



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y OPTIMIZACIÓN
ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE TRES PISOS UBICADA
EN MANTA, ECUADOR, MEDIANTE ANÁLISIS NO LINEAL Y
DISIPADORES TADAS”**

AUTOR:

Darwin Alfredo Acaro Zambrano

TUTOR:

Luis Alberto Soria Nuñez, Msc.

Quito, Julio 2025

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DARWIN ALFREDO ACARO ZAMBRANO, con cédula de ciudadanía número 172017187-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERDIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D.M Quito, Julio del 2025

Darwin Alfredo Acaro Zambrano

Correo: acarodarwin7@gmail.com

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

**“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE
UNA VIVIENDA DE TRES PISOS UBICADA EN MANTA, ECUADOR,
MEDIANTE ANÁLISIS NO LINEAL Y DISIPADORES TADAS”**

Realizado por:

Darwin Alfredo Acaro Zambrano

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Ha sido dirigido por el profesor:

Ing. Luis Alberto Soria Nuñez, Msc.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

Luis Alberto Soria Nuñez, Msc.

TUTOR

**“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE
UNA VIVIENDA DE TRES PISOS UBICADA EN MANTA, ECUADOR,
MEDIANTE ANÁLISIS NO LINEAL Y DISIPADORES TADAS”**

Por

Darwin Alfredo Acaro Zambrano

Aprobado:

Ing. Luis Alberto Soria Nuñez, Msc, Tutor

Ing. Luis Alberto Soria Nuñez, presidente del Tribunal

Arq. Santiago Rolando Morales Molina, Miembro del Tribunal

Ing. Hugo Marcelo Otañez Gómez, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ 26 septiembre, 2025

Ing. Luis Alberto Soria Nuñez, Msc.

Aceptado y Firmado: _____ 26 septiembre, 2025

Ing. Hugo Marcelo Otañez Gómez.

Aceptado y Firmado: _____ 26 septiembre, 2025

Arq. Santiago Rolando Morales Molina.

_____ 26, septiembre, 2025

Ing. Luis Alberto Soria Nuñez

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios padre, origen de toda sabiduría y fortaleza, cuya presencia ha sido mi orientación constante en cada fase de este proceso educativo. A través de su gracia, he encontrado la motivación y el valor requeridos para afrontar los retos que se me presentaron.

A mis padres, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y valores, han sido los pilares fundamentales de mi vida. Su apoyo constante y su ejemplo de esfuerzo y compromiso han sido fundamentales para mi crecimiento personal y académico.

A mi novia, por ser fuente de inspiración y apoyo inquebrantable. Su presencia y su fe en mí me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles, brindándome la motivación necesaria para alcanzar esta meta.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento, ya que sin su amor respaldo y confianza, este logro no habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este logro académico. Sin su respaldo, este trabajo no se habría realizado. Primero quiero expresar mi gratitud a Dios padre, fuente de sabiduría y fortaleza, quien me ha orientado con su luz y me ha proporcionado paciencia y resistencia para afrontar los retos de este proyecto.

Mi más profundo agradecimiento al Sr. Marco Lema y Sra. Silvia Cuesta, quienes, por su generosidad y respaldo incondicionales se convirtieron en personajes paternalistas durante este proceso. Agradezco estar a mi lado en los momentos de adversidad, por ofrecerme siempre su guía y seguridad, y por apoyarme para continuar avanzando cuando más lo requería.

A mis padres, quienes han sido cimientos de amor, dedicación y respaldo durante toda mi existencia. Su confianza inquebrantable en mí, su dedicación y sus lecciones son el fundamento en el que he edificado mi formación y mi porvenir.

A todos mis amigos, que han representado un constante recurso de motivación y estímulo. Agradezco su confianza en mí, por estar conmigo en este proceso y por mantenerme concentrados en mis objetivos.

A todos aquellos de forma directa o indirecta, han aportado con su respaldo y amistad a lo largo de este recorrido, les expreso mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

Este estudio evalúa el desempeño sísmico y optimiza la estructura de una vivienda de tres pisos en Manta – Ecuador mediante análisis no lineal y la implementación de disipadores de energía TADAS (Tened Absorber-Damper System) utilizando software como ETABS, por lo que se modeló la vivienda, ejecutando análisis estáticos y dinámicos no lineales para la identificación de vulnerabilidades estructurales críticas. Es así como se inició con el levantamiento de información en la vivienda ubicada en la ciudad de Manta, en el que se aplicó formulario FEMA P-154, obteniendo un resultado preliminar de vulnerabilidad baja, pero, en la inspección directa se observó fallas en la estructura y la relación de los valores de viga columna son aceptables. Es por ello que, se realizó el modelado en ETABS, aplicando análisis estático donde las derivas están dentro del límite, también se realizó el análisis dinámico donde sus derivas están dentro del límite de la norma. En análisis no lineal de pushover versus deriva mostraron valores máximos de 0,021565 y 0,040608 para el eje X y Y. Por lo tanto, se propuso la simulación para implementar disipadores TADAS, pues, en el análisis no lineal pushover se identificó una vulnerabilidad de 0,019203, evidenciando, reducción de la respuesta sísmica. Se concluye que, estos resultados permiten ofrecer directrices prácticas para la evaluación y reforzamiento de viviendas en zonas sísmicas activas, contribuyendo significativamente al campo de la ingeniería estructural y proporcionando una base para futuras investigaciones sobre la resistencia sísmica de edificaciones residenciales.

PALABRAS CLAVE

Análisis, Vivienda, Reforzamiento estructural, Disipadores TADAS, FEMA.

ABSTRACT

This study evaluates the seismic performance and optimizes the structure of a three-story house in Manta - Ecuador through nonlinear analysis and the implementation of TADAS (Tuned Absorber-Damper System) energy dissipaters using software such as ETABS, so the house was modeled, performing nonlinear static and dynamic analysis for the identification of critical structural vulnerabilities. Thus, information was collected in the house located in the city of Manta, in which the FEMA P-154 form was applied, obtaining a preliminary result of low vulnerability, but, in the direct inspection, flaws were observed in the structure and the ratio of the column beam values are acceptable. For this reason, ETABS modeling was performed, applying static analysis where the drifts are within the limit, however, in the dynamic analysis in the Y direction the values are higher than the established limit. In nonlinear pushover versus drift analysis showed maximum values of 0.021565 and 0.040608 for both axes. Therefore, the simulation was proposed to implement TADAS dissipaters, since, in the nonlinear pushover analysis, a vulnerability of 0.0192023 was identified, evidencing a reduction of the seismic response. It is concluded that, these results allow offering practical guidelines for the evaluation and reinforcement of houses in active seismic zones, contributing significantly to the field of structural engineering and providing a basis for future research on the seismic resistance of residential buildings.

KEYWORDS (5)

Analysis, Housing, Structural reinforcement, TADAS dissipaters, FEMA.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	DECLARACIÓN JURAMENTADA	II
2.	DEDICATORIA.....	V
3.	AGRADECIMIENTO	VI
4.	RESUMEN	VII
5.	ABSTRACT	VIII
6.	ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
7.	ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
8.	Capítulo 1: Aspectos Generales	1
8.1.	Tema de investigación.....	1
8.2.	Planteamiento del Problema	1
8.3.	Objetivos	2
8.3.1.	Objetivo general	2
8.3.2.	Objetivos específicos.....	2
8.4.	Justificación.....	3
8.5.	Antecedentes	5
8.6.	Hipótesis.....	8
8.6.1.	Hipótesis general	8
8.6.2.	Hipótesis específicas	8
8.7.	Alcance.....	8
8.8.	Limitaciones	9

9.	Capítulo 2: Marco teórico	10
9.1.	Disipación de Energía en Estructuras.....	10
9.1.1.	Definición e Importancia de los Disipadores de Energía	10
9.1.2.	Tipos de Disipadores de Energía.....	12
9.1.3.	Principio de Funcionamiento de los Disipadores de Energía.....	13
9.2.	Disipadores TADAS	14
9.2.1.	Aspectos Generales de los Disipadores TADAS	14
9.2.2.	Principios de Funcionamiento de los Disipadores TADAS	16
9.2.3.	Condiciones de Funcionamiento de los Disipadores TADAS	17
9.2.4.	Ventajas y Desventajas de los Disipadores TADAS.....	19
9.2.5.	Impacto de los disipadores TADAS en la Ingeniería Sísmica	20
9.3.	Normativas y Directrices Relacionadas	22
9.3.1.	Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15).....	22
9.3.2.	Directrices de FEMA y ASCE	23
9.4.	Metodologías de Evaluación de Desempeño con Disipadores TADAS	24
9.4.1.	Análisis sísmico estático	25
9.4.2.	Análisis dinámico Espectral	27
9.4.3.	Análisis dinámico no lineal	29
10.	Capítulo 3: Materiales y Métodos	30
10.1.	Enfoque	30
10.2.	Métodos.....	30
10.3.	Técnicas e instrumentos	31

10.4.	Procedimiento.....	32
10.5.	Levantamiento de información de campo	33
10.5.1.	Determinación vivienda a evaluar.....	33
10.5.2.	Levantamiento de información preliminar	33
10.5.3.	Evaluación de vulnerabilidad mediante FEMA P-154.....	41
11.	Capítulo 4: Propuesta	43
11.1.	Descripción del proyecto.....	43
11.2.	Sistema estructural	44
11.2.1.	Modelación de la Estructura.....	44
11.3.	Análisis de cargas.....	45
11.3.1.	Análisis de fuerzas gravitatorias.....	45
11.4.	Parámetros de ingreso	47
11.4.1.	Materiales	47
11.4.2.	Geometría de secciones	49
11.4.3.	Cargas.....	51
11.5.	Análisis de espectro de aceleración NEC 15.....	53
11.6.	Irregularidad en planta.....	55
11.7.	Irregularidad en elevación.....	56
11.7.1.	Tipo 1	56
11.7.2.	Tipo 2	56
11.7.3.	Tipo 3	56
11.7.4.	Tipo 4	56

11.7.5.	Tipo 5	56
11.7.6.	Resumen.....	57
11.8.	Cálculo de cortante basal.....	57
11.9.	Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales.....	58
11.10.	Corrección del cortante basal	58
11.10.1.	Sismo estático.....	58
11.10.2.	Sismo dinámico	59
11.10.3.	Espectro inelástico.....	60
11.11.	Chequeos	62
11.12.	Análisis no lineal vivienda actual (NSP).....	80
11.12.1.	Modelo constitutivo del hormigón No confinado	80
11.12.2.	Modelo constitutivo del Acero	81
11.13.	Análisis de carga PUSHOVER	81
11.13.1.	Objetivo de desplazamiento	82
11.13.2.	Curva de Capacidad.....	83
11.13.3.	Punto de desempeño (Método FEMA 440).....	85
11.13.4.	Criterios de aceptación	87
11.14.	Diseño de disipadores TADAS para la vivienda.....	97
11.14.1.	Propuesta de reforzamiento	97
11.14.2.	Esquema del Reforzamiento estructural.....	97
11.14.3.	Masa por piso	98
11.14.4.	Desplazamientos.....	99

11.14.5.	Fuerzas por piso	100
11.14.6.	Tabla de diseño.....	100
11.14.7.	Propiedades del disipador.....	101
11.14.8.	Estructuración del sistema de refuerzo.....	103
11.14.9.	Representación de las diagonales rigidizadoras	104
11.15.	Análisis estructural (Estructura reforzada).....	106
11.15.1.	Análisis estático de la estructura reforzada	106
11.16.	Análisis no lineal Tadas	110
11.16.1.	Curva de capacidad estructura reforzada (método ASCE 41-13 NSP).....	110
11.16.2.	Curva de capacidad y punto de desempeño de estructura reforzada	111
11.17.	Análisis de los resultados	123
11.17.1.	Análisis comparativo.....	124
12.	Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	129
12.1.	Conclusiones	129
12.2.	Recomendaciones.....	130
13.	Bibliografía.....	131
Anexos.....		137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de disipadores	12
Figura 2 Disipador TADAS	15
Figura 3 Funcionamiento de Disipador TADAS.....	17
Figura 4 Comportamiento del disipador TADAS	19
Figura 5 Niveles de desempeño.....	24
Figura 6 Tipos de análisis sísmico estático	26
Figura 7 Construcción de espectros de respuesta.....	27
Figura 8 Análisis dinámico espectral	28
Figura 9 Mapa de ubicación vivienda	33
Figura 10 Ubicación vivienda	34
Figura 11 Esquema ubicación de columnas	36
Figura 12 Ubicación de columnas (3D)	37
Figura 13 Toma de datos de columnas.....	37
Figura 14 Toma de datos de la altura de columnas	38
Figura 15 Toma de datos del espesor de las losas	39
Figura 16 Toma de datos agujero de la grada	39
Figura 17 Toma de datos de la altura total de la casa.....	40
Figura 18 Toma de datos de todo el borde de losa.....	41
Figura 19 Fachada de la vivienda.....	43
Figura 20 Dimensiones de cada eje.....	44
Figura 21 Altura de Entrepisos.....	45
Figura 22 Carga muerta.....	46
Figura 23 Carga viva	47
Figura 24 Datos de hormigón.....	48

Figura 25 Datos acero de refuerzo	49
Figura 26 Col 40x40.....	50
Figura 27 Viga banda 40x25 (asumido).....	50
Figura 28 Losa 25.....	51
Figura 29 Definición patrones de carga	51
Figura 30 Combinaciones de cargas.....	52
Figura 31 Espectro Sísmico de aceleraciones	54
Figura 32 Coeficiente de Importancia, Reducción y Sistemas Estructurales.....	57
Figura 33 Análisis de Respuesta Sísmica y Estática	59
Figura 34 Configuración de Casos de carga para espectro de Respuesta	60
Figura 35 Espectro elástico e inelástico	62
Figura 36 Vista en planta	63
Figura 37 Vista en elevación.....	64
Figura 38 Vista en elevación 2, 3 ,4,5 y 6.....	66
Figura 39 Carga lateral por piso (Sx)	67
Figura 40 Carga lateral por piso (Sy)	68
Figura 41 Cortes por piso (Sx)	69
Figura 42 Cortes por piso (Sy)	69
Figura 43 Deriva máxima del piso (Sx)	70
Figura 44 Deriva máxima del piso (Sy)	71
Figura 45 Cortante dinámico por piso (Dx)	72
Figura 46 Cortante dinámico por piso (Dy)	73
Figura 47 Deriva dinámica máxima del piso (Dx).....	74
Figura 48 Deriva dinámica máxima del piso (Dy).....	75
Figura 49 Vista en elevación de la columna P-M-M relación de interacción ACI318-19.....	77

Figura 50 Vista 3D de la columna P-M-M relación de interacción ACI318-19	78
Figura 51 Vista en 3D de las columnas de la estructura	79
Figura 52 Modelo no lineal de Mander para concreto	80
Figura 53 Modelo Constitutivo del Acero (Modelo de Park)	81
Figura 54 Asignación de Cargas en el Análisis Pushover según Modos de Vibración.....	82
Figura 55 Nodo Control Ubicación.....	83
Figura 56 Curva de Capacidad.....	84
Figura 57 Vista 3D hinges vigas columnas no lineal de la vivienda existente (revB)	88
Figura 58 Vista 3D Pushover XY no lineal vivienda existente (revB)	88
Figura 59 Vista en 3D Pushover vs deriva X no lineal vivienda existente (RevB)	90
Figura 60 Vista en 3D Pushover vs deriva Y no lineal vivienda existente (RevB)	90
Figura 61 Vista en 3D Hinges X no lineal vivienda existente (RevB).....	91
Figura 62 Vista en 3D Hinges Y no lineal vivienda existente (RevB).....	91
Figura 63 Esquema del Reforzamiento	98
Figura 64 Vista en 3D de la masa por piso.....	99
Figura 65 Propuesta de Dispositivos TADAS.....	101
Figura 66 Propiedad direccional de soporte (diseño TADAS).....	103
Figura 67 Vista en 3D de disipadores TADAS	104
Figura 68 Sección de las diagonales del disipador TADAS	105
Figura 69 Asignación de Rótulas plásticas en diagonales.....	105
Figura 70 Deriva máxima del piso Dx (diseños disipadores)	107
Figura 71 Deriva máxima del piso Dy (diseño disipadores).....	108
Figura 72 Vista 3D hinges vigas columnas TADAS no lineal (revD)	117
Figura 73 Vista 3D Pushover X-Y no lineal TADAS (revD)	118
Figura 74 Vista en 3D Pushover vs deriva X no lineal TADAS (RevD).....	119

Figura 75 Vista en 3D Pushover vs deriva Y no lineal TADAS (RevD).....	120
Figura 76 Comparativa derivas y curva capacidad entre estructura existente con uso de TADAS.....	121
Figura 77 Comparación de derivas inelásticas máximas en direcciones UX y Uy	124
Figura 78 Comparación de los Modos de Vibración modal en ambas estructuras	125
Figura 79 Radio de ductilidad ante amenazas sísmicas en ambas estructuras.	126
Figura 80 Comparación de punto de desempeño, para los diferentes métodos empleados (UX).	127
Figura 81 Comparación de punto de desempeño, para los diferentes métodos empleados (UY).	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ficha de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica adaptado de FEMA P-154	31
Tabla 2. Evaluación de vulnerabilidad sísmica adaptado de FEMA P-154	42
Tabla 3 Peso propio de losa alivianada $esp=25cm$	45
Tabla 4. Definiciones de patrones de carga auto sísmica.....	52
Tabla 5. Lista de materiales por historia	52
Tabla 6 Cortante basal corregido.....	59
Tabla 7 Análisis de respuesta Dinámico	59
Tabla 8 Factor aceleración corregido	60
Tabla 9. Espectro inelástico sentido X.....	61
Tabla 10. Participación de masas modal	76
Tabla 11. Torsión en planta.....	77
Tabla 12 Punto de desempeño ($T=225$ años)	85
Tabla 13 Punto de desempeño ($T=975$ años)	86
Tabla 14 Cortante Basal Vs Desplazamiento	87
Tabla 15. Comparativa con Pushover en X.....	92
Tabla 16. Comparativa con Pushover en Y	94
Tabla 17 Límite de distorsiones Máximas permitidas para Estructuras.....	97
Tabla 18. Masa por piso	98
Tabla 19. Desplazamientos.....	99
Tabla 20. Fuerzas por piso	100
Tabla 21. Valores de cálculo para TADAS.....	100
Tabla 22 Control de deriva Inelástica.....	106
Tabla 23. Relación de participación de masa modal (diseños disipadores)	109

Tabla 24. Relación entre desplazamiento máximo y promedio de pisos (diseños disipadores)	109
.....	
Tabla 25 Curva Bilineal de la Estructura Reforzada (T=975 años)	110
Tabla 26 Curva desempeño de la estructura reforzada (T=225 años)	111
Tabla 27 Curva de desempeño de la estructura reforzada (T=975 años)	112
Tabla 28 Evaluación de desempeño (Estructura Reforzada)	113
Tabla 29 Evaluación de desempeño (Estructura Reforzada)	115

Capítulo 1: Aspectos Generales

8.1. Tema de investigación

Evaluación del desempeño y optimización estructural de una vivienda de tres pisos en Manta, Ecuador, mediante Análisis No Lineal y Disipadores TADAS.

8.2. Planteamiento del Problema

La ciudad de Manta ubicada en la costa central de Ecuador ha experimentado un crecimiento urbano significativo en las últimas décadas. Sin embargo, existe falta de planificación adecuada y construcción informal de viviendas, siendo, un problema crítico en una región con alta actividad sísmica, donde muchas edificaciones no cumplen con las normativas sismorresistentes, incrementando el riesgo de daños severos y pérdidas humanas durante eventos sísmicos (López, 2019).

La falta de adherencia a las normativas de construcción sismorresistentes se debe en gran parte a la insuficiencia de recursos y conocimientos técnicos entre los constructores locales. Llor et al. (2021) destaca que la mayoría de las viviendas en Manta fueron construidas sin supervisión técnica ni inspecciones rigurosas, resultando en estructuras con deficiencias críticas que comprometen su estabilidad. Esto es particularmente preocupante dado que Ecuador se encuentra en una zona de alta peligrosidad sísmica, con una larga historia de terremotos destructivos (Instituto Geofísico, 2016).

A pesar de la existencia de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), que establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras sismorresistentes, la implementación de estas normativas ha sido limitada. Esto se debe, en parte, a la falta de capacitación y concienciación sobre la importancia de seguir estos estándares. Cunalata y Caiza (2022) señalan que es crucial promover la adopción de la NEC-15 para mejorar la seguridad de las edificaciones en zonas sísmicamente activas.

En respuesta a esta problemática, surge la necesidad de explorar y aplicar tecnologías innovadoras que puedan mejorar la resistencia sísmica de las edificaciones existentes. Los disipadores de energía TADAS (Tuned Absorber-Damper System) han demostrado ser una solución efectiva para absorber y disipar la energía generada por movimientos sísmicos, reduciendo así las demandas sobre la estructura principal y mejorando su desempeño durante eventos sísmicos (American Society of Civil Engineers, 2017).

8.3. Objetivos

8.3.1. *Objetivo general*

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de una vivienda de tres pisos en Manta, Ecuador, utilizando el software ETABS para realizar análisis estructurales detallados y proponer medidas de reforzamiento mediante la implementación de disipadores de energía TADAS, conforme a la normativa NEC-15, con el fin de mejorar significativamente su capacidad de resistencia sísmica.

8.3.2. *Objetivos específicos*

- Diseñar y modelar la estructura de la vivienda en ETABS, realizando análisis lineales y no lineales para evaluar el comportamiento bajo cargas sísmicas, y cuantificar los desplazamientos y esfuerzos internos.
- Evaluar el comportamiento estructural de la edificación, identificando y cuantificando deficiencias y vulnerabilidades estructurales mediante los criterios establecidos en la normativa NEC-15, y determinar su impacto en la seguridad sísmica.
- Proponer y simular alternativas de reforzamiento estructural, incluyendo la implementación de disipadores de energía TADAS, para reducir la vulnerabilidad sísmica en al menos un 20%, asegurando el cumplimiento con los requisitos de la normativa NEC-15.

8.4. Justificación

La ciudad de Manta enfrenta a una alta vulnerabilidad sísmica debido a su ubicación geográfica y la falta de cumplimiento con normativas sismorresistentes en la construcción de muchas de sus edificaciones (Instituto Geofísico, 2016). Por lo tanto, esta investigación se justifica por la necesidad de desarrollar y aplicar estrategias efectivas para el reforzamiento sísmico de las estructuras existentes. En particular, la implementación de disipadores de energía TADAS (Tuned Absorber-Damper System) ofrece una solución innovadora y eficiente para absorber y disipar la energía generada por los movimientos sísmicos, reduciendo así las demandas sobre la estructura principal y mejorando su desempeño durante eventos sísmicos (American Society of Civil Engineers, 2017).

El enfoque en una vivienda de tres pisos en Manta permite una evaluación detallada y práctica de cómo los disipadores de energía TADAS pueden ser integrados en edificaciones residenciales típicas de la región. Utilizando herramientas avanzadas de modelado y análisis estructural como el software ETABS, este estudio busca identificar y corregir vulnerabilidades críticas en la estructura, asegurando que las soluciones propuestas sean tanto técnicamente viables como económicamente accesibles.

La implementación de disipadores de energía TADAS no solo mejora la seguridad sísmica de la vivienda en estudio, sino que también proporciona un modelo replicable para otras edificaciones en Manta y en regiones con condiciones sísmicas similares. Por lo tanto, contribuye significativamente al campo de la ingeniería estructural, proporcionando directrices prácticas para la evaluación y reforzamiento de viviendas vulnerables. Al hacerlo, se promueve la adopción de tecnologías avanzadas y prácticas de construcción más seguras, con el potencial de salvar vidas y reducir daños en futuras catástrofes sísmicas.

Además, esta tesis se alinea con los objetivos del Proyecto SARA (South America Risk Assessment) y las directrices de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15),

garantizando que las recomendaciones y metodologías desarrolladas sean conformes con las mejores prácticas tanto internacionales como locales en ingeniería sísmica (South America Risk Assessment, 2018; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015). Cabe mencionar que, en el 2013 inició el proyecto SARA de la fundación GEM (Global Earthquake Model), quienes facilitaron una herramienta para la evaluación de peligros y riesgos sísmicos, donde participaron 50 expertos de la región Andina. El proyecto se basa en peligro sísmico, exposición – vulnerabilidad, resiliencia – vulnerabilidad social, escenarios urbanos y estimación nacional – subnacional de pérdidas. Este proyecto se relaciona con la tesis propuesta debido a que se considera el modelado de la exposición y vulnerabilidad física en países propensos a terremotos, así como los datos de la amenaza sísmica y las estrategias de gestión de riesgos (Fundación GEM, 2020).

En resumen, esta investigación no solo aborda una necesidad crítica de seguridad pública en Manta, sino que también en el conocimiento técnico y práctico sobre el uso de disipadores de energía en la ingeniería sísmica. Además, radica en su potencial para ofrecer soluciones tangibles y efectivas que mejoren la resiliencia de las comunidades frente a los desastres naturales.

8.5. Antecedentes

La ciudad de Manta es una de las zonas con mayor actividad sísmica del país, lo que plantea serios desafíos para la construcción y mantenimiento de edificaciones seguras. Históricamente, Ecuador ha experimentado terremotos devastadores como el ocurrido en abril de 2016, causando daños significativos en infraestructura y pérdidas humanas considerables. Este evento subrayó la urgente necesidad de mejorar las prácticas de construcción y reforzamiento estructural en áreas de alta vulnerabilidad sísmica (Instituto Geofísico, 2016).

El crecimiento urbano de Manta ha sido rápido y, en muchos casos, desordenado. La falta de planificación urbana y construcción informal han dado lugar a numerosas edificaciones que no cumplen con las normativas sismorresistentes. Según el estudio de López (2019), aproximadamente el 70% de las viviendas en Manta carecen de un diseño estructural adecuado para resistir terremotos, aumentando significativamente el riesgo de colapso en caso de un evento sísmico.

Además, Loo et al. (2021) señala que, muchas de estas viviendas fueron construidas sin supervisión técnica ni inspecciones rigurosas, resultando estructuras con deficiencias críticas que comprometen su estabilidad por la falta de recursos y conocimientos técnicos adecuados entre los constructores locales, quienes a menudo recurren a métodos de construcción tradicionales inadecuados para áreas de alta sismicidad.

En respuesta a la necesidad de mejorar la resistencia sísmica de las edificaciones, el gobierno ecuatoriano ha desarrollado la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) como la NEC-15, que establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras sismorresistentes basado en principios internacionales reconocidos, proporcionando directrices claras para la evaluación y reforzamiento de edificaciones existentes (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

La aplicación efectiva de esta normativa ha sido limitada debido a la falta de recursos y capacitación entre los profesionales de la construcción. Según Cunalata y Caiza (2022), es esencial que las autoridades locales promuevan la capacitación y adopción de las mismas para mejorar la seguridad de las edificaciones. Por lo tanto, el uso de disipadores de energía como sistema TADAS (Tuned Absorber-Damper System) ha demostrado ser una estrategia efectiva para la mejora de la resistencia sísmica de las estructuras, pues, están diseñados como mecanismo de absorción y disipación de la energía generada por movimientos sísmicos, reduciendo las demandas sobre la estructura principal, mitigando el riesgo de daños severos (American Society of Civil Engineers, 2017).

De tal modo, representa una solución innovadora que ha ganado aceptación en varias regiones sísmicamente activas del mundo. Estudios realizados por el Federal Emergency Management Agency (FEMA) han demostrado que pueden reducir significativamente las fuerzas internas y desplazamientos en las estructuras durante un terremoto, mejorando el desempeño general, aumentando la seguridad para los ocupantes (Cunalata y Caiza, 2022).

En investigaciones recientes sugieren que puede ser altamente beneficiosa para mejorar la seguridad sísmica de las viviendas en áreas de alta vulnerabilidad. El Proyecto SARA (South America Risk Assessment) enfatiza la necesidad de adoptar tecnologías avanzadas y enfoques basados en la evidencia para la reducción de riesgos sísmicos en la región (South America Risk Assessment, 2018).

De igual modo, en el trabajo Aguiar et al. (2016) destacan que los disipadores TADAS son eficaces para reducir las deformaciones y fuerzas internas en las estructuras durante eventos sísmicos. Estos dispositivos funcionan mediante la absorción de la energía sísmica, disminuyendo el impacto en los elementos estructurales principales; concluyendo que la integración de disipadores de energía en el diseño de edificaciones puede mejorar significativamente su desempeño sísmico.

Por otro lado, en estudios realizados en Japón y Estados Unidos, donde los disipadores de energía se han implementado ampliamente, respaldan su efectividad. Aguilar et al. (2012) evaluaron el desempeño de edificios equipados con disipadores TADAS durante el terremoto de Tohoku en 2011 y encontraron que experimentaron menores daños en relación con otros que no contaban con el mismo, reforzando la viabilidad técnica y beneficios prácticos de adoptar disipadores de energía en zonas sísmicamente activas.

En el contexto ecuatoriano, la integración de disipadores de energía en las estrategias de reforzamiento estructural aún es incipiente, pero, está ganando tracción. Cunalata y Caiza (2022), han comenzado a explorar la aplicación de disipadores de energía en edificaciones de hormigón armado. En este sentido, los estudios preliminares sugieren que la implementación de disipadores TADAS podría ser una solución efectiva para mejorar la seguridad sísmica de las estructuras en el país.

A pesar de los avances, existen varios desafíos para la implementación en Ecuador debido a la falta de capacitación y recursos técnicos entre los profesionales de la construcción. Además, la percepción de altos costos iniciales puede disuadir a los propietarios y constructores de adoptar estas tecnologías. Sin embargo, los beneficios a largo plazo, en términos de reducción de daños y protección de vidas, justifican la inversión en tecnologías de reforzamiento sísmico. La promoción de programas de capacitación y concienciación sobre los beneficios de los disipadores de energía podría facilitar su adopción. Las autoridades locales y las instituciones educativas tienen un papel crucial en este proceso, proporcionando apoyo técnico y recursos para la implementación de estas soluciones innovadoras.

8.6. Hipótesis

8.6.1. *Hipótesis general*

El reforzamiento estructural de la vivienda en estudio mediante la implementación de disipadores de energía TADAS, siguiendo las directrices del FEMA-154 y el proyecto SARA, disminuirá significativamente su vulnerabilidad sísmica y mejorará su capacidad para resistir eventos sísmicos futuros.

8.6.2. *Hipótesis específicas*

- La instalación de disipadores de energía TADAS en la vivienda de estudio, conforme a las directrices de FEMA-154 y el proyecto SARA, resultará en una reducción significativa de los desplazamientos y esfuerzos internos durante eventos sísmicos.
- La aplicación de las técnicas de análisis no lineal para evaluar el desempeño sísmico y el reforzamiento de la estructura con disipadores de energía TADAS, siguiendo la metodología del FEMA-154 y el proyecto SARA, mejorará la capacidad de la vivienda para disipar energía sísmica, aumentando así su resistencia estructural.

8.7. Alcance

El alcance de esta tesis se define por los límites y parámetros dentro de los cuales se llevará a cabo la investigación sobre la implementación de disipadores de energía TADAS en una vivienda de tres pisos en Manta, Ecuador. Este estudio aborda tanto los aspectos técnicos como prácticos de la evaluación y reforzamiento estructural para mejorar la resistencia sísmica de la edificación.

Por ende, el estudio se centrará en una vivienda de tres pisos ubicada en la ciudad de Manta, pues, representa construcciones residenciales de la región, caracterizadas por una alta vulnerabilidad sísmica debido al incumplimiento de normativas sismorresistentes. Se realizará una evaluación detallada de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda utilizando el software

ETABS para la evaluación sísmica basado en un análisis lineal, dinámico no lineal (método FNA e integración directa), dinámico espectral y modelado estructural.

Además, se incluirá el diseño y la simulación de la implementación de disipadores de energía TADAS en la estructura de la vivienda a través de la selección y configuración (número, tipo y ubicación óptima), simulaciones comparativas (desempeño estructural con y sin los disipadores TADAS). Para ello, se considerará normativas como NEC-15, FEMA-154 y Proyecto SARA. Por último, se aplicará la evaluación técnica y económica, en el que se incluye el análisis de costos asociados a la instalación de los disipadores en comparación con los beneficios esperados en términos de reducción de daños y mejora de la seguridad sísmica.

8.8. Limitaciones

La implementación de disipadores de energía TADAS en una vivienda de tres pisos en Manta presenta varias limitaciones. Una de ellas, es que la precisión de los datos de entrada y capacidades del software ETABS pueden no capturar completamente el comportamiento no lineal complejo de la estructura. Además, las simulaciones se basan en escenarios sísmicos específicos, lo que no abarca toda la variabilidad de eventos sísmicos posibles.

Otra limitación es que la instalación y mantenimiento de los disipadores TADAS pueden enfrentar desafíos prácticos que afectan el desempeño real. Finalmente, los factores económicos y sociales también pueden influir en la adopción de la tecnología, incluso la revisión bibliográfica puede no incluir actualizaciones más recientes en el campo.

Capítulo 2: Marco teórico

9.1. Disipación de Energía en Estructuras

9.1.1. *Definición e Importancia de los Disipadores de Energía*

Los disipadores de energía se definen como dispositivos cuya finalidad es la absorción y disipación de la energía que se induce a una estructura como consecuencia de la existencia de un evento sísmico. Se caracterizan por actuar como amortiguadores ayudando en la reducción del nivel de fuerza que se transmite a los elementos esenciales de la estructura, lo cual ayuda a incrementar la resistencia en casos de temblores. Por lo tanto, son esenciales para evitar que las construcciones sufran daños significativos que impidan que continúen siendo utilizadas o habitables (Guerrero et al., 2020).

Según explica Ayala et al. (2020) los disipadores de energía hacen posible aislar el exceso de energía que recibe una determinada estructura cuando se presente un evento sísmico. Permiten que la construcción soporte altos niveles de presión y fuerza, de tal manera que se mantenga en pie ya que distribuyen el impacto de manera equilibrado evitando que se produzcan graves daños estructurales. Su implementación dentro de los diseños es importante porque constituyen en un elemento que aporta estabilidad frente a movimientos telúricos.

Los disipadores de energía absorben la energía sísmica que ingresa al edificio, disipándola y evitando que la estructura sufra de daños considerables. Son colocados en la estructura actuando como opositores del movimiento sísmico, es decir generan fuerzas contrarias lo cual ayuda a lograr estabilidad. Es decir, al momento de un evento telúrico, los disipadores ejercen un efecto de amortiguación, disminuyendo tanto la fuerza sísmica como el desplazamiento. De esta manera, las estructuras tienen mayores posibilidades de mantenerse en pie de una manera segura (Sioingeniería, 2025).

Desde el punto de vista de Guerrero (2018) los disipadores de energía son importantes por las siguientes razones:

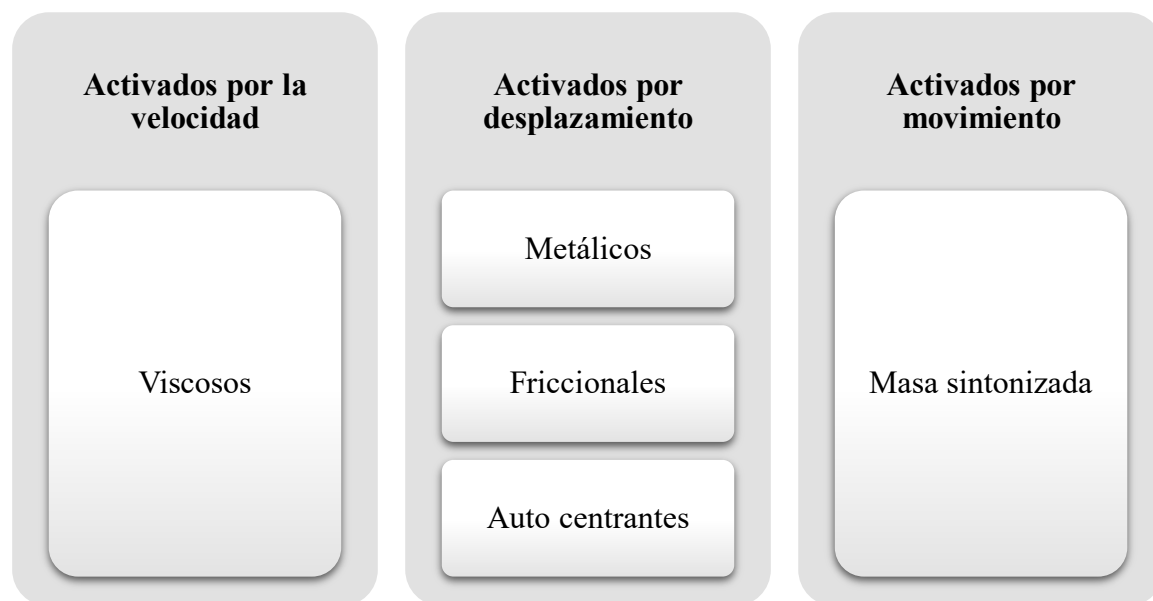
- Disminuye la deformación de las estructuras debido a que se disipa la fuerza sísmica y se reduce la incidencia de daño.
- Disminuye la posibilidad de que la estructura pierda funcionalidad o colapse gracias al amortiguamiento de la fuerza provocada por el evento sísmico.
- Cumplen la función de ser fusibles estructurales, ya que pueden ser reemplazados de manera fácil si han sufrido algún tipo de daño después de haber soportado la fuerza de un sismo.
- Si bien el uso de disipadores es una inversión, el costo de la construcción generalmente aumenta un 5%, sin embargo, los beneficios se observan en el largo plazo, reduciendo potencialmente los daños que pueden sufrir las estructuras.
- Disminuyen el costo de reparación ya que centralizan el impacto en los daños en sí mismos, por lo que la estructura no sufre daños y el reemplazo de los disipadores es más económico.
- Disminuye la pérdida de rigidez de la estructura, lo que significa que el daño acumulado a lo largo de la vida útil de la construcción es menor ya que la energía sísmica se disipa de manera equilibrada.
- Reduce los costos de construcción, ya que el uso de disipadores de energía hace posible cumplir con la normativa antisísmica estipulada por las autoridades competentes.
- Hace posible la rehabilitación y el reforzamiento de las construcciones ya que no se necesita aumentar la cimentación, pero si aumenta la capacidad para disipar las fuerzas que se producen en el contexto de enfrentar eventos telúricos de todas las intensidades.

Por lo tanto, los disipadores de energía tienen como característica principal que evitan hacer resistencia en relación con el movimiento de la construcción, su función principal es la absorción de la energía, siguiendo el comportamiento de la estructura. De esta manera, la edificación no sufre ningún tipo de deformación manteniéndose estable y reduciendo el riesgo de daños considerables e incluso de desplome (Sioingeniería, 2025).

9.1.2. Tipos de Disipadores de Energía

Los principales disipadores de energía según explica Rodríguez (2025) se clasifican tal como se muestra en la Figura 1:

Figura 1 Tipos de disipadores



Fuente: Adaptado de Rodríguez (2025).

En relación con los disipadores activados por velocidad Rodríguez (2025) explica que estos funcionan disipando la energía por medio del uso de las velocidades relativas que se presentan entre los puntos de unión de los dispositivos. El movimiento determina el tipo de respuesta fuerza – desplazamiento, dentro de estos se encuentran los denominados como viscosos, los cuales disminuyen la vibración y la respuesta dinámica de la construcción gracias a sus materiales viscoelásticos.

Los disipadores activados por desplazamiento se caracterizan por la disipación de la energía en función de los desplazamientos de carácter relativo que se presentan entre los diferentes puntos en los cuales se conecta el dispositivo. Dentro de los más utilizados se encuentran los friccionales, auto centrantes y los metálicos. Su implementación permite absorber y distribuir el impacto de tal manera que la estructura no presente daños considerables en el contexto de un evento sísmico (Sioingeniería, 2025).

Respecto a los disipadores activados por movimiento, se conoce que una de sus principales características es que interrumpen el flujo normal de la energía que presenta la estructura por medio la vibración que realiza un sistema secundario. De esta manera la estructura alcanza mayor estabilidad, disminuyendo de manera considerable el riesgo de potenciales daños. Se tiene como referencia los disipadores de masa sintonizada, los mismos que se componen de una mesa pesada conectada con el uso de amortiguadores y resortes (Rodriguez, 2025).

9.1.3. Principio de Funcionamiento de los Disipadores de Energía

El principio fundamental del funcionamiento de los disipadores de energía es la transformación de la energía externa producido por un sismo u otro similar en otro tipo de energía la cual puede ser calor o fricción con la finalidad de que el impacto no genere daños en la estructura. De esta manera se logra que la acumulación de energía se disipe por medio de acciones como la amortiguación de tal manera que se reduzca el impacto y por tanto las consecuencias producidas por los movimientos sísmicos que se presentan. (Genatios y Lafuente, 2016).

Por lo tanto, al implementar dentro de las estructuras disipadores sísmicos se produce un efecto de amortiguamiento en función de la dirección e intensidad del movimiento telúrico con la finalidad de proteger la estructura.

El uso de disipadores brinda entre un 50% y un 100% de seguridad estructural, porque incrementa la capacidad sismorresistente y se reducen de manera significativa los costos por reparación de daños. Como parte de los principios también se debe tomar en cuenta la

valoración del tipo de disipadore más adecuado en función de las diferentes características de las estructuras (Cedeño y Palma, 2020).

Además, Genatios y Lafuente (2016) que los disipadores de energía sísmica, al actuar como amortiguadores permiten que la estructura vibre por medio de movimientos oscilatorios hasta llegar a un estado de reposo. Los factores que intervienen en este proceso son la fricción que se produce en los puntos de unión, las microfisuras que se presentan tanto en la mampostería como en el concreto y las vibraciones radiadas dirigidas hacia el suelo. El equilibrio de estos elementos facilita que la estructura recupere su posición original.

Según menciona Sellés (2021) estos elementos facilitan que la energía recibida por una estructura se disperse desde el suelo a todas las estructuras que encuentran en él. Parte de los principios de su funcionamiento es la baja resistencia frente a movimientos lentos, sin embargo, son altamente eficaces cuando se presentan movimientos bruscos actuando como un cinturón de seguridad. El adecuado funcionamiento depende de la valoración de las características de la edificación y del suelo, con el fin de implementar el tipo de disipador que brinde mayor nivel de seguridad.

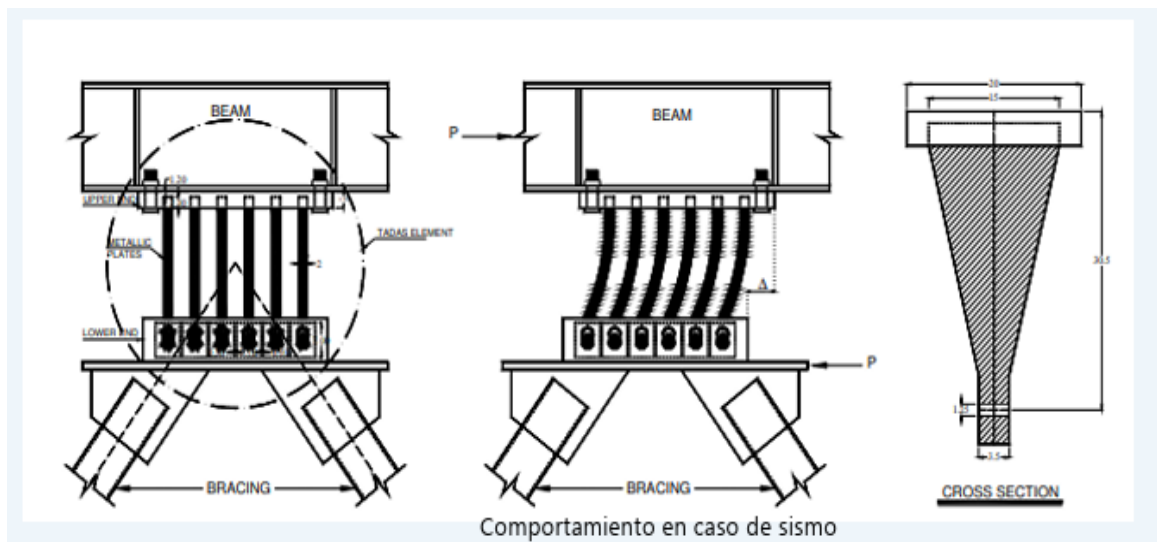
9.2. Disipadores TADAS

9.2.1. Aspectos Generales de los Disipadores TADAS

Los disipadores TADAS cuyas siglas provienen de su nombre en inglés Triangular Plate Added Damping and Stiffness, se encuentran compuestos por placas de forma triangular, las cuales son de material de acero y se encuentran colocadas en forma paralela. La base de cada una se encuentra soldada a otra placa que se caracteriza por ser rígida, y se encuentra cerca a la condición de vínculo empotrado. Al estar conectada con el otro extremo hace posible el movimiento que se realiza de manera libre y verticalmente. Por su parte, el amortiguador es el que aporta resistencia horizontal ayudando a seguir el desplazamiento del piso por medio del proceso de deformación y flexión de las placas individuales (Lino, 2022).

En los casos en los cuales se utilizan para condiciones asociadas al viento o sismos de baja intensidad el disipador debe ser diseñado tomando en cuenta el rango elástico. Cuando se trata de sismos de mayor fuerza las placas deben deformarse de manera inelástica de tal forma que puedan disipar la energía de entrada. La definición del tamaño de las placas, así como de la cantidad de las mismas, dependerá de las características de la estructura y de las necesidades de disipación de energía (Aguilar et al., 2016). En la Figura a continuación se puede observar de mejor manera cómo se estructuran y su comportamiento en casos de sismo.

Figura 2 Disipador TADAS



Fuente: Tomado de (Disipa , 2021).

Como se observa en la Figura 2 la manera en que se encuentra construido el disipador TADAS ayuda a que las placas se deformen por flexión realizando una curvatura simple cuando se presentan sismos. De esta manera la fuerza se distribuye de forma uniforme, aportando eficiencia al momento de evitar que las estructuras reciban impactos que puedan provocar algún tipo de daño permanente. Por esta razón es fundamental que el diseño sea adaptado a las particularidades de cada edificación.

Como menciona Lino (2022) una de las características fundamentales del TADAS es que el efecto producido como consecuencia de las cargas gravitatorias de la edificación puede estar totalmente separado del disipador.

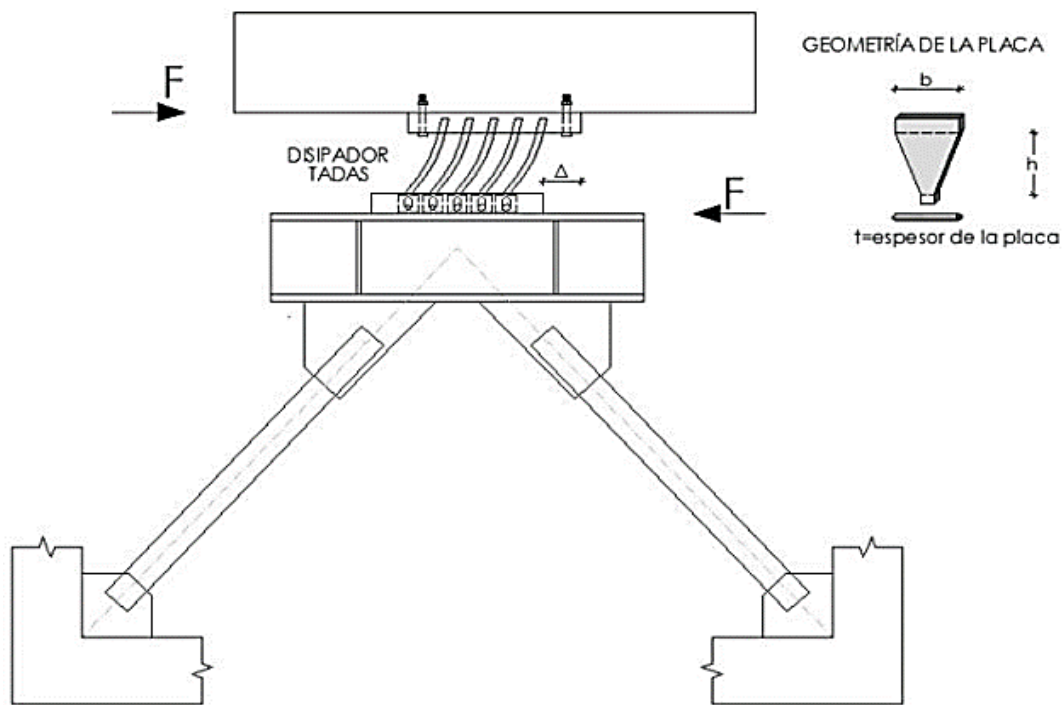
La razón es que se utiliza el extremo que se no posee agujeros de tipo ovalado, de esta manera, no existe ningún tipo de restricción cuando se dan grandes deformaciones y desplazamientos. Con este tipo de disipador las estructuras alcanzan mayor plasticidad y flexibilidad favoreciendo la respuesta inelástica, sin que exista algún tipo de riesgo de que la placa sufra inestabilidad independientemente de la carga axial.

