para un nivel de movimiento específico y con diferentes niveles de confiabilidad, la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos estados límites" (Bertedo, en SEAOC, 1995).	Variable Dependiente	Cortante basal	Cortante basal	Centro de masa	Hojas de calculo	Recolección de datos	Prueba
					Peso del edificio			
					Fuerza de entrepiso			
			Desplazamiento	Desplazamiento lateral	Diafragma rígido			
					Rigidez estructural			
					Deriva inelastica			
Deformación	Deformación	Deformacion en vigas						
		Deformacion en losas						

## Anexo 2. Matriz de consistencia.

TITULO		"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE CINCO PISOS POR DESEMPEÑO SISMICO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA MÓNICA DEL DISTRITO DE JACOBO HUNTER – AREQUIPA, 2022"			
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INSTRUMENTO
<p><b>GENERAL</b></p> <p>¿Cómo sería el comportamiento sísmico para el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos, situado en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando la norma peruana de edificación y ser evaluado por desempeño sísmico propuesto por el comité Visión 2000?</p> <p><b>ESPECÍFICO</b></p> <p>¿De qué manera influiría proponer un método de sistema estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022?</p> <p>¿Cómo será la configuración de los elementos estructurales que tendrá la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022?</p> <p>¿Cómo será el diseño por desempeño sísmico de los elementos estructurales más críticos de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022?</p> <p>¿Cómo sería el desempeño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando el análisis no lineal estático según el reglamento nacional de edificaciones?</p> <p>¿Cuál será el desempeño sísmico estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, evaluado con la metodología de Espectro Capacidad recomendado por el comité Visión 2000?</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Determinar un diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cinco pisos por desempeño sísmico utilizando la normativa vigente peruana y evaluado con la metodología del espectro propuesto por el comité visión 2000 en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.</p> <p><b>ESPECÍFICO</b></p> <p>Formular un método de sistema estructural que se aplicará a la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.</p> <p>Elaborar la configuración de los elementos estructurales que tendrá la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.</p> <p>Realizar el diseño por desempeño sísmico de los elementos estructurales más críticos de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, utilizado el reglamento nacional de edificaciones.</p> <p>Determinar el desempeño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando el análisis no lineal estático según el reglamento nacional de edificaciones.</p> <p>Determinar el desempeño sísmico estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022,</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>La propuesta de diseño estructural en un edificio multifamiliar de cinco pisos aumentará significativamente su desempeño sísmico de la estructura ante la amenaza de un evento sísmico en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.</p> <p><b>ESPECÍFICO</b></p> <p>Seleccionando el método estructural apropiado favorece al sistema estructural que se aplicará a la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.</p> <p>Elaborar la configuración de los elementos estructurales mejora significativamente el buen funcionamiento estructural que tendrá la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022.</p> <p>El diseño por desempeño sísmico de los elementos estructurales más críticos de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, utilizado el reglamento nacional de edificaciones cumple las expectativas de diseño.</p> <p>El desempeño estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, aplicando el análisis no lineal estático según el reglamento nacional de edificaciones cumple con los resultados esperados.</p> <p>El desempeño sísmico estructural de la vivienda multifamiliar de cinco pisos en la asociación de vivienda Santa Mónica del distrito de Jacobo Hunter – Arequipa, 2022, evaluado con la metodología de Espectro Capacidad recomendado por el comité Visión 2000, cumple con los resultados necesarios de los parámetros propuestos por Visión 2000.</p>	<p>Diseño Estructural</p> <p>Desempeño Sísmico</p>	<p>Reglamento nacional de edificaciones</p> <p>Reglamento nacional de Edificaciones</p> <p>Comite Visión 2000</p>	<p>Norma E-020, Norma E-30, Norma E-070 Norma –E060</p> <p>Configuración estructural</p> <p>Predimensionamiento Metrados</p> <p>Softwre Etabs</p> <p>Parámetros Sísmicos</p> <p>Niveles de desempeño</p>