9.2.2. Principios de Funcionamiento de los Disipadores TADAS

El funcionamiento de los disipadores TADAS se base en la disipación de la energía a través de la deformación de los sismos por medio de la deformación de las platinas que lo componen, los mismos que tienen la capacidad de soportar diferentes ciclos de histéresis sin necesidad de llegar a la falla. De esta manera la estructura se mantiene estable y sin experimentar daños ya que se logra canalizar el impacto provocado por los movimientos telúricos que se presenten (Aguiar et al., 2016).

Como explica Guerrero (2022), cuando los disipadores TADAS experimentan una carga lateral provocada por un sismo, las placas experimentan una deformación por flexión hasta alcanzar un rango plástico. Por lo tanto, considerando las propiedades que posee el acero, las láminas producen un ciclo de histéresis de tal manera que se equilibran las cargas laterales considerando los dos sentidos. Por esta razón, cuando se presentan sismos la energía y en consecuencia los daños se concentran en los disipadores, ya que actúan como fusibles que mantienen la estabilidad de la estructura. La Figura 3 muestra el funcionamiento:

Figura 3 Funcionamiento de Disipador TADAS



Fuente: Tomado de Guerrero (2022).

El área superior se encuentra conectada a una viga, la misma que está unida a un empotramiento móvil, mientras que por el otro se articula para favorecer el desplazamiento vertical que se presenta a lo largo de los agujeros ovalados, permitiendo que la energía se disipe con el fin de reducir el impacto. Las partes, tanto superior como inferior, del disipador TADAS realizan un desplazamiento lateral, además se presenta un desplazamiento relativo entre estas partes. A fin de no tener ningún tipo de limitación o restricción en el proceso de los movimientos laterales, es necesario que el borde articulado pueda levantarse. De esta manera, la estructura se mantiene estable ante los efectos de un movimiento sísmico (Aguilar et al., 2016).

9.2.3. Condiciones de Funcionamiento de los Disipadores TADAS

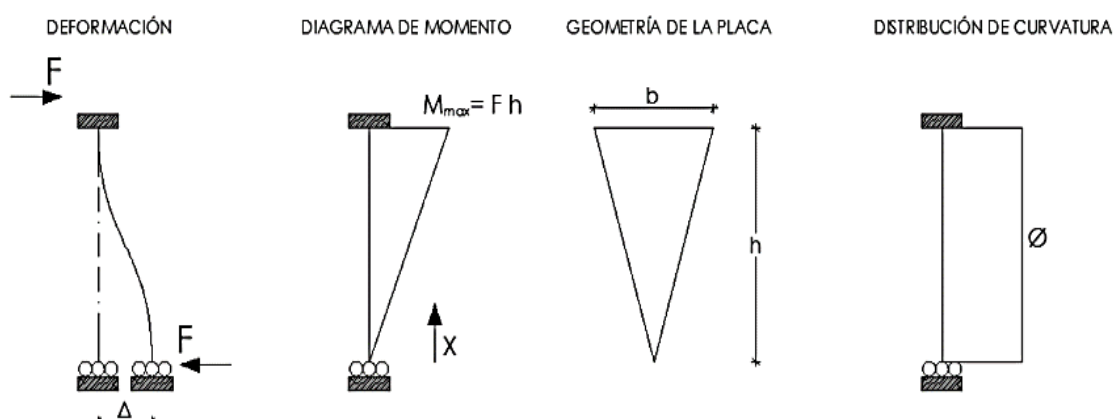
El adecuado funcionamiento de los disipadores TADAS, según explica Guerrero (2022) requiere del cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Las platinas que hacen parte del TADAS deben diseñarse de tal manera que sean los primeros elementos en influir, la razón es que si no se hace de esta manera se debería utilizar otro componente dentro de la estructura lo cual generaría que sea más rígida. Es importante que las platinas sean de acero cuya característica principal es el bajo esfuerzo de influencia.
- Es importante que el contraviento Chevron, lugar en el que se localizan las platinas, tengan un mayor rigidez y resistencia para asegurar que no entre en fluencia de manera anticipada. De esta manera se asegura que al recibir el impacto provocado por los sismos den el apoyo necesario a las platinas ayudando a que la deformación, favorezca la protección de la estructura.
- Los aspectos relacionados con el apoyo del dispositivo corresponden al empotramiento que se realiza en el extremo superior el cual está conectado directamente al pórtico de concreto, además la articulación que se presenta en el extremo inferior se encuentra conectada al arriostramiento.

A decir de Aguiar et al. (2016) las condiciones descritas ayudan a que los disipadores TADAS experimenten procesos de deformación adecuados, ayudando en la protección de la estructura. La forma triangular de la platina debe ser proporcional al área transversal del elemento, de tal manera que durante un sismo la curvatura sea uniforme en toda el área, para que la totalidad del elemento entre al mismo tiempo en fluencia. De esta manera, se evita que la platina sufra algún tipo de falla, que afecte directamente a la estructura.

El comportamiento adecuado del disipador TADAS al recibir carga lateral se puede observar en la Figura 4:

Figura 4 Comportamiento del disipador TADAS



Fuente: Tomado de Guerrero (2022).

Como explica Cano (2020) el comportamiento de carácter mecánico de las platinas TADAS se modela de manera similar a las conexiones de hacer que se someten a momento, ya que hacen que la relación entre el momento y la rotación se simplifique pasando a un modelo bilineal determinado por las áreas de fluencia inicial y final de la falla. Uno de los aspectos centrales del disipador TADAS es que, al ser la platina de material de acero, el cálculo de las áreas es más factible, lo cual aporta en la protección y reducción del nivel de riesgo en las estructuras cuando experimentan eventos sísmicos.

9.2.4. Ventajas y Desventajas de los Disipadores TADAS

De acuerdo con Mena (2019) y Zhi et al. (2024) los disipadores TADAS tienen varias ventajas tal como se detallan a continuación:

- Facilitan la disminución de demanda sísmica, pues, absorben y disipan la energía sísmica debido a la deformación del acero del que se forman.
- Presentan efectividad en edificaciones alta porque no alteran la arquitectura.
- La energía disipada es máxima porque los ciclos del disipador TADAS son aproximadamente rectangulares.
- Proporcionan un buen nivel de seguridad.
- Facilitan la optimización de elementos estructurales.

- Permite un diseño compacto y ligero, ideal para utilizar en espacios reducidos, logrando mayor flexibilidad.
- Son compatibles con diversos componentes o estructuras.
- Permiten cumplir con normativas y regulaciones respecto a la seguridad.
- Disminuyen las fuerzas que transmiten y provocan daño hacia la estructura principal.

Respecto a las desventajas, Genatios y Lafuente (2016) detallan las siguientes:

- Este tipo de disipadores necesitan contar con mantenimiento periódico con el fin de asegurar la efectividad.
- El costo inicial relacionado con el diseño e instalación puede ser alto.
- La instalación puede ser compleja en estructuras existentes.
- Puede presentar limitación en la escalabilidad provocando que se complique el incremento de calor sin afectar el rendimiento o durabilidad.
- Posterior al sismo las estructuras presentan deformaciones afectando la recuperación del funcionamiento estructural.
- Los dispositivos histeréticos metálicos se deben reemplazar después del sismo, pues, caso contrario la estructura muestra desplazamientos residuales.
- Los dispositivos de fricción con el tiempo cambian la superficie de rozamiento,
- Los dispositivos de fluidos viscosos dificultan de instalación y revisión periódica para identificar fugas de fluido.

9.2.5. Impacto de los disipadores TADAS en la Ingeniería Sísmica

La ingeniería sísmica se encarga del diseño y la construcción de estructuras cuya característica principal sea que estas puedan soportar las fuerzas e impactos que se generan en eventos telúricos. En este sentido, el uso de disipadores TADAS dentro de este campo hace posible que su implementación al momento de construir edificaciones minimice el riesgo de daños

estructurales, garantizando una mayor estabilidad al momento de experimentar movimientos sísmicos (Disipa , 2021).

Además, Zhi et al. (2024) mencionan que el uso de este tipo de disipadores ayuda a reducir la fuerza sísmica que se transmite a la estructura. Al cumplir la función de absorber la energía y disiparla la construcción alcanza mayor equilibrio ya que la fuerza se distribuye hacia todos los elementos que hacen parte de la edificación por lo que se evita daños estructurales que pueden dejarla inservible o inhabitable. En las edificaciones de alturas elevadas no es necesario modificar la arquitectura ya que el interés se centra en la configuración del disipador ya que debe basarse en parámetros y características específicos.

Desde el punto de vista de Cano (2020) los disipadores TADAS aportan en el fortalecimiento de la estabilidad estructural. La razón es que reducen el impacto de la fuerza sísmica evitando los colapsos o el desplome provocado por las vibraciones. Gracias a que actúan como atenuantes del desplazamiento de la estructura mientras se desarrolla un sismo. Los disipadores dan a la construcción cierta flexibilidad por lo que hacen que al desplazarse el movimiento sea controlado de manera moderada lo cual también hace posible la protección de otras estructuras, principalmente instalaciones de agua, luz, entre otras, las cuales no presentan la capacidad de soportar el impacto de grandes fuerzas.

Por lo tanto, la aporta en la reducción de la respuesta sísmica de las estructuras, protección ante colapso, reducción de costos de mantenimiento, reducen impacto ambiental debido a que algunos disipadores pueden ser diseñados de materiales sostenibles. De igual manera, representa un impacto social porque protegen la vida de las personas ya que la estructura está protegida.

En el contexto ecuatoriano, según el Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí (2025) costo o precio de los disipadores TADAS está en \$6.500. Aunque en Ecuador no se producen este tipo de disipadores hay proveedores internacionales como Grupo Prisma que hace envíos.

Cabe mencionar que, en el país se han identificado tres edificaciones que han aplicado disipadores TADAS como el Hospital Rodríguez Zambrano en Manta en el 2018 (Aguiar R. , 2018; Caballero et al., 2023). Asimismo, desde abril del 2025 en la ciudad de Manta se está construyendo el edificio Mawa, al igual que el lanzamiento en enero del edificio La Luz ubicado en el sector La Carolina de la ciudad de Quito, donde se incorpora los disipadores (Constructura Rosero, 2025; Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí, 2025).

9.3. Normativas y Directrices Relacionadas

9.3.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) determina los requisitos mínimos que facilita el diseño y la construcción de las estructuras sismorresistentes del país, esto con la finalidad de garantizar la seguridad y estabilidad de edificaciones en sitios sísmicos (Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

En la cual se encuentran la NEC-SE-DS (Peligro Sísmico Diseño Sismorresistente), donde se detalla los requisitos para diseñar estructuras para hacer frente a peligros sísmicos. Por ende, en el diseño sísmico se determina factores relacionados con la aceleración sísmica, configuración estructural y ductilidad de materiales (Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023). Las bases de diseño son las siguientes:

- Se utiliza la filosofía del diseño según desempeño
- Analiza las características sísmicas del suelo (aceleraciones, desplazamientos y velocidades).
- Evalúa el comportamiento lineal y no lineal.
- Se toma en cuenta el factor de la zona y curvas de peligro.
- Emplazamiento del suelo.
- Importancia estructural (coeficiente).

- En estructuras de uso normal, la estructura debe soportar desplazamientos laterales, redundancia, resistencia y ductilidad.
- Para la resistencia mínima se toma en cuenta las fuerzas sísmicas.

De igual modo, se considera la NEC-SE-RE (Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras) debido a que detalla los requisitos que facilita la rehabilitación de cualquier estructura, por lo que se debe determinar el objetivo, estrategias, levantamiento de información, modelación criterios de aceptación, diseño y rehabilitación (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023).

9.3.2. Directrices de FEMA y ASCE

La normativa FEMA (Federal Emergency Management Agency) establece criterios y sugerencias que permiten la evaluación de la resistencia sísmica para la mejora de las estructuras como FEMA 356 y P-154. La primera normativa ayuda en la rehabilitación sísmica de edificios existentes, en el que se establece requisitos técnicos, satisfaciendo una variedad de niveles de rendimiento y tengan en cuenta la variación de los riesgos sísmicos (Federal Emergency Management Agency, 2000).

En cuanto a FEMA P-154 establece requisitos para la evaluación rápida de los edificios para determinar su seguridad y usabilidad esperadas durante y después de los terremotos. Se utiliza esta información para planificar y priorizar la vulnerabilidad, necesidades de respuesta a emergencias y proyectos de mitigación (Federal Emergency Management Agency, 2015). Además de ASCE 41-17 (Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings) para determinación de vulnerabilidad sísmica y transferencia de carga (American Society of Civil Engineers, 2017).

9.4. Metodologías de Evaluación de Desempeño con Disipadores TADAS

La evaluación del desempeño se refiere al proceso para analizar el rendimiento y eficacia de un elemento o estructura, es decir, la capacidad para la resistencia de cargas, en el que se identifica los aspectos a mejorar como el funcionamiento y cumplimiento de los requisitos de seguridad (Puentes y Romero, 2023). Los componentes principales del desempeño estructural son los siguientes:

- Análisis de la estructura: se basa en la evaluación de la geometría, materiales y configuración estructural:
- Análisis de cargas: se evalúan las cargas que actúan sobre la estructura, así como estáticas y dinámicas.
- Evaluación de resistencia y rigidez: se analiza la capacidad de la estructura para resistir carga y mantener su integridad después de sismos.
- Evaluación de seguridad y bienestar: se analiza si la estructura puede garantizar seguridad de las personas cuando se presenta un sismo.

De acuerdo con Puentes y Romero (2023) la evaluación del desempeño presenta los siguientes niveles:

Figura 5 Niveles de desempeño



Fuente: Adaptado de Puentes y Romero (2023)

Por lo tanto, con la evaluación del desempeño se puede tomar decisiones para optimización estructural. La cual consiste en un mecanismo para mejorar la configuración de la estructura que permita cumplir con los requisitos de diseño y funcionamiento como el peso, resistencia, costo y estabilidad (Mei y Wang, 2021). La optimización puede ser de diversos tipos, tal como se detalla a continuación:

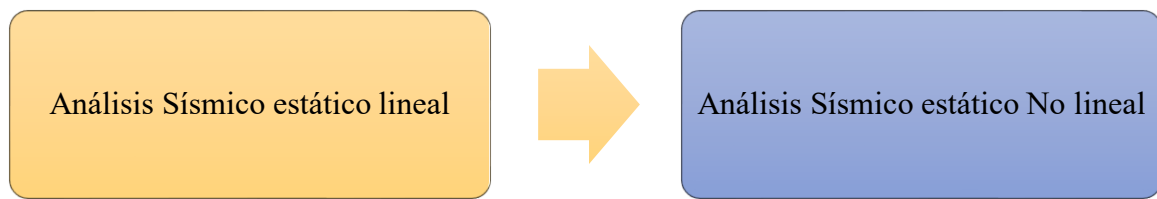
- **Forma:** facilita encontrar la solución para disminuir la utilización de recursos y aumentar el rendimiento, es decir, las coordenadas nodales de las estructuras.
- **Tamaño:** permite contar o determinar el tamaño oportuno de la estructura para mitigar impactos, especialmente de la sección transversal de las estructuras.
- **Topología:** ayuda a definir la topología adecuada de la estructura para aplicar soluciones respectivas, pues, se concentra en los nodos para eliminar los elementos estructurales innecesarios.
- **Materiales:** en este caso se determina el material adecuado para emplear como solución en la infraestructura analizada (Mei y Wang, 2021).

La optimización se puede emplear en el diseño de estructuras para la configuración, así como en el análisis para evaluar el rendimiento y la rehabilitación estructural con el fin de prolongar la vida útil de la misma.

9.4.1. Análisis sísmico estático

El análisis sísmico estático se trata de una metodología que emplea una carga sísmica equivalente para la evaluación de la respuesta de una estructura ante cargas. Se aplica en la evaluación de respuesta de una estructura frente a cargas y con esto se diseña para la resistencia de la edificación o estructura. Además, evalúa la vulnerabilidad sísmica estructural que permite la determinación de aspectos a mejorar (Rupay et al., 2023). Los tipos de análisis sísmico estático se muestran a continuación:

Figura 6 Tipos de análisis sísmico estático



Fuente: Adaptado de Rupay et al. (2023)

- **Análisis sísmico estático lineal:** evalúa la respuesta de una estructura ante cargas sísmicas, asumiendo que se comporta de manera lineal. Toma en cuenta el rango estático, factor de ductilidad de materiales.
- **Análisis sísmico estático no lineal:** evalúa la respuesta de una estructura frente cargas sísmicas no lineales del comportamiento estructural, considerando las deformaciones de afluencia y comportamiento.

Según Salas y Hernández (2021) los métodos derivados de la metodología de análisis sísmico estático son los siguientes:

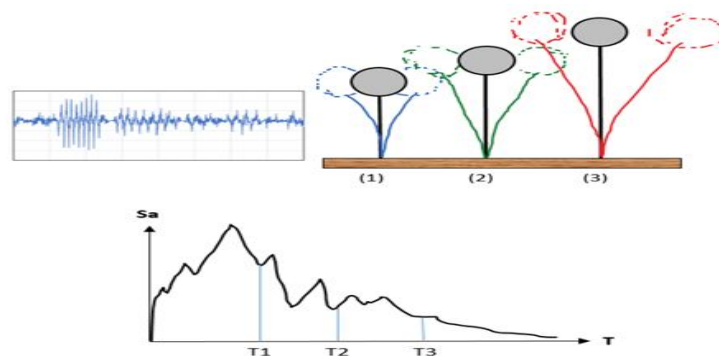
- **Método de la carga sísmica equivalente:** Se utiliza para evaluar la respuesta de una estructura ante cargas utilizando una carga sísmica equivalente estática, pues, se modelan las fuerzas estáticas empleadas de forma externa tanto en lo ancho y alto de la estructura, donde la aceleración es similar al terreno debido a que provoca fuerza inercia igual a la masa que representa el comportamiento sísmico para estimación de deformaciones y esfuerzos, aceptando movimiento de traslación (Salas y Hernández, 2021).

De igual manera, en la simplificación se debe considerar ciertos criterios como la altura no debe ser mayor a 3 niveles o 9 metros; estructura simétrica en ambas direcciones, rigidez tensional, componente vertical continuo y masas alineadas de manera vertical.

Además, es importante considerar la zona sísmica, características de suelo, tipo de uso y resistencia mínima de diseño.

- Método del espectro de respuesta: Se utiliza para evaluar la respuesta de una estructura ante cargas sísmicas, utilizando el espectro de respuesta de la estructura, pues, considera las propiedades de vibración. Se emplea en el cálculo de las fuerzas de inercia y fuerza máxima debido a un sismo. Para ello, es importante definir un modelo estructural de las propiedades, añadir masas en los nodos, configura la carga del espectro, analizar la frecuencia y dirección del sismo (Kangle y Yerudkar, 2020).

Figura 7 Construcción de espectros de respuesta

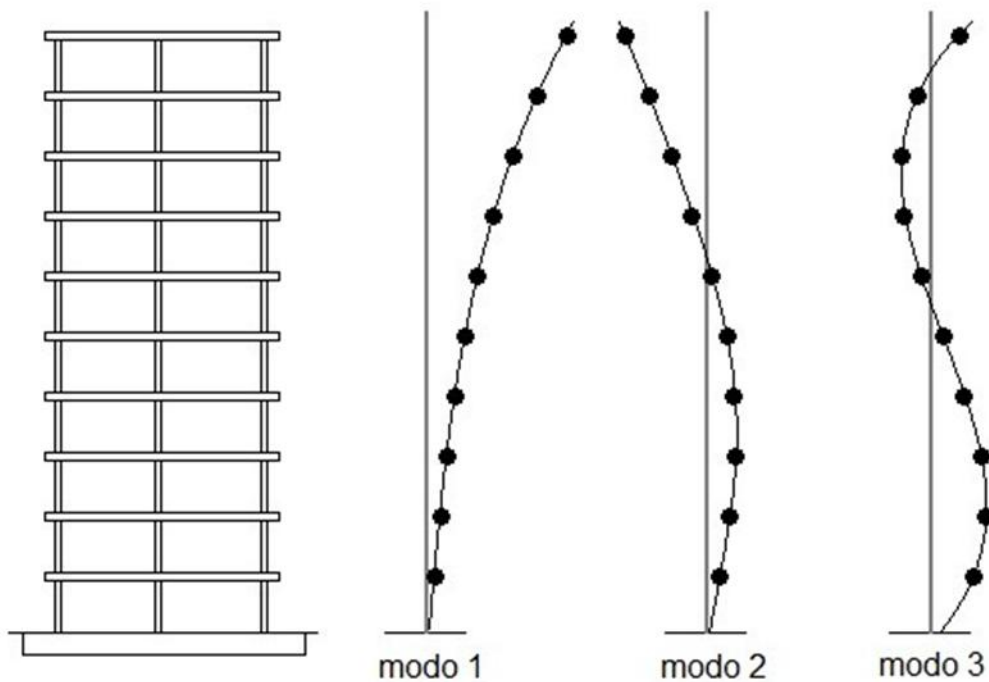


Fuente: Tomado de Kangle y Yerudkar (2020).

9.4.2. Análisis dinámico Espectral

El análisis dinámico espectral es una metodología utilizada para la evaluación de respuestas de una estructura frente a cargas dinámicas como sismos o vientos fuertes. Por ende, emplea un análisis de las vibraciones de la estructura con el propósito de identificar las fuerzas o desplazamientos. Siendo importante desacoplar las ecuaciones de equilibrio dinámico en individuales, obteniendo la respuesta máxima según grado de libertad, luego de vuelven acoplar para tener repuestas modal máximo y se combina con la respuesta dinámica (Dominguez y Ramos, 2023).

Figura 8 Análisis dinámico espectral



Fuente: Tomado de Carabalí (2020)

Por lo tanto, ayuda en el desacoplamiento del sistema de ecuación diferencial para la transformación en un sistema independiente y combinación modal. Para este cálculo se consideran dos modos de vibración:

- Método de autovalores: facilita la determinación de forma modal y frecuencia en un mecanismo de vibración libre.
- Métodos por vectores Ritz: permite identificar modos por fuerzas externas (Dominguez y Ramos, 2023).

En este contexto, esta metodología considera las propiedades dinámicas estructurales como la contribución a los modos y vibración para identificar el comportamiento real de la estructura frente a eventos sísmicos.

9.4.3. *Análisis dinámico no lineal*

El análisis dinámico no lineal toma en cuenta la geometría, condiciones de contorno, materiales, cargas y fuerzas de inercia. Además, se analiza la proporcionalidad de los desplazamientos y fuerzas, donde se presentan cambios en las variables, es decir, evolucionan con el tiempo.

- Time-History por el método FNA

Es un método que facilita el análisis estructural mediante el cálculo de respuesta dinámica frente a cargas que pueden variar a través del tiempo. Por ende, resuelve problemas no lineales del análisis de tiempo, especialmente, en los comportamientos de aisladores y disparadores. En la que se puede emplear una disminución de grados de libertad en vectores Ritz dependiente de la distribución de carga. De tal modo, utiliza la respuesta para representar la fuerza no lineal por modal, estimando los momentos de inercia en los grados de libertad y el vector Ritz para la evaluación modal (Andrade, 2023).

- Time-History por el método de Integración Directa

Se trata de un método numérico que integra de forma directa las ecuaciones no lineales del comportamiento estructural para la evaluación de respuesta ante cargas dinámicas. Ofrece precisión para evaluar la respuesta, flexibilidad y eficiencia en términos de tiempo. Se utilizan para el diseño de estructuras, analizar vibraciones y estabilidad estructural de cargas dinámicas no lineales para garantizar la estabilidad.

En este caso se debe comenzar definiendo el modelo estructural, propiedades geométricas y mecánicas, luego considerar las cargas dinámicas a aplicar, amplitud, duración y frecuencia. Luego se integran ecuaciones de movimiento no lineal utilizando método numérico como Newmark o Wilson- θ . Por último, se evalúa la respuesta de la estructura, aceleración, velocidad y desplazamiento estructural (Chopra, 2012).

Capítulo 3: Materiales y Métodos

10.1. Enfoque

En este estudio se consideró un enfoque mixto. A nivel cuantitativo se realizó cálculos para el análisis estructural, cuantificar deficiencias, medidas de reforzamiento, modelado lineal y no lineal. En cuanto al enfoque cualitativo se analizó la resistencia sísmica y los resultados del desempeño estructural de la vivienda.

10.2. Métodos

Los métodos utilizados para el desarrollo del trabajo se describen a continuación:

- Método descriptivo:

Se detalló las características de la vivienda como la descripción arquitectónica, distribución por cada planta, aspectos generales, etc.

- Método analítico:

Se efectúa análisis de la vivienda considerando el tipo de sistema de construcción, cimentación columnas, vigas y losas, es decir, desde el punto de vista estructural.

- Método experimental:

Se realizó la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda mediante análisis lineal y no lineal respecto al comportamiento bajo cargas sísmicas, y cuantificar los desplazamientos y esfuerzos interno; es decir, el desempeño de la estructura, cimentación y movimiento sísmico. Para ello, se utilizó el software ETABS para realizar análisis estructurales detallados. Con esto se estableció y simuló alternativas de reforzamiento estructural, implementación de disipadores de energía TADAS para reducir la vulnerabilidad sísmica en al menos un 30%, asegurando el cumplimiento con los requisitos de la normativa NEC-15.

10.3. Técnicas e instrumentos

En cuanto a las técnicas e instrumentos se consideró la observación directa mediante visitas de campo para identificar la situación actual de la vivienda, para ello, se utilizó como instrumento la ficha de visualización adaptada de FEMA P-154, en el que se detalla la información general de la vivienda, responsable de la evaluación, datos constructivos y ocupación. De igual modo, en la ficha se detalla la tipología del sistema estructural, factores (altura, irregularidad, código de construcción y tipo de suelo). Una vez calificado o seleccionado el puntaje se va sumando y se considera los criterios para la calificación como:

- Vulnerabilidad baja ($>2,5$).
- Vulnerabilidad media ($2 - 2,5$).
- Vulnerabilidad alta (< 2).

Tabla 1. Ficha de evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica adaptado de FEMA P-154

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO														
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES														
FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE					DATOS EDIFICACIÓN									
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN					Nombre de la Edificación:									
					Dirección:									
					Tipo de uso:									
					DATOS DEL PROFESIONAL									
					Nombre del evaluador:									
					Cédula del evaluador:									
					Fecha:									
					Registro SISESCOT:									
					DATOS CONSTRUCCIÓN Y OCUPACIÓN									
					Número de Pisos:									
					Año de construcción:									
					Año(s) Remodelación:									
					Área de Construcción:									
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1	H. Armado prefabricado										PC		
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico acero laminado										S1		
Mampostería reforzada	RM	Pórtico acero laminado con diagonales										S2		
Mixta Acero Hormigón o Madera Hormigón	MX	Pórtico acero doblado en frío										S3		
Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico acero laminado con muros estructurales de H. Armado										S4		
Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	Pórtico acero con paredes mampostería										S5		
Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3													
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, S														
PARAMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA														
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
PUNTAJE BÁSICO	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
	4,4	1,8	2,8	1,8	2,50	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2	
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (< 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Media altura (4 a 7 pisos)	NA	NA	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	NA	0,4	0,4	0,4	
Gran altura (>7 pisos)	NA	NA	NA	0,3	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	NA	0,5	0,5	
IRREGULARIDADES														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN														
Pre-código moderno (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2	
Construido en etapa de transición (entre 1977 - 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	NA	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1	
SUELO														
Suelo Tipo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-1,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	
Suelo Tipo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	
Suelo Tipo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8	
PUNTAJE FINAL, S														
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
S < 2,4 Alta vulnerabilidad (Necesita evaluación especial)														
2,0 > S > 2,5 Media Vulnerabilidad														
S > 2,5 Baja Vulnerabilidad														
OBSERVACIONES:														
FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN														

Fuente: Adaptado de FEMA P-154 según MIDUVI (2023)

10.4. Procedimiento

Para llevar a cabo la investigación se realizó el siguiente procedimiento:

- Determinar la vivienda a evaluar.
- Realizar levantamiento de la información de la vivienda.
- Aplicar la evaluación de vulnerabilidad mediante la ficha de FEMA P-154.
- Realizar modelamiento estructural de vivienda de tres pisos con ETABS, considerando el análisis lineal y no lineal respecto al comportamiento bajo cargas sísmicas para cuantificación de desplazamientos y esfuerzos internos. Esto se realizó antes de la implementación de los disipadores TADAS.
- Analizar el comportamiento estructural de la vivienda para identificar deficiencias y vulnerabilidad, así como el nivel de seguridad sísmica.
- Efectuar análisis de los resultados obtenidos, determinando estrategia de reforzamiento estructural con disipadores de energía TADAS.
- Simular el reforzamiento con implementación de disipadores de energía TADAS en ETABS.

Cabe mencionar que, para el modelo no lineal se toma en cuenta la caracterización de la vivienda, el proceso inicia con el modelado estructural no lineal mediante el modelo matemático para el análisis estructural utilizando ETABS, en el que se define el modelo 3D de la estructura, elementos (columnas) y cargas (vivas, muertas y sísmicas o espectros). Posteriormente, se efectúa el análisis no lineal basado en el modelo de comportamiento inelástico, Pushover (estático no lineal), dinámico no lineal (time-history) y comportamiento no lineal. Para ello, se tomó en cuenta las normas como NEC-SE-DS (Diseño Sismorresistente), NEC-SE-C (Concreto), NEC-SE-A (Acero), NEC-SE-RE (Rehabilitación Estructural), así como FEMA (356 y P-154) y ASCE 41-17.

10.5. Levantamiento de información de campo

10.5.1. Determinación vivienda a evaluar

La parroquia Tarqui se ubicó a 200 km de la zona cero del terremoto del 16 de abril, por consiguiente, las edificaciones sufrieron daños, por lo que actualmente, algunas viviendas se reconstruyeron y las demás fueron demolidas. No obstante, aún existen casas deshabitadas, otras tienen grietas u otros problemas en la infraestructura derivado al terremoto (González, 2022). La vivienda por evaluar se encuentra en las Calles Acacias 1012 y 4 de noviembre de la parroquia Tarqui perteneciente al norte de la ciudad de Manta. Las coordenadas son: -0.9715449170207969, -80.70154045971508.

Figura 9 Mapa de ubicación vivienda



Ubicación parroquia Tarqui

Ubicación Vivienda

Fuente: Tomado de Google Maps (2025)

10.5.2. Levantamiento de información preliminar

10.5.2.1. Datos generales de la vivienda

La vivienda se ubica en la calle Acacias y 4 de noviembre en la ciudad de Manta, la cual es un tipo unifamiliar de tres pisos con buen estado de conservación (Figura 10).

El año de construcción no tiene una fecha exacta, pues, no se ha especificado, pero, está construida con materiales como bloque y hormigón, indicando que es relativamente nueva o bien mantenida. Además, la casa se encuentra hipotecada al banco, por ende, aun no cuenta con escrituras. En cuanto a las características del terreno, la vivienda cuenta con una superficie de 1.000 m² ubicado en terreno plano sin pendientes significativas con acceso a la calle principal Acacias. La propiedad está ubicada cerca al edificio de apartamentos del Manta Boulevard que se destruyó con el terremoto de 2016, lo que facilita el acceso en transporte público y privado.

Figura 10 Ubicación vivienda



Fuente: Tomado de Google Maps (2025)

Respecto a la distribución interna de la vivienda se detalla de la siguiente forma:

- **Cantidad de habitaciones:** tiene un total de 8 habitaciones, incluyendo dormitorios, baños, sala de estar, comedor, etc.
- **Superficie por habitación:** son de tamaño amplio con 700 m² de construcción distribuido en tres pisos.
- **Distribución funcional:** está organizado para maximizar el uso del espacio. El primer piso incluye las áreas comunes y habitaciones, mientras que, los pisos superiores están destinados a las habitaciones y zonas privadas.
- **Materiales de construcción:** paredes de concreto y bloque, techos de concreto, pisos de cerámica.

- **Instalaciones:** cuenta con sistemas de electricidad, agua potable, gas, red de telefonía, internet, cisterna y tanque de elevación.

De igual manera, la vivienda dispone de servicios y equipamientos:

- **Suministros:** cuenta con todos los servicios básicos: electricidad, agua potable, gas, internet, televisión por cable.
- **Equipos:** electrodomésticos modernos, aire acondicionado en algunas habitaciones, sistema de seguridad con cámaras de vigilancia en el exterior del cerco perimétrico.
- **Condiciones de mantenimiento:** los equipos y sistemas funcionan correctamente, con un mantenimiento periódico asegurado.

Por otra parte, el estado del entorno está relacionado con la infraestructura interna, inmediato, seguridad y acceso, tal como se describe a continuación:

- **Infraestructura externa:** tiene un patio amplio en la parte trasera y un garaje en la parte delantera, así como un pequeño jardín.
- **Entorno inmediato:** está ubicada en una zona con alta accesibilidad a servicios públicos y privados cerca de escuelas, hospitales, centros comerciales y supermercados; incluyendo cerca de un edificio de apartamentos Boulevard, facilitando el acceso a instituciones educativas.
- **Seguridad y acceso:** es un sitio seguro, pues, cuenta con vigilancia policial regular. Tiene acceso fácil a través de transporte público y privado, pero, no se reportan problemas frecuentes de tráfico o ruido.

En los aspectos legales, la vivienda no cuenta con escritura, pues, está hipotecada en una institución financiera y el registro catastral. La casa cumple con normativa urbanística de construcción. Sin embargo, el terreno está en una zona de riesgo, pues, cerca de la casa de estudio, algunas edificaciones quedaron inhabilitadas, ya que, fue uno de los sectores que se perjudicaron por el sismo del 2016 y está autorizado para la construcción de una propiedad de

tres pisos. Por último, la vivienda es ideal para familias grandes debido a su tamaño y distribución en tres pisos. La ubicación se encuentra cerca de servicios educativos y salud, así como a edificios de departamentos.

10.5.2.2. Toma de los lados de las columnas

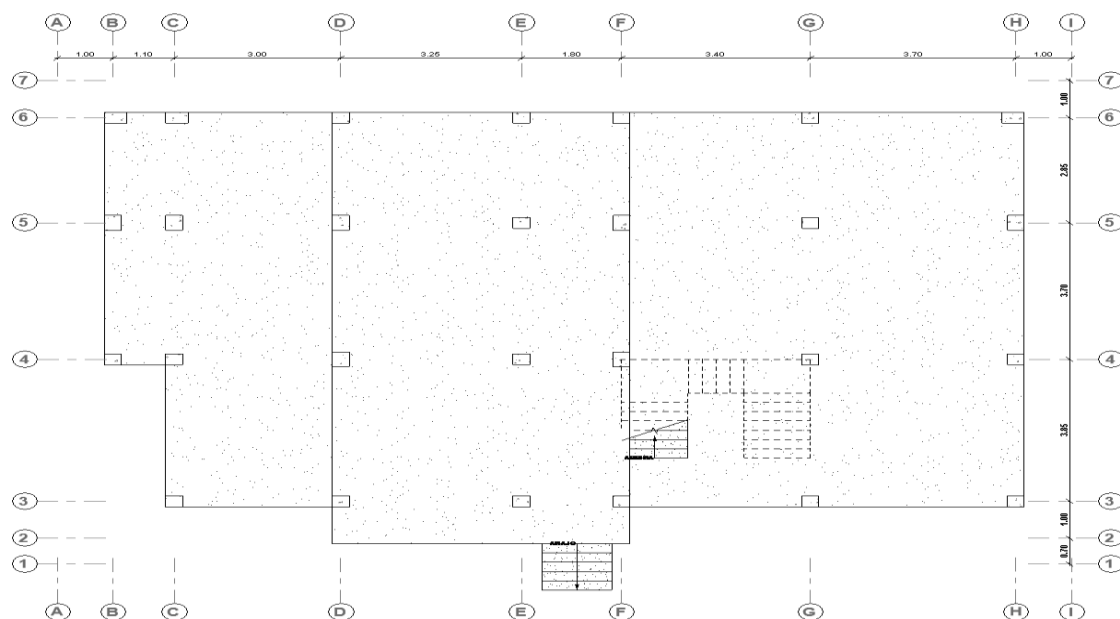
La vivienda tiene dos tipos de columnas, pues, solo en la primera planta son los cambios de secciones y en la segunda todas son columnas de 0.40 x 0.40.

- Primer Piso C (0.40cmx0.40cm)
- Segundo Piso y tercero C(0.40cmx0.40cm)

10.5.2.3. Esquema de la ubicación de columnas

A continuación, en la Figura 11 y Figura 12 se presenta el esquema de la ubicación de las columnas de la vivienda:

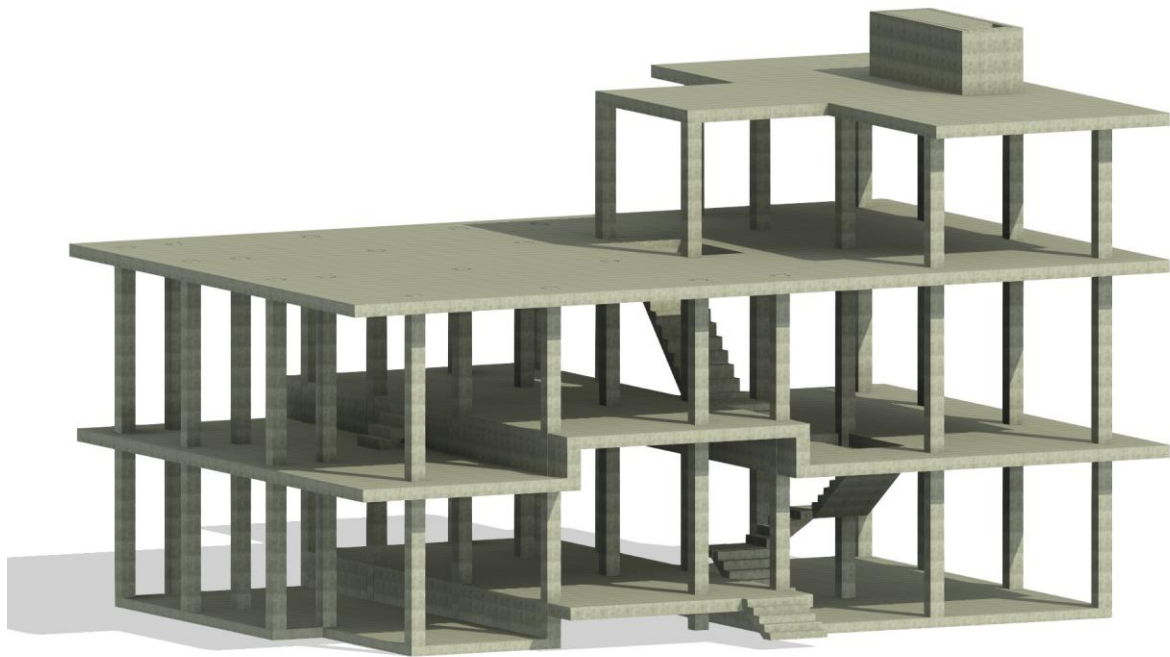
Figura 11 Esquema ubicación de columnas



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el esquema general de la ubicación de columnas.

Figura 12 Ubicación de columnas (3D)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el esquema en 3D de la ubicación de columnas.

10.5.2.4. Toma de la mayor cantidad de columnas posibles

Se acudió a la vivienda para la toma de medidas de las columnas de los tres pisos, los cual se utiliza en el ingreso de datos para el análisis y modelamiento de la misma (Figura 13).

Figura 13 Toma de datos de columnas





Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el proceso de toma de datos de la mayor cantidad de columnas

10.5.2.5. Toma de la altura de columnas desde piso a losa

La columna del primer piso tiene una altura de 2,95cm como se muestra en la Figura 14.

Figura 14 Toma de datos de la altura de columnas



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el proceso de toma de datos de la altura de columnas

10.5.2.6. Toma de datos del espesor de las losas

En la toma de datos se identificó que, el espesor de las losas es de 0,30 cm. Lo cual se obtuvo tal como se muestra en la Figura 15.

Figura 15 Toma de datos del espesor de las losas



Fuente: Elaboración propia, (2025)

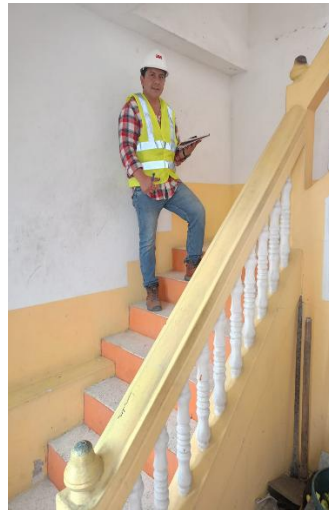
Nota. La figura muestra el proceso de toma de datos del espesor de las losas

10.5.2.7. Toma de datos del agujero donde se encuentra la grada

Se realizó la toma de medidas del agujero ubicado en la grada de la vivienda, tal como se muestra en la Figura 16.

Figura 16 Toma de datos agujero de la grada





Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el proceso de toma de datos del agujero ubicada en la grada

10.5.2.8. Toma de muestras de la altura total de la casa

En la toma de datos se identificó que, la altura total de la casa desde la terraza al piso es de 8,70 metros. Lo cual se obtuvo tal como se muestra en la Figura 17.

Figura 17 Toma de datos de la altura total de la casa



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el proceso de toma de datos de la altura total de la casa desde la terraza al piso

Además, en la terraza no se observó las varillas de columna.

10.5.2.9. Toma de medidas de todo el borde de losa en la terraza

Todo el borde de losa en la terraza es aproximadamente 17 metros. Esto se aprecia en la Figura 18.

Figura 18 Toma de datos de todo el borde de losa



Fuente: Elaboración propia, (2025)

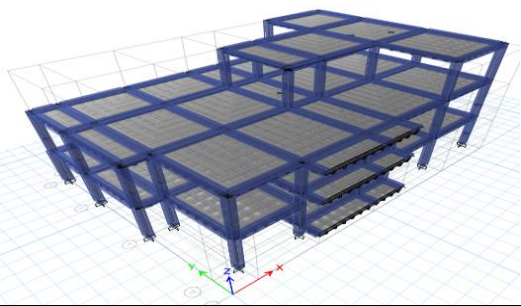
Nota. La figura muestra el proceso de toma de datos de todo el borde de losa en la terraza

10.5.3. Evaluación de vulnerabilidad mediante FEMA P-154

En este apartado se presenta la ficha de evaluación de vulnerabilidad según FEMA P-154, en el que se observó de manera rápida la estructura y obtener datos para efectuar sumatoria y la determinación de la vulnerabilidad o no; con esto se seleccionó el tipo de vivienda y la implementación del análisis.

A continuación, en la Tabla 2 se presenta el resultado de la ficha de evaluación de vulnerabilidad sísmica de la vivienda ubicada en la parroquia Tarqui.

Tabla 2. Evaluación de vulnerabilidad sísmica adaptado de FEMA P-154

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES														
FOTOGRAFIA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE  				DATOS EDIFICACIÓN										
				Nombre de la Edificación:		Vivienda MANT-01								
Dirección:		Calle Acacias 1012 y 4 de noviembre												
Tipo de uso:		Vivienda												
DATOS DEL PROFESIONAL														
Nombre del evaluador:		Darwin Acaro												
Cédula del evaluador				Fec ha		09/05/2025								
Registro SENESCYT														
DATOS CONSTRUCCIÓN Y OCUPACIÓN														
Número de Pisos:		3		Año(s) Remodelación:		NA								
Año de construcción:				Área de Construcción		700m ²								
TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1		H. Armado prefabricado								PC			
Mampostería sin refuerzo	UR M		Pórtico acero laminado								S1			
Mampostería reforzada	RM		Pórtico acero laminado con diagonales								S2			
Mixta Acero Hormigón o Madera Hormigón	MX		Pórtico acero doblado en frío								S3			
Pórtico Hormigón Armado	C1		Pórtico acero laminado con muros estructurales de H. Armado								S4			
Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2		Pórtico acero con paredes mampostería								S5			
Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3													
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, S														
PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA		TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL												
		W1	U R M	RM	MX	C1	C 2	C 3	P C	S1	S2	S3	S4	S 5
PUNTAJE BÁSICO		4,4	1,8	2,8	1,8	2,50	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (< 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	
Gran altura (>7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,4	0,4	0,6	0,8	N/A	0,5	0,5	
IRREGULARIDADES														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0,5	
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN														
Pre-código moderno (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	0,2	0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	0,2	
Construido en etapa de transición (entre 1977 - 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1	
SUELO														
Suelo Tipo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	0,4	1,4	0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	0,4	
Suelo Tipo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	0,6	0,4	0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	0,4	
Suelo Tipo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-0,8	0,8	0,8	1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	0,6	
PUNTAJE FINAL, S						2,8								

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA		
$S < 2.4$	Alta vulnerabilidad (Necesita evaluación especial)	
$2.0 > S > 2.5$	Media Vulnerabilidad	
$S > 2.5$	Baja Vulnerabilidad	
OBSERVACIONES:		
		FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN

Fuente: Elaboración propia, (2025)

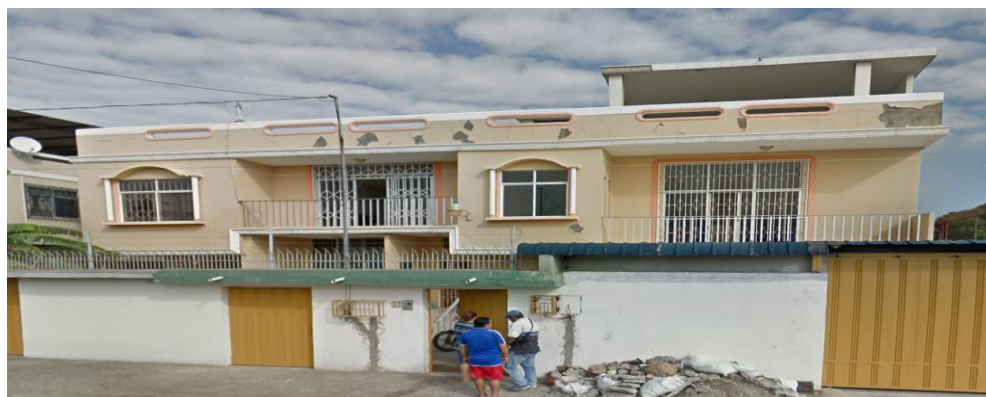
Nota. Tomado del levantamiento de información preliminar

Capítulo 4: Propuesta

11.1. Descripción del proyecto

El anteproyecto arquitectónico es una estructura de una planta baja y alta con el propósito de vivienda exclusivamente, tal como se aprecia a continuación en la Figura 19:

Figura 19 Fachada de la vivienda



Vista de fachada principal de edificación



Fachada principal

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la fachada de la vivienda

11.2. Sistema estructural

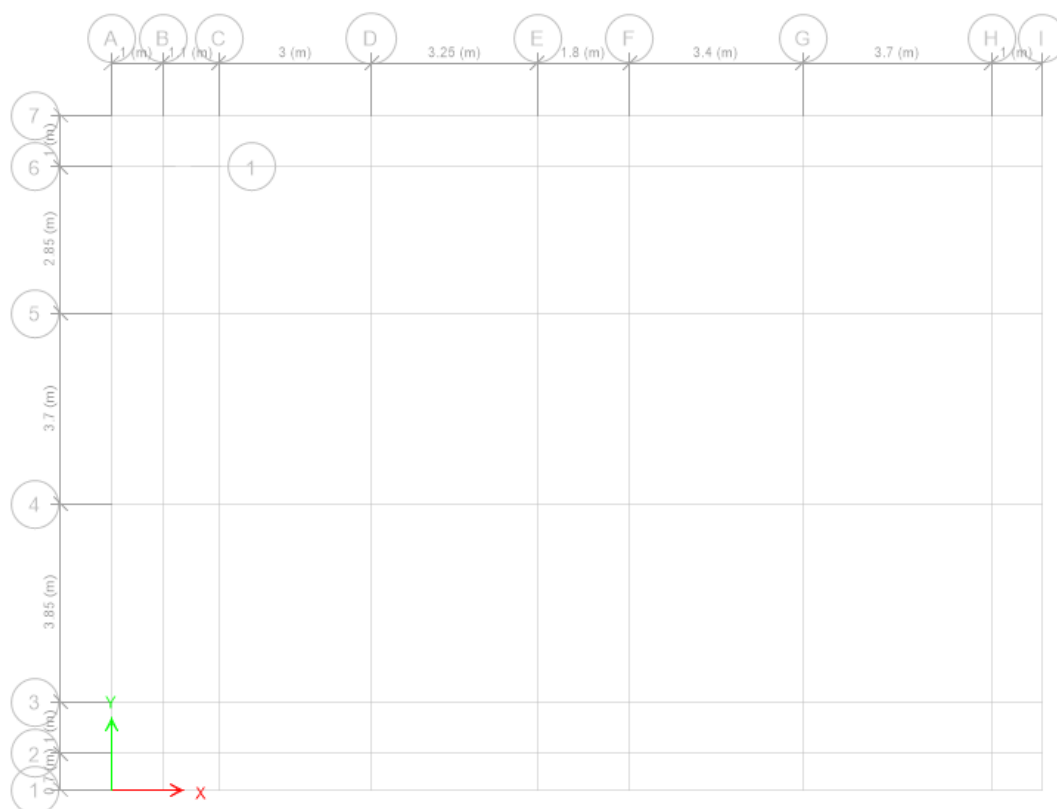
El sistema estructural de la edificación se ajusta de acuerdo con lo que indica la normativa a “Pórticos de hormigón armado con vigas banda”, con elementos de columnas – vigas, las rótulas plásticas se ubican en extremo de vigas – base de columnas en el primer piso. El detalle es que presenta una columna, nudo y viga fuerte a corte (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

11.2.1. Modelación de la Estructura

Las imágenes presentadas a continuación ilustran las distintas etapas del proceso de modelado estructural desarrollado mediante software ETABS especializado de análisis y diseño, utilizado para representar con precisión el comportamiento físico y mecánico de la edificación evaluada.

11.2.1.1. Ejes y Alturas de entrepiso

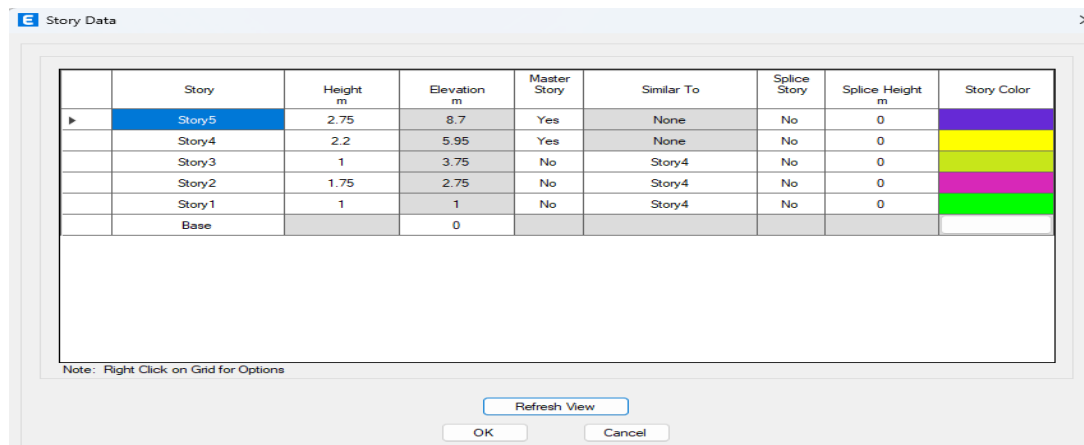
Figura 20 Dimensiones de cada eje



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra los ejes de la estructura.

Figura 21 Altura de Entrepisos



Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story5	2.75	8.7	Yes	None	No	0	
Story4	2.2	5.95	Yes	None	No	0	
Story3	1	3.75	No	Story4	No	0	
Story2	1.75	2.75	No	Story4	No	0	
Story1	1	1	No	Story4	No	0	
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View OK Cancel

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra las alturas de Entrepisos

11.3. Análisis de cargas

11.3.1. Análisis de fuerzas gravitatorias

En el análisis de fuerzas gravitacionales se considera la carga muerta y viva.

11.3.1.1. Determinación de Carga

La sobrecarga considerada sobre la losa incluye objetos permanentes estimados, la carga muerta se observa en la Figura 22.

11.3.1.1.1. Carga Muerta

Tabla 3 Peso propio de losa alivianada esp=25cm

Material	Carga Gravitacional
Peso Hormigón	2400 kg/m ³
Loseta de Comprensión 0.05x1mx1mx2400	120 kg/m ²
Nervios Longitudinales 0.20x1x0.1x2x2400	96 kg/m ²
Nervios Transversales 4x0.2x0.4x0.1x2400	76.8 kg/m ²
Aliviamientos 8*8.5	110 kg/m ²
PP	402.8 kg/m ²

Fuente: Elaboración propia, (2025)

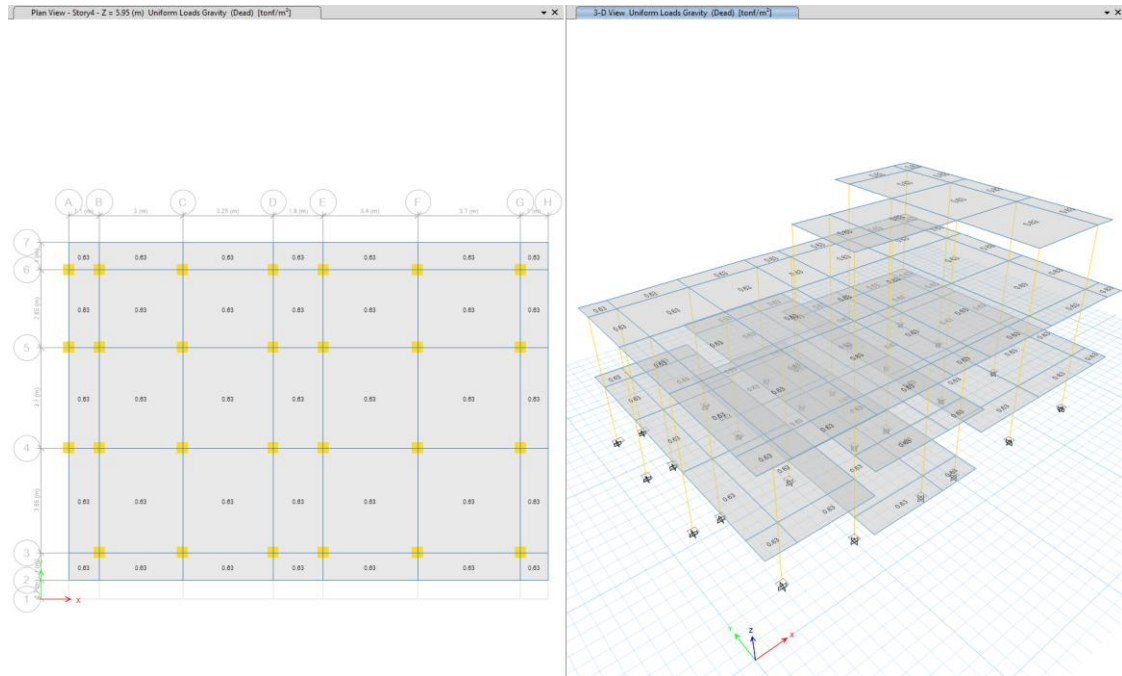
Nota. La Tabla muestra Peso propio de materiales de losa.

Carga por recubrimiento superior e inferior: 40 kg/cm²

Carga por mampostería: 180 kg/cm²

TOTAL CM: 0.63 T/m²

Figura 22 Carga muerta



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la carga muerta

11.3.1.2. Carga viva

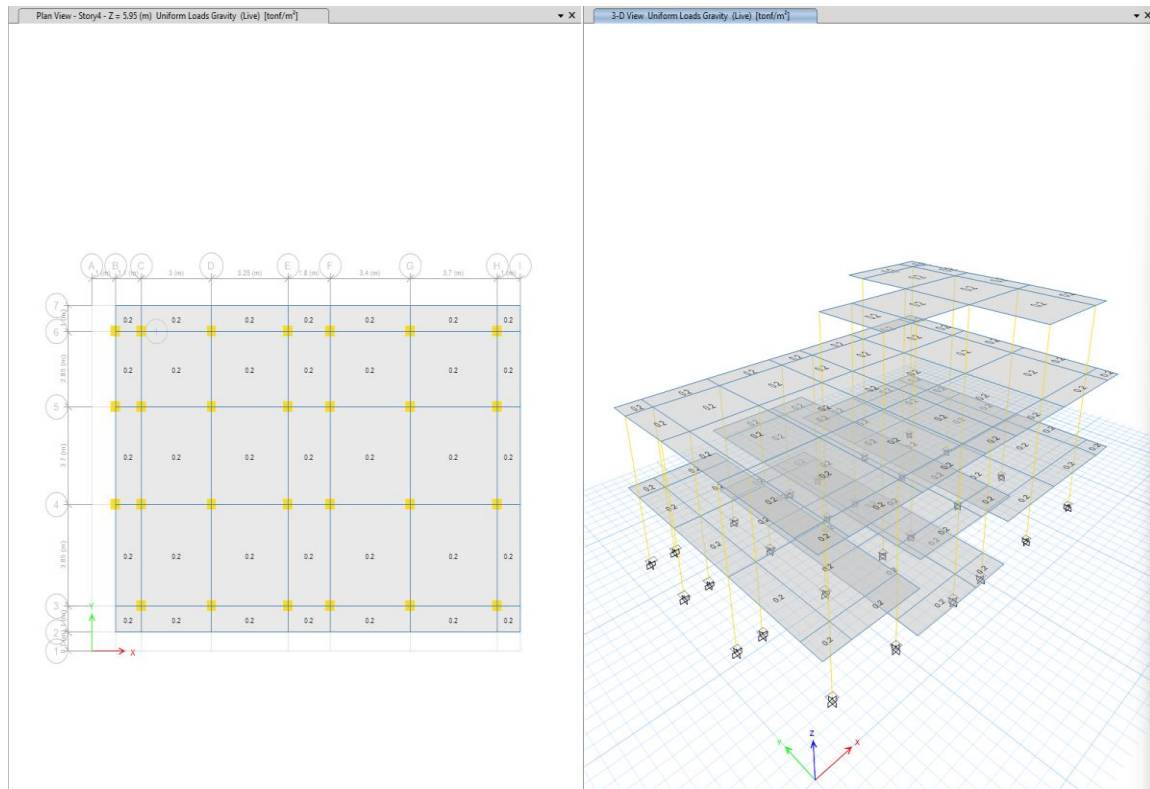
La carga mínima considerada sobre las losas es la indicada por la normativa para residencias.

La sobrecarga de carga viva se tiene en la Figura 23.

Para determinar el valor de la carga viva, se debe considerar el uso residencial de la estructura analizada, en este caso, una vivienda unifamiliar de tres pisos ubicada en la ciudad de Manta.

De acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-15), se adopta una carga viva de 0.2 T /m², para las distintas áreas.

Figura 23 Carga viva



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la carga viva

11.4. Parámetros de ingreso

Los parámetros de ingreso son los materiales, geometría de secciones y cargas.

11.4.1. Materiales

En el programa ETABS se ingresó los datos del hormigón y acero de refuerzo. En cuanto al hormigón se determinó material de concreto HS $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (Figura 244). Mientras que, para el acero de refuerzo con material tipo barra uniaxial con una resistencia mínima a la fluencia de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, correspondiente al grado 60, cuya resistencia mínima a la tracción es de 6300 kg/cm^2 y la resistencia esperada también es de 6300 kg/cm^2 . (Figura 25).

- Resistencia a compresión del hormigón: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Límite de fluencia del acero: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Elasticidad del hormigón

Ecuación 1: Modulo de elasticidad del hormigón con materiales asumido de Manta.

$$E_c = 13100 * \sqrt{f'c}$$

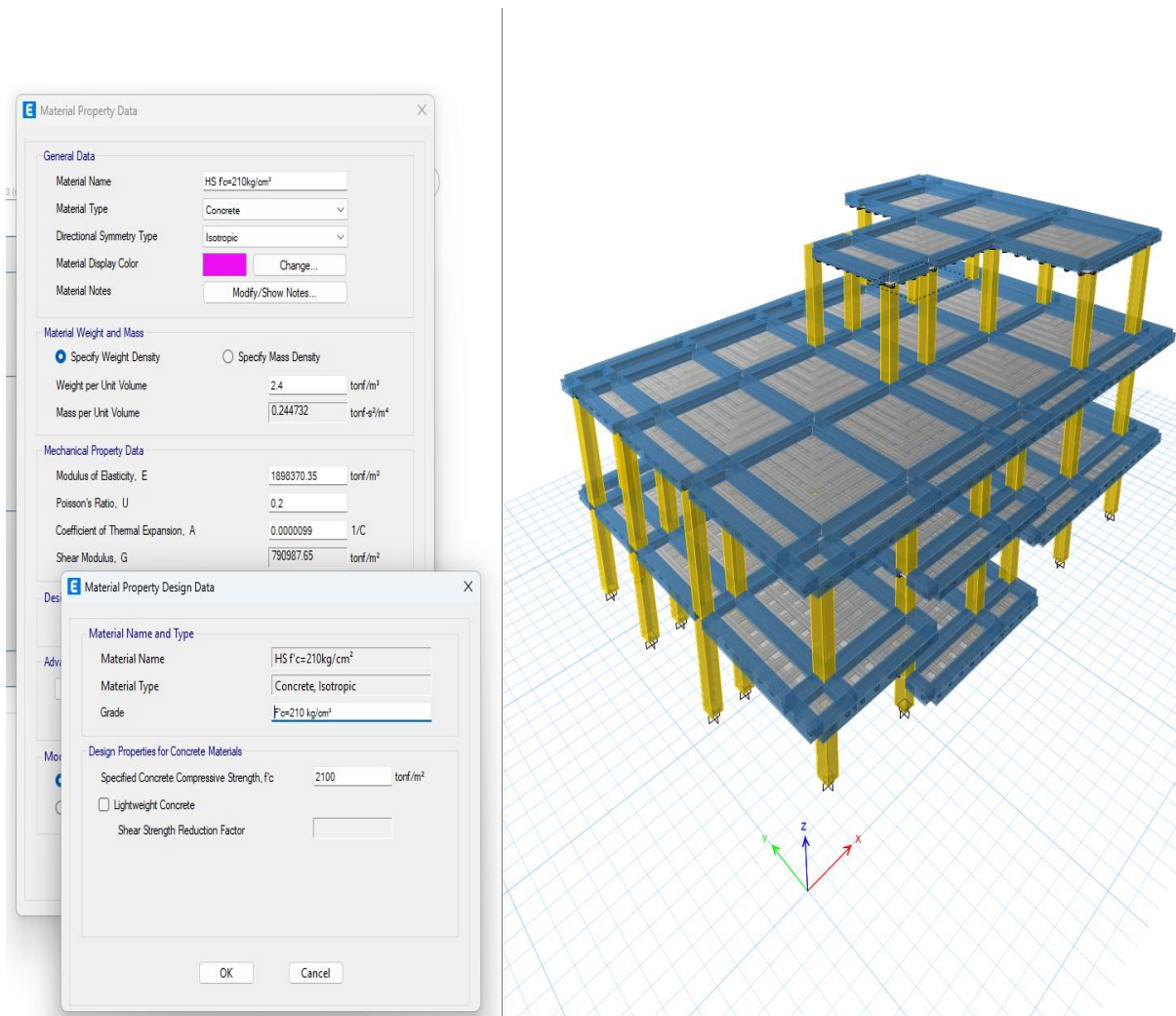
$$E_c = 13100 * \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2}$$

$$E_c = 189837.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 1898370.35 \text{ t/m}^2$$

- Módulo de elasticidad del acero de refuerzo: $E=2000000 \text{ kg/cm}^2$

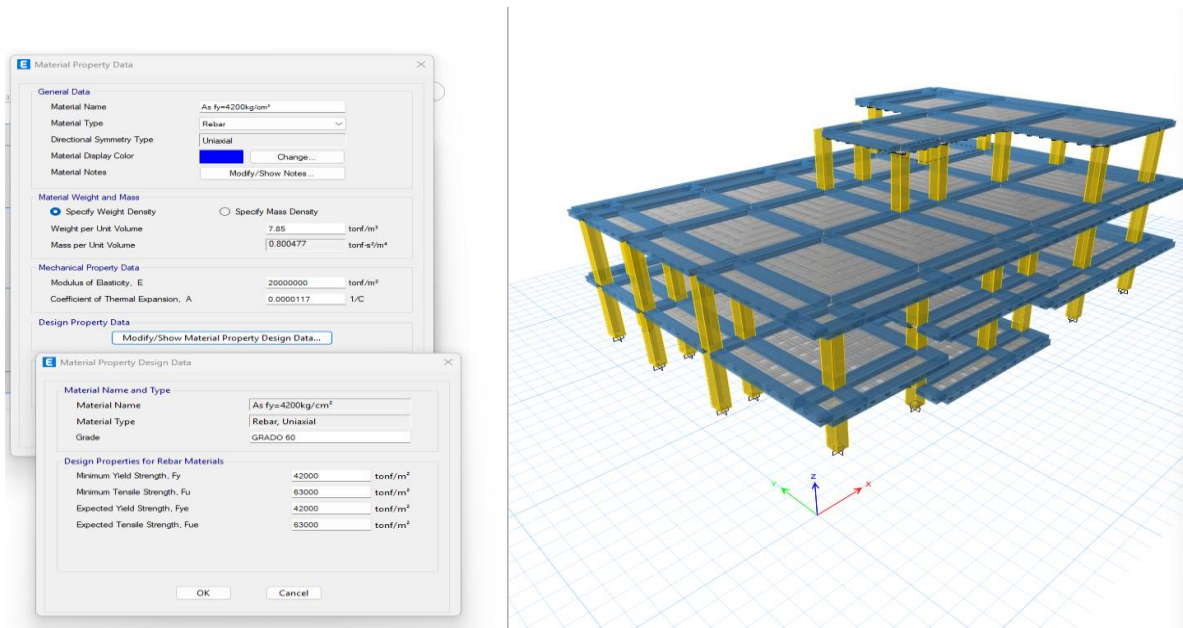
Figura 24 Datos de hormigón



Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra el ingreso de datos de materiales

Figura 25 Datos acero de refuerzo



Fuente: Elaboración propia, (2025).

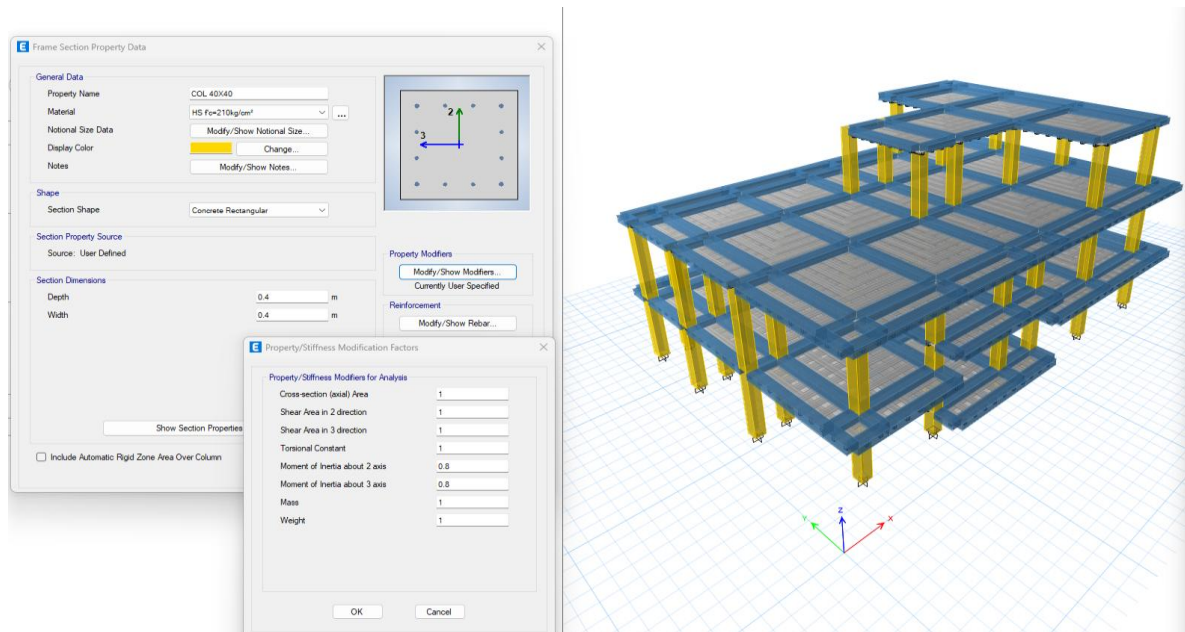
Nota. La figura muestra el ingreso de datos de materiales

11.4.2. Geometría de secciones

En la geometría de secciones se determina la columna 40x40 cm, así como viga banda 40x25 cm y losa 25 cm. Las columnas tienen un área de sección transversal, área de corte y constante de torsión de 1 respectivamente; momento de inercia en torno a 2 y 3 ejes con 0,8; lo cual se presenta en la Figura 26 y Figura 27. La viga banda 40x25 cm de material HS $f'_c = 210$ kg/cm², tiene un área de sección transversal, área de corte en 2 – 3 direcciones, constante de torsión, masa y peso de 1 respectivamente, momento de inercia en torno a 2 y 3 ejes de 0,5 respectivamente; con 0,8; lo cual se presenta en la Figura 27.

La losa 25 cm rectangular de material HS $f'_c = 210$ kg/cm², profundidad total con 25 cm, espesor de la holgura en 5 cm, ancho de la base en la parte superior e inferior con 10 cm, espaciamiento de las nervaduras paralelas al eje 1 – 2 de la losa con 50 cm respectivamente (Figura 28).

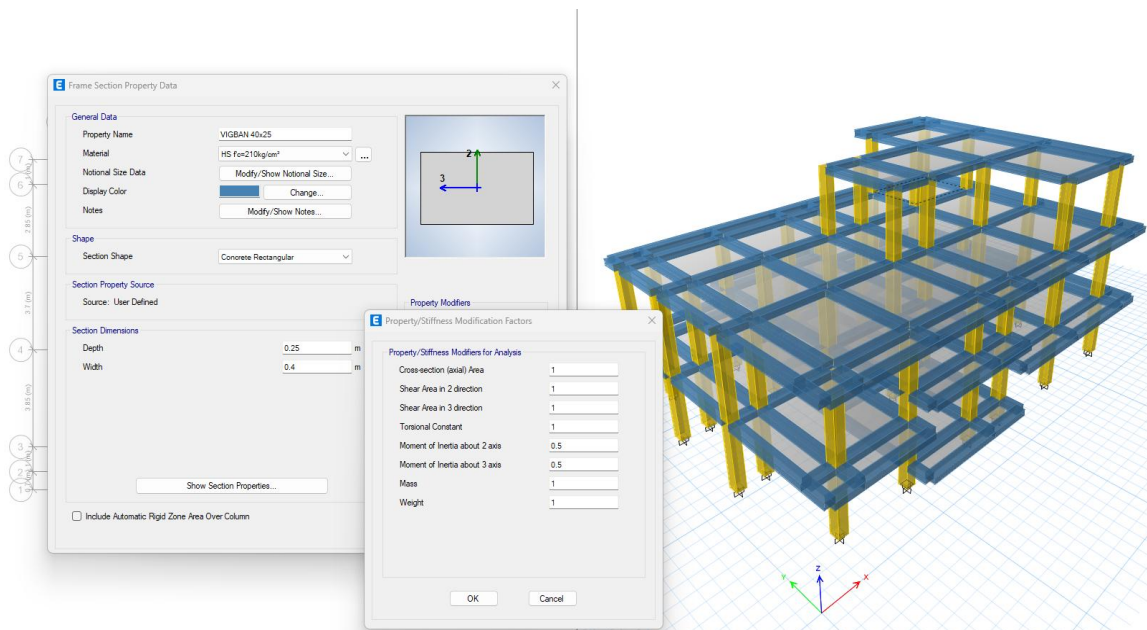
Figura 26 Col 40x40



Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra el ingreso de datos geometría de secciones.

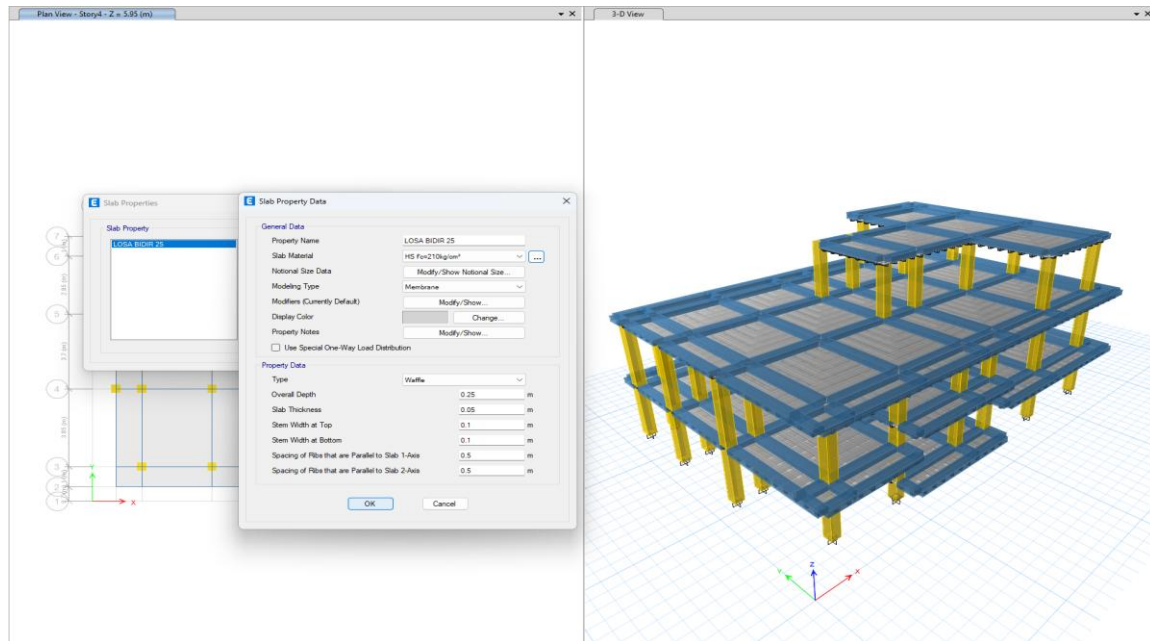
Figura 27 Viga banda 40x25 (asumido)



Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra el ingreso de datos geometría de secciones

Figura 28 Losa 25



Fuente: Elaboración propia, (2025).

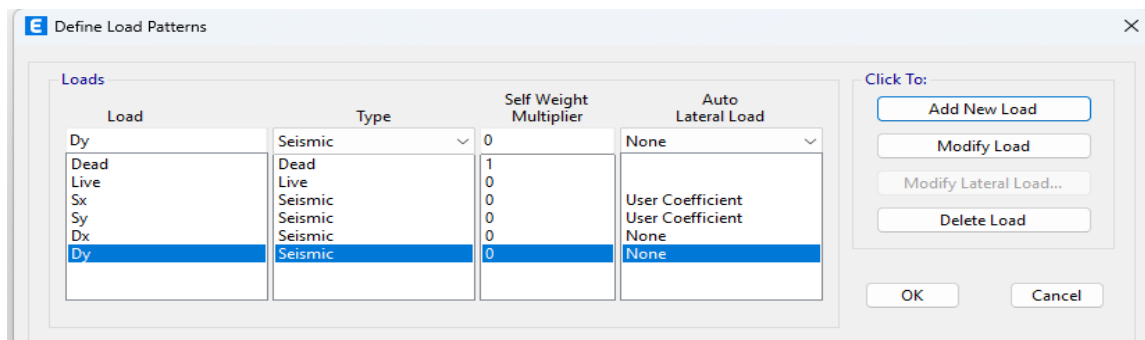
Nota. La figura muestra la geometría de la losa.

11.4.3. Cargas

A continuación, se detalla los patrones de carga, combinación de cargas, patrones de carga auto sísmica y lista de materiales por historia:

- **Patrones de carga**

Figura 29 Definición patrones de carga

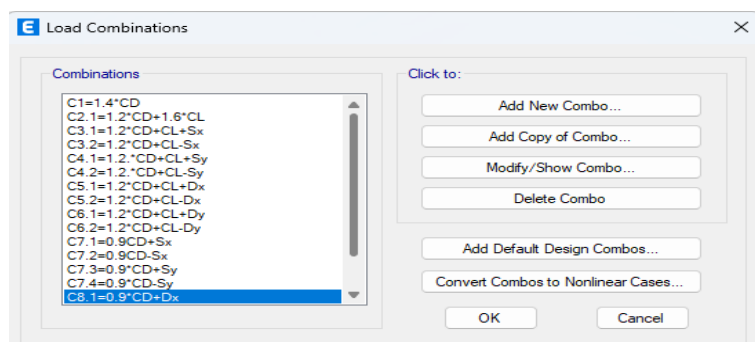


Fuente: Etabs, (2025).

Nota. La figura muestra el ingreso de datos de patrones de carga

- Combinación de cargas

Figura 30 Combinaciones de cargas



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra el ingreso de datos de combinación de cargas

- Definiciones de patrones de carga auto sísmica

Tabla 4. Definiciones de patrones de carga auto sísmica

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient																	
Filter: None																	
Name	Is Auto Load	X Dir ?	X Dir Plus Ecc	X Dir Minus Ecc	Y Dir ?	Y Dir Plus Ecc	Y Dir Minus Ecc	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	Ecc Overwrite Story	Ecc Overwrite Diaphragm	Ecc Overwrite Length cm	C	K	Weight Used Kgf	Base Shear Kgf
Sx	No	No	Yes	No	No	No	No	0,05	Story 2	Base				0,7278	1	152696,03	111132,17
Sy	No	No	No	No	Yes	No	No	0,05	Story 3	Base				0,7278	1	152696,03	111132,17

Fuente: Etabs, (2025)

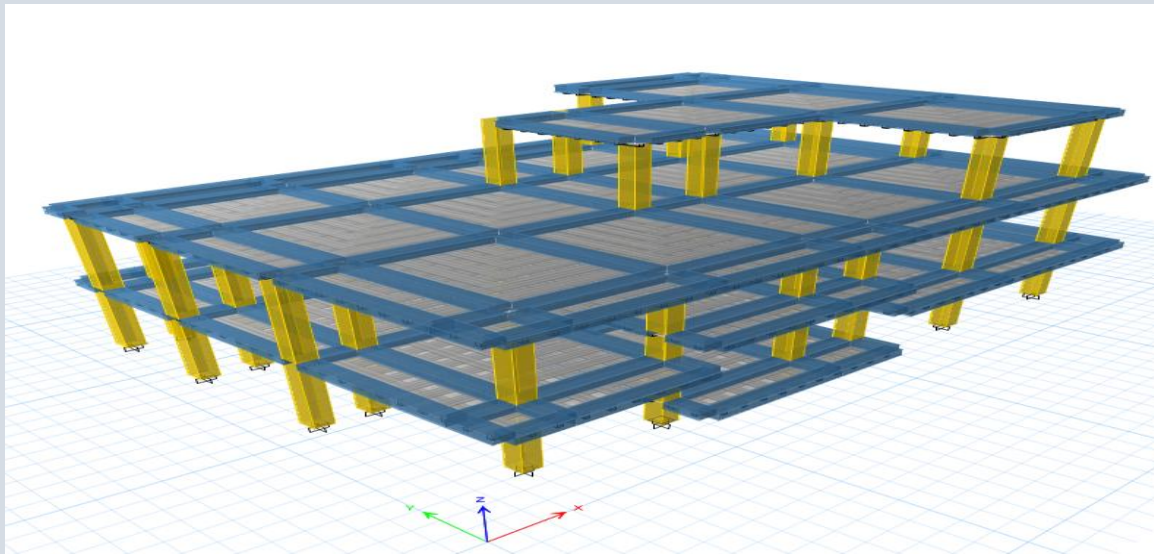
Nota. La tabla detalla la definición de patrones de carga auto sísmica.

- Lista de materiales por historia

Tabla 5. Lista de materiales por historia

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None					
Filter: None					
Story	Object Type	Material	Weight	Floor Area	Unit Weight
			tonf	m ²	tonf/m ²
Story5	Column	HS f'c=210kg/cm ²	12.672	72.82	0.174
Story5	Beam	HS f'c=210kg/cm ²	16.296	72.82	0.2238
Story4	Column	HS f'c=210kg/cm ²	28.5696	213.9	0.1336
Story4	Beam	HS f'c=210kg/cm ²	43.608	213.9	0.2039
Story3	Column	HS f'c=210kg/cm ²	7.296	62.62	0.1165
Story3	Beam	HS f'c=210kg/cm ²	14.28	62.62	0.228
Story2	Column	HS f'c=210kg/cm ²	21.216	151.28	0.1402
Story2	Beam	HS f'c=210kg/cm ²	34.512	151.28	0.2281
Story1	Column	HS f'c=210kg/cm ²	2.304	62.62	0.0736

Story1	Beam	HS f'c=210kg/cm ²	14.28	62.62	0.228
Sum	Column	HS f'c=210kg/cm ²	72.0576	563.24	0.1279
Sum	Beam	HS f'c=210kg/cm ²	122.976	563.24	0.2183
Total	All	All	195.0336	563.24	0.3463



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla detalla la lista de materiales por historia.

11.5. Análisis de espectro de aceleración NEC 15

A continuación, se presenta el cálculo de las fuerzas laterales de acuerdo con el método estático:

1. Factor de zona sísmica (Z)

Zona sísmica
Costa

Manta
VI

Sec. 10.2
Sec. 3.1.1

$$Z = 0,5$$

2. Tipo de uso de la edificación

Factor de importancia = otras estructuras

$$I = 1,00 \quad \text{Sec. 4.1}$$

3. Tipo de suelo

Perfil de suelo tipo = D Sec. 3.2.1

4. Configuración estructural

Configuración = sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras

$$C_t = 0,055 \quad \text{Sec. 6.3.3}$$

$$\alpha = 0,9$$

$$\text{Altura máxima de la estructura (hn)} = 8,7 \text{ m}$$

5. Periodo fundamental de vibración

$$T = C_t h_n^\alpha$$

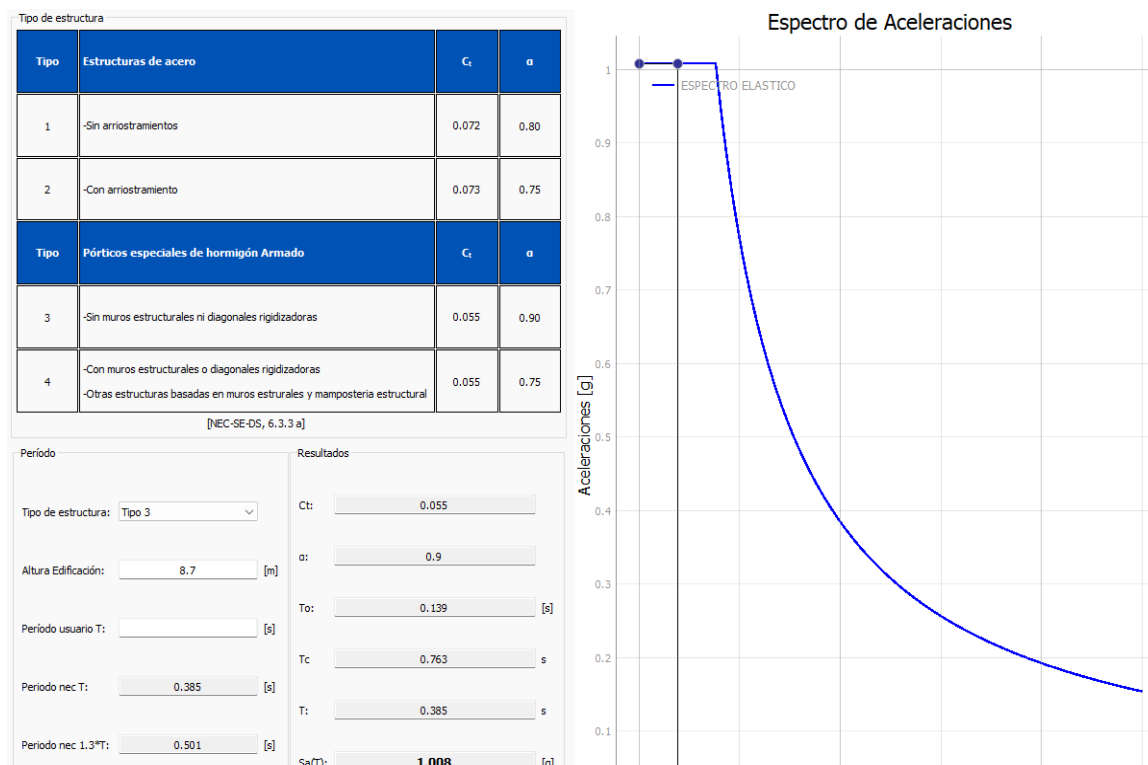
$$TN - NEC2015 = 0,385 \text{ seg}$$

$$TN - ETABS = 0,573 \text{ seg}$$

$$\frac{T_{ETABS}}{T_{NEC}} \leq 1.4$$

$$\% \text{ Variación} = 1,48 \text{ No pasa}$$

Figura 31 Espectro Sísmico de aceleraciones



Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra el espectro sísmico de aceleraciones (elástico)

Cálculo de aceleración

$$T_o = 0,10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

NEC 2015

$$F_a = 1,12$$

$$F_d = 1,11$$

$$F_s = 1,40$$

$$T_o = 0,14 \text{ seg}$$

$$T_c = 0,76 \text{ seg}$$

$$T_c = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Estudio de Suelos

$$F_a = 1,20$$

$$F_d = 1,19$$

$$F_s = 1,28$$

$$T_o = 0,127 \text{ seg}$$

$$T_c = 0,689 \text{ seg}$$

$$S_a = \eta * Z * F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta * Z * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \text{ para } T \geq T_c$$

$$\eta = 1,80$$

$$r = 1$$

$$S_a = 1,0080 \quad \text{Sec. 3.3.1}$$

6. Factor de reducción de resistencia sísmica

Pórticos especiales sismorresistentes de hormigón armada con vigas de banda.

$$R = 5 \quad \text{Sec. 6.3.4}$$

7. Factor de irregularidad

11.6. Irregularidad en planta

$$\phi_p = 0,90$$

11.7. Irregularidad en elevación

11.7.1. Tipo 1

Existe diferencia de hasta 50% de la inercia de un piso con respecto de otro subsiguiente:

$$\emptyset \text{El sentido } X = 0,90$$

$$\emptyset \text{El sentido } Y = 0,90$$

11.7.2. Tipo 2

Existe diferencia de hasta 50% de la masa de un piso con respecto de otro subsiguiente:

$$\emptyset \text{El sentido } X = 1,00$$

$$\emptyset \text{El sentido } Y = 1,00$$

11.7.3. Tipo 3

Existe diferencia entre las medidas globales de cada planta.

$$\emptyset \text{El sentido } X = 0,90$$

$$\emptyset \text{El sentido } Y = 0,90$$

11.7.4. Tipo 4

No existe desplazamiento de ejes verticales. No existe discontinuidad en la resistencia que supere en un 30% piso a piso.

$$\emptyset \text{El sentido } X = 1,00$$

$$\emptyset \text{El sentido } Y = 1,00$$

11.7.5. Tipo 5

No existe discontinuidad en la resistencia que supere en un 30% piso a piso.

$$\emptyset \text{El sentido } X = 1,00$$

$$\emptyset \text{El sentido } Y = 1,00$$

11.7.6. Resumen

$$\phi EAx = 0,90$$

$$\phi EAy = 0,90$$

$$\phi EBx = 0,90$$

$$\phi EBy = 0,90$$

$$\phi ECx = 1,00$$

$$\phi ECy = 1,00$$

$$\phi Ex = \phi EA * \phi EB * \phi EC$$

$$\phi Ex = 0,81$$

$$\phi Ey = 0,81$$

11.8. Cálculo de cortante basal

$$V = \frac{I * Sa}{R * \phi p * \phi e} * W$$

$$V'x = 0,2765 t$$

$$V'y = 0,2765 t$$

Figura 32 Coeficiente de Importancia, Reducción y Sistemas Estructurales

Coeficiente de Importancia			Coeficiente R	
Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	I	Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	
Edificios esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u	1.5	Pórticos resistentes a momento	
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	
[NEC-SE-DS, 4.1]			Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	
Coeficiente R			Muros estructurales portantes	
Sistemas Estructurales Dúctiles			Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.			Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	
Pórticos resistentes a momentos			Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.			Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.			[NEC-SE-DS, 6.3.4 d]	
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.			Parámetros	
Otros sistemas estructurales para edificaciones			Irregularidad en planta: 0.81	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.			Irregularidad en elevación: 0.9	
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.			Coeficiente de Importancia: 1	
Sistemas Estructurales Dúctiles			Coeficiente R: 5	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).			Sa(T): 1.008	
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.				

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra coeficientes de Importancia, reducción y sistemas estructurales.

Fuerza adicional

$$Ft = 0,07 * T * V$$

$$Ft = 0,00 t$$

$$V = V' - Ft$$

$$Vx = 0,2765 t$$

$$Vy = 0,2765 t$$

11.9. Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales

T(s)	K
T<0,5	1
0,5<T<2,5	0,94
T>2,5	2
$K = 1,0000$	

11.10. Corrección del cortante basal

11.10.1. Sismo estático

Peso total de la estructura + carga muerta (W) = 540.71 t

$$Cortante Basal Inicial (V) = 0,2765$$

$$Fuerza horizontal calculada (Vo) = 149.78$$

$$Fuerza horizontal ETABS (Vo) - X = 150.1215$$

$$Fuerza horizontal ETABS (Vo) - Y = 150.1215$$

$$Cortante Basal Corregido (Vo) = 0,2765 \text{ OK}$$

$$0,2765 \text{ OK}$$

Tabla 6 Cortante basal corregido

TABLE: Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient						
Name	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used	Base Shear
					tonf	tonf
Sx	Story5	Base	0.277	1	541.9548	150.1215
Sy	Story5	Base	0.277	1	541.9548	150.1215

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla detalla el cortante basal del programa etabs.

11.10.2. Sismo dinámico

El valor del cortante dinámico total en el base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser menor al 80% del cortante basal por el método estático (NEC-SE-DS, Capítulo 6.21(b)).

Figura 33 Análisis de Respuesta Sísmica y Estática

Filter: ([Story] = 'Story1') AND ([Output Case] = 'Dx' OR [Output Case] = 'Dy' OR [Output Case] = 'Sx' OR [Output Case] = 'Sy') AND ([Location] = 'Bottom')										
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m
	Story1	Sx	LinStatic			Bottom	0.3446	-72.729	-0.5361	524.3795
	Story1	Sy	LinStatic			Bottom	0.5998	-1.9139	-75.3691	-688.0638
	Story1	Dx	LinRespSpec	Max		Bottom	1.7202	61.8697	8.4815	476.7208
	Story1	Dy	LinRespSpec	Max		Bottom	0.813	8.5756	49.4133	447.5979

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra los resultados de análisis sísmico y estático.

Tabla 7 Análisis de respuesta Dinámico

	EJE X-X	EJE Y-Y	Resultante
<i>Fuerza Dx(F) =</i>	61.8697	8.4815	62.4486
<i>Fuerza Dy(F) =</i>	8.5756	49.4133	50.1519

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra los resultados de análisis sísmico y estático.

Figura 34 Configuración de Casos de carga para espectro de Respuesta

General

Load Case Name: Dx

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (Masa Estructura)

Analysis Model: Default

Design...

Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	NEC-Estructura	11.1834

Add

Delete

☐ Advanced

General

Load Case Name: Dy

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (Masa Estructura)

Analysis Model: Default

Design...

Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	NEC-Estructura	11.1834

Add

Delete

☐ Advanced

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la definición de dos casos de carga (Dx y Dy) con sus respectivas aceleraciones.

Tabla 8 Factor aceleración corregido

%sismo (Dinámico/Estático)	85%	85%
<i>Factor aceleración corregido (ε) =</i>	11,1834	11.1834

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla muestra el factor corregido, para el cumplimiento de la norma NEC-SE-DS.

11.10.3. Espectro inelástico

A continuación, se presenta los resultados del espectro inelástico:

Datos

$$R = 5,00$$

$$Z = 0,50$$

$$I = 1,00$$

$$g = 980,67$$

$$\emptyset Ex = 0,81$$

$$\begin{aligned}\phi E y &= 0,81 & n &= 1,80 \\ \phi P &= 0,90 & r &= 1 \\ F a &= 1,12 & F s &= 1,40 \\ F d &= 1,11 \\ T o &= 0,14 \\ T c &= 0,763\end{aligned}$$

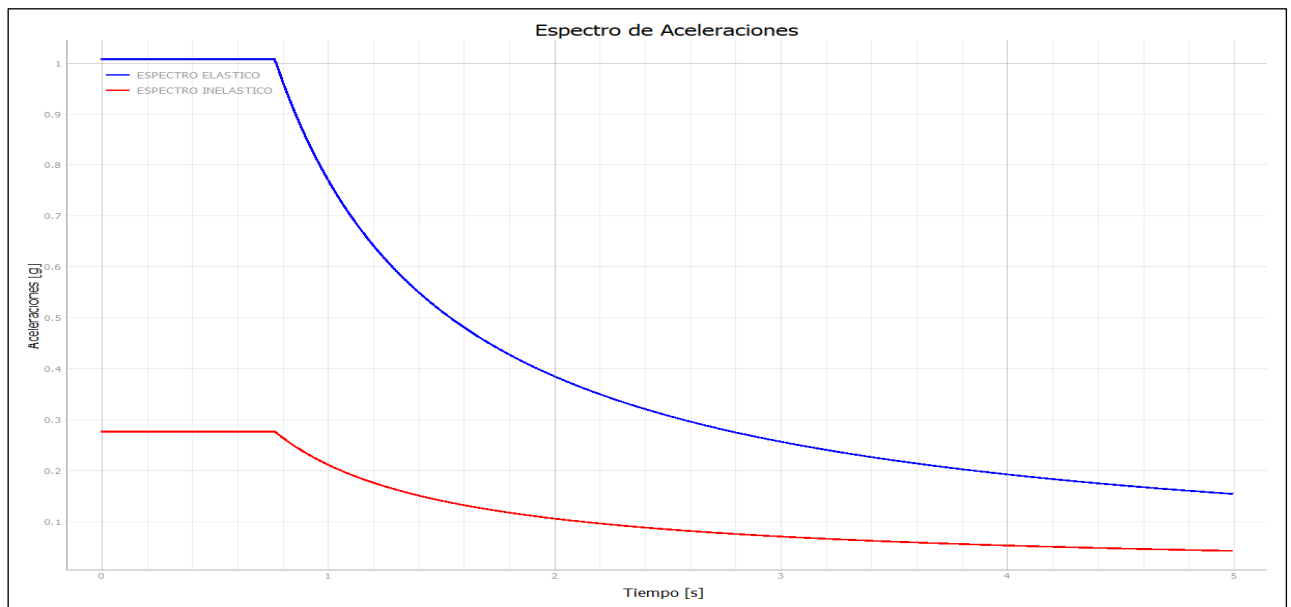
Tabla 9. Espectro inelástico sentido X

	Espectro Inelástico sentido X			Espectro Inelástico sentido X			
	T	Sa	$I * Sa / (R * \phi p * \phi E)$	T	Sa	$C * Z * I * g / (R * \phi p * \phi E)$	$I * Sa / (R * \phi p * \phi E)$
	(s)		cm/s ²	(s)		cm/s ²	(1/g)
	0,0000	0,5600	150,6653	0,0000	0,5600	150,6653	0,1536
	0,0500	0,7214	194,1004	0,0500	0,7214	194,1004	0,1979
To	0,1388	1,0080	271,1976	0,1388	1,0080	271,1976	0,2765
	0,1500	1,0080	271,1976	0,1500	1,0080	271,1976	0,2765
	0,2100	1,0080	271,1976	0,2100	1,0080	271,1976	0,2765
	0,2700	1,0080	271,1976	0,2700	1,0080	271,1976	0,2765
	0,3300	1,0080	271,1976	0,3300	1,0080	271,1976	0,2765
	0,3900	1,0080	271,1976	0,3900	1,0080	271,1976	0,2765
	0,4500	1,0080	271,1976	0,4500	1,0080	271,1976	0,2765
	0,5100	1,0080	271,1976	0,5100	1,0080	271,1976	0,2765
	0,5700	1,0080	271,1976	0,5700	1,0080	271,1976	0,2765
	0,6300	1,0080	271,1976	0,6300	1,0080	271,1976	0,2765
Tc	0,7631	1,0080	271,1976	0,7631	1,0080	271,1976	0,2765
	0,7000	1,0080	271,1976	0,7000	1,0080	271,1976	0,2765
	0,7500	1,0080	271,1976	0,7500	1,0080	271,1976	0,2765
	0,8000	0,9615	258,6971	0,8000	0,9615	258,6971	0,2638
	0,8500	0,9050	243,4796	0,8500	0,9050	243,4796	0,2483
	0,9000	0,8547	229,9530	0,9000	0,8547	229,9530	0,2345
	0,9500	0,8097	217,8502	0,9500	0,8097	217,8502	0,2221
	1,0000	0,7692	206,9577	1,0000	0,7692	206,9577	0,2110

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla presenta espectro inelástico.

Figura 35 Espectro elástico e inelástico



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el Espectro inelástico.

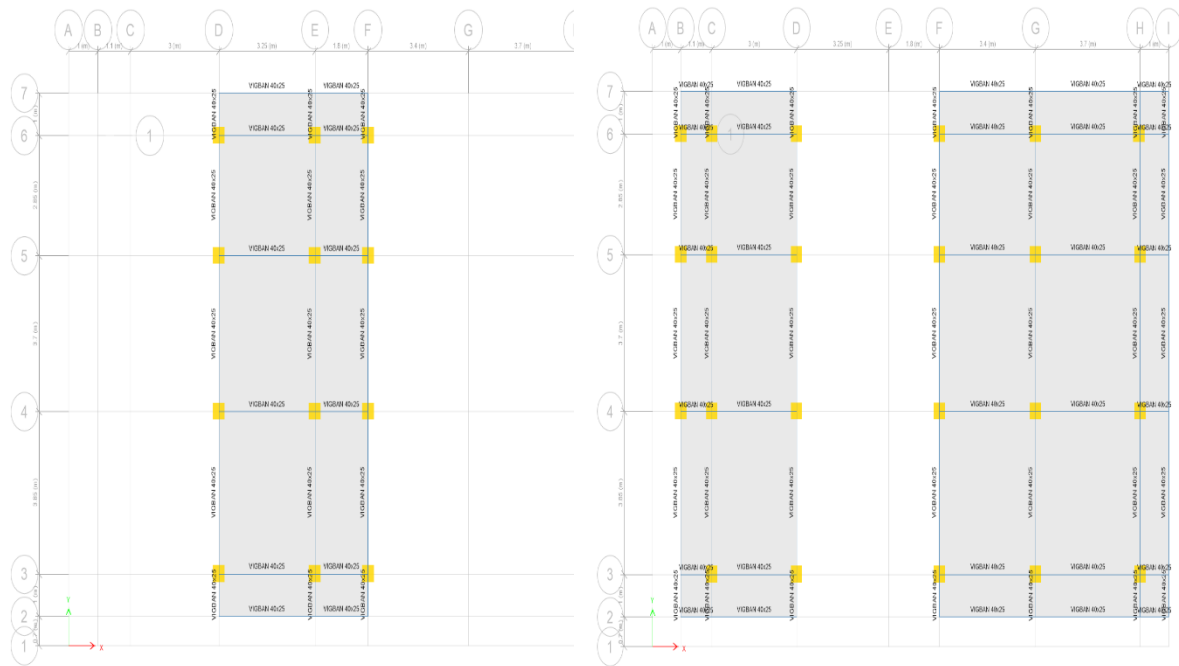
11.11. Chequeos

Se realizó chequeo de selección de elementos, distribución del cortante basal por piso, cortes, derivas, cortante dinámico, participación de masas, torsión en planta y análisis de la estructura.

11.11.1.1. Secciones de elementos

Se presenta los chequeos de las secciones de vista en planta y elevación, lo cual se aprecia en la Figura 36, Figura 37 y Figura 38.

Figura 36 Vista en planta



Story1 – Z = 100 cm

Story2 – Z = 275 cm



Story3 – Z = 375 cm

Story4 – Z = 595 cm

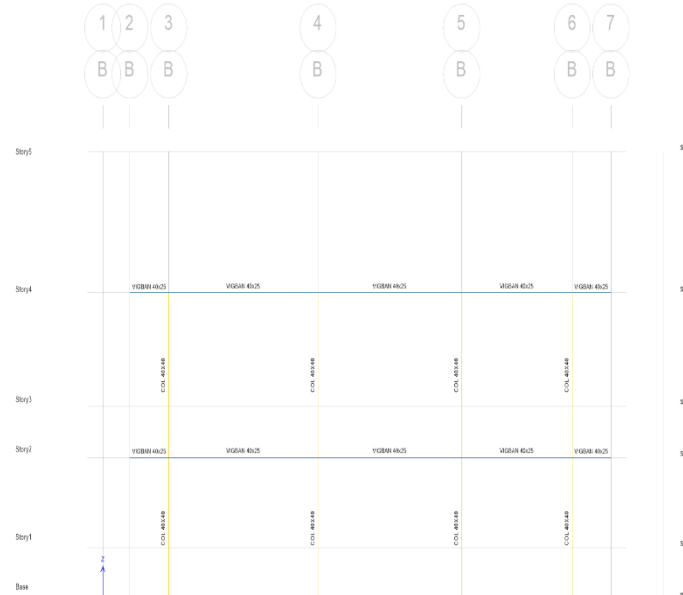
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista en planta

Figura 37 Vista en elevación



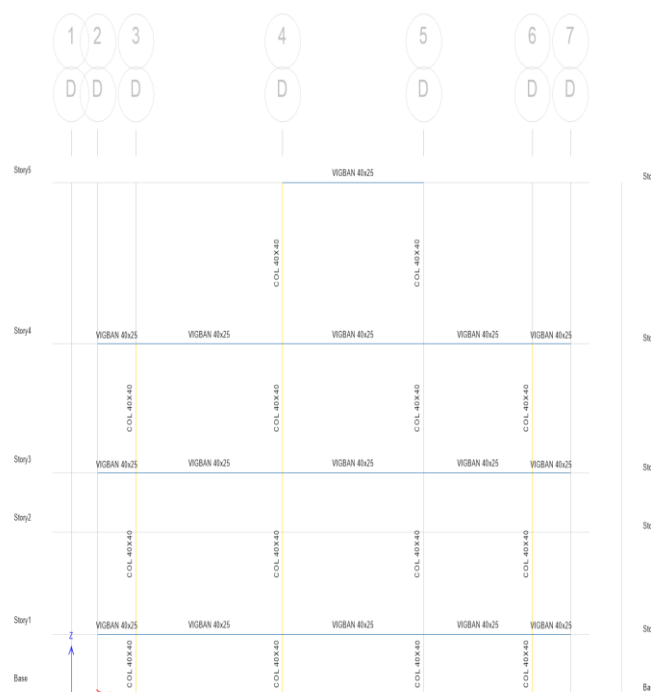
Vista A



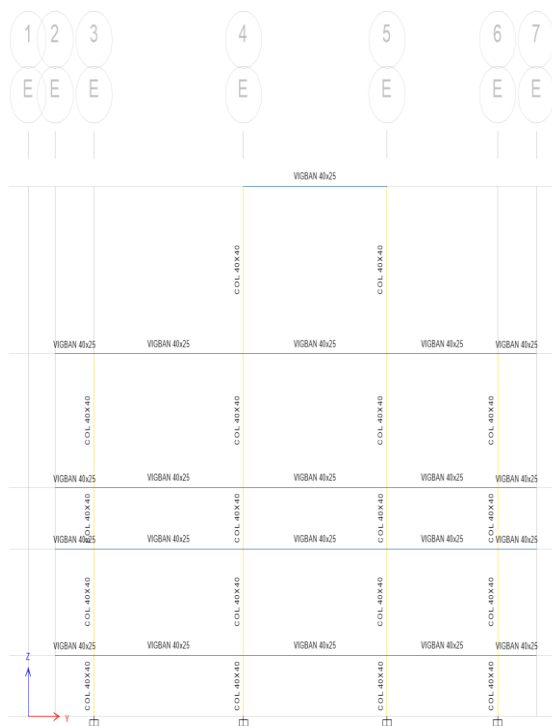
Vista B



Vista C



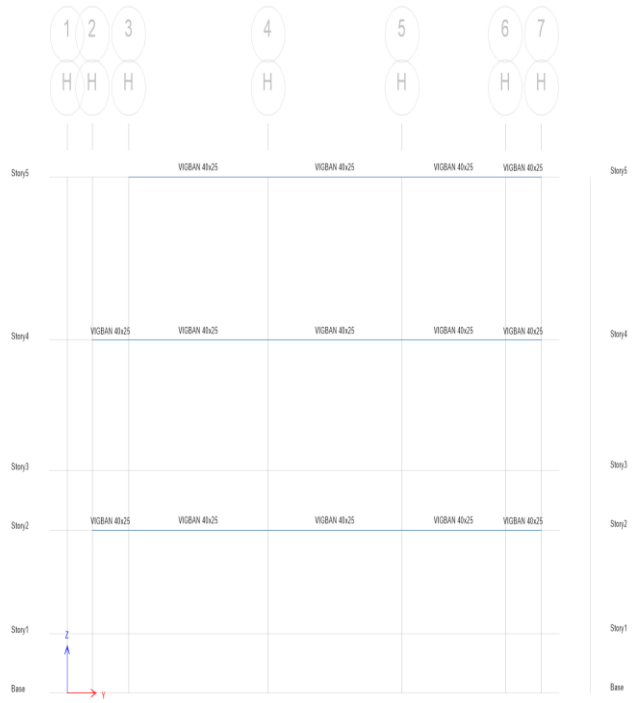
Vista D



Vista E



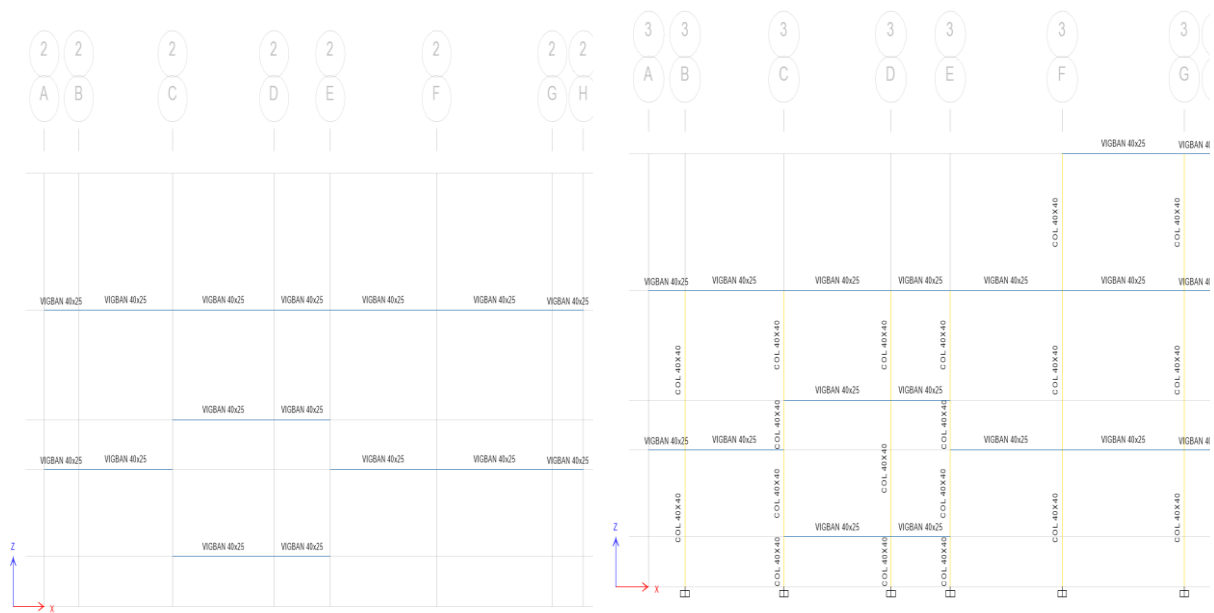
Vista F



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista en elevación.

Figura 38 Vista en elevación 2, 3,4,5 y 6



Vista 2

Vista 3



Vista 4,5

Vista 6

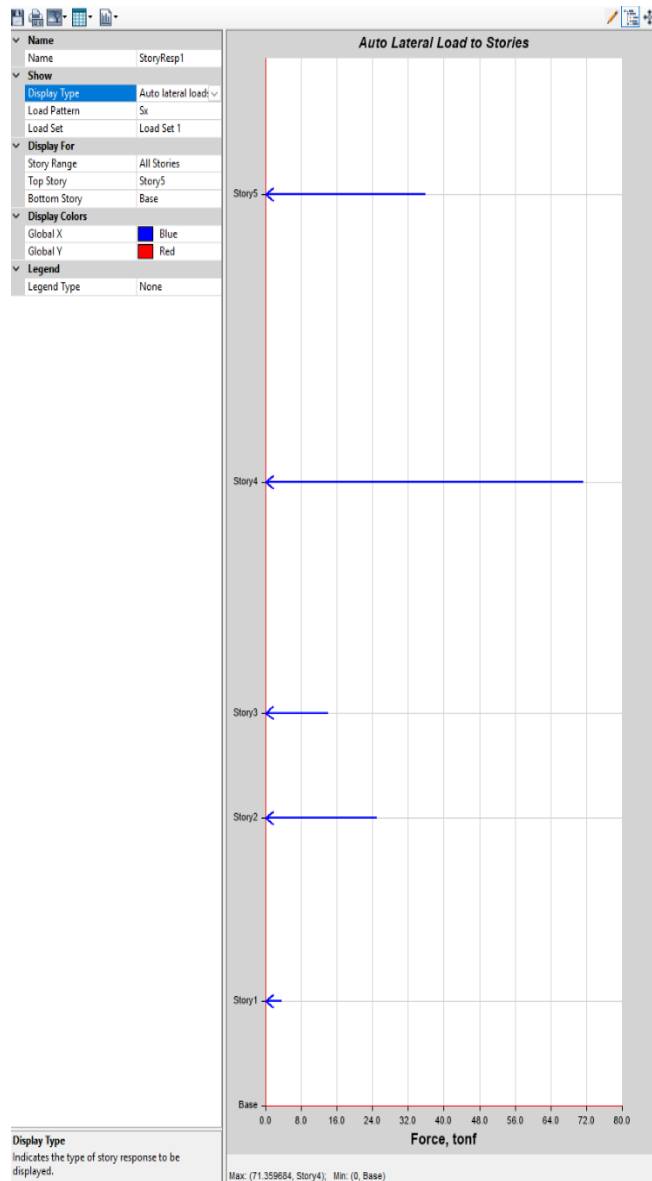
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista en elevación.

11.11.1.2. Distribución del cortante basal por piso

En la distribución del cortante basal o carga lateral por piso según patrón S_x y S_y , tal como se aprecia en la Figura 39 y Figura 40.

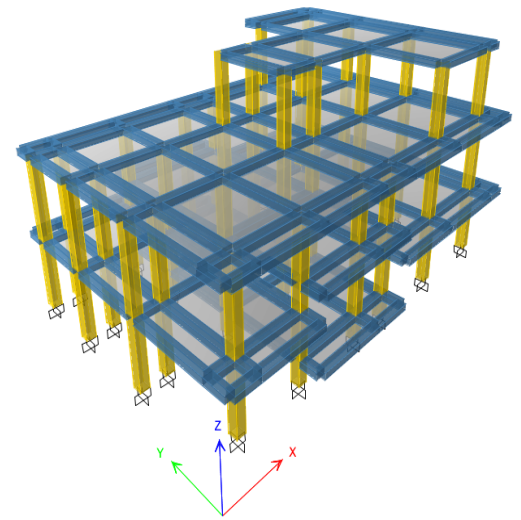
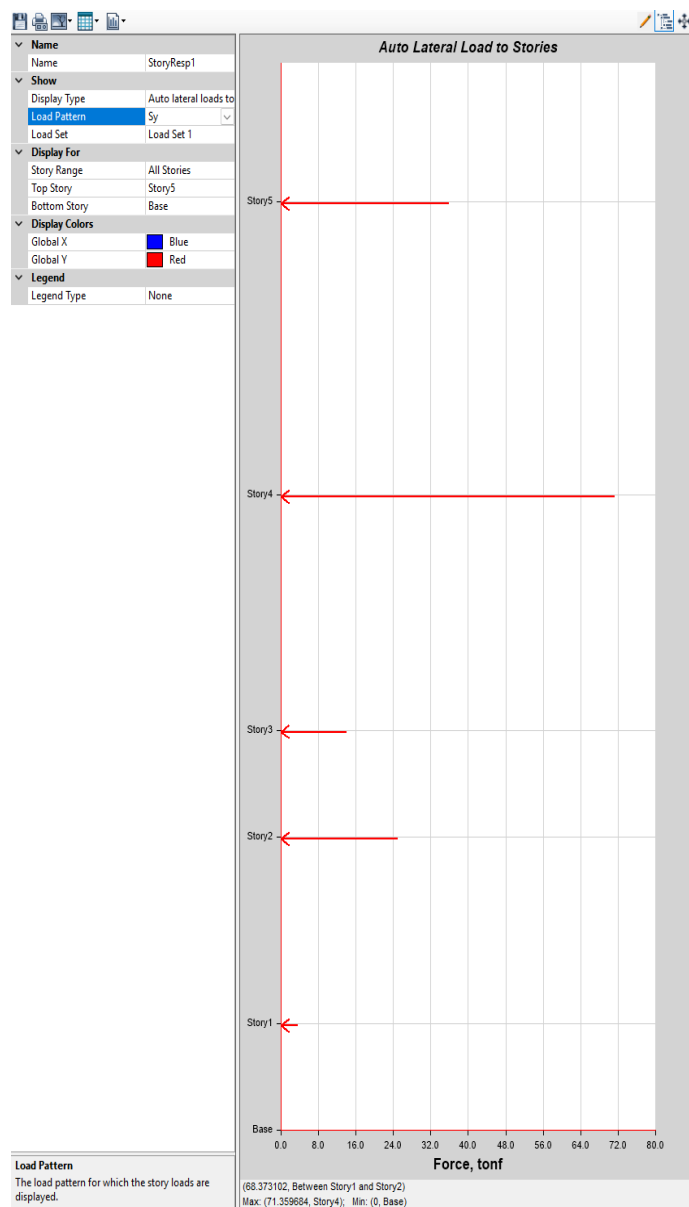
Figura 39 Carga lateral por piso (S_x)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la carga lateral por piso en S_x .

Figura 40 Carga lateral por piso (Sy)



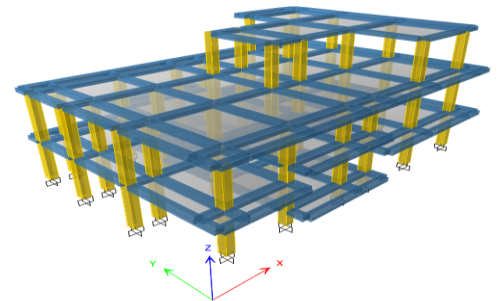
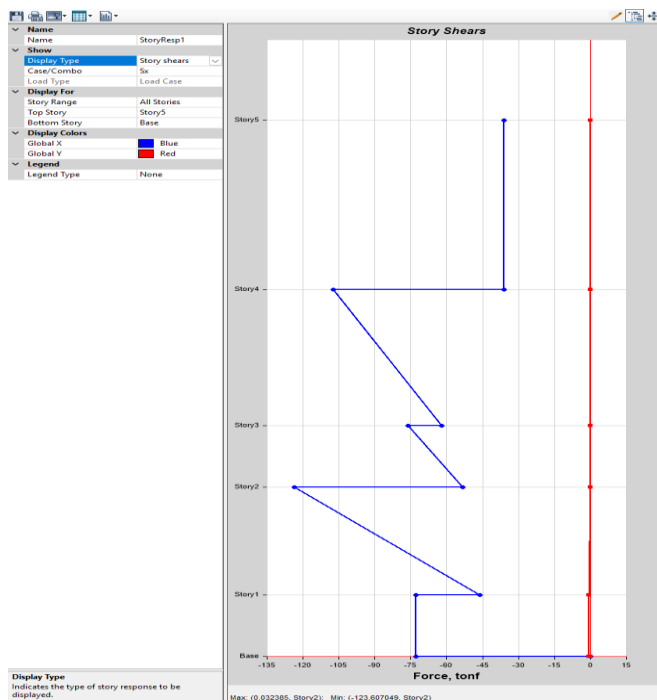
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la carga lateral por piso en Sy.

11.11.1.3. Cortes por piso

Las fuerzas cortantes por piso según caso de carga S_x y S_y , tal como se aprecia en la Figura 41 y Figura 42.

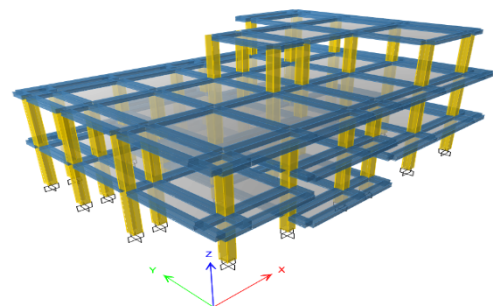
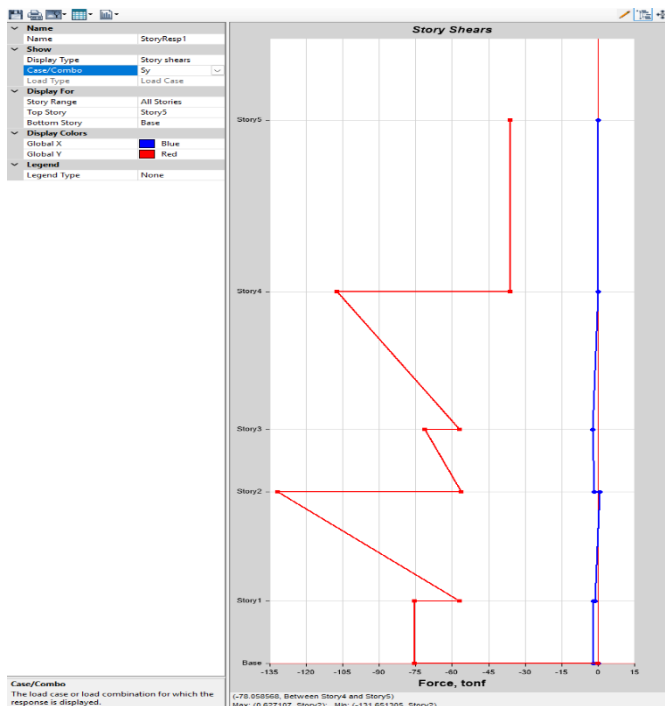
Figura 41 Cortes por piso (Sx)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra los cortes por piso en Sx.

Figura 42 Cortes por piso (Sy)



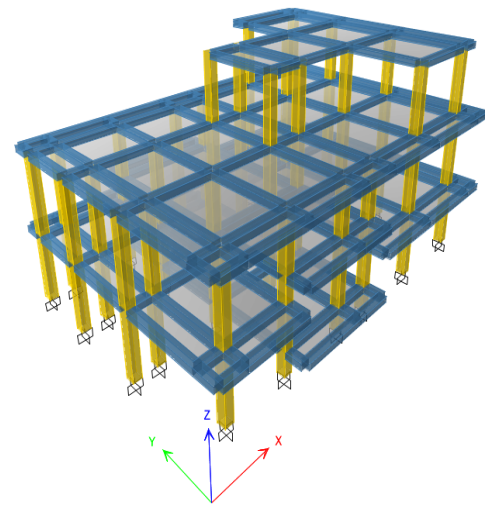
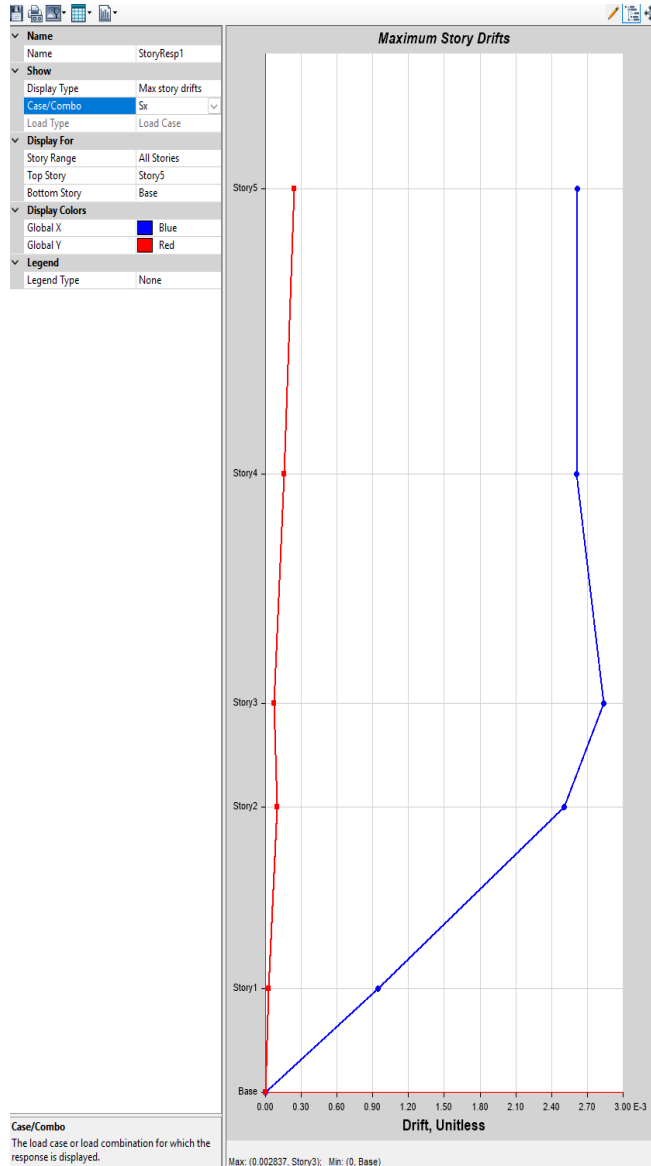
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra los cortes por piso en Sy.

11.11.1.4. Deriva máxima del piso

En la Figura 43 y Figura 44 se tiene la deriva máxima del piso en caso de carga S_x y S_y :

Figura 43 Deriva máxima del piso (S_x)

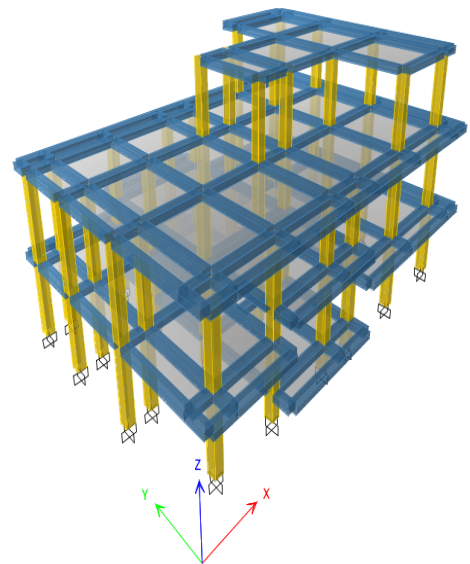
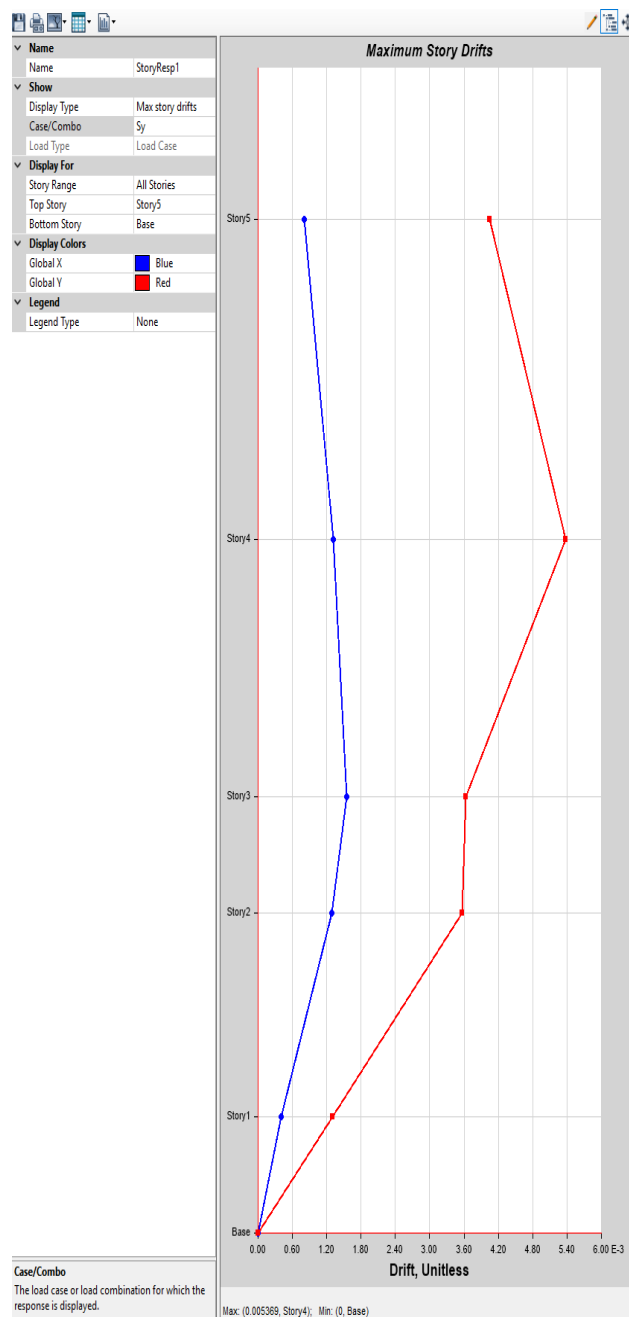


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la deriva máxima del piso.

$$S_x \rightarrow 0,75 * 5 * 0,002837 = 0,01063 \rightarrow Ok$$

Figura 44 Deriva máxima del piso (Sy)



Fuente: Etabs, (2025)

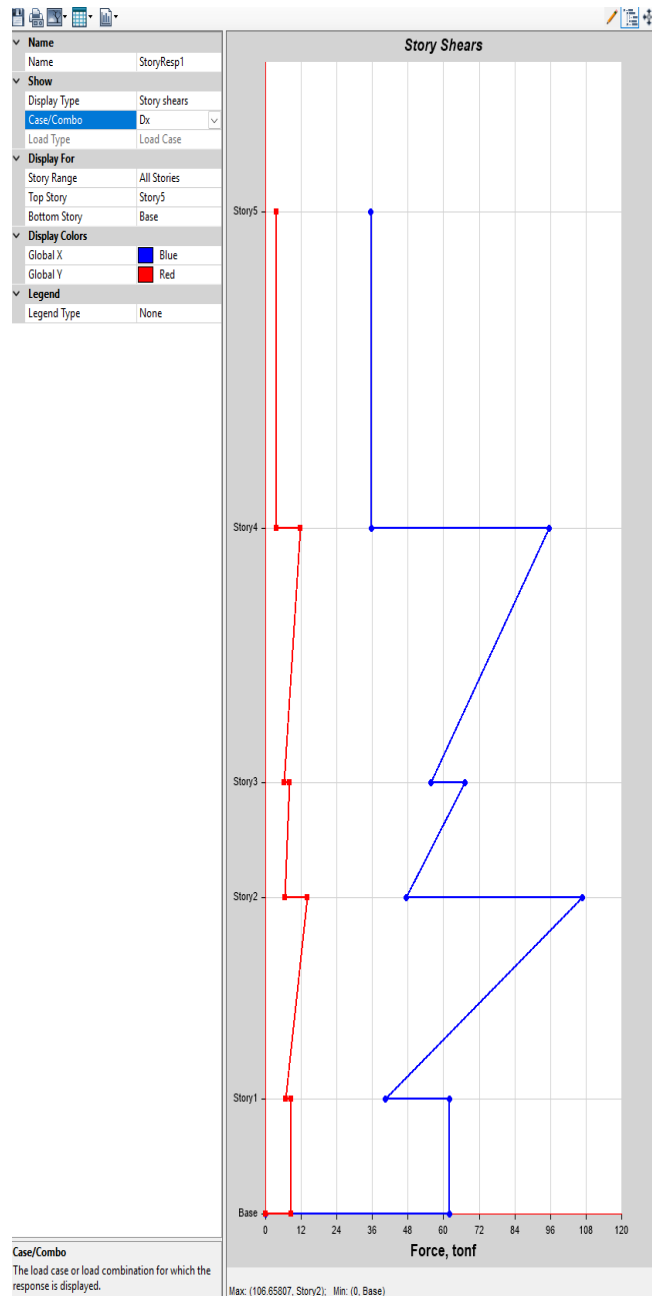
Nota. La figura muestra la deriva máxima del piso.

$$S_y \rightarrow 0,75 * 5 * 0,005369 = 0,020 \rightarrow \text{Ok}$$

11.11.1.5. Cortante dinámico por piso

El cortante dinámico por piso en caso de carga Dx y Dy se observa en la Figura 45 y Figura 46:

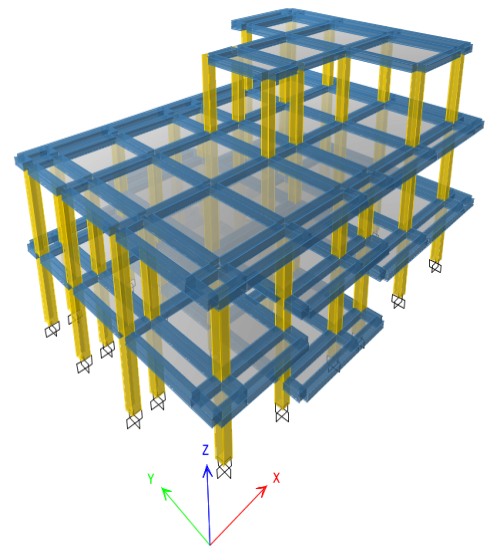
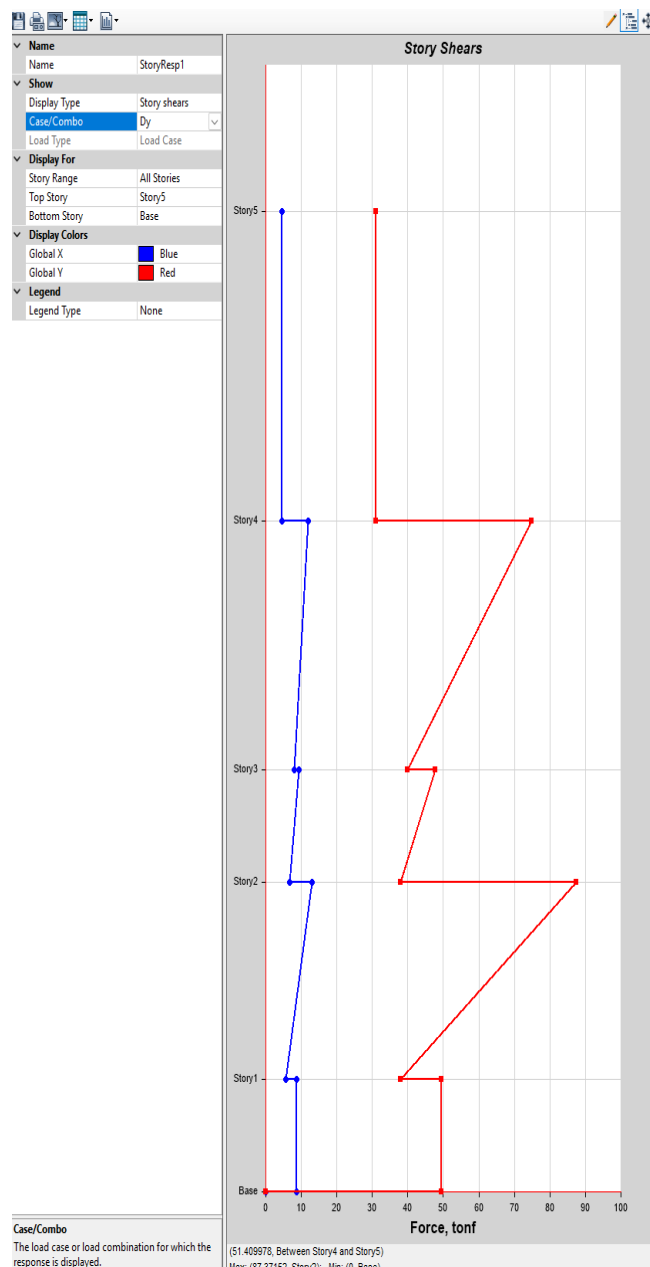
Figura 45 Cortante dinámico por piso (Dx)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra el cortante dinámico.

Figura 46 Cortante dinámico por piso (Dy)



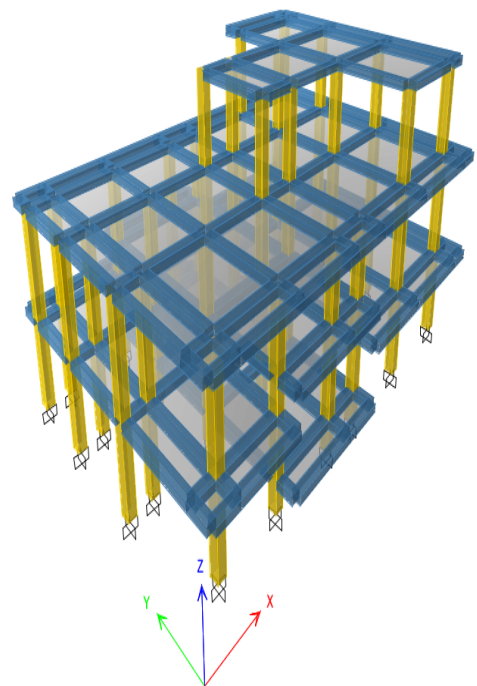
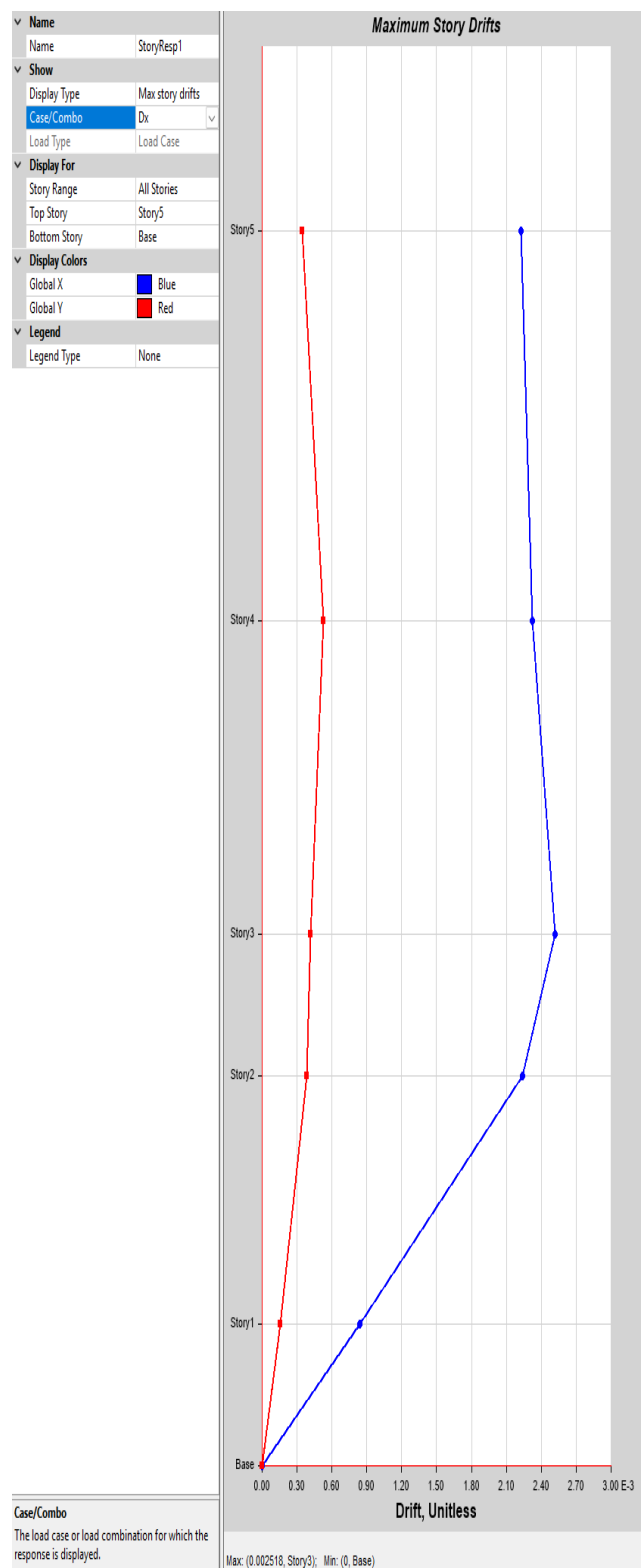
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra el cortante dinámico.

11.11.1.6. Deriva dinámica máxima del piso

En la Figura 47 y Figura 48 se tiene la deriva dinámica máxima del piso en caso de carga Dx y Dy:

Figura 47 Deriva dinámica máxima del piso (Dx)

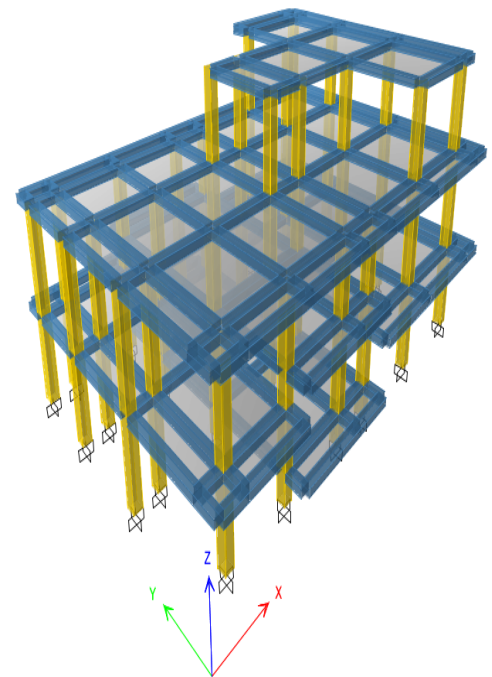
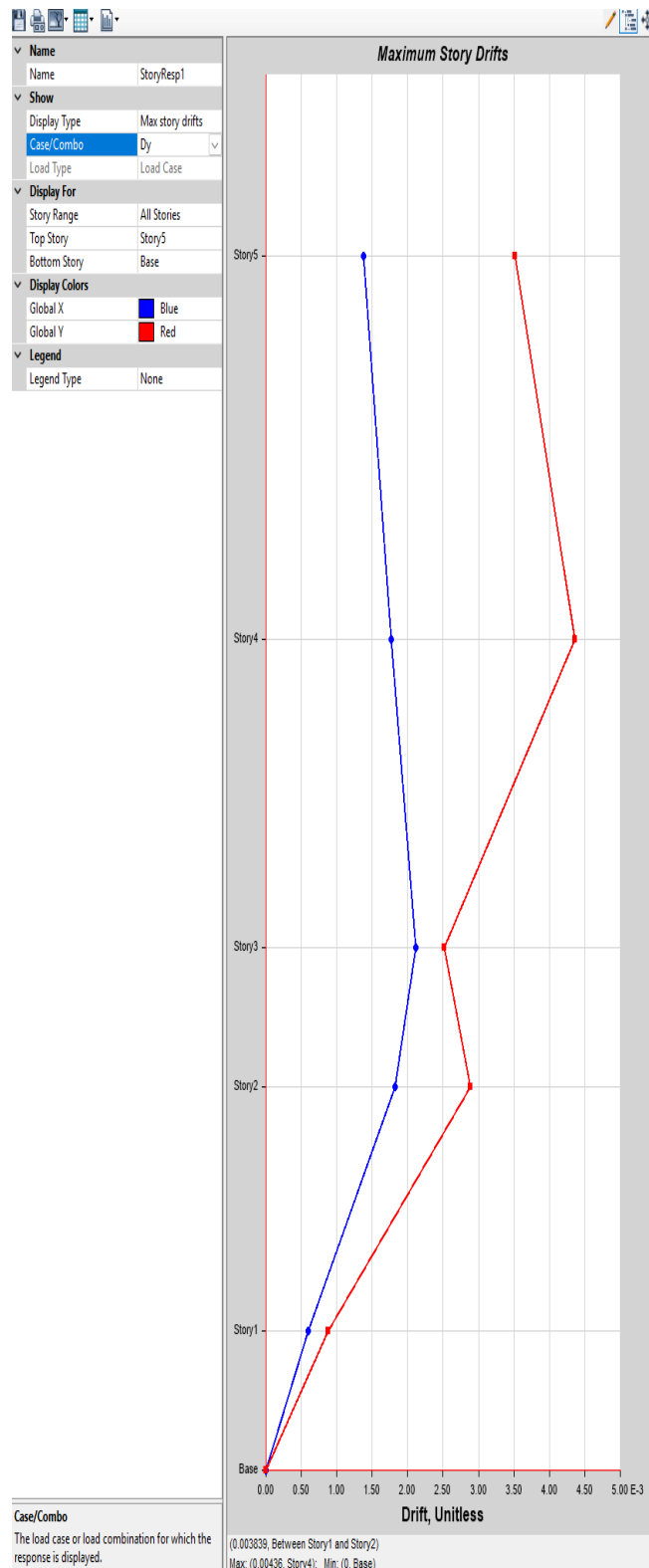


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la deriva dinámica máxima del piso.

$$Dx \rightarrow 0,75 * 5 * 0,002518 = 0,00944 \rightarrow \text{Ok}$$

Figura 48 Deriva dinámica máxima del piso (Dy)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la deriva dinámica máxima del piso.

$$Dy \rightarrow 0,75 * 5 * 0,00436 = 0,01635 \rightarrow \text{Ok}$$

11.11.1.7. Participación de masas

En la Tabla 10 se presenta los resultados de la participación de masas modal de los nueve modos:

Tabla 10. Participación de masas modal

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ	TORSION
		sec							
Modal	1	0.502	0.0034	0.4769	0.2981	0.0034	0.4769	0.2981	38%
Modal	2	0.383	0.7316	0.0112	0.0021	0.735	0.4881	0.3002	20%
Modal	3	0.336	0.0091	0.2638	0.4745	0.7442	0.7519	0.7747	34%
Modal	4	0.159	0.0036	0.0533	0.0671	0.7478	0.8052	0.8418	35%
Modal	5	0.152	0.0974	8.652E-07	0.0078	0.8452	0.8052	0.8496	34%
Modal	6	0.149	0.0041	0.0403	0.0103	0.8493	0.8455	0.8599	34%
Modal	7	0.088	0.005	0.0188	0.0398	0.8542	0.8643	0.8997	34%
Modal	8	0.085	0.0066	0.064	0.0419	0.8609	0.9284	0.9416	34%
Modal	9	0.081	0.0653	0.0017	0.0136	0.9262	0.9301	0.9552	34%
Modal	10	0.055	0.00003254	0.0001	0.0014	0.9262	0.9302	0.9566	34%
Modal	11	0.047	0.0007	0.0000123	0.0001	0.927	0.9302	0.9568	34%
Modal	12	0.037	0.0001	0.0005	0.0007	0.9271	0.9307	0.9575	34%
Modal	13	0.034	0.0078	0.0001	0.0062	0.9349	0.9308	0.9637	34%
Modal	14	0.033	0.0153	0.0008	0.004	0.9502	0.9317	0.9676	34%
Modal	15	0.031	0.0003	0.0319	0.0035	0.9504	0.9636	0.9712	34%

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta la participación de masas.

11.11.1.8. Torsión en planta

En la Tabla 11 se presenta los resultados de la torsión en planta según dirección X – Y con su respectivo promedio, máximo y ratio.

Tabla 11. Torsión en planta

TABLE: Story Max Over Avg Displacements								
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Maximum	Average	Ratio
						m	m	
Story5	Sy	LinStatic			Y	0.037729	0.030983	1.218
Story4	Sy	LinStatic			Y	0.026992	0.01781	1.516
Story3	Sy	LinStatic			Y	0.010609	0.009023	1.176
Story2	Sy	LinStatic			Y	0.009811	0.006541	1.5
Story1	Sy	LinStatic			Y	0.001301	0.001126	1.156

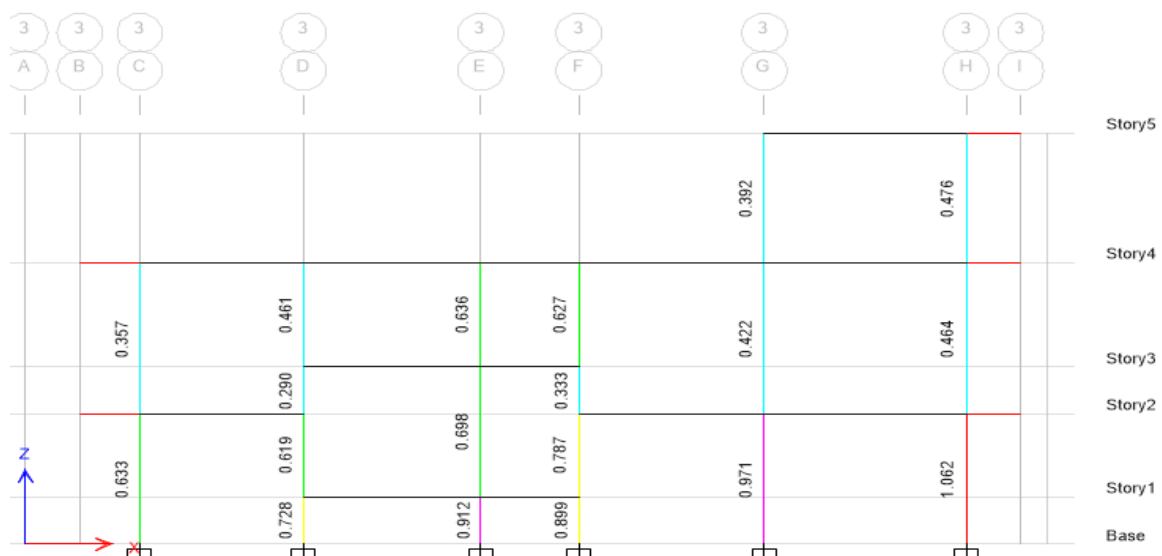
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta la torsión en planta.

11.11.1.9. Análisis de estructura

En la Figura 49 y Figura 50 presenta la vista en elevación de la columnas:

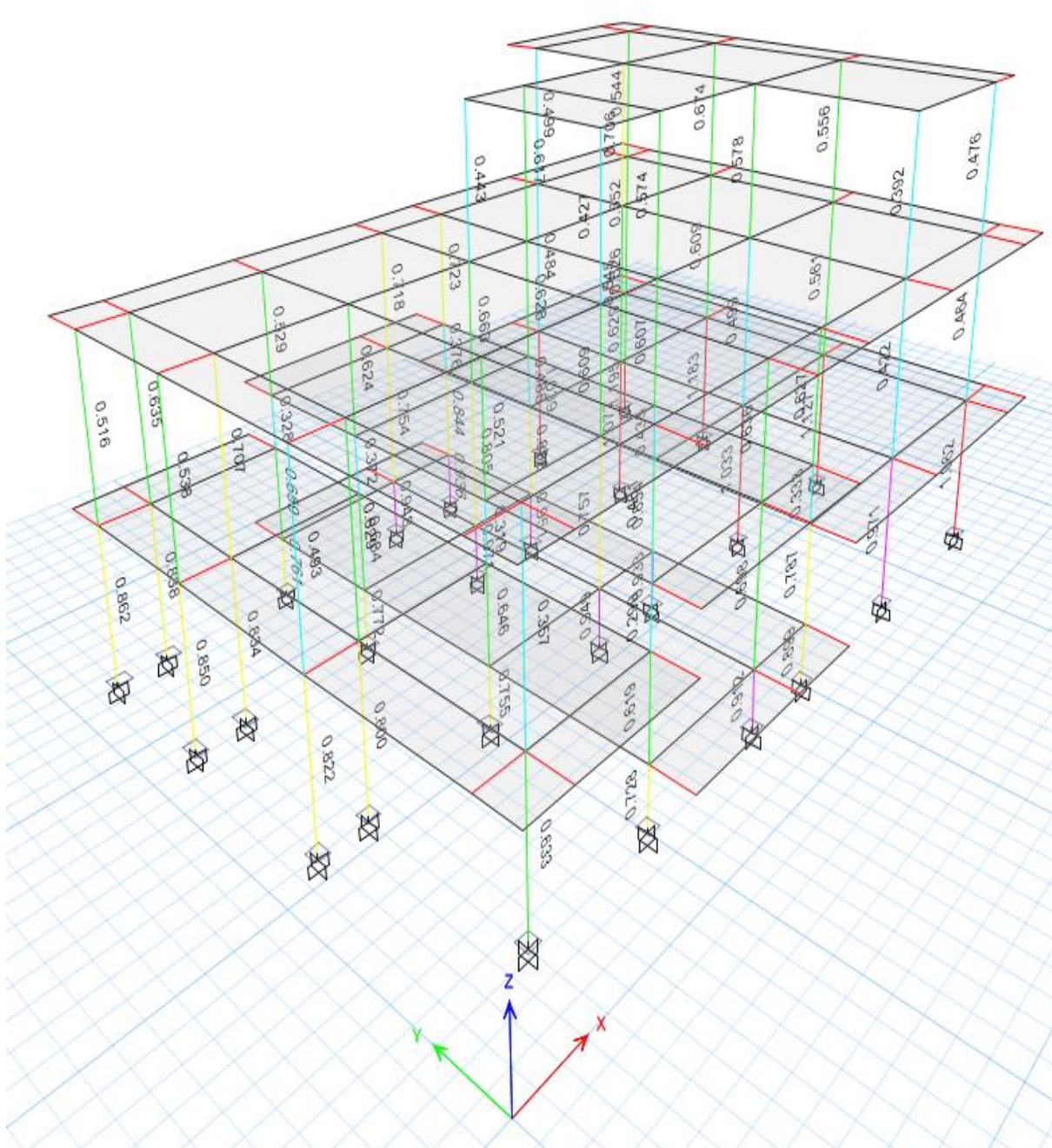
Figura 49 Vista en elevación de la columna P-M-M relación de interacción ACI318-19



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista en elevación de la columna

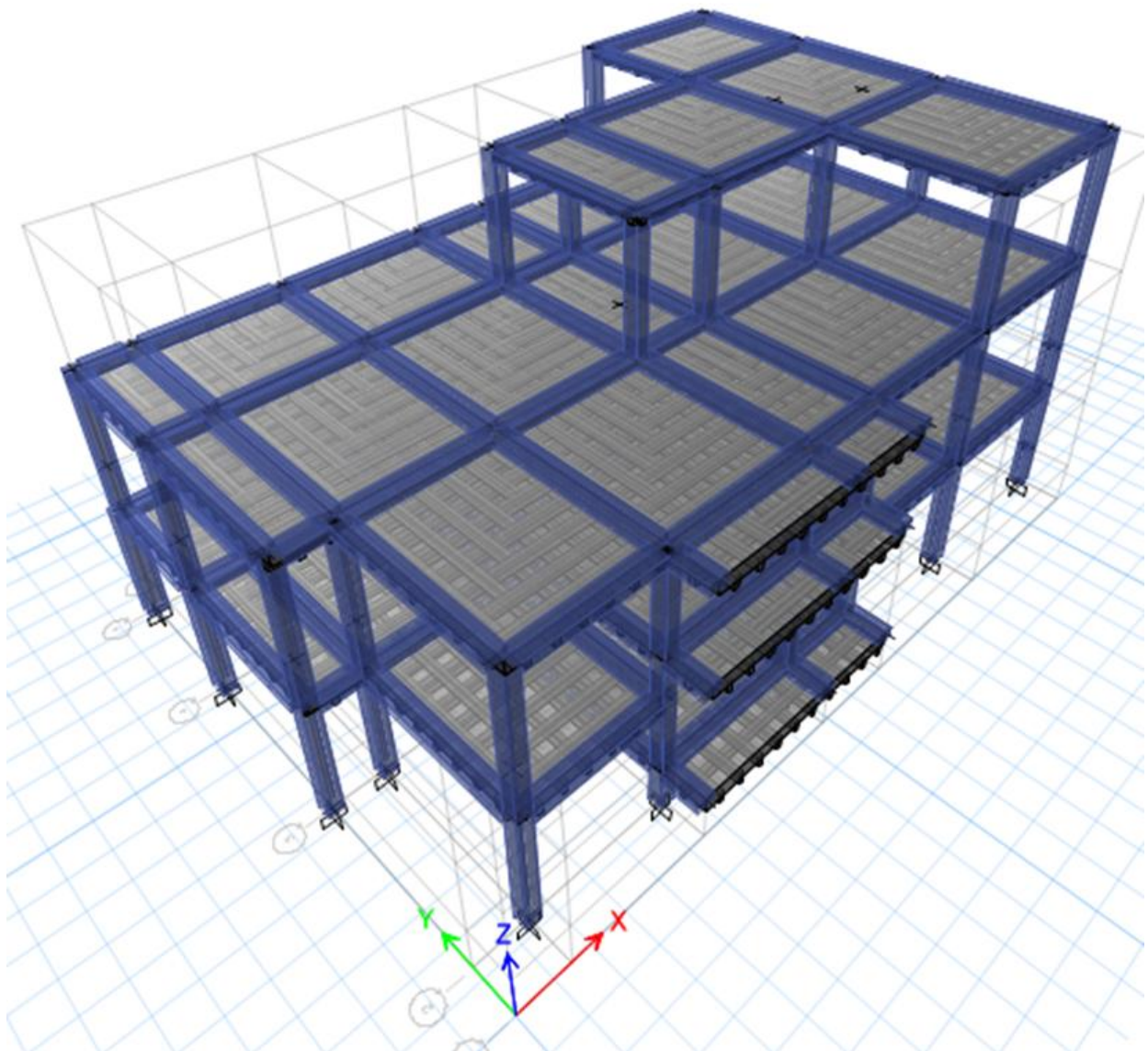
Figura 50 Vista 3D de la columna P-M-M relación de interacción ACI318-19



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D de la columna

Figura 51 Vista en 3D de las columnas de la estructura



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D de las columnas de la vivienda.

En este caso se identificó que, la estructura presenta en la mayoría de las secciones con sobre esfuerzo, presentando fallas en el hormigón.

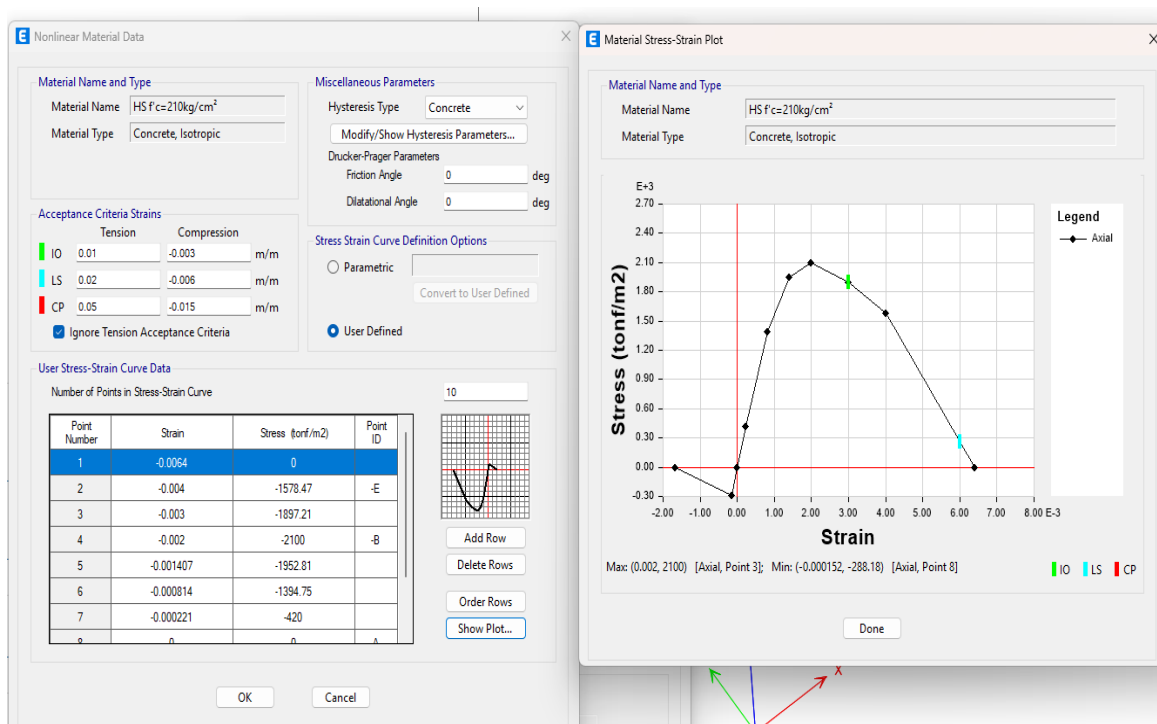
11.12. Análisis no lineal vivienda actual (NSP)

Se utilizó el programa ETABS para cálculos no lineales con los modelos constitutivos del acero y el hormigón. En la Figura 52 y Figura 53 se presenta los hings de vigas columnas y la perspectiva eje 3 de la vivienda respectivamente.

11.12.1. Modelo constitutivo del hormigón No confinado

El modelo constitutivo del hormigón no confinado establece como responde este material ante cargas externas cuando no está sujeto a ningún tipo de confinamiento, lo que impacta de manera considerable tanto en su resistencia como en su capacidad de deformación, modelo de (Mander).

Figura 52 Modelo no lineal de Mander para concreto



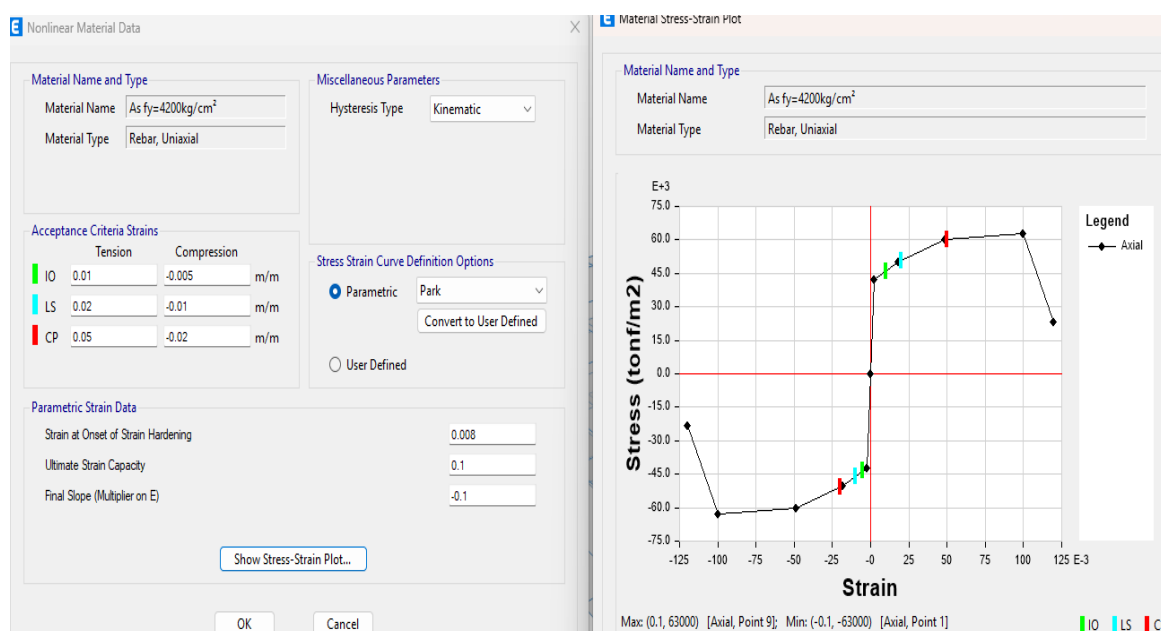
Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra el modelo de Mander para concreto, representando la curva de esfuerzo-deformación.

11.12.2. Modelo constitutivo del Acero

El modelo constitutivo del acero Figura 53, describe su comportamiento bajo carga, abarcando tanto la fase elástica como plástica. En el análisis estructural, este modelo se representa mediante una curva esfuerzo-deformación que incluye puntos críticos como el límite de fluencia y el límite de rotura, modelo (Park).

Figura 53 Modelo Constitutivo del Acero (Modelo de Park)



Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra Curva esfuerzo-deformación del modelo de Park para acero, representando su comportamiento elástico y plástico, incluyendo los límites de fluencia u rotura.

11.13. Análisis de carga PUSHOVER

Las cargas se aplican según el modo vibracional correspondiente. A partir del análisis estático y espectral, se observa en la Tabla 9 que el primer modo de vibración provoca un desplazamiento predominante en la dirección global Y, Figura 54; por lo tanto, se debe asignar el caso de carga PUSHOVER Y al primer modo vibracional.

Similarmente, el caso de carga PUSHOVER X debe ser asignado al segundo modo de vibración de la estructura, ya que este favorece el desplazamiento en dicha dirección.

Figura 54 Asignación de Cargas en el Análisis Pushover según Modos de Vibración

Load Case Data

General

Load Case Name: PUSHOVER YY+ Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Mass Source: Masa Estructura

Analysis Model: Default

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: Gravitacional 1

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	-1

Info Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis Modify/Show...

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event Modify/Show...

OK Cancel

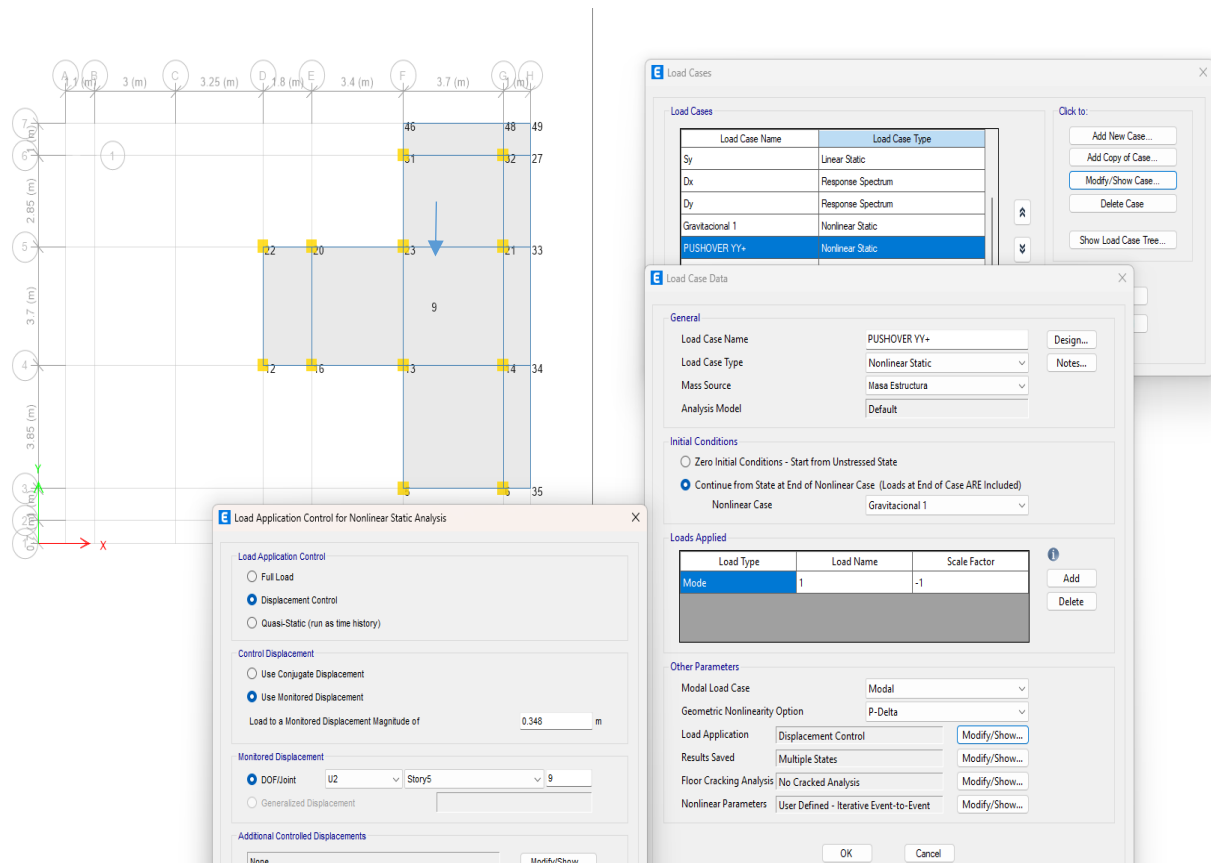
Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra la asignación de las cargas Pushover Y en Etabs, correspondiente al primer modo.

11.13.1. *Objetivo de desplazamiento*

Según la ASCE 41-17, el nodo control se ubica en el centro de masa del techo, calculado independientemente y asignado al modelo como Label 9 (Figura 55). La magnitud del desplazamiento de cada piso se obtiene a partir de fórmulas o, de manera aproximada, como el 4% de la altura total del edificio. Dado que el cálculo es complejo, se utiliza la recomendación de la norma ajustada a las necesidades del proyecto, con un valor de desplazamiento de 0.348m.

Figura 55 Nodo Control Ubicación



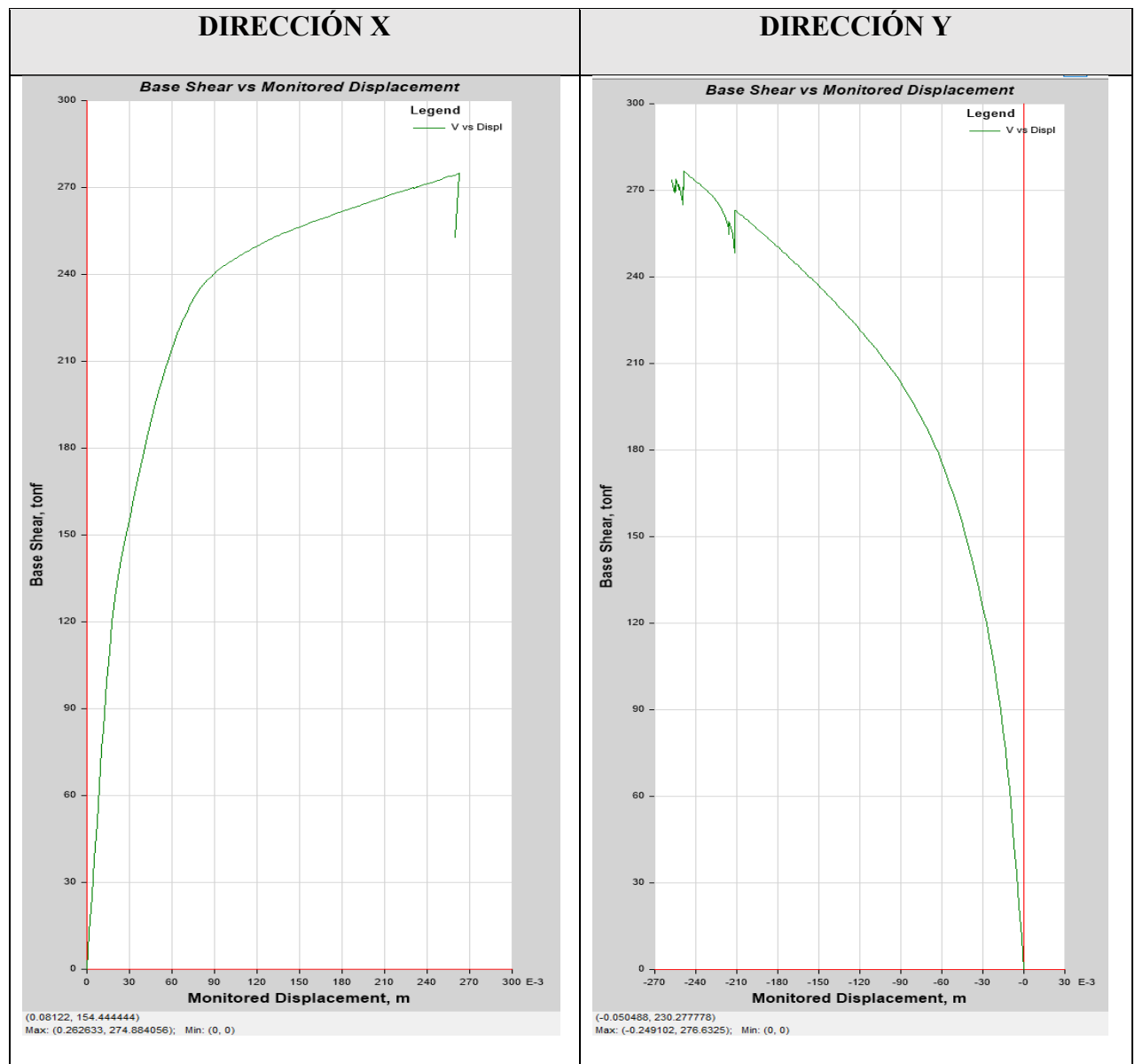
Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra el nodo control su ubicación en el último nivel.

11.13.2. Curva de Capacidad

Una vez realizados los ajustes mencionados evaluar el modelo. El primer paso será calcular la curva de capacidad de la estructura en la dirección X e Y.

Figura 56 Curva de Capacidad



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la curva de capacidad en las direcciones **X** y **Y** de la estructura.

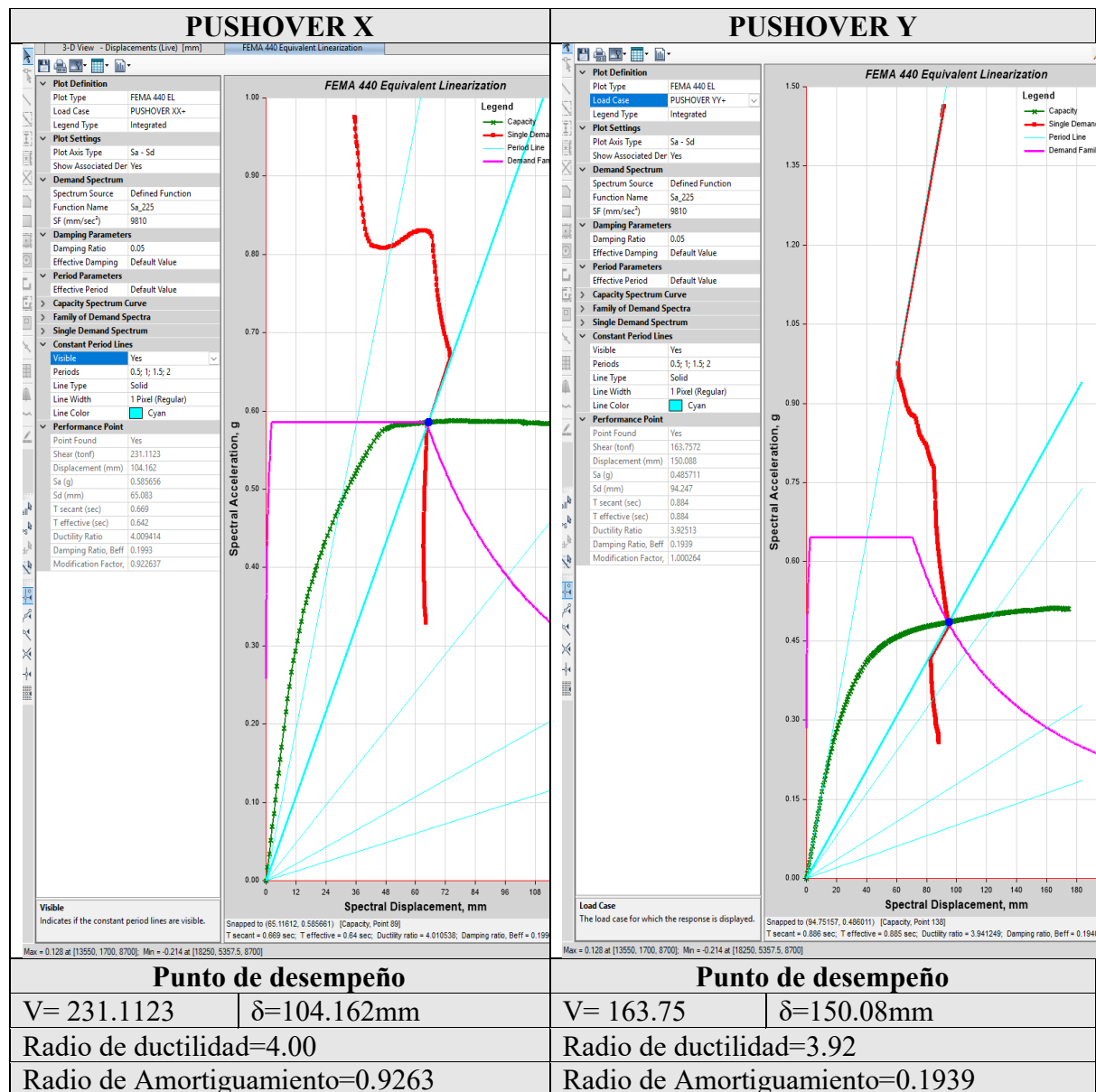
La Figura 56 muestra la relación entre el corte basal y el desplazamiento monitoreado de la estructura. Se observa un comportamiento lineal hasta alcanzar aproximadamente los 4cm de desplazamiento, con corte basal que varía entre los 230T. El comportamiento no lineal se evidencia superando este desplazamiento ya que con se muestra llega hasta 20cm, con poco aumento cortante basal 340T.

Después de analizar la forma de la curva, se puede concluir que la estructura mantiene un comportamiento rígido en su fase inicial, pero a medida que aumenta el desplazamiento, la respuesta se vuelve más desfavorable.

11.13.3. Punto de desempeño (Método FEMA 440)

Según el procedimiento establecido por el FEMA 440, se obtuvo el punto de desempeño para ambas direcciones de análisis. En la curva generada, se puede identificar los siguientes elementos, el espectro reducido, representado de color magenta; el espectro de capacidad es color verde, el punto de desempeño, el color rojo al final de la (Tabla 12), se especifican los valores de desplazamiento y aceleración espectral.

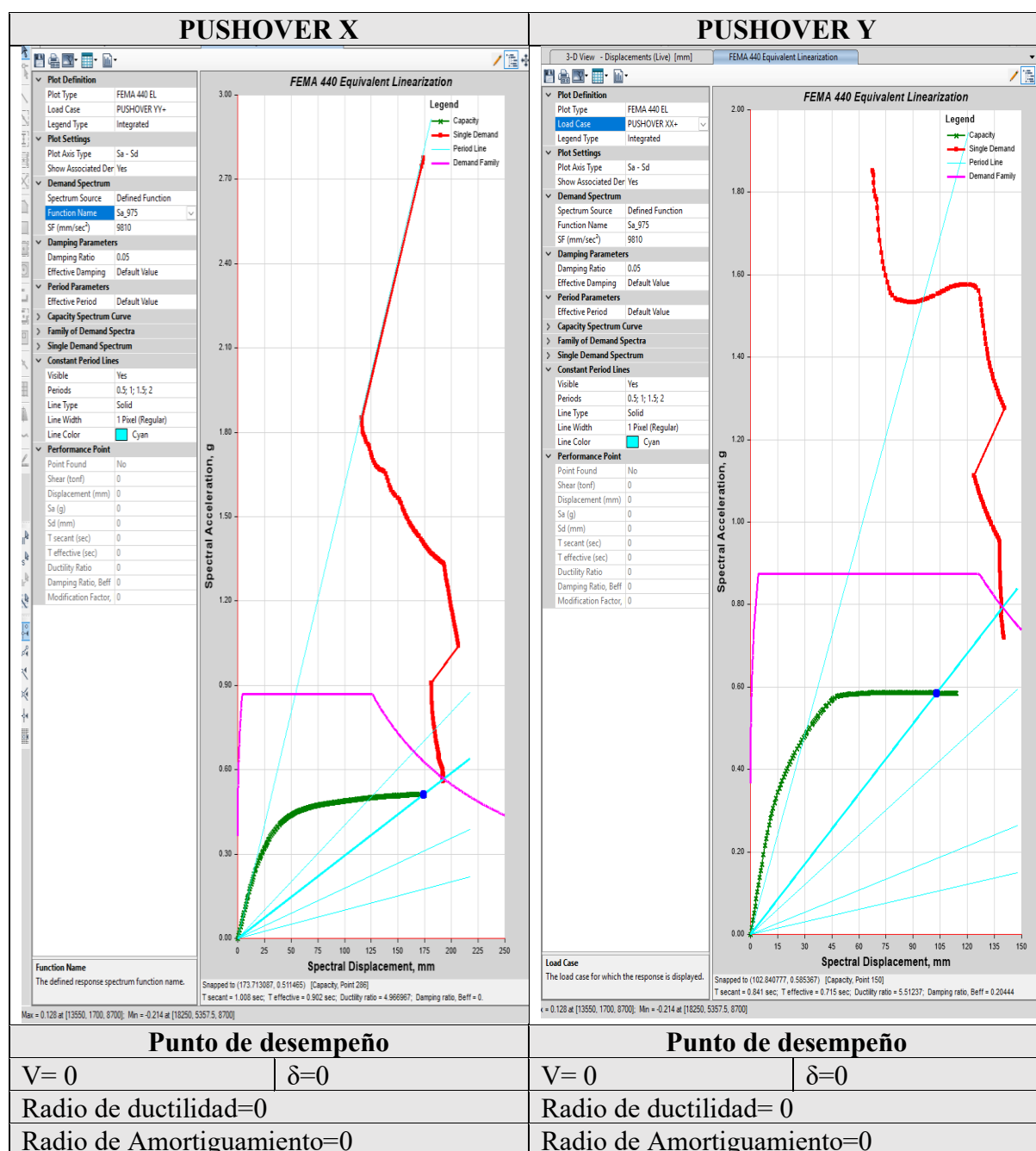
Tabla 12 Punto de desempeño (T=225años)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla muestra los puntos de desempeño obtenidos mediante análisis lineación equivalente (FEMA 440)

Tabla 13 Punto de desempeño (T=975 años)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla muestra la relación entre el cortante basal y el desplazamiento en dirección X de la estructura, con los puntos de desempeño correspondientes a diferentes niveles de amenaza.

11.13.4. Criterios de aceptación

Se establece en ASCE 41-17(tabla C2-1) que los objetivos esenciales de seguridad, que comprenden **m** y **p**, son cruciales para determinar el nivel de desempeño relacionado con la seguridad de vida frente a amenazas de diferentes magnitudes; una amenaza moderada, asociada a un periodo de retorno 225años ($T_r=225$ años), y una amenaza sísmica extrema menos probable pero destructiva vinculada a un periodo de 975años ($T_r=975$ años).

Para evaluar los criterios de aceptación de la estructura, se utiliza la Tabla 12 que relaciona en cortante basal con el desplazamiento, en las que se identifica las coordenadas correspondientes al punto de desempeño deseado, representadas como (V , δ). De acuerdo con este análisis, si alguno de los elementos supera el nivel de desempeño estipulado, se considera que la estructura no cumple con los requisitos y, por lo tanto, se clasificara como inaceptable.

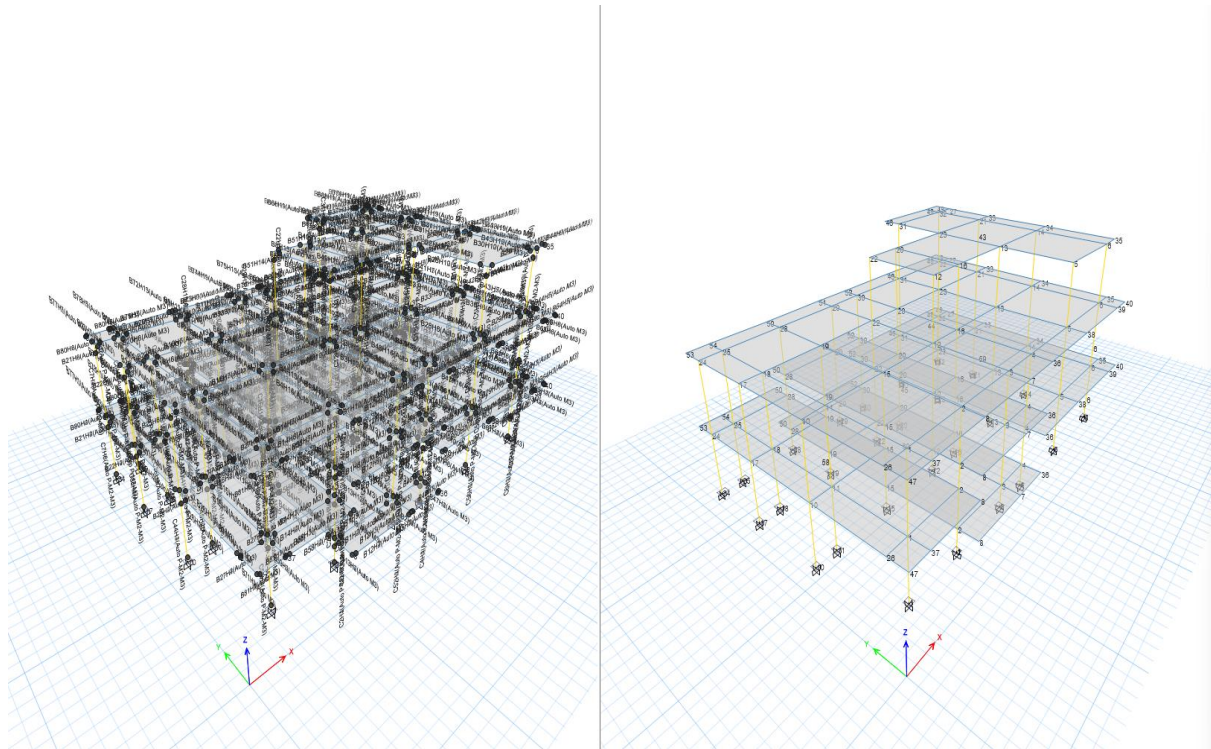
Tabla 14 Cortante Basal Vs Desplazamiento

CORTANTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO (DIRECCIÓN X)				
Amenaza	Objetivo		Punto de desempeño	
			V (Ton)	d(mm)
225	M		231.11Ton	104.16 mm
975	P		0Ton	0 mm

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla muestra la relación entre el cortante basal y el desplazamiento en la dirección X de la estructura.

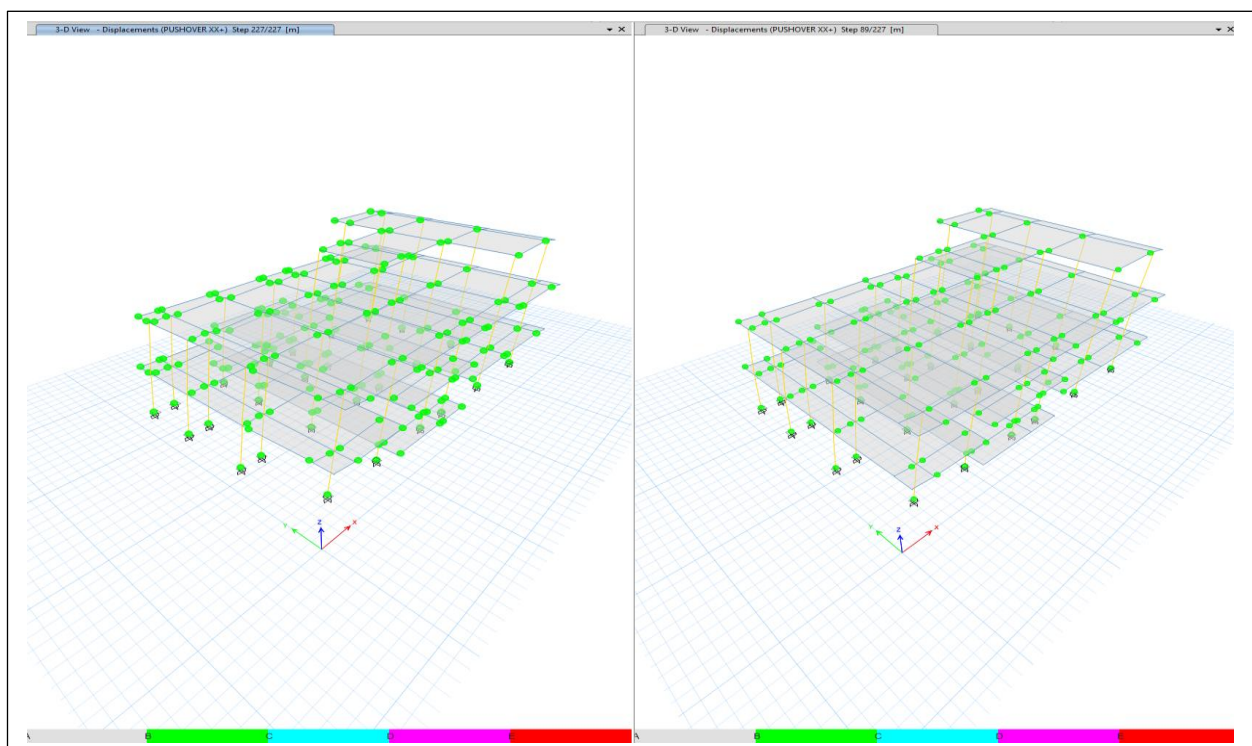
Figura 57 Vista 3D hinges vigas columnas no lineal de la vivienda existente (revB)

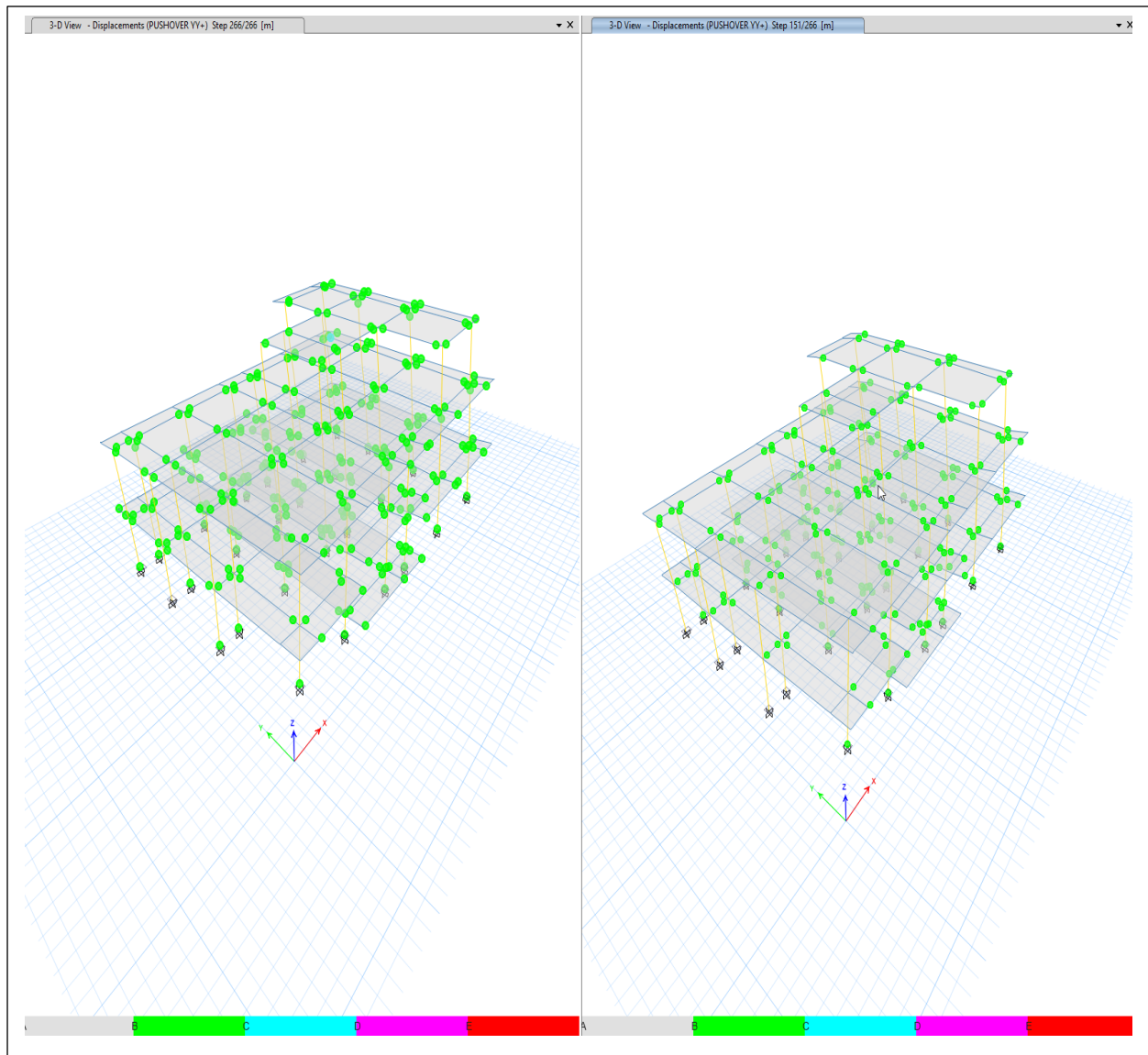


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D hinges de viga columna.

Figura 58 Vista 3D Pushover XY no lineal vivienda existente (revB)



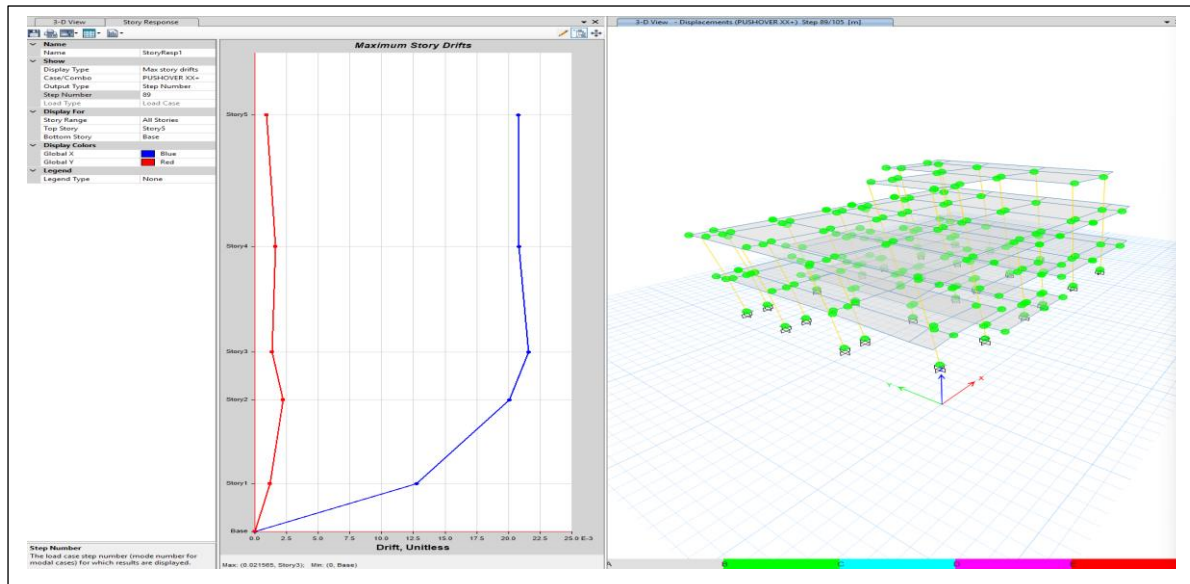


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D de Pushover no lineal en X (step 89/227m – 227/227m) – Y (step 141/266m – 266/266m).

En la Figura 59 y Figura 60 se aprecia los resultados no lineales de pushover versus deriva en eje X – Y de la vivienda actual con valor máximo de 0,021565 y 0,040608 respectivamente.

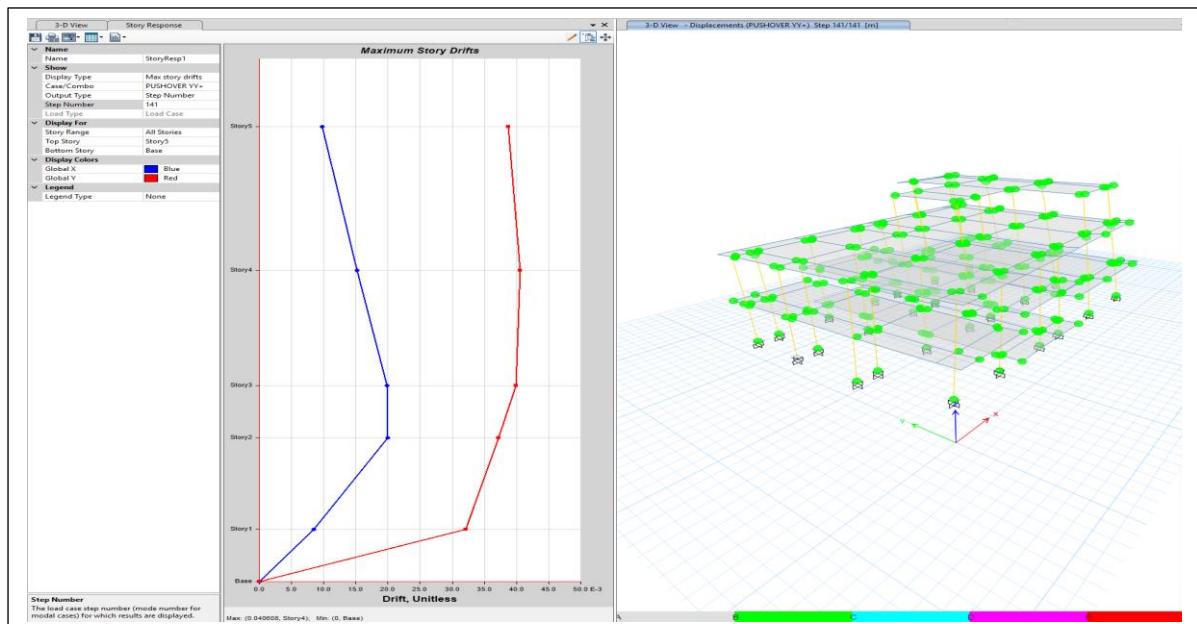
Figura 59 Vista en 3D Pushover vs deriva X no lineal vivienda existente (RevB)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D Pushover vs deriva vivienda actual Step 89/227 m.

Figura 60 Vista en 3D Pushover vs deriva Y no lineal vivienda existente (RevB)

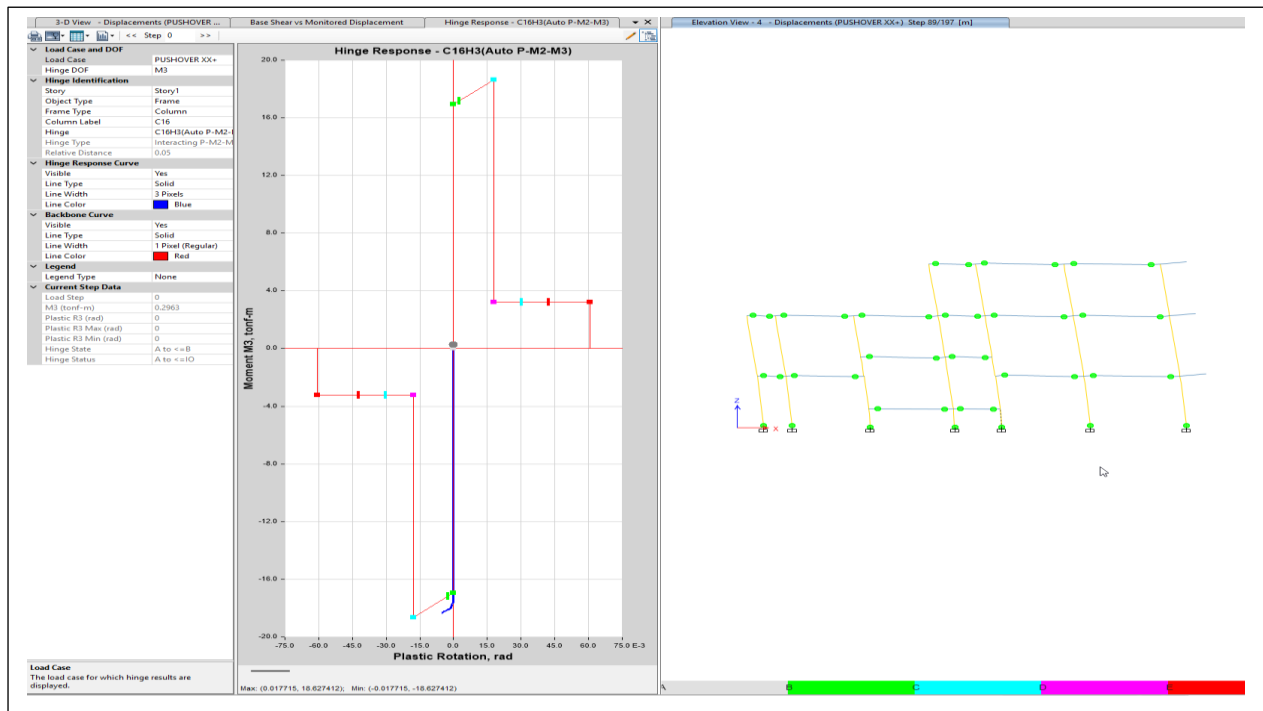


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D Pushover vs deriva vivienda actual Step 141/266 m.

De igual modo, en la Figura 61 y Figura 62 se tiene hinges no lineal en eje X – Y de la vivienda existente. En eje se tiene un valor máximo (0,017715, 18.627412) y en eje Y se ubica entre 0,006447 y 4.568257.

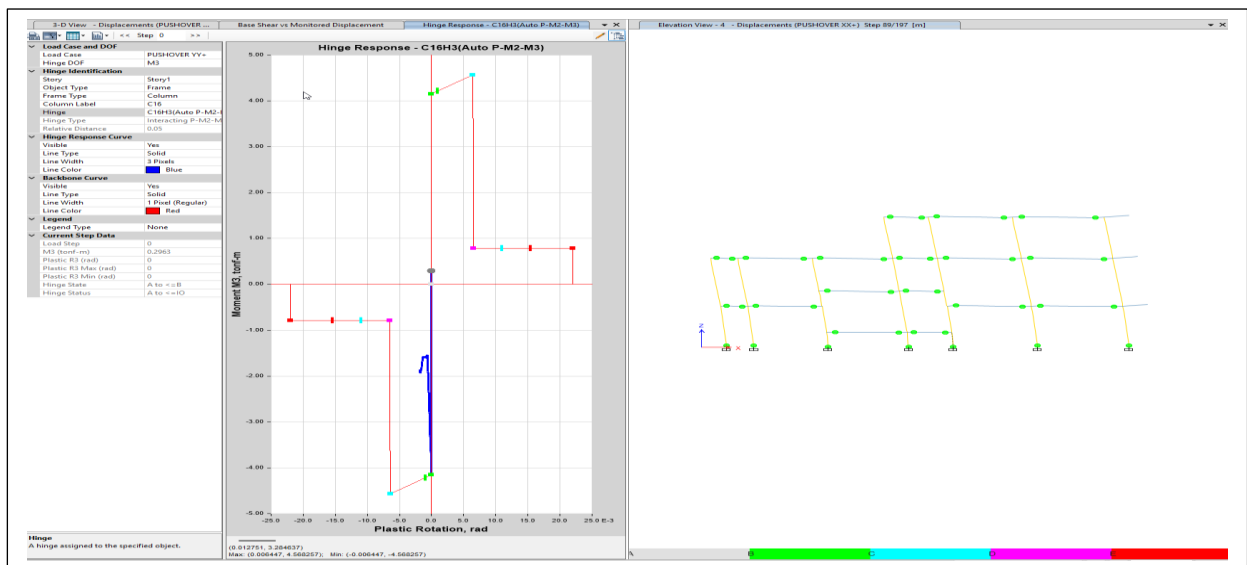
Figura 61 Vista en 3D Hinges X no lineal vivienda existente (RevB)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D hinges de la columna C16, no lineal de vivienda existente.

Figura 62 Vista en 3D Hinges Y no lineal vivienda existente (RevB)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D hinges no lineal de vivienda existente.

Por último, en la Tabla 15 y Tabla 16 se presenta la comparativa con Pushover en eje X – Y.

En cuanto al eje X se aprecia un desplazamiento máximo -104.39 mm y base con 239.82 tonf.

Mientras que en el eje Y se observa un desplazamiento máximo -245.448 mm y base con

179.149 tonf.

Tabla 15. Comparativa con Pushover en X

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	tonf										
0	0	0	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
1	1	6.9767	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
2	2	13.9535	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
3	3	20.9302	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
4	4	27.907	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
5	5	34.8837	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
6	6	41.8605	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
7	7	48.8373	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
8	8	55.8141	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
9	9	62.7909	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
10	9.92	69.2074	1266	2	0	0	0	1268	0	0	0	1268
11	11.355	78.9498	1260	8	0	0	0	1268	0	0	0	1268
12	12.7	87.6479	1252	16	0	0	0	1268	0	0	0	1268
13	13.811	94.3556	1240	28	0	0	0	1268	0	0	0	1268
14	14.93	100.8127	1236	32	0	0	0	1268	0	0	0	1268
15	16.245	108.2205	1230	38	0	0	0	1268	0	0	0	1268
16	17.407	114.3315	1212	56	0	0	0	1268	0	0	0	1268
17	18.409	118.9944	1196	72	0	0	0	1268	0	0	0	1268
18	19.647	124.2934	1186	82	0	0	0	1268	0	0	0	1268
19	20.919	129.3156	1168	100	0	0	0	1268	0	0	0	1268
20	22.19	133.9273	1152	116	0	0	0	1268	0	0	0	1268
21	23.795	139.1696	1136	132	0	0	0	1268	0	0	0	1268
22	25.1	143.0148	1128	140	0	0	0	1268	0	0	0	1268
23	26.276	146.3201	1118	150	0	0	0	1268	0	0	0	1268
24	27.532	149.63	1110	158	0	0	0	1268	0	0	0	1268
25	28.962	153.0998	1096	172	0	0	0	1268	0	0	0	1268
26	30.24	155.9783	1090	178	0	0	0	1268	0	0	0	1268
27	31.24	158.1702	1090	178	0	0	0	1268	0	0	0	1268
28	32.24	160.3633	1090	178	0	0	0	1268	0	0	0	1268
29	33.997	164.1963	1084	184	0	0	0	1268	0	0	0	1268
30	34.997	166.2817	1084	184	0	0	0	1268	0	0	0	1268
31	36.481	169.3488	1078	190	0	0	0	1268	0	0	0	1268
32	37.487	171.3002	1068	200	0	0	0	1268	0	0	0	1268
33	38.982	174.0177	1058	210	0	0	0	1268	0	0	0	1268
34	40.76	177.0335	1054	214	0	0	0	1268	0	0	0	1268
35	42.428	179.765	1050	218	0	0	0	1268	0	0	0	1268
36	44.083	182.3793	1044	224	0	0	0	1268	0	0	0	1268
37	45.377	184.3869	1040	228	0	0	0	1268	0	0	0	1268
38	46.844	186.5577	1034	234	0	0	0	1268	0	0	0	1268
39	47.844	188.0097	1032	236	0	0	0	1268	0	0	0	1268
40	48.844	189.4525	1032	236	0	0	0	1268	0	0	0	1268
41	49.844	190.8953	1030	238	0	0	0	1268	0	0	0	1268
42	51.438	193.126	1026	242	0	0	0	1268	0	0	0	1268
43	52.438	194.4646	1026	242	0	0	0	1268	0	0	0	1268
44	54.281	196.9075	1022	246	0	0	0	1268	0	0	0	1268
45	55.281	198.22	1020	248	0	0	0	1268	0	0	0	1268

46	56.281	199.5246	1016	252	0	0	0	1268	0	0	0	1268
47	57.281	200.7819	1016	252	0	0	0	1268	0	0	0	1268
48	58.281	202.0391	1014	254	0	0	0	1268	0	0	0	1268
49	59.281	203.291	1010	258	0	0	0	1268	0	0	0	1268
50	60.281	204.5103	1006	262	0	0	0	1268	0	0	0	1268
51	61.811	206.2974	1000	268	0	0	0	1268	0	0	0	1268
52	62.811	207.4301	996	272	0	0	0	1268	0	0	0	1268
53	63.811	208.5463	996	272	0	0	0	1268	0	0	0	1268
54	64.811	209.6623	992	276	0	0	0	1268	0	0	0	1268
55	66.708	211.7002	986	282	0	0	0	1268	0	0	0	1268
56	67.708	212.7587	982	286	0	0	0	1268	0	0	0	1268
57	69.699	214.7959	976	292	0	0	0	1268	0	0	0	1268
58	71.359	216.4311	968	300	0	0	0	1268	0	0	0	1268
59	72.359	217.3802	962	306	0	0	0	1268	0	0	0	1268
60	73.359	218.2937	960	308	0	0	0	1268	0	0	0	1268
61	74.797	219.503	940	328	0	0	0	1268	0	0	0	1268
62	76.715	220.7665	930	338	0	0	0	1268	0	0	0	1268
63	77.715	221.3394	926	342	0	0	0	1268	0	0	0	1268
64	78.715	221.8631	926	342	0	0	0	1268	0	0	0	1268
65	79.715	222.3862	924	344	0	0	0	1268	0	0	0	1268
66	80.715	222.9058	924	344	0	0	0	1268	0	0	0	1268
67	81.715	223.4298	922	346	0	0	0	1268	0	0	0	1268
68	83.215	224.1287	918	350	0	0	0	1268	0	0	0	1268
69	84.215	224.5068	916	352	0	0	0	1268	0	0	0	1268
70	85.215	224.8807	916	352	0	0	0	1268	0	0	0	1268
71	86.215	225.2541	916	352	0	0	0	1268	0	0	0	1268
72	87.215	225.6249	916	352	0	0	0	1268	0	0	0	1268
73	88.215	225.9911	916	352	0	0	0	1268	0	0	0	1268
74	89.215	226.3559	916	352	0	0	0	1268	0	0	0	1268
75	90.215	226.7289	914	354	0	0	0	1268	0	0	0	1268
76	91.215	227.0797	914	354	0	0	0	1268	0	0	0	1268
77	92.215	227.4271	914	354	0	0	0	1268	0	0	0	1268
78	93.215	227.7746	912	356	0	0	0	1268	0	0	0	1268
79	94.215	228.12	912	356	0	0	0	1268	0	0	0	1268
80	95.215	228.4577	912	356	0	0	0	1268	0	0	0	1268
81	96.215	228.7975	908	360	0	0	0	1268	0	0	0	1268
82	97.215	229.1068	908	360	0	0	0	1268	0	0	0	1268
83	98.215	229.4127	906	362	0	0	0	1268	0	0	0	1268
84	99.215	229.7347	904	364	0	0	0	1268	0	0	0	1268
85	100.215	230.0389	898	370	0	0	0	1268	0	0	0	1268
86	101.215	230.3233	894	374	0	0	0	1267	1	0	0	1268
87	102.215	230.6065	890	378	0	0	0	1266	2	0	0	1268
88	103.215	230.8807	888	380	0	0	0	1266	2	0	0	1268
89	104.215	231.1251	886	382	0	0	0	1262	6	0	0	1268
90	105.215	231.3906	886	382	0	0	0	1261	7	0	0	1268
91	106.215	231.6377	884	384	0	0	0	1259	9	0	0	1268
92	107.215	231.9019	878	390	0	0	0	1259	9	0	0	1268

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta la comparación con Pushover.

Tabla 16. Comparativa con Pushover en Y

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	tonf										
0	0	0	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
1	1	3.422	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
2	2	6.844	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
3	3	10.2661	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
4	4	13.6881	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
5	5	17.1101	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
6	6	20.532	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
7	7	23.954	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
8	8	27.376	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
9	9	30.798	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
10	10	34.2199	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
11	11	37.6418	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
12	12	41.0638	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
13	13	44.4857	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
14	14	47.9076	1268	0	0	0	0	1268	0	0	0	1268
15	14.695	50.285	1266	2	0	0	0	1268	0	0	0	1268
16	16.177	55.1594	1264	4	0	0	0	1268	0	0	0	1268
17	17.384	59.0047	1252	16	0	0	0	1268	0	0	0	1268
18	18.527	62.2775	1240	28	0	0	0	1268	0	0	0	1268
19	19.527	64.9477	1240	28	0	0	0	1268	0	0	0	1268
20	20.527	67.6179	1240	28	0	0	0	1268	0	0	0	1268
21	21.527	70.2881	1238	30	0	0	0	1268	0	0	0	1268
22	22.527	72.9375	1238	30	0	0	0	1268	0	0	0	1268
23	23.784	76.1614	1226	42	0	0	0	1268	0	0	0	1268
24	25.265	79.7641	1216	52	0	0	0	1268	0	0	0	1268
25	26.265	82.0955	1214	54	0	0	0	1268	0	0	0	1268
26	27.958	85.9653	1212	56	0	0	0	1268	0	0	0	1268
27	29.208	88.7474	1200	68	0	0	0	1268	0	0	0	1268
28	30.77	91.9466	1182	86	0	0	0	1268	0	0	0	1268
29	31.871	94.0237	1178	90	0	0	0	1268	0	0	0	1268
30	32.972	96.0426	1170	98	0	0	0	1268	0	0	0	1268
31	33.972	97.8046	1168	100	0	0	0	1268	0	0	0	1268
32	35.41	100.2155	1160	108	0	0	0	1268	0	0	0	1268
33	36.864	102.5902	1154	114	0	0	0	1268	0	0	0	1268
34	38.351	104.96	1148	120	0	0	0	1268	0	0	0	1268
35	39.351	106.5146	1148	120	0	0	0	1268	0	0	0	1268
36	40.528	108.323	1142	126	0	0	0	1268	0	0	0	1268
37	41.528	109.8155	1138	130	0	0	0	1268	0	0	0	1268
38	42.528	111.2967	1138	130	0	0	0	1268	0	0	0	1268
39	43.528	112.778	1136	132	0	0	0	1268	0	0	0	1268
40	44.847	114.6592	1128	140	0	0	0	1268	0	0	0	1268
41	45.847	116.0474	1122	146	0	0	0	1268	0	0	0	1268
42	47.477	118.1323	1104	164	0	0	0	1268	0	0	0	1268
43	49.231	120.1406	1102	166	0	0	0	1268	0	0	0	1268
44	50.889	121.9555	1088	180	0	0	0	1268	0	0	0	1268
45	52.652	123.7778	1072	196	0	0	0	1268	0	0	0	1268
46	53.652	124.7687	1070	198	0	0	0	1268	0	0	0	1268
47	54.652	125.7431	1068	200	0	0	0	1268	0	0	0	1268
48	56.33	127.3474	1066	202	0	0	0	1268	0	0	0	1268
49	57.33	128.2915	1066	202	0	0	0	1268	0	0	0	1268
50	58.996	129.8155	1054	214	0	0	0	1268	0	0	0	1268
51	60.916	131.4646	1044	224	0	0	0	1268	0	0	0	1268
52	62.61	132.878	1032	236	0	0	0	1268	0	0	0	1268
53	63.61	133.6415	1026	242	0	0	0	1268	0	0	0	1268
54	64.61	134.3846	1020	248	0	0	0	1268	0	0	0	1268

55	66.298	135.5646	1004	264	0	0	0	1268	0	0	0	1268
56	67.298	136.2308	1002	266	0	0	0	1268	0	0	0	1268
57	68.298	136.8916	998	270	0	0	0	1268	0	0	0	1268
58	69.298	137.5312	984	284	0	0	0	1268	0	0	0	1268
59	70.298	138.1357	984	284	0	0	0	1268	0	0	0	1268
60	71.298	138.7385	984	284	0	0	0	1268	0	0	0	1268
61	72.298	139.3429	982	286	0	0	0	1268	0	0	0	1268
62	73.937	140.3026	976	292	0	0	0	1268	0	0	0	1268
63	74.937	140.8551	976	292	0	0	0	1268	0	0	0	1268
64	75.937	141.4153	970	298	0	0	0	1268	0	0	0	1268
65	76.937	141.958	968	300	0	0	0	1268	0	0	0	1268
66	77.937	142.4821	966	302	0	0	0	1268	0	0	0	1268
67	78.937	142.9972	964	304	0	0	0	1268	0	0	0	1268
68	79.937	143.5039	960	308	0	0	0	1268	0	0	0	1268
69	80.937	144.0109	958	310	0	0	0	1268	0	0	0	1268
70	81.937	144.5126	952	316	0	0	0	1268	0	0	0	1268
71	82.937	144.9967	948	320	0	0	0	1268	0	0	0	1268
72	83.937	145.4738	938	330	0	0	0	1268	0	0	0	1268
73	85.897	146.3532	930	338	0	0	0	1268	0	0	0	1268
74	86.897	146.7769	930	338	0	0	0	1268	0	0	0	1268
75	87.897	147.2005	926	342	0	0	0	1268	0	0	0	1268
76	88.897	147.6085	922	346	0	0	0	1268	0	0	0	1268
77	89.897	148	918	350	0	0	0	1268	0	0	0	1268
78	90.897	148.3967	912	356	0	0	0	1268	0	0	0	1268
79	91.897	148.7707	910	358	0	0	0	1268	0	0	0	1268
80	92.897	149.1487	910	358	0	0	0	1268	0	0	0	1268
81	93.897	149.5174	908	360	0	0	0	1268	0	0	0	1268
82	94.897	149.8906	904	364	0	0	0	1268	0	0	0	1268
83	95.897	150.2563	900	368	0	0	0	1268	0	0	0	1268
84	96.897	150.6238	900	368	0	0	0	1268	0	0	0	1268
85	97.897	150.9771	894	374	0	0	0	1268	0	0	0	1268
86	98.897	151.3221	894	374	0	0	0	1268	0	0	0	1268
87	99.897	151.6637	888	380	0	0	0	1268	0	0	0	1268
88	100.897	151.9977	888	380	0	0	0	1268	0	0	0	1268
89	101.897	152.3264	888	380	0	0	0	1268	0	0	0	1268
90	102.897	152.6577	880	388	0	0	0	1268	0	0	0	1268
91	103.897	152.9656	878	390	0	0	0	1268	0	0	0	1268
92	104.897	153.2754	872	396	0	0	0	1268	0	0	0	1268
93	105.897	153.575	872	396	0	0	0	1268	0	0	0	1268
94	106.897	153.8804	866	402	0	0	0	1266	2	0	0	1268
95	107.897	154.1664	862	406	0	0	0	1262	6	0	0	1268
96	108.897	154.4519	862	406	0	0	0	1262	6	0	0	1268
97	109.897	154.7351	860	408	0	0	0	1262	6	0	0	1268
98	110.897	155.0238	856	412	0	0	0	1262	6	0	0	1268
99	111.897	155.2974	850	418	0	0	0	1262	6	0	0	1268
100	112.897	155.5688	850	418	0	0	0	1262	6	0	0	1268
101	113.897	155.8313	850	418	0	0	0	1262	6	0	0	1268
102	114.897	156.1024	848	420	0	0	0	1262	6	0	0	1268
103	115.897	156.366	848	420	0	0	0	1260	8	0	0	1268
104	116.897	156.6356	844	424	0	0	0	1260	8	0	0	1268
105	117.897	156.8886	844	424	0	0	0	1256	12	0	0	1268
106	118.897	157.1473	840	428	0	0	0	1256	12	0	0	1268
107	119.897	157.3982	836	432	0	0	0	1254	14	0	0	1268
108	120.897	157.6467	834	434	0	0	0	1254	14	0	0	1268
109	121.897	157.8856	832	436	0	0	0	1252	16	0	0	1268
110	122.897	158.1306	830	438	0	0	0	1248	20	0	0	1268
111	123.897	158.3661	828	440	0	0	0	1246	22	0	0	1268
112	124.897	158.6048	826	442	0	0	0	1242	26	0	0	1268
113	125.897	158.8279	826	442	0	0	0	1242	26	0	0	1268
114	126.897	159.0632	816	452	0	0	0	1240	28	0	0	1268

115	127.897	159.2797	810	458	0	0	0	1238	30	0	0	1268
116	128.897	159.4957	808	460	0	0	0	1238	30	0	0	1268
117	129.897	159.7021	808	460	0	0	0	1238	30	0	0	1268
118	130.897	159.9218	808	460	0	0	0	1238	30	0	0	1268
119	131.897	160.1256	806	462	0	0	0	1236	32	0	0	1268
120	132.897	160.3382	804	464	0	0	0	1236	32	0	0	1268
121	133.897	160.5384	804	464	0	0	0	1234	34	0	0	1268
122	134.897	160.7519	804	464	0	0	0	1232	36	0	0	1268
123	135.897	160.9492	804	464	0	0	0	1232	36	0	0	1268
124	136.897	161.1603	804	464	0	0	0	1228	40	0	0	1268
125	137.897	161.3614	798	470	0	0	0	1228	40	0	0	1268
126	138.897	161.5664	796	472	0	0	0	1227	41	0	0	1268
127	139.897	161.7644	796	472	0	0	0	1222	46	0	0	1268
128	140.897	161.97	792	476	0	0	0	1218	50	0	0	1268
129	141.897	162.1642	788	480	0	0	0	1216	52	0	0	1268
130	142.897	162.3662	788	480	0	0	0	1216	52	0	0	1268
131	143.897	162.5593	788	480	0	0	0	1216	52	0	0	1268
132	144.897	162.7586	786	482	0	0	0	1216	52	0	0	1268
133	145.897	162.9493	784	484	0	0	0	1214	54	0	0	1268
134	146.897	163.1448	784	484	0	0	0	1211	57	0	0	1268
135	147.897	163.3334	784	484	0	0	0	1210	58	0	0	1268
136	148.897	163.5291	784	484	0	0	0	1208	60	0	0	1268
137	149.897	163.7197	784	484	0	0	0	1204	64	0	0	1268
138	150.897	163.9163	784	484	0	0	0	1204	64	0	0	1268
139	151.897	164.1049	780	488	0	0	0	1204	64	0	0	1268
140	152.897	164.2977	778	490	0	0	0	1202	66	0	0	1268
141	153.897	164.4828	778	490	0	0	0	1202	66	0	0	1268
142	154.897	164.6728	778	490	0	0	0	1201	67	0	0	1268
143	155.897	164.8576	778	490	0	0	0	1196	72	0	0	1268
144	156.897	165.0534	776	492	0	0	0	1194	74	0	0	1268
145	157.897	165.2329	776	492	0	0	0	1192	76	0	0	1268
146	158.897	165.4183	774	494	0	0	0	1190	78	0	0	1268
147	159.897	165.6029	772	496	0	0	0	1184	84	0	0	1268
148	160.897	165.7855	772	496	0	0	0	1184	84	0	0	1268
149	161.897	165.9598	770	498	0	0	0	1182	86	0	0	1268
150	162.897	166.1469	768	500	0	0	0	1182	86	0	0	1268
151	163.897	166.3169	766	502	0	0	0	1182	86	0	0	1268
152	164.897	166.4962	766	502	0	0	0	1176	92	0	0	1268
153	165.897	166.6721	766	502	0	0	0	1176	92	0	0	1268

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta la comparación con Pushover.

En el punto de desempeño, aun no se han alcanzado el límite de formación de rotulas plásticas, lo que se refleja en el radio de ductilidad obtenido. Este radio nos indica la capacidad de la estructura para experimentar deformaciones plásticas antes de llegar al fallo. En términos prácticos, la estructura se comporta de manera bastante rígida.

De acuerdo con el análisis previo, aunque las coordenadas del punto de desempeño no coinciden exactamente con las coordenadas de la curva de capacidad de la tabla, se han propuesto coordenadas con valores mayores, por lo tanto, el análisis sigue siendo válido, se sugiere incorporar más puntos en la curva capacidad.

Como se puede visualizar en las tablas si uno de los dos periodos no cumplía, la estructura necesariamente necesita un reforzamiento, para seguir vigilando el comportamiento de la estructura.

11.14. Diseño de disipadores TADAS para la vivienda

Se realizó la simulación del reforzamiento con implementación de disipadores de energía TADAS en ETABS.

11.14.1. *Propuesta de reforzamiento*

Para el diseño de reforzamiento, se tomará como referencia la recomendación planteada por el comité VISION 2000(1992), la cual evalúa las distorsiones máximas del piso en función del uso de la estructura y las condiciones sísmicas del análisis. A continuación (Tabla 15), se presenta una tabla que establece los límites de las distorsiones máximas permitidas para estructuras clasificadas como edificaciones básicas, considerando el desempeño esperado de la misma, en función de su uso durante un evento sísmico.

Tabla 17 Límite de distorsiones Máximas permitidas para Estructuras

Operacional	Inmediatamente ocupacional	Seguridad de vida	Prevención del colapso	Colapso
< 0.2% +/-	< 0.5% +/-	< 1.5% +/-	< 2.5% +/-	> 2.5% +/-

Fuente: comité VISION 2000 (1992).

Nota. En esta tabla se muestran los límites de distorsiones máximas permitidas según las recomendaciones del comité VISION 2000 (1992).

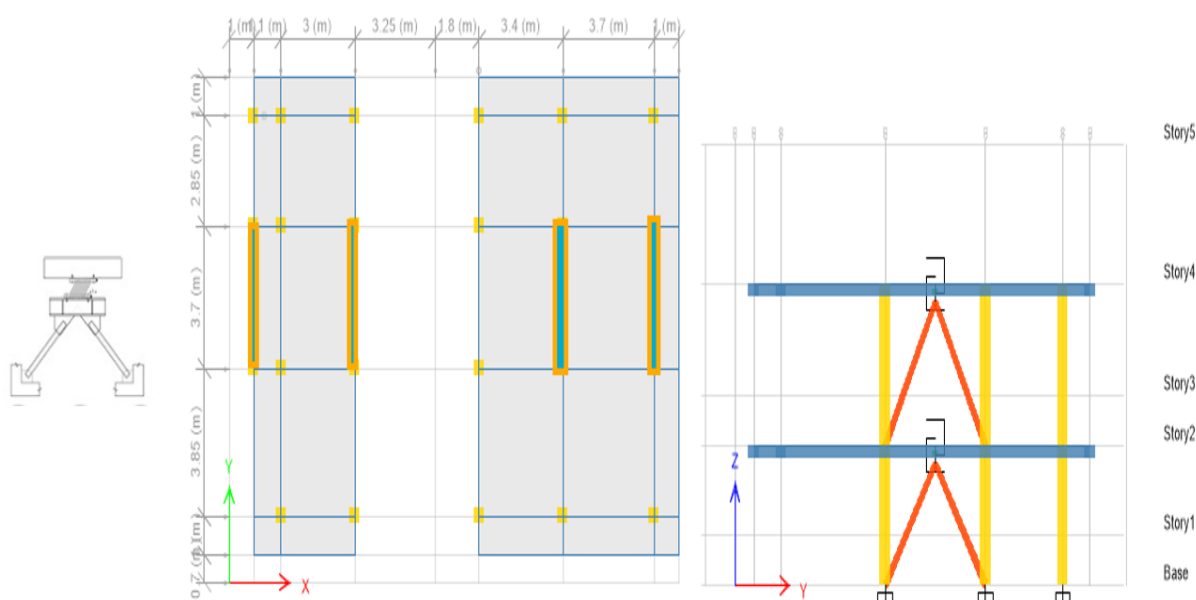
Adicionalmente, se propone como objetivo reforzar la estructura hasta alcanzar una derivación inelástica de aproximadamente 1.5% mediante la utilización de disipadores TADAS.

11.14.2. *Esquema del Reforzamiento estructural*

La incorporación de los disipadores TADAS en la estructura de la estructura en estudio proporciona un mayor efecto de amortiguamiento, lo que contribuye a reducir las vibraciones generadas por sismos. Este esquema de reforzamiento está diseñado para lograr un balance efectivo entre la reducción energía sísmica y el mantenimiento estructural.

En este caso, la distribución de los disipadores TADAS se planificará de manera estratégica en la dirección de eje Y (Figura 63). Según lo indicado en el plano, esta implementación abarcará los dos niveles de la estructura.

Figura 63 Esquema del Reforzamiento



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra el diseño propuesto para el reforzamiento de la estructura con disipadores TADAS.

11.14.3. Masa por piso

En la Tabla 18 y Figura 64 se obtuvo la masa por piso en el programa ETABS.

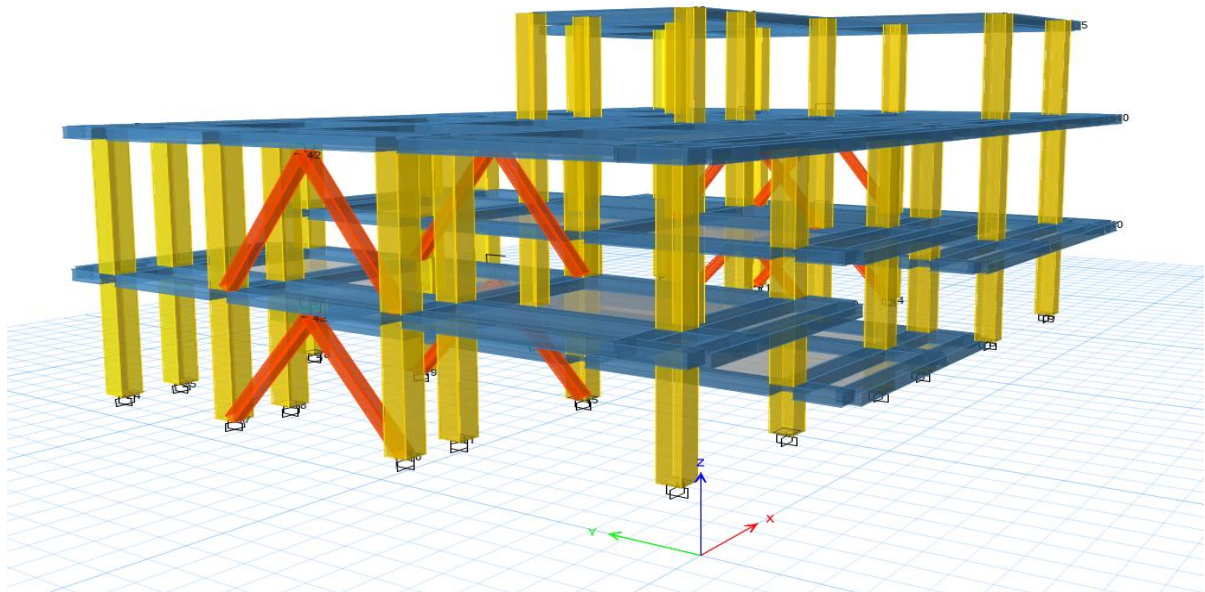
Tabla 18. Masa por piso

Units:	As Noted	Hidden Columns: No	Sort: None
Filtler:	None		
Story	UX kgf-s ² /cm	UY kgf-s ² /cm	UZ kgf-s ² /cm
Story5	69.8593	69.8593	0
Story4	203.0375	203.0375	0
Story3	64.3051	64.3051	0
Story2	154.1456	154.1456	0
Story1	62.5724	62.5724	0
Base	10.3717	10.3717	0

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta la masa por piso.

Figura 64 Vista en 3D de la masa por piso



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D de la masa por piso de la vivienda.

11.14.4. Desplazamientos

En la Tabla 19 se obtuvo los desplazamientos en el programa ETABS según story, elevación, localización y dirección en X – Y.

Tabla 19. Desplazamientos

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	cm		cm	cm
Story5	870	Top	0.7933	3.4763
Story4	595	Top	0.6837	2.4464
Story3	375	Top	0.3883	1.3273
Story2	275	Top	0.2515	0.906
Story1	100	Top	0.0454	0.1814
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta los desplazamientos.

11.14.5. Fuerzas por piso

La Tabla 20 muestra la obtención de fuerzas por piso en el programa ETABS.

Tabla 20. Fuerzas por piso

TABLE: Story Forces									
Story	Output Case	Case Type	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
				kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Story 5	Sy	LinStatic	Bottom	0.00	0.00	35955.49	54061537.07	9887758.50	-0.02
Story 4	Sy	LinStatic	Bottom	9899.83	840.81	52734.07	56608721.27	24501690.37	17181090.02
Story 3	Sy	LinStatic	Bottom	11294.96	264.98	33602.67	44507253.50	16527742.59	18422366.18
Story 2	Sy	LinStatic	Bottom	17675.00	360.82	61042.25	60619951.80	37643575.22	28960483.24
Story 1	Sy	LinStatic	Bottom	16463.76	189.08	65333.05	70288952.50	57987806.87	28010891.01

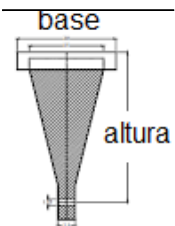
Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta las fuerzas por piso

11.14.6. Tabla de diseño

En la Tabla 21 se detallan los valores de cálculo para TADAS.

Tabla 21. Valores de cálculo para TADAS

Rigidez	Vano a ubicar dissipador	Cortante a recibir	Disipadores por piso	Cortante por TADA			
Stiff Y kgf/cm	L cm	V kgf	#	V/TADA kgf	base cm	altura cm	espesor cm
42345.99	370	35955.49	2	4494	15	25	2.5
69707.72	370	52734.07	2	6592	15	25	2.5
102360.70	370	33602.67	2	4200	15	25	2.5
117805.63	370	61042.25	2	7630	15	25	2.5
499715.13	370	65333.05	2	8167	15	25	2.5

			Placas por disipador necesarias	Placas por disipador asumidas
As ksi	fy kg/cm2	Fy kg	#	#
36	2530	449.443625	10	10
		659.175875	10	10
		420.033375	10	10
		763.028125	10	10
		816.663125	10	10

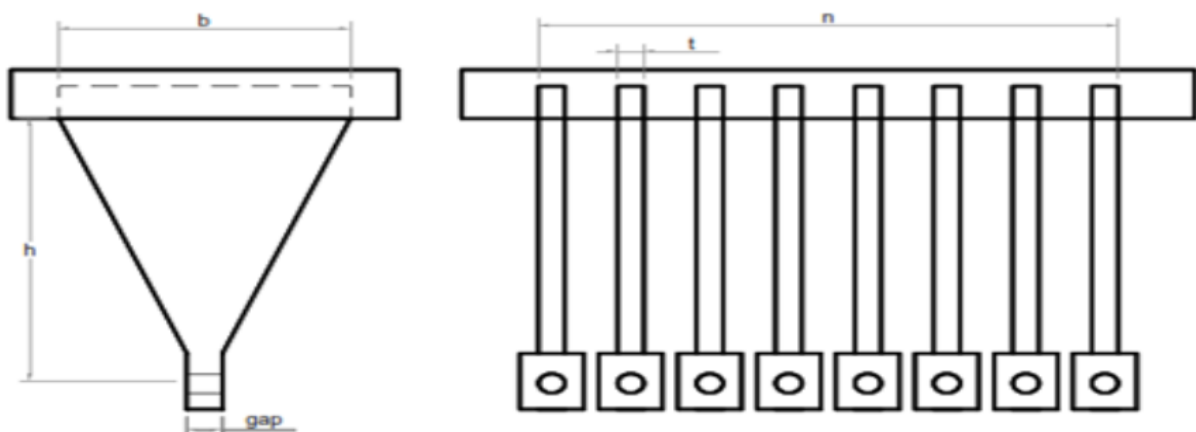
Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla presenta los valores de cálculo para diseño disipadores.

11.14.7. *Propiedades del disipador*

- Módulo de elasticidad: $E_{DIS}=2 \times 10^7 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$
- Fluencia del Acero: $f_y=25320 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$
- Espesor de las placas: $t = 2.5 \text{ cm}$
- Numero de Placas: $n = 10$
- Pendiente post-elástica: $\beta = 0.03$

Figura 65 Propuesta de Dispositivos TADAS



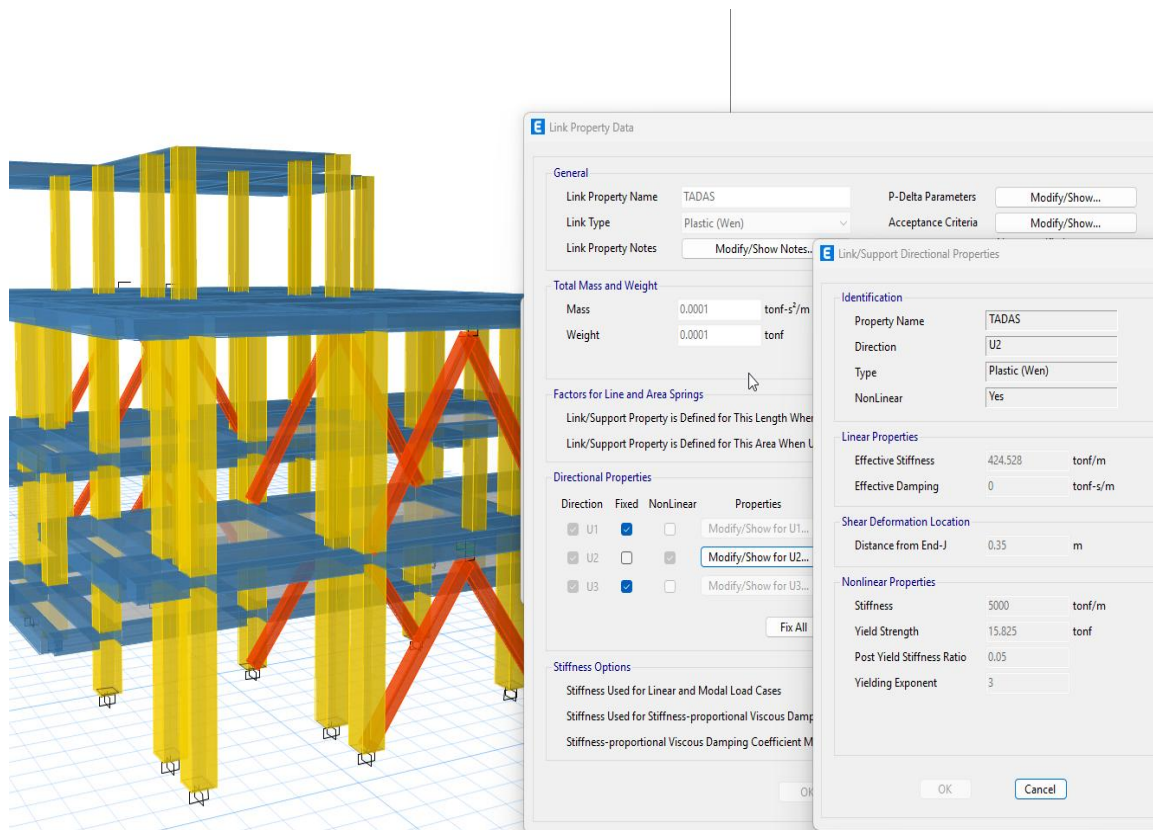
Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la geometría del dispositivo TADAS,

- Altura del elemento: $h' = 25cm$
- Ancho del elemento $b' = 15cm$
- Rigidez elástica: $k_y = \frac{1}{6} * \frac{n * E_{DIS} * b' * t^3}{h'^3} = 5000 \frac{tonnef}{m}$
- Desplazamientos de fluencia: $\Delta_y = f_y * \frac{h'^2}{E_{DIS} * t} = 3.165mm$
- Cortante de fluencia: $V_y = \frac{n * f_y * b' * t^2}{6 * h'} = 15.825 tonnef$
- Cortante ultima: $V_u = \frac{n * f_y * b' * t^2}{4 * h'} = 23.738 tonnef$
- Rigidez post-cedencia: $k' = \beta * k_y = 150 \frac{tonnef}{m}$
- Desplazamiento ultimo: $\Delta_u = \Delta_y + \frac{V_u - V_y}{k'} = 5.592cm$
- Ductilidad: $\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = 17.667$
- Rigidez efectiva: $K_{effe} = \frac{V_u}{\Delta_u} = 424.528 \frac{tonnef}{m}$
- Fuerza Característica: $Q_d = \Delta_y * k' * \left(\frac{1}{\beta} - 1\right) = 15.35 tonnef$
- Energía disipada en un ciclo: $E_d = 4 * Q_d * (\Delta_u - \Delta_y) = 3.239 m * tonnef$
- energía del sistema elástica equivalente: $E_s = \frac{1}{2} * K_{effe} * \Delta_u^2 = 0.664 m * tonnef$
- Amortiguamiento equivalente: $\xi = \frac{E_d}{4 * \pi * E_s} = 0.388$

Además, se tiene la propiedad lineal, la rigidez efectiva es de 424.528 ton/m mientras que, no lineales tiene rigidez elástica de 5000 ton/m², límite de deformación 15.825 ton, razón de rigidez después de la fluencia con 0,05 y exponente de rendimiento de 3. Lo cual se aprecia en la Figura 66.

Figura 66 Propiedad direccional de soporte (diseño TADAS)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

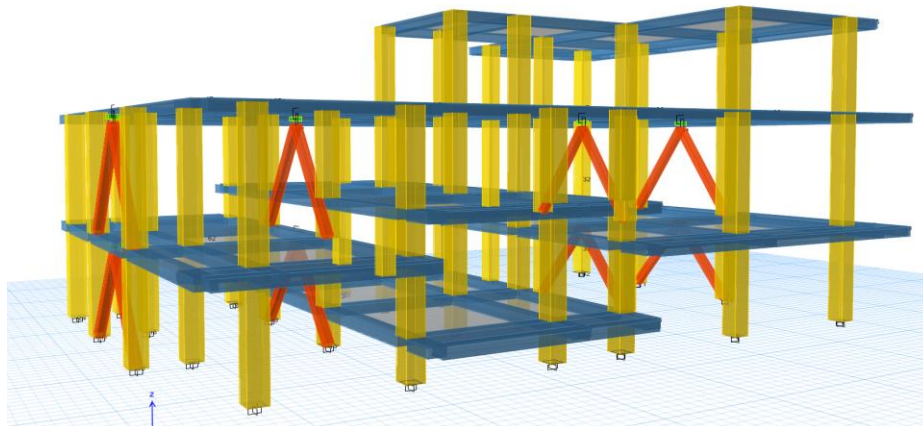
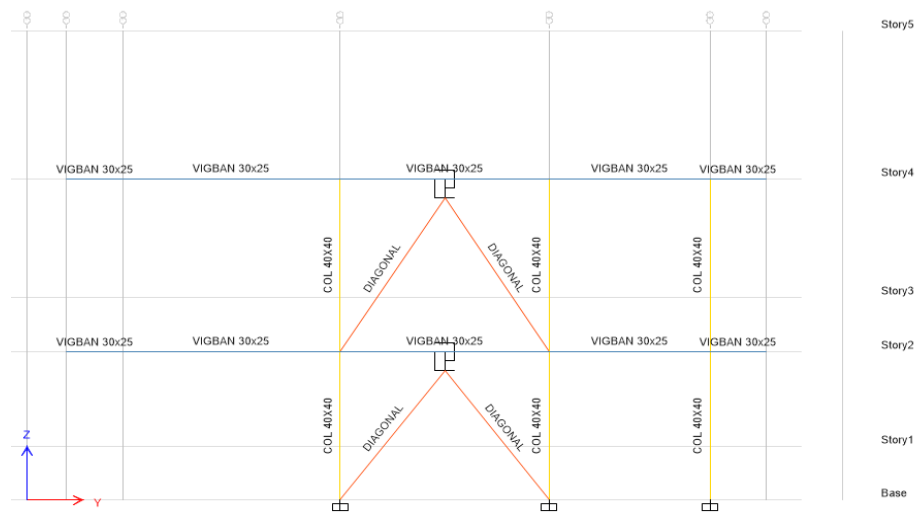
Nota. La figura muestra la propiedad direccional de soporte.

11.14.8. Estructuración del sistema de refuerzo

El sistema este compuesto principalmente por dos componentes: las diagonales rigidizadores o brazos, modelado como elemento tipo “frame-pinned”, y dispositivos TADAS que serán modelo como tipo “Link”. Además, para definir completamente el sistema, se requieren elementos adicionales como las placas Gusset, pernos y soldaduras, los cuales no están cubiertos en el alcance de este informe. La figura siguiente ilustra la disposición del refuerzo en un marco reforzado.

Asimismo, en la Figura 67 se presenta la vista del diseño TADAS para la vivienda:

Figura 67 Vista en 3D de disipadores TADAS



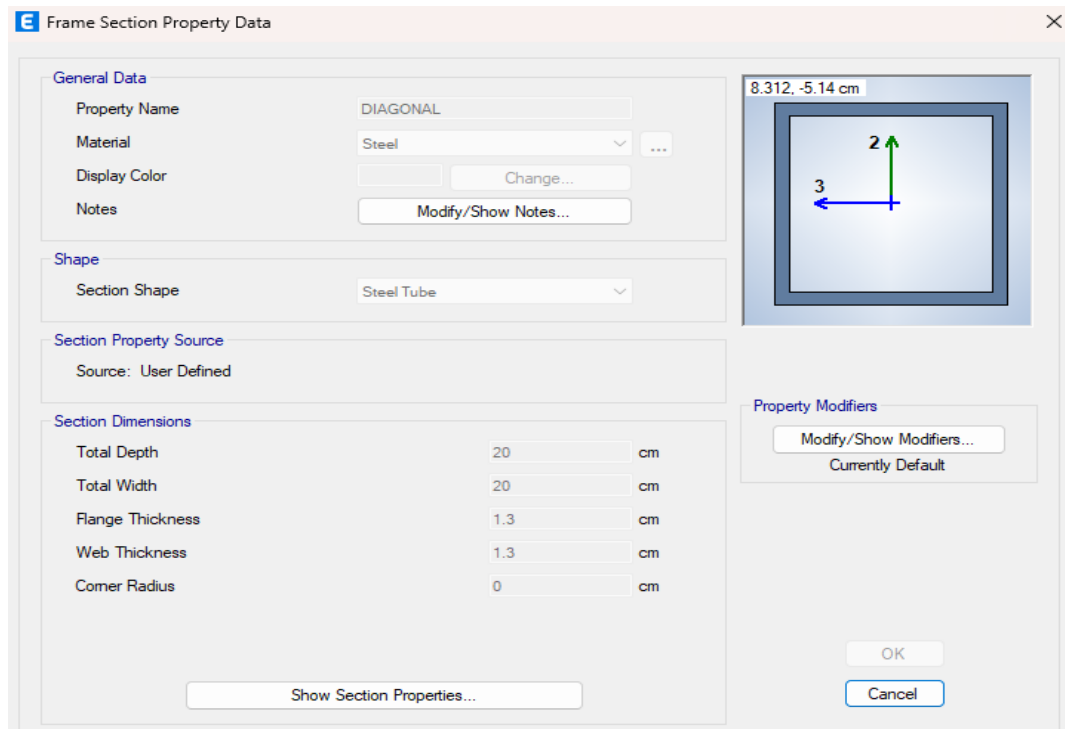
Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D del diseño TADAS

11.14.9. Representación de las diagonales rigidizadoras

Para las diagonales que integran el contraviento tipo Chevron, es necesario presentarlas como elementos tipo “Pinned”, ya que esta propiedad limita directamente la capacidad para transmitir momentos, permitiendo trabar exclusivamente bajo carga axial. Se sugirió la siguiente sección: D (20cmx20cmx1.3cm).

Figura 68 Sección de las diagonales del dissipador TADAS

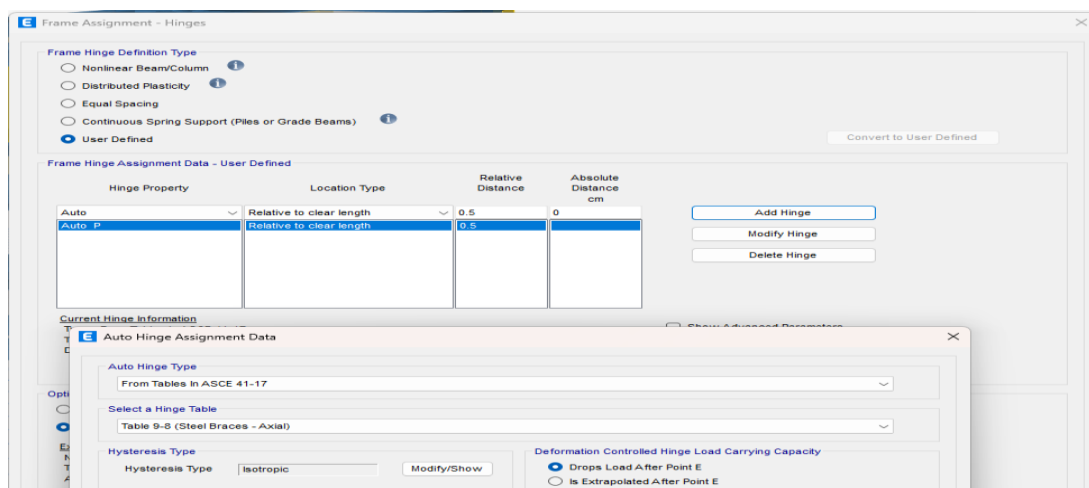


Fuente: Elaboración propia, (2025).

Nota. La figura muestra las propiedades geométricas de las diagonales del dissipador TADAS.

Además, es necesario colocar rotulas plásticas en el centro de las diagonales, las cuales deberán ser evaluadas conforme a los criterios establecidos en el ASCE 41-17, aplicable a los elementos de estas características.

Figura 69 Asignación de Rótulas plásticas en diagonales



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra asignación de rotulas plásticas ubicadas en el centro de las diagonales.

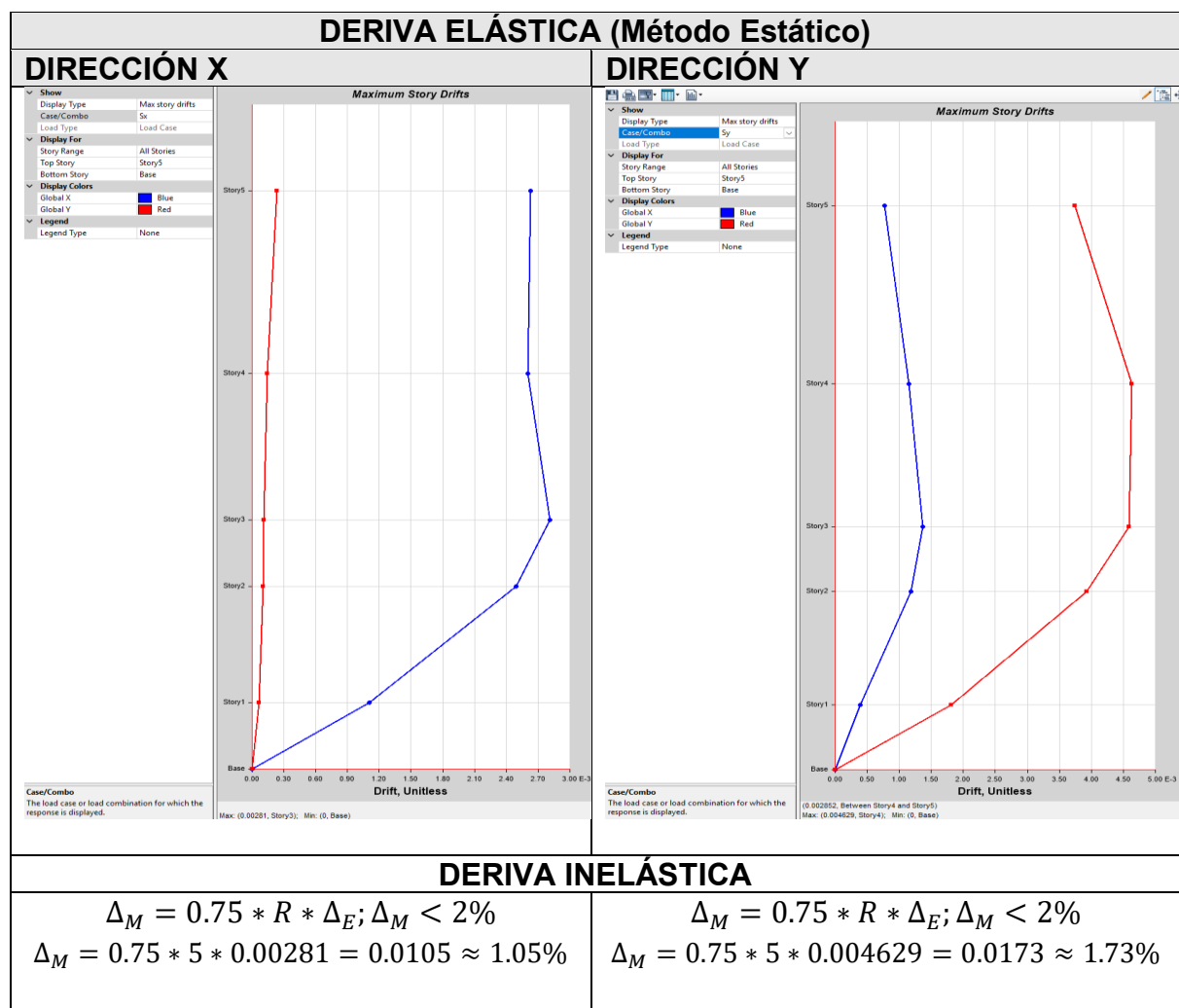
11.15. Análisis estructural (Estructura reforzada)

En esta sección se representan los resultados obtenidos de los análisis lineales como no lineales aplicados a la estructura de estudio reforzada. Posteriormente, realizamos la evaluación del desempeño de la estructura conforme el objetivo planteado.

11.15.1. Análisis estático de la estructura reforzada

La siguiente tabla muestra la deriva elástica máxima obtenida para la estructura reforzada, este valor que se especifica en el análisis estático de la estructura original, debe ajustarse a la deriva inelástica para compararlo con el límite establecido por los códigos, el proceso se detalla en la parte inferior de la tabla.

Tabla 22 Control de deriva Inelástica



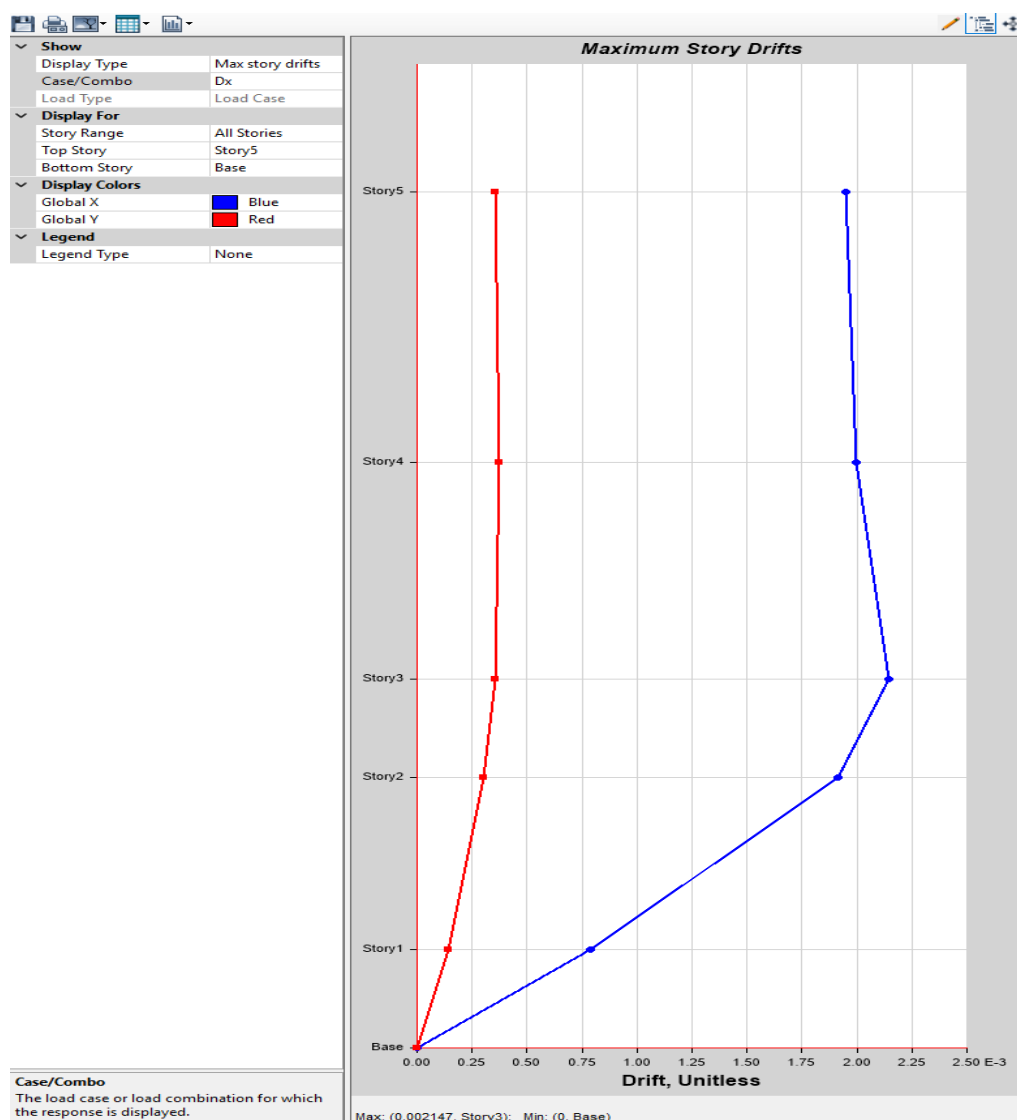
Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La Tabla muestra deriva máxima de la estructura reforzada, comparando con los límites establecidos.

Según la tabla anterior, la deriva inelástica máxima para ambos sentidos se encuentra dentro de los límites establecidos para el refuerzo, y esta considerablemente por debajo de los valores propuestos en los códigos ($\Delta M < 0.02$), para el diseño de nuevas estructuras, bajo estos parámetros, la estructura se considera estable.

De igual manera, en la Figura 70 y Figura 71 se presenta las derivas máximas del piso para Dx – Dy para el diseño de disipadores TADAS.

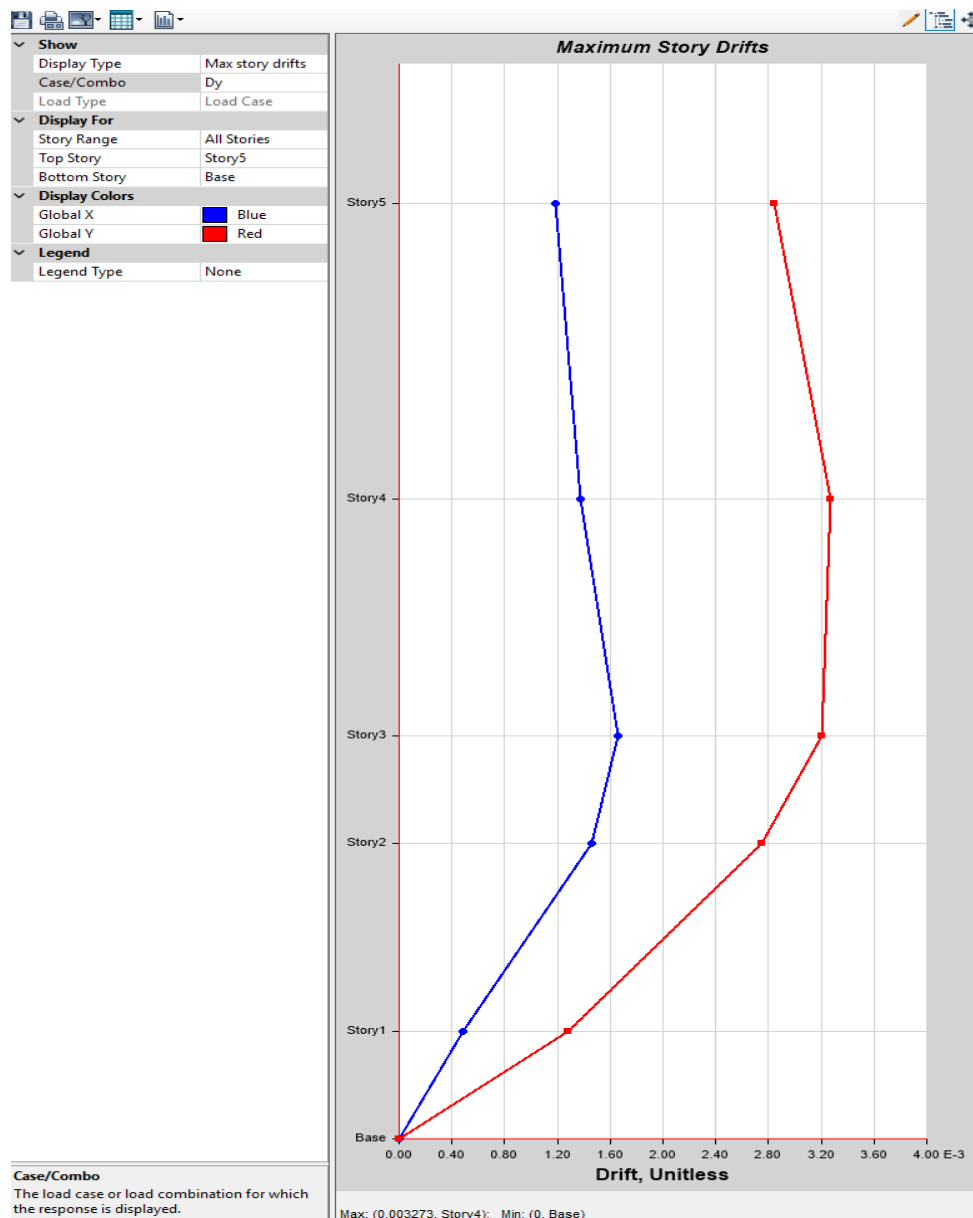
Figura 70 Deriva máxima del piso Dx (diseños disipadores)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la deriva máxima del piso para diseño de disipadores.

Figura 71 Deriva máxima del piso Dy (diseño disipadores)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la deriva máxima del piso para diseño de disipadores.

$$S_x \rightarrow 0,75 * 5 * 0,00281 = 0,01053 \approx 1.05\%$$

$$S_y \rightarrow 0,75 * 5 * 0,004629 = 0,01735 \approx 1.73\%$$

$$D_x \rightarrow 0,75 * 5 * 0,002147 = 0,0080 \approx 0.8\%$$

$$D_y \rightarrow 0,75 * 5 * 0.003273 = 0,012 \approx 1.2\%$$

Posteriormente, se obtuvo la relación de participación de masa modal para el diseño de los disipadores, considerando el periodo de 0,472 sec y UX con 0,7333 de modo 2. Para UY en 0,4557 de modal 1. La sum UX – UY con 0,9239 y 0,9217 en modo 9 respectivamente. Mientras que sum RZ en 0,771 para modo 3. Tal como se aprecia en la Tabla 23 y la información completa se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 23. Relación de participación de masa modal (diseños disipadores)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	SumU X	SumU Y	SumR Z
Modal	1	0.472	0.0053	0.4557	0.3143	0.0053	0.4557	0.3143
Modal	2	0.383	0.7333	0.0085	0.00000225 4	0.7386	0.4642	0.3143
Modal	3	0.316	0.0029	0.2818	0.4567	0.7416	0.746	0.771
Modal	4	0.159	0.0064	0.0502	0.0675	0.748	0.7962	0.8385
Modal	5	0.153	0.0965	0.0008	0.0097	0.8445	0.797	0.8482
Modal	6	0.15	0.0013	0.0451	0.0114	0.8458	0.8421	0.8596
Modal	7	0.088	0.0071	0.0233	0.0307	0.8529	0.8655	0.8903
Modal	8	0.085	0.0099	0.0548	0.042	0.8628	0.9202	0.9323
Modal	9	0.081	0.0611	0.0015	0.0188	0.9239	0.9217	0.9511
Modal	10	0.061	0.0001	0.0005	0.0004	0.9241	0.9222	0.9515
Modal	11	0.058	0.0012	0.00001903	6.236E-07	0.9252	0.9223	0.9515
Modal	12	0.056	0.00000683 9	0.0007	0.0007	0.9252	0.923	0.9523
Modal	13	0.055	0.00002019	7.365E-07	0.0002	0.9253	0.923	0.9525
Modal	14	0.055	0.0004	0.0001	0.0005	0.9257	0.923	0.953
Modal	15	0.054	0.0001	0.00000283 8	0.00002312	0.9258	0.9231	0.953

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta la participación de masa modal para diseño de disipadores.

Además, en la Tabla 24 se tiene la relación entre desplazamiento máximo y promedio para el diseño de los disipadores, en el que el valor máximo se encuentra en Story5 con 3.3391 cm, el promedio en Story5 con 2.7282 y ratio para Story4 con 1,536

Tabla 24. Relación entre desplazamiento máximo y promedio de pisos (diseños disipadores)

TABLE: Story Max Over Avg Displacements								
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio
Story5	Sy	LinStatic			Y	3.3391	2.7282	1.224
Story4	Sy	LinStatic			Y	2.3457	1.5272	1.536
Story3	Sy	LinStatic			Y	0.9159	0.7715	1.187
Story2	Sy	LinStatic			Y	0.869	0.573	1.517
Story1	Sy	LinStatic			Y	0.1139	0.097	1.174

Fuente: Etabs, (2025)

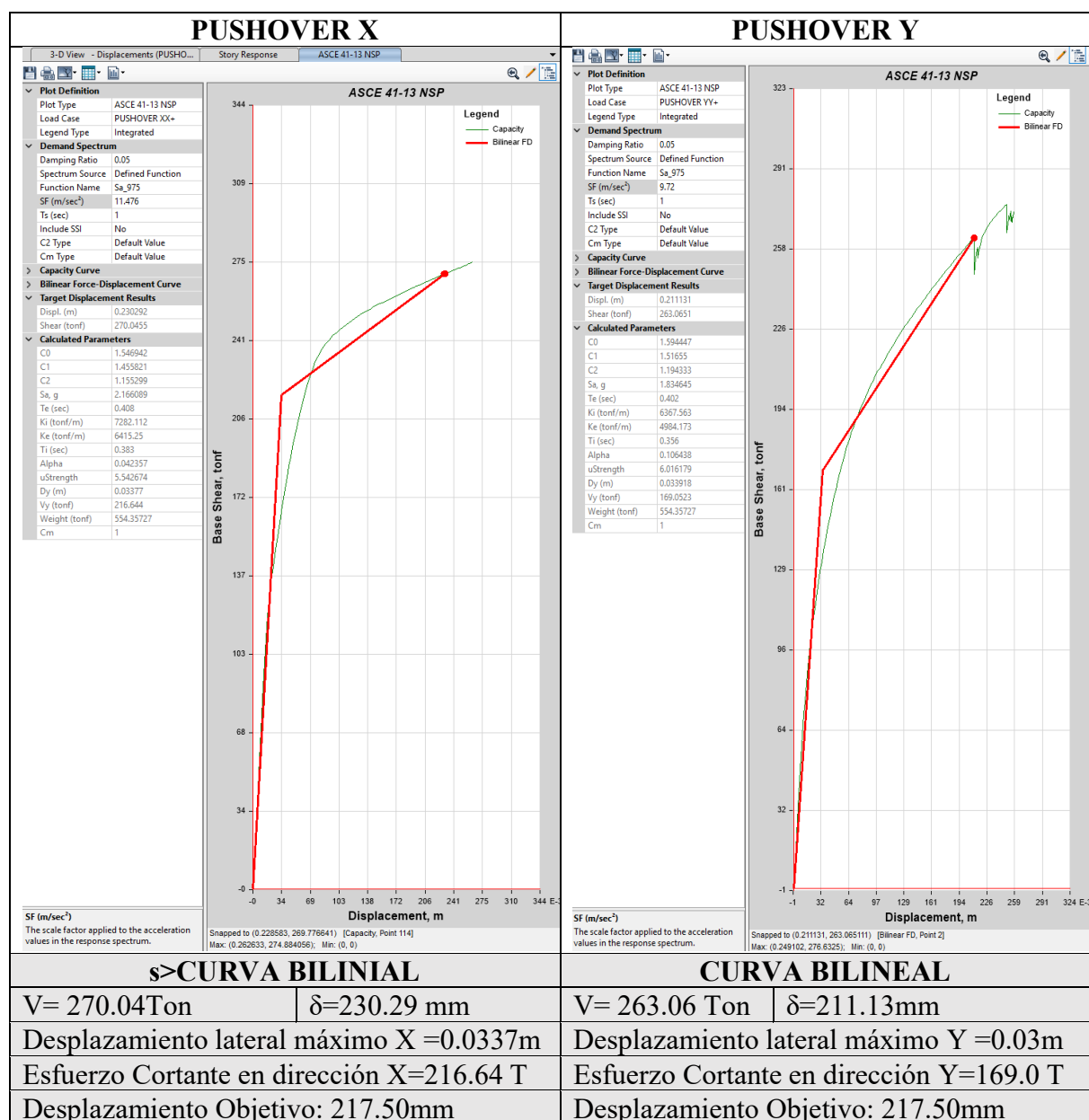
Nota. La tabla presenta el desplazamiento máximo – promedio.

11.16. Análisis no lineal Tadas

Para concluir con los procesos de análisis estructurales, se realizó un análisis no lineal de la estructura reforzada. Cabe resaltar que se presentaron la amenaza moderada ($T=225$ años). y extrema ($T=975$ años). Para el análisis de la estructura, pero solo se evaluará con la amenaza extrema dado que es el nivel de amenaza que se requiere ($T=975$ años).

11.16.1. Curva de capacidad estructura reforzada (método ASCE 41-13 NSP)

Tabla 25 Curva Bilineal de la Estructura Reforzada ($T=975$ años)



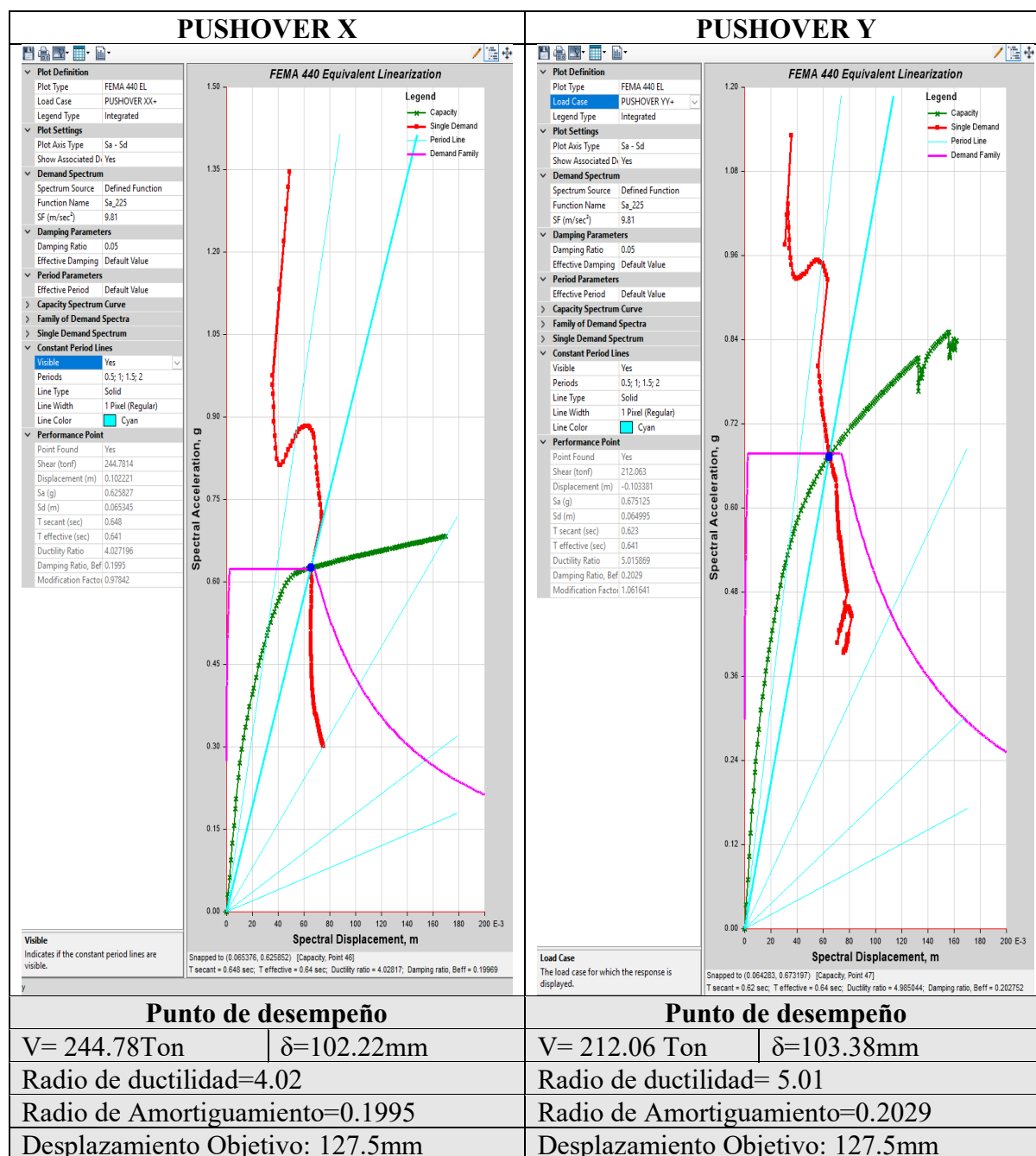
Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla presenta la comparación de los desplazamientos y fuerza de corte con el desplazamiento objetivo.

11.16.2. Curva de capacidad y punto de desempeño de estructura reforzada

11.16.2.1. Estructura reforzada método FEMA 440

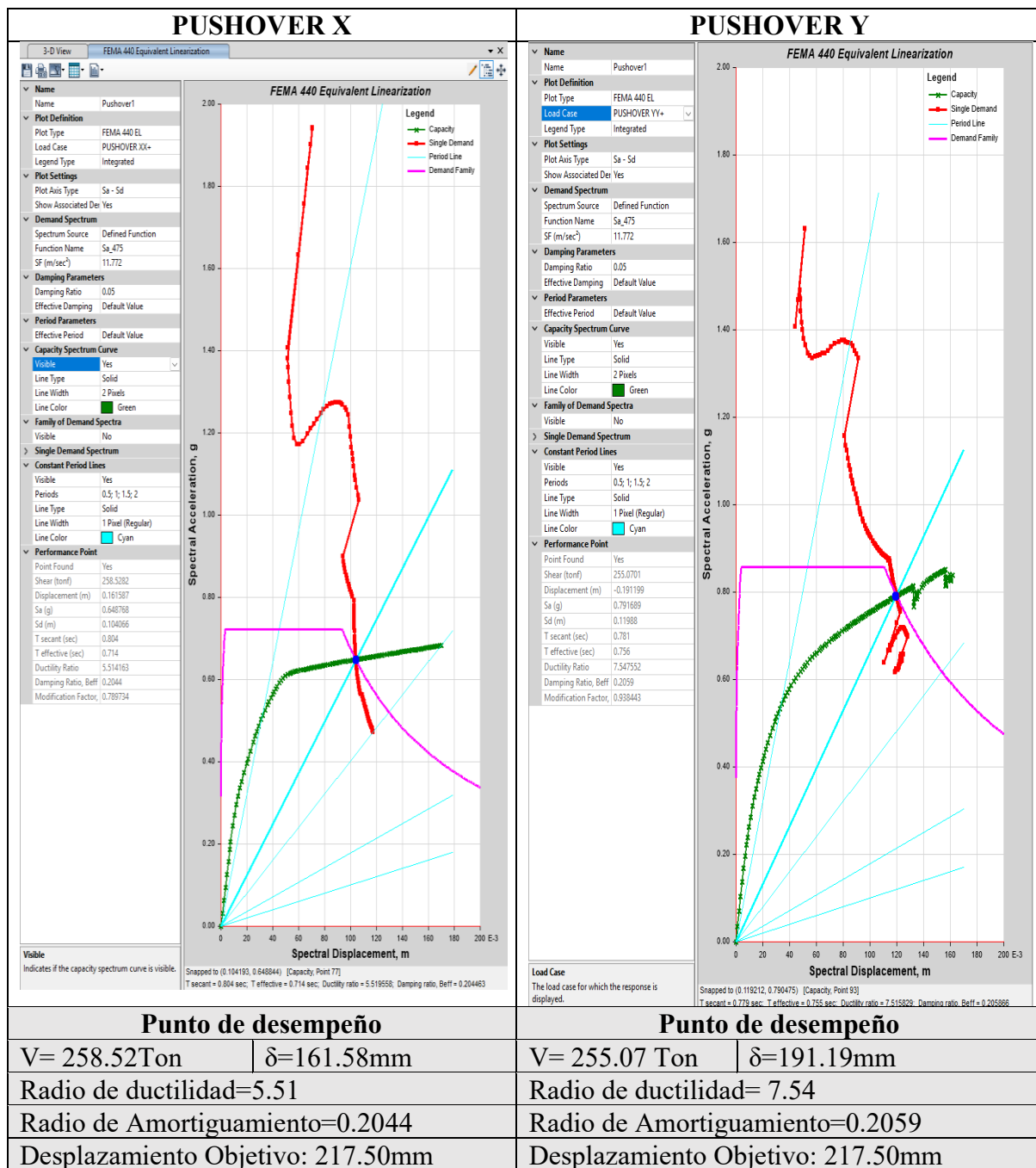
Tabla 26 Curva desempeño de la estructura reforzada (T=225 años)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla presenta el punto de desempeño y la comparación de desplazamientos.

Tabla 27 Curva de desempeño de la estructura reforzada (T=975 años)



Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La tabla presenta el punto de desempeño y la comparación de desplazamientos.

Una vez obtenido el punto de desempeño, procedemos con la evaluación. Es relevante señalar que este caso corresponde al objetivo P, lo que implica que en este punto la amenaza se corresponde con una amenaza sísmica extrema (Tr=975años).

Tabla 28 Evaluación de desempeño (Estructura Reforzada)

CORTANTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO (DIRECCIÓN X)												
AMENAZA	OBJETIVO						V(Ton)			d(mm)		
975	P					258.52			161.58			
TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	m	tonf										
0	0	0	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
1	0.00174	12.6709	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
2	0.00348	25.3417	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
3	0.00522	38.0125	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
4	0.00696	50.6833	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
5	0.0087	63.354	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
6	0.01044	76.0247	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
7	0.011398	82.999	1282	2	0	0	0	1284	0	0	0	1284
8	0.01393	99.3629	1260	24	0	0	0	1284	0	0	0	1284
9	0.015771	109.9524	1234	50	0	0	0	1284	0	0	0	1284
10	0.017759	119.7238	1212	72	0	0	0	1284	0	0	0	1284
11	0.019831	128.346	1178	106	0	0	0	1284	0	0	0	1284
12	0.022063	135.638	1152	132	0	0	0	1284	0	0	0	1284
13	0.024195	141.5812	1146	138	0	0	0	1284	0	0	0	1284
14	0.027144	148.8678	1136	148	0	0	0	1284	0	0	0	1284
15	0.030459	156.6997	1128	156	0	0	0	1284	0	0	0	1284
16	0.032199	160.7933	1128	156	0	0	0	1284	0	0	0	1284
17	0.035174	167.7648	1122	162	0	0	0	1284	0	0	0	1284
18	0.038639	175.6885	1116	168	0	0	0	1284	0	0	0	1284
19	0.040836	180.6282	1104	180	0	0	0	1284	0	0	0	1284
20	0.043047	185.3445	1100	184	0	0	0	1284	0	0	0	1284
21	0.045095	189.6545	1092	192	0	0	0	1284	0	0	0	1284
22	0.048217	195.5791	1080	204	0	0	0	1284	0	0	0	1284
23	0.05035	199.4763	1072	212	0	0	0	1284	0	0	0	1284
24	0.053089	204.1004	1058	226	0	0	0	1284	0	0	0	1284
25	0.055717	208.1723	1048	236	0	0	0	1284	0	0	0	1284
26	0.057546	210.8985	1042	242	0	0	0	1284	0	0	0	1284
27	0.060076	214.4693	1030	254	0	0	0	1284	0	0	0	1284
28	0.062218	217.349	1026	258	0	0	0	1284	0	0	0	1284
29	0.063958	219.5957	1022	262	0	0	0	1284	0	0	0	1284
30	0.065785	221.8576	1008	276	0	0	0	1284	0	0	0	1284
31	0.067525	223.7992	1008	276	0	0	0	1284	0	0	0	1284
32	0.070694	227.2634	990	294	0	0	0	1284	0	0	0	1284
33	0.072434	229.0395	986	298	0	0	0	1284	0	0	0	1284
34	0.074685	231.1953	970	314	0	0	0	1284	0	0	0	1284
35	0.077926	233.6522	956	328	0	0	0	1284	0	0	0	1284
36	0.080552	235.4171	950	334	0	0	0	1284	0	0	0	1284
37	0.083404	237.1214	942	342	0	0	0	1284	0	0	0	1284
38	0.085144	238.0366	942	342	0	0	0	1284	0	0	0	1284
39	0.086884	238.9494	940	344	0	0	0	1284	0	0	0	1284
40	0.088974	239.9795	926	358	0	0	0	1284	0	0	0	1284
41	0.091524	241.0067	920	364	0	0	0	1284	0	0	0	1284
42	0.093264	241.7574	914	370	0	0	0	1284	0	0	0	1284
43	0.095786	242.6741	906	378	0	0	0	1284	0	0	0	1284
44	0.098788	243.71	898	386	0	0	0	1284	0	0	0	1284
45	0.100528	244.2307	896	388	0	0	0	1284	0	0	0	1284
46	0.102268	244.7968	896	388	0	0	0	1284	0	0	0	1284
47	0.104432	245.4765	892	392	0	0	0	1284	0	0	0	1284

48	0.106172	245.9364	892	392	0	0	0	1284	0	0	0	1284
49	0.107912	246.4739	890	394	0	0	0	1283	1	0	0	1284
50	0.109652	246.9579	890	394	0	0	0	1282	2	0	0	1284
51	0.111392	247.4275	890	394	0	0	0	1280	4	0	0	1284
52	0.113132	247.925	888	396	0	0	0	1280	4	0	0	1284
53	0.114872	248.4011	888	396	0	0	0	1278	6	0	0	1284
54	0.116612	248.8766	888	396	0	0	0	1273	11	0	0	1284
55	0.118352	249.3496	888	396	0	0	0	1270	14	0	0	1284
56	0.120092	249.8349	888	396	0	0	0	1268	16	0	0	1284
57	0.121832	250.3072	884	400	0	0	0	1266	18	0	0	1284
58	0.123572	250.7654	880	404	0	0	0	1264	20	0	0	1284
59	0.125312	251.2062	878	406	0	0	0	1262	22	0	0	1284
60	0.128317	251.9531	874	410	0	0	0	1254	30	0	0	1284
61	0.130965	252.5919	868	416	0	0	0	1248	36	0	0	1284
62	0.132705	252.9574	866	418	0	0	0	1246	38	0	0	1284
63	0.134445	253.361	864	420	0	0	0	1240	44	0	0	1284
64	0.136185	253.7138	862	422	0	0	0	1232	52	0	0	1284
65	0.137925	254.0746	862	422	0	0	0	1232	52	0	0	1284
66	0.139665	254.4043	858	426	0	0	0	1222	62	0	0	1284
67	0.141405	254.7726	856	428	0	0	0	1222	62	0	0	1284
68	0.143145	255.1091	854	430	0	0	0	1214	70	0	0	1284
69	0.146559	255.7713	848	436	0	0	0	1204	80	0	0	1284
70	0.148299	256.1004	848	436	0	0	0	1200	84	0	0	1284
71	0.150039	256.44	848	436	0	0	0	1188	96	0	0	1284
72	0.151779	256.759	848	436	0	0	0	1182	102	0	0	1284
73	0.154821	257.3242	844	440	0	0	0	1176	108	0	0	1284
74	0.156561	257.6487	844	440	0	0	0	1174	110	0	0	1284
75	0.158301	257.9406	844	440	0	0	0	1168	116	0	0	1284
76	0.160041	258.2467	842	442	0	0	0	1164	120	0	0	1284
77	0.161781	258.5636	842	442	0	0	0	1160	124	0	0	1284
78	0.163521	258.8926	842	442	0	0	0	1157	127	0	0	1284
79	0.165261	259.1729	842	442	0	0	0	1155	129	0	0	1284
80	0.167001	259.5002	842	442	0	0	0	1150	134	0	0	1284

Nota. La tabla presenta el punto de desempeño, algunos los elementos están por arriba y por abajo del límite de seguridad de vida.

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta el punto de desempeño y la comparación de desplazamientos.

Tabla 29 Evaluación de desempeño (Estructura Reforzada)

CORTANTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO (DIRECCIÓN Y)												
AMENAZA		OBJETIVO				V(Ton)				d(mm)		
975		P				255.07				189.64		
TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	m	tonf										
0	0	0	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
1	-0.00174	11.0796	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
2	-0.00348	22.146	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
3	-0.00522	32.9605	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
4	-0.00696	43.4366	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
5	-0.0087	53.298	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
6	-0.01044	62.3658	1284	0	0	0	0	1284	0	0	0	1284
7	-0.01218	70.6483	1282	2	0	0	0	1284	0	0	0	1284
8	-0.013351	75.7865	1280	4	0	0	0	1284	0	0	0	1284
9	-0.015155	83.153	1276	8	0	0	0	1284	0	0	0	1284
10	-0.016968	89.9711	1270	14	0	0	0	1284	0	0	0	1284
11	-0.019494	98.4102	1258	26	0	0	0	1284	0	0	0	1284
12	-0.021435	104.2635	1246	38	0	0	0	1284	0	0	0	1284
13	-0.023467	109.9163	1240	44	0	0	0	1284	0	0	0	1284
14	-0.025525	115.3347	1228	56	0	0	0	1284	0	0	0	1284
15	-0.027436	119.9339	1220	64	0	0	0	1284	0	0	0	1284
16	-0.029188	123.9978	1212	72	0	0	0	1284	0	0	0	1284
17	-0.031163	128.3808	1200	84	0	0	0	1284	0	0	0	1284
18	-0.032983	132.1337	1194	90	0	0	0	1284	0	0	0	1284
19	-0.035174	136.5257	1186	98	0	0	0	1284	0	0	0	1284
20	-0.037382	140.8551	1180	104	0	0	0	1284	0	0	0	1284
21	-0.04024	146.1219	1164	120	0	0	0	1284	0	0	0	1284
22	-0.043146	151.1654	1160	124	0	0	0	1284	0	0	0	1284
23	-0.045685	155.4571	1152	132	0	0	0	1284	0	0	0	1284
24	-0.047617	158.5677	1138	146	0	0	0	1284	0	0	0	1284
25	-0.049357	161.1869	1138	146	0	0	0	1284	0	0	0	1284
26	-0.051541	164.4685	1134	150	0	0	0	1284	0	0	0	1284
27	-0.053827	167.86	1128	156	0	0	0	1284	0	0	0	1284
28	-0.056125	171.0807	1110	174	0	0	0	1284	0	0	0	1284
29	-0.058411	174.0162	1096	188	0	0	0	1284	0	0	0	1284
30	-0.06046	176.4745	1082	202	0	0	0	1284	0	0	0	1284
31	-0.062419	178.7552	1072	212	0	0	0	1284	0	0	0	1284
32	-0.065007	181.5192	1056	228	0	0	0	1284	0	0	0	1284
33	-0.068211	184.8126	1050	234	0	0	0	1284	0	0	0	1284
34	-0.070253	186.8678	1034	250	0	0	0	1284	0	0	0	1284
35	-0.073134	189.5025	1024	260	0	0	0	1284	0	0	0	1284
36	-0.076205	192.222	1014	270	0	0	0	1284	0	0	0	1284
37	-0.078193	193.9536	998	286	0	0	0	1284	0	0	0	1284
38	-0.080815	196.0633	990	294	0	0	0	1284	0	0	0	1284
39	-0.082555	197.4666	990	294	0	0	0	1284	0	0	0	1284
40	-0.084295	198.8612	984	300	0	0	0	1284	0	0	0	1284
41	-0.087478	201.3687	970	314	0	0	0	1284	0	0	0	1284
42	-0.090343	203.5296	952	332	0	0	0	1284	0	0	0	1284
43	-0.093042	205.4227	950	334	0	0	0	1284	0	0	0	1284
44	-0.095431	207.0443	936	348	0	0	0	1284	0	0	0	1284
45	-0.098757	209.2055	924	360	0	0	0	1284	0	0	0	1284
46	-0.100497	210.2914	920	364	0	0	0	1284	0	0	0	1284
47	-0.102237	211.3605	920	364	0	0	0	1284	0	0	0	1284

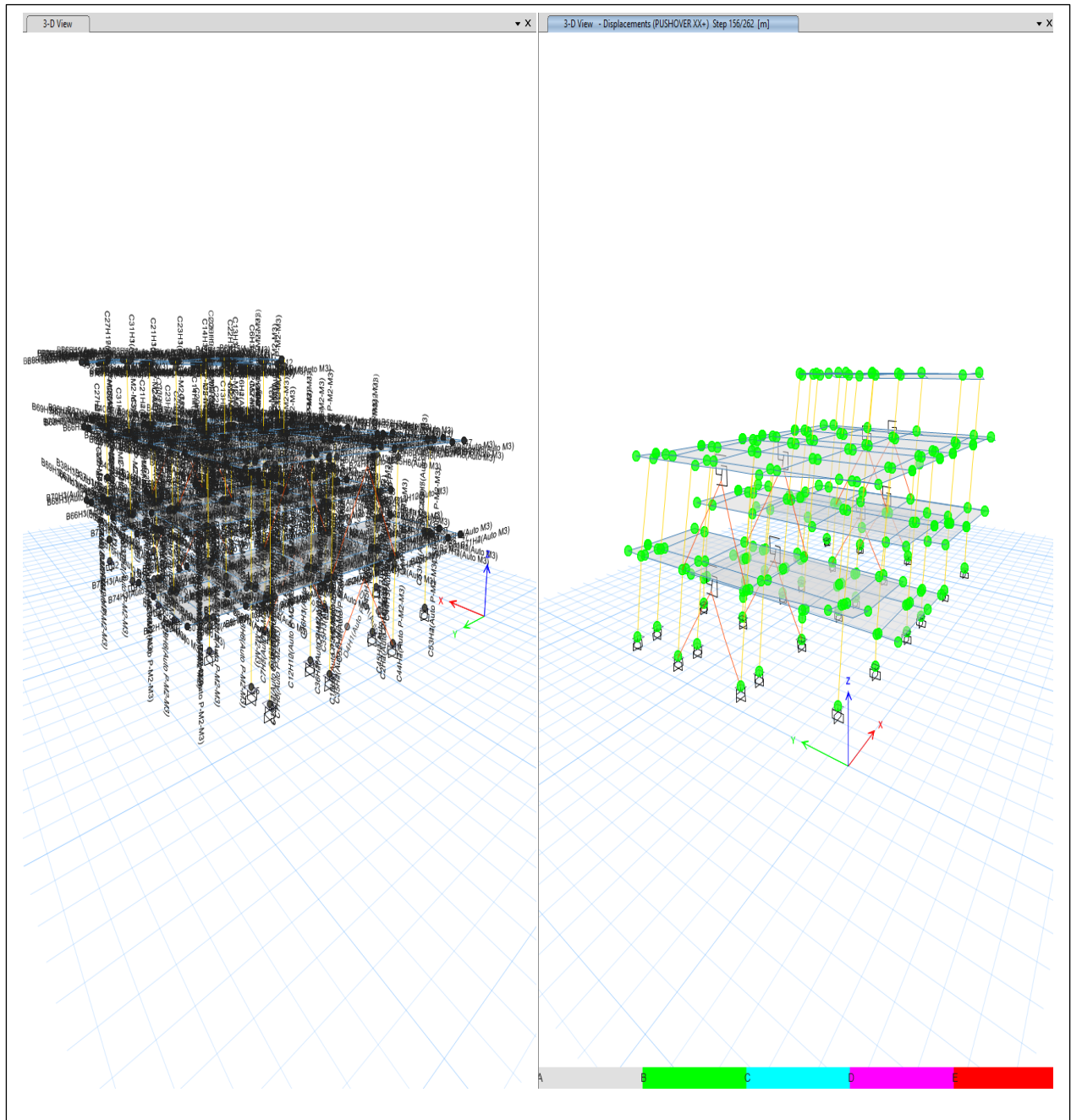
48	-0.105429	213.3208	910	374	0	0	0	1284	0	0	0	1284
49	-0.107169	214.3542	904	380	0	0	0	1284	0	0	0	1284
50	-0.110498	216.3269	898	386	0	0	0	1282	2	0	0	1284
51	-0.113848	218.2493	888	396	0	0	0	1281	3	0	0	1284
52	-0.115588	219.2314	886	398	0	0	0	1280	4	0	0	1284
53	-0.117328	220.2017	884	400	0	0	0	1274	10	0	0	1284
54	-0.119068	221.173	882	402	0	0	0	1274	10	0	0	1284
55	-0.120808	222.137	882	402	0	0	0	1272	12	0	0	1284
56	-0.122548	223.0962	876	408	0	0	0	1266	18	0	0	1284
57	-0.125971	224.9413	866	418	0	0	0	1264	20	0	0	1284
58	-0.129157	226.6172	858	426	0	0	0	1264	20	0	0	1284
59	-0.130897	227.4993	856	428	0	0	0	1262	22	0	0	1284
60	-0.132637	228.3861	852	432	0	0	0	1260	24	0	0	1284
61	-0.134377	229.2619	850	434	0	0	0	1258	26	0	0	1284
62	-0.136117	230.1317	844	440	0	0	0	1258	26	0	0	1284
63	-0.137857	230.9791	842	442	0	0	0	1258	26	0	0	1284
64	-0.139597	231.8314	842	442	0	0	0	1256	28	0	0	1284
65	-0.141337	232.686	840	444	0	0	0	1250	34	0	0	1284
66	-0.143077	233.5332	840	444	0	0	0	1250	34	0	0	1284
67	-0.144817	234.3771	838	446	0	0	0	1250	34	0	0	1284
68	-0.146557	235.225	836	448	0	0	0	1250	34	0	0	1284
69	-0.148297	236.0389	834	450	0	0	0	1245	39	0	0	1284
70	-0.150037	236.867	830	454	0	0	0	1242	42	0	0	1284
71	-0.151777	237.6781	830	454	0	0	0	1238	46	0	0	1284
72	-0.153517	238.5004	824	460	0	0	0	1233	51	0	0	1284
73	-0.155257	239.3094	822	462	0	0	0	1229	55	0	0	1284
74	-0.156997	240.1154	820	464	0	0	0	1228	56	0	0	1284
75	-0.158737	240.9201	816	468	0	0	0	1226	58	0	0	1284
76	-0.160477	241.723	814	470	0	0	0	1226	58	0	0	1284
77	-0.162217	242.5102	812	472	0	0	0	1222	62	0	0	1284
78	-0.163957	243.2927	808	476	0	0	0	1222	62	0	0	1284
79	-0.165697	244.077	806	478	0	0	0	1222	62	0	0	1284
80	-0.167437	244.8541	804	480	0	0	0	1220	64	0	0	1284
81	-0.169177	245.6344	800	484	0	0	0	1218	66	0	0	1284
82	-0.170917	246.4016	796	488	0	0	0	1216	68	0	0	1284
83	-0.172657	247.1679	792	492	0	0	0	1216	68	0	0	1284
84	-0.174397	247.9275	792	492	0	0	0	1216	68	0	0	1284
85	-0.176137	248.681	788	496	0	0	0	1216	68	0	0	1284
86	-0.177877	249.437	786	498	0	0	0	1210	74	0	0	1284
87	-0.179617	250.1688	782	502	0	0	0	1210	74	0	0	1284
88	-0.181436	250.9604	782	502	0	0	0	1204	80	0	0	1284
89	-0.183176	251.6934	780	504	0	0	0	1204	80	0	0	1284
90	-0.184916	252.4362	778	506	0	0	0	1204	80	0	0	1284
91	-0.186656	253.1692	776	508	0	0	0	1204	80	0	0	1284
92	-0.188396	253.9057	774	510	0	0	0	1204	80	0	0	1284
93	-0.190136	254.6281	772	512	0	0	0	1204	80	0	0	1284
94	-0.191876	255.3517	770	514	0	0	0	1204	80	0	0	1284
95	-0.193616	256.0913	766	518	0	0	0	1196	88	0	0	1284
96	-0.195356	256.7869	762	522	0	0	0	1192	92	0	0	1284
97	-0.197096	257.4992	762	522	0	0	0	1190	94	0	0	1284
98	-0.198836	258.1949	760	524	0	0	0	1190	94	0	0	1284
99	-0.200576	258.9018	756	528	0	0	0	1186	98	0	0	1284
100	-0.202316	259.6084	752	532	0	0	0	1186	98	0	0	1284

Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La tabla presenta *el* punto de desempeño, algunos los elementos están por arriba y por abajo del límite de seguridad de vida.

Se utilizó el programa ETABS para cálculos no lineales TADAS. En la Figura 72 se presenta los hinges de vigas columnas TADAS.

Figura 72 Vista 3D hinges vigas columnas TADAS no lineal (revD)

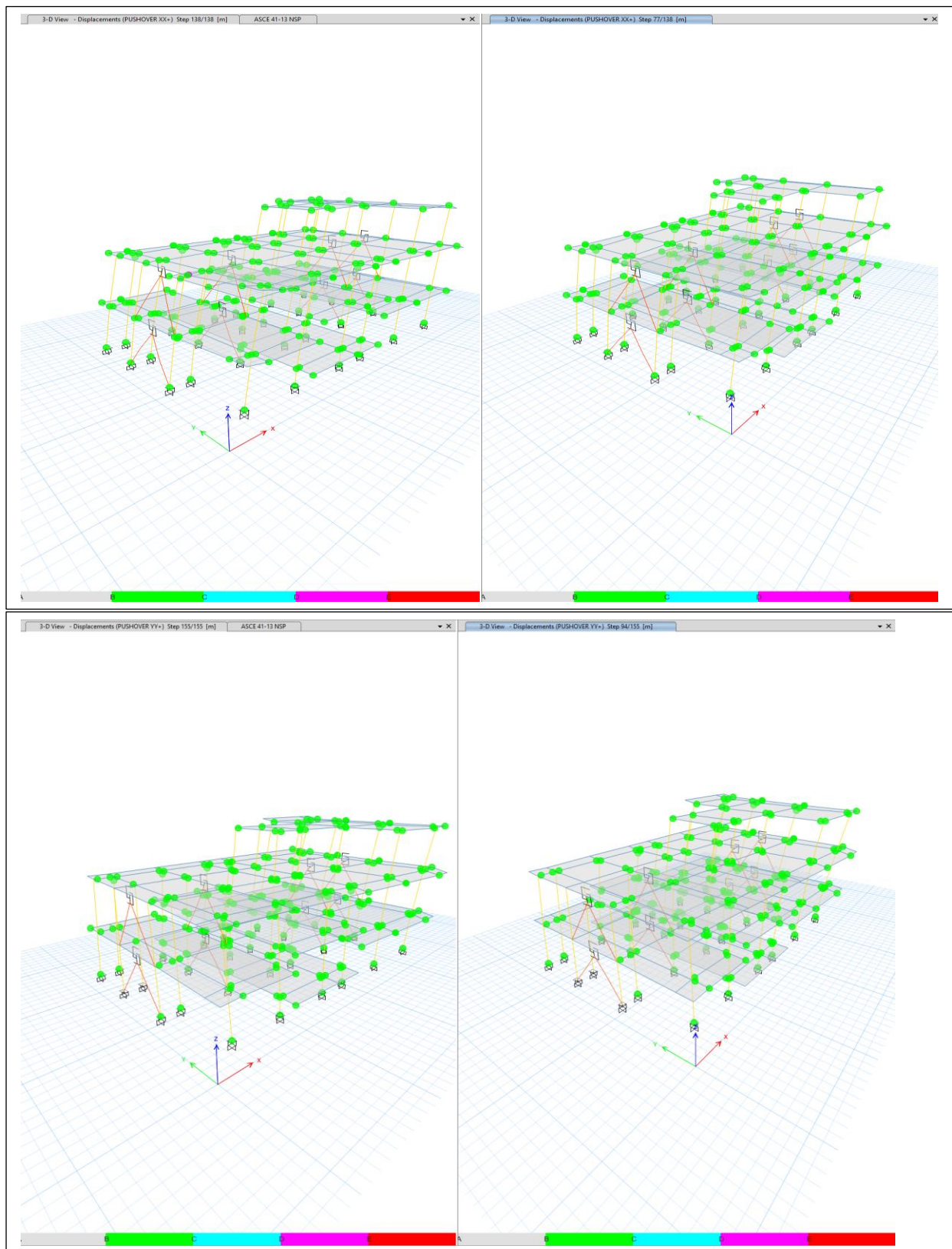


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D hinges de viga columna TADAS.

Seguidamente, en la Figura 74 se presenta el Pushover XY no lineal TADAS para la vivienda.

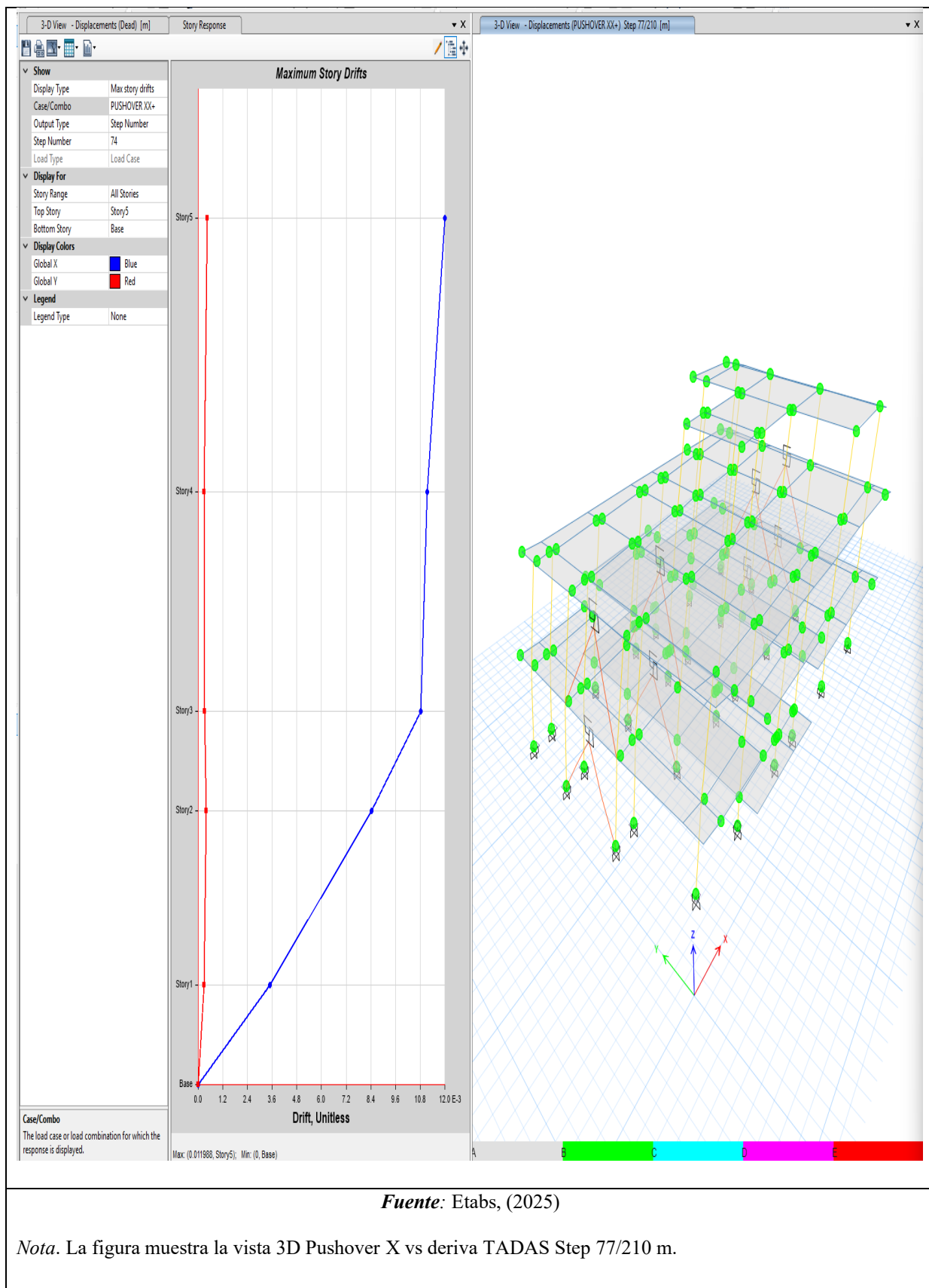
Figura 73 Vista 3D Pushover X-Y no lineal TADAS (revD)



Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La Figura 74 muestra la vista 3D de Pushover no lineal TADAS en X (step 77/138m – 138/138m) – Y (step 94/155m – 155/155m).

Figura 74 Vista en 3D Pushover vs deriva X no lineal TADAS (RevD)

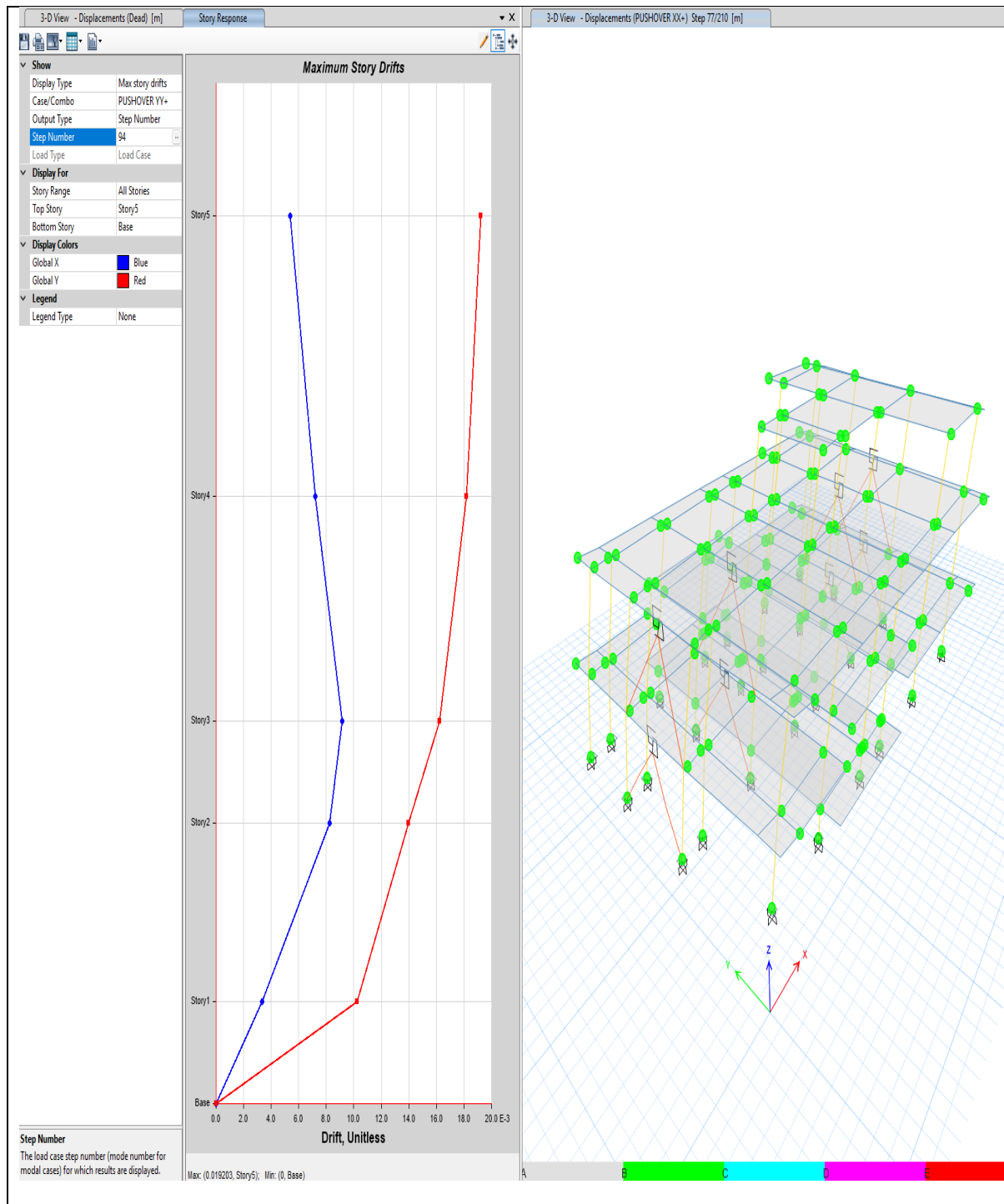


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D Pushover X vs deriva TADAS Step 77/210 m.

Figura 75 Vista en 3D Pushover vs deriva Y no lineal TADAS (RevD)

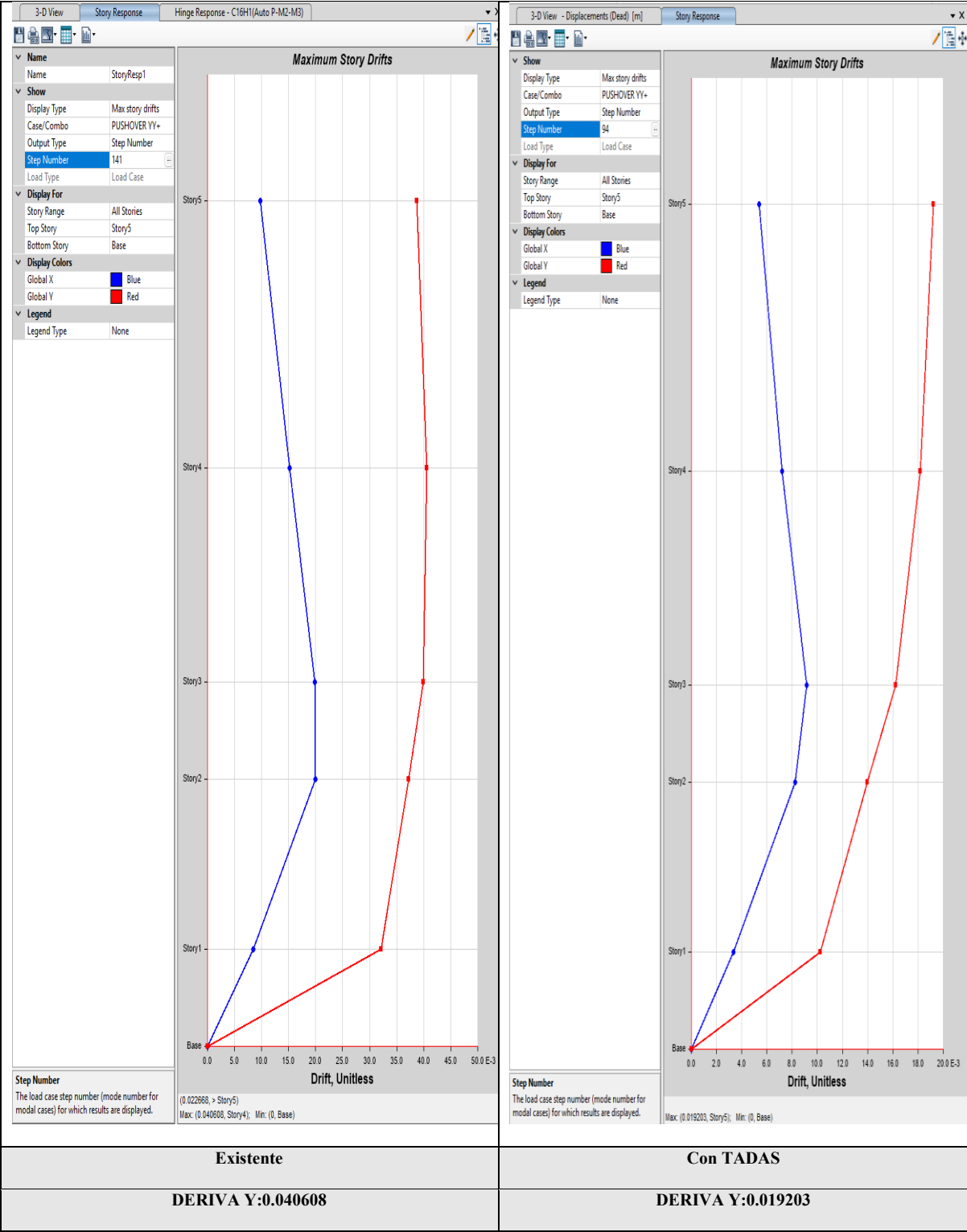
Además, en la Figura 76 se presenta la comparación de derivas de la estructura existente con la utilización de TADAS, la deriva en x Pushover es 0.011986 y deriva Pushover Y es 0.019203.

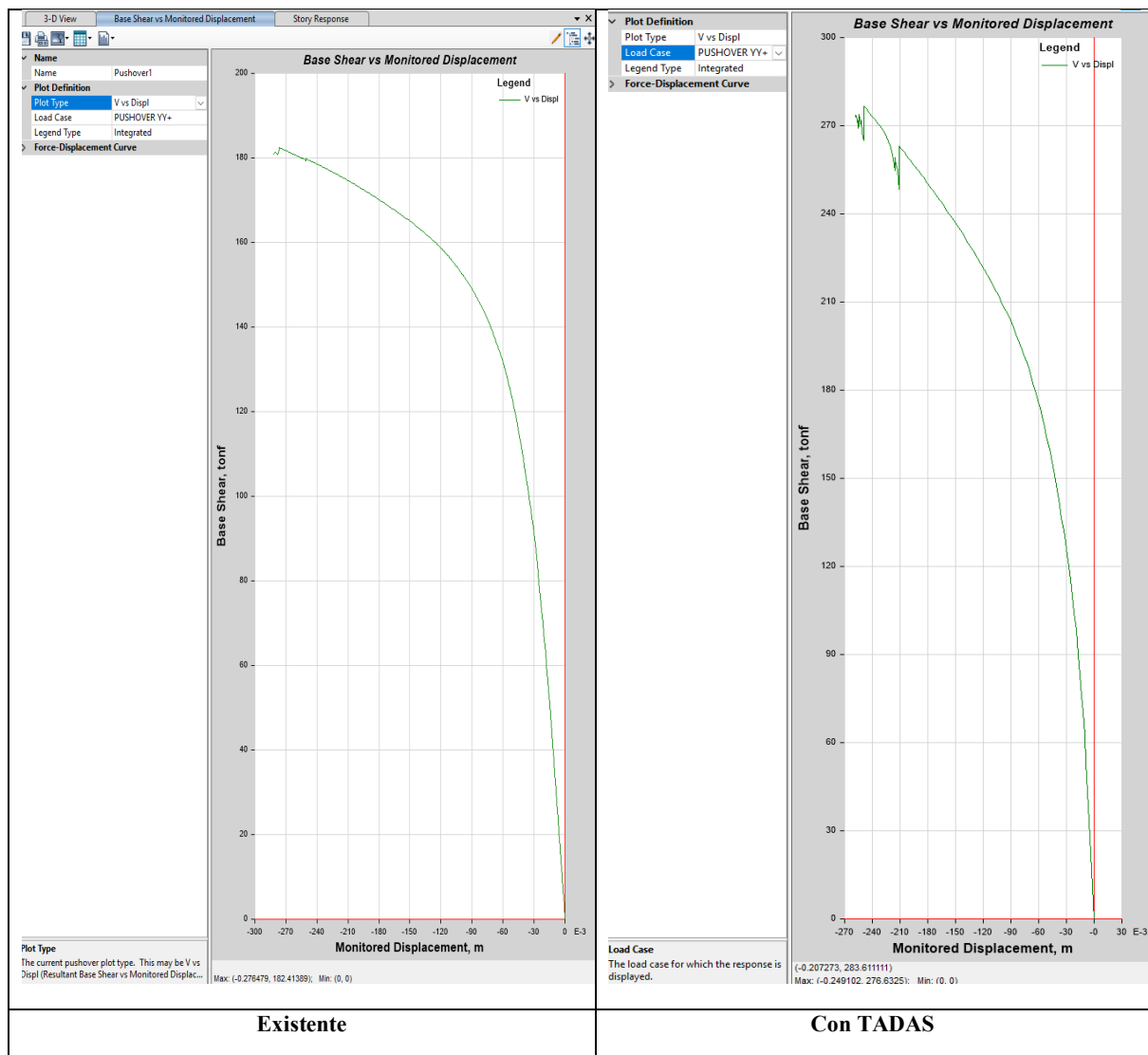


Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la vista 3D Pushover Y vs deriva TADAS Step 94/210 m.

Figura 76 Comparativa derivas y curva capacidad entre estructura existente con uso de TADAS





Fuente: Etabs, (2025)

Nota. La figura muestra la comparativa de derivas entre estructura existente y uso de TADAS con su respectiva curva de capacidad.

En la figura anterior, se aprecia que las derivas máximas de la vivienda actual se ubican en 0,040608 mientras que con el uso de disipadores TADAS en 0,019203. En cuanto a la comparación de curva de capacidad con demanda de la vivienda existente se tiene valor máximo entre -0.276479 y 182.41389, evidenciando ambos no llegan a intersectarse, ocasionando la inexistencia de punto de control, es decir, en sentido Y la estructura sufre colapso previo al cruce de las curvas. En cambio, con uso de TADAS se tiene entre -0.249102 y 276.6325. Con estos resultados indican que, que si se implementa TADAS se tiene reducción de los valores y se tiene mejor control en la curva de capacidad.

11.17. Análisis de los resultados

Para el análisis de la estructura se realizó modelado en ETABS según el levantamiento de información efectuado en el sitio o ubicación de la vivienda (Manta). Es así como, se identificó que, la relación de los valores de viga columna es aceptable en toda la estructura.

Además, los valores de derivas producidas para el modelo según el análisis estático se mantienen por debajo de los límites recomendados, al igual que en el análisis dinámico en sentido X y obstante, en el sentido Y se encuentran en el límite, de lo permitido por la norma.

En cuanto a la participación de masas se aprecia un desplazamiento en sentido Y para el primer modo de vibración mientras que, en sentido X se presenta el desplazamiento en el segundo modo. Al comparar los valores se identificó que, el sentido Y tiene una participación. Por lo tanto, según el análisis realizado se observó que muchas de las secciones están sobre esforzadas, es decir, que hay una mayor cantidad de acero de refuerzo de lo necesario para el soporte de cargas aplicadas, por ende, el hormigón falla antes que el acero.

Mientras que, al usar disipadores TADAS se tiene reducción de los valores, es decir, hay mayor capacidad de resistencia de la estructura ante sismos, pues, ayudará como soporte para brindar mejoras en cuanto a la estabilidad de la vivienda.

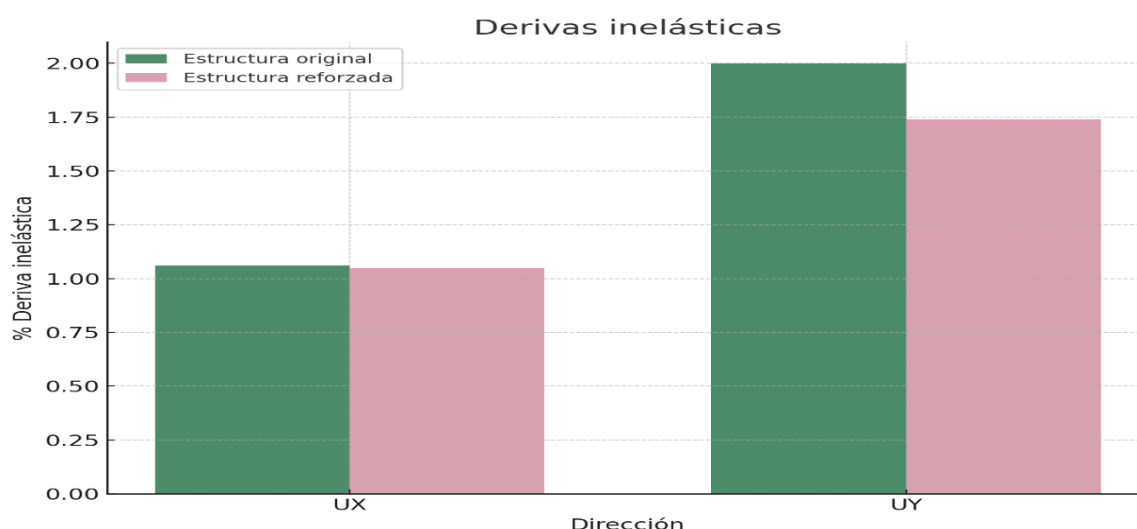
11.17.1. Análisis comparativo

A continuación, se llevará a cabo una comparación entre los principales parámetros obtenidos para ambas estructuras, considerando la deriva inelástica, radio de ductilidad y periodos de vibración. Finalmente, se presentará una gráfica en la que se ubican los puntos de desempeño obtenidos mediante los métodos empleados en este documento, correspondiente a la estructura con disipadores TADAS para un periodo de 975 años.

11.17.1.1. Derivada Inelástica

Para la comparación, se utilizarán las derivadas máximas inelásticas obtenidas para ambas estructuras, calculadas a partir de los patrones de carga estáticos: SX y SY, que mostraron las mayores derivas inelásticas durante los procesos de análisis estructural Figura 77.

Figura 77 Comparación de derivas inelásticas máximas en direcciones UX y Uy



DIRECCIÓN	ESTRUCTURA ORIGINAL		ESTRUTURA REFORZADA	
	DERIVA		DERIVA	
	ELÁSTICA	INELÁSTICA	ELÁSTICA	INELÁSTICA
UX	0.002837	1.06%	0.00281	1.05%
UY	0.005370	2.00%	0.004629	1.74%

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la comparación de la estructura original y la estructura reforzada en términos de porcentajes de deriva inelástica máxima.

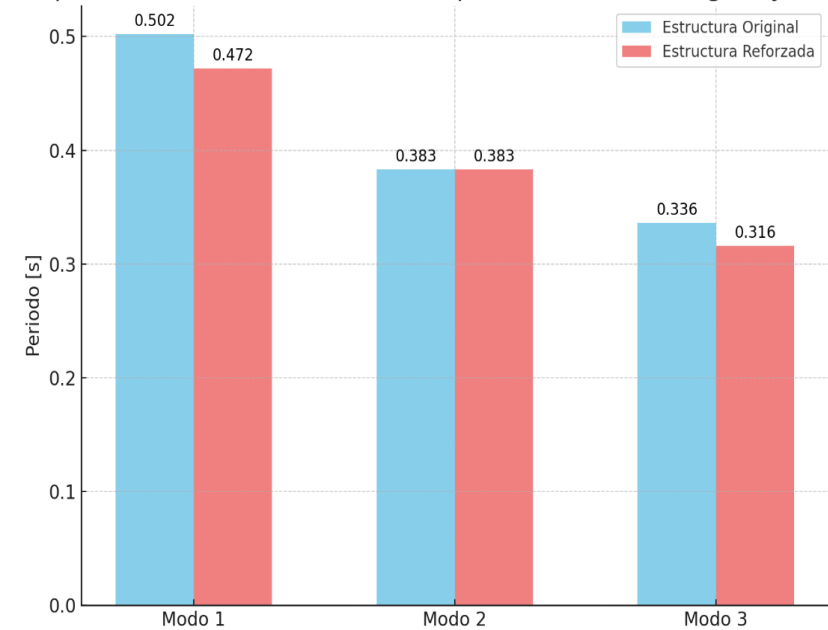
Según la Figura 77, se observa una notable disminución en las derivadas inelásticas de la estructura reforzada en comparación con las de la estructura original.

11.17.1.2. Periodos de la estructura

En esta comparación se analizaron los tres primeros modos de vibración. Para ambas estructuras evaluadas, el primer modo presento un efecto de traslación en el eje Y, el segundo modo mostro eje X, y el tercer modo se manifestó a través de torsión.

Figura 78 Comparación de los Modos de Vibración modal en ambas estructuras

Comparación de Periodos de Vibración para la Estructura Original y Reforzada



DIRECCIÓN	ESTRUTURA ORIGINAL		ESTRUTURA REFORZADA	
	MODO	PERIODO	MODO	PERIODO
UY	1	0.502	1	0.472
UX	2	0.383	2	0.383
RZ	3	0.336	3	0.316

Fuente: Elaboración propia, (2025)

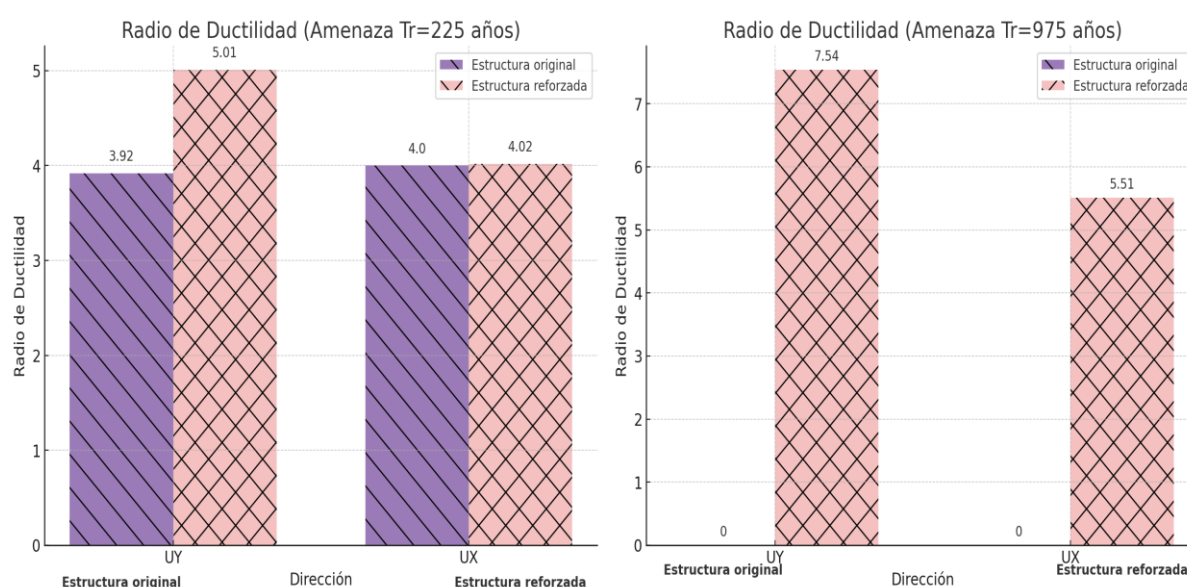
Nota. La figura muestra la comparación de los periodos de vibración, el primer modo refleja traslación en eje Y (UY), la segunda traslación en el eje X (UX), y la tercera torsión (RZ).

Según la Figura 78, se nota una reducción considerable en los periodos estudiados en la estructura, llegando a una disminución cerca al 10% en los tres casos evaluados.

11.17.1.3. Radio de ductilidad de la estructura

Se emplearon los niveles de amenaza sísmica moderada y extrema para comparar el radio de ductilidad, con periodos de retorno de 225 y 975 años, respectivamente. Se establecieron los valores de radio de ductilidad a través de los resultados logrados a través del método del espectro de capacidad, aplicados a las direcciones X y Y de ambas estructuras.

Figura 79 Radio de ductilidad ante amenazas sísmicas en ambas estructuras.



SISMO	ESTRUCTURA ORIGINAL		ESTRUCTURA REFORZADA	
	(Tr=225 años)	(Tr=975años)	(Tr=225 años)	(Tr=975años)
DIRECCIÓN	RADIO DE DUCTILIDAD	RADIO DE DUCTILIDAD	RADIO DE DUCTILIDAD	RADIO DE DUCTILIDAD
UY	3.92	0	5.01	7.54
UX	4.00	0	4.02	5.51

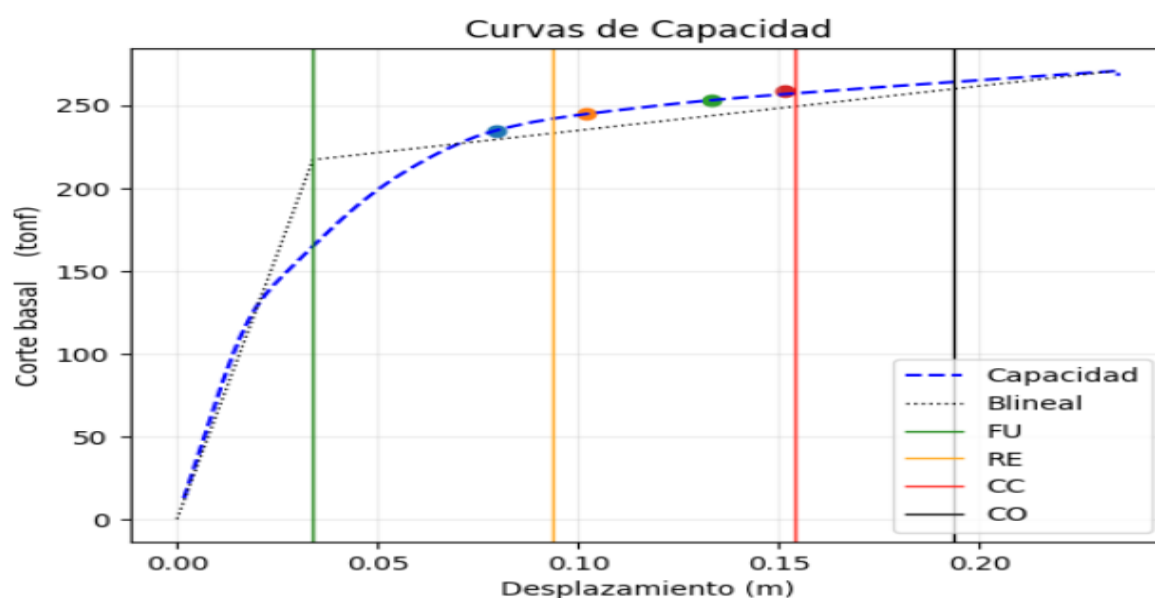
Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la comparación de los radios de ductilidad en la dirección UX y Uy para los niveles sísmicos de amenaza moderada (Tr=225 años) y extrema (Tr=975 años). La estructura reforzada mostró mayor capacidad de deformación antes colapsos.

11.17.1.4. Punto de desempeño obtenido mediante los métodos propuestos

En la siguiente Figura 80 y Figura 81 se presenta la localización de los puntos de desempeño determinados mediante los métodos ASCE 41-13 y FEMA 440, considerando a la relación entre el cortante basal y el desplazamiento (curva de capacidad), bajo el escenario de una amenaza sísmica extrema.

Figura 80 Comparación de punto de desempeño, para los diferentes métodos empleados (UX).

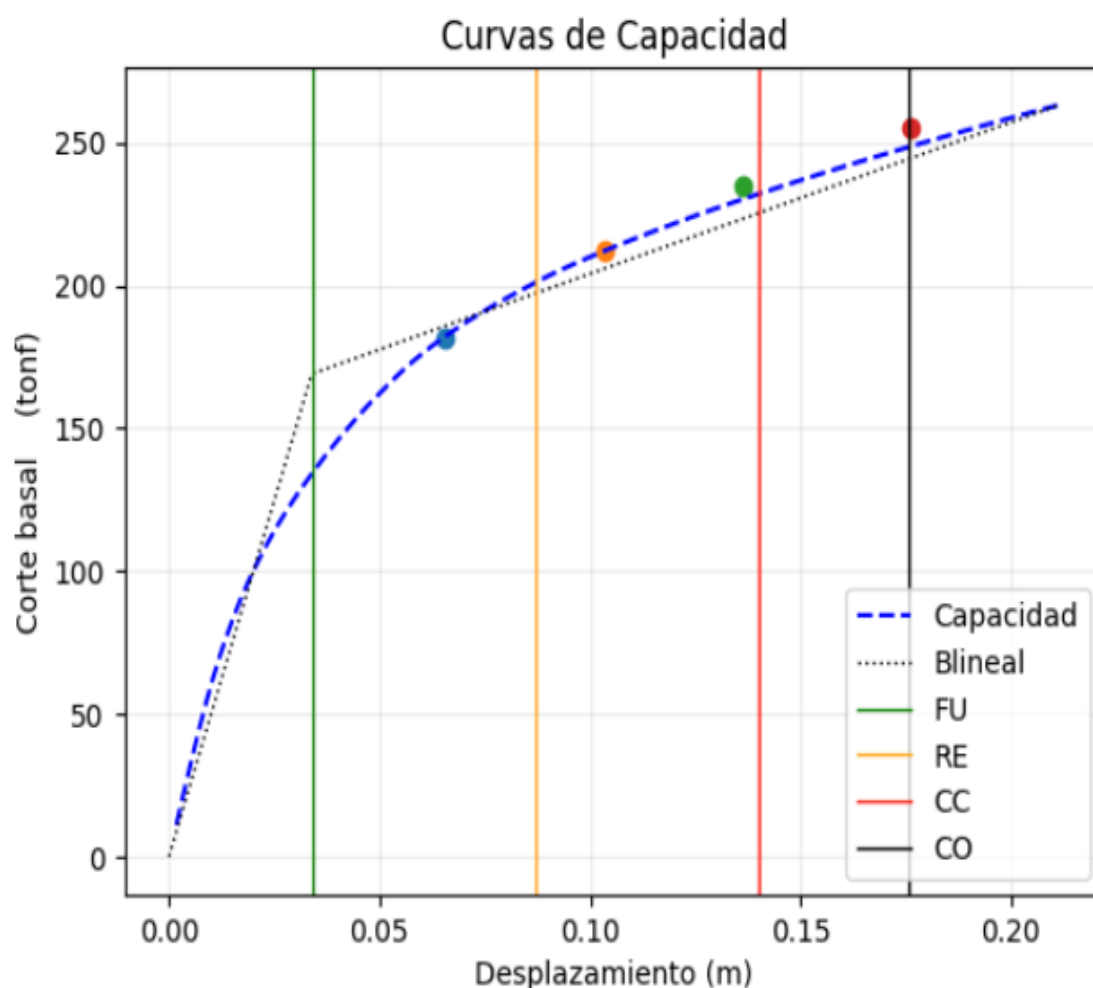


ESTRUCTURA REFORZADA				
	ASCE 41-13 NSP		FEMA 440 EL	
	Cortante Basal	Desplazamiento	Cortante Basal	Desplazamiento
DIRECCIÓN X	ton	mm	ton	mm
UY	263.06	211.13	255.07	191.19
UX	270.04	230.39	258.52	161.58
T= años	PUNTOS DE DESEMPEÑO			
	V (Ton)		δ(mm)	
72	234.74		79.55	
225	244.78		102.22	
425	253.09		133.28	
975	258.53		161.6	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la comparación de los puntos de desempeño obtenidos por los diferentes métodos, en la dirección X, considerando el cortante basal y el desplazamiento bajo distintas amenazas sísmicas.

Figura 81 Comparación de punto de desempeño, para los diferentes métodos empleados (UY).



ESTRUCTURA REFORZADA				
	ASCE 41-13 NSP		FEMA 440 EL	
	Cortante Basal	Desplazamiento	Cortante Basal	Desplazamiento
DIRECCIÓN Y	ton	mm	ton	mm
UY	263.06	211.13	255.07	191.19
UX	270.04	230.39	258.52	161.58
T= años	PUNTOS DE DESEMPEÑO			
	V (Ton)		δ(mm)	
72	181.85		65.32	
225	212.06		103.3	
425	235.08		136.2	
975	255.07		191.2	

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Nota. La figura muestra la comparación de los puntos de desempeño obtenidos por los diferentes métodos, en la dirección Y, considerando el cortante basal y el desplazamiento bajo distintas amenazas sísmicas.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

12.1. Conclusiones

- Se diseñó y modeló la estructura de la vivienda en ETABS, en el análisis estático se observó derivas por debajo del límite, pero además en análisis dinámico los límites se encontraron bajo lo establecido por la norma. Es así que se observó secciones sobre esforzadas, pues, el hormigón falla antes que el acero. En el análisis no lineal de pushover versus deriva en sentido X – Y de vivienda actual presentó un valor máximo de 0,021565 y 0,040608 respectivamente.
- Se evaluó el comportamiento estructural de la edificación, en el que se aplicó formulario FEMA P-154 para la evaluación de vulnerabilidad sísmica obteniendo un nivel bajo. No obstante, al realizar la inspección para el levantamiento de información se observó fallas en la vivienda derivado del sismo ocurrido en abril del 2016; incluyendo la relación de los valores de viga columna es aceptable en toda la estructura.
- Se identificó que, la simulación para la implementación de disipadores de energía TADAS permitió disminuir la vulnerabilidad sísmica en 0.019203, esto ayuda a cumplir con los requisitos de la normativa NEC-15.

12.2. Recomendaciones

- Se sugiere calibrar el modelo con la información real relacionados con registros sísmicos locales o comparación estructural similar afectada por sismos utilizando modelos 3D, incorporando diafragmas rígidos y distribución de cargas inerciales adecuadas.
- Se recomienda efectuar la evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante herramientas como Beneditti-Petrini, incluyendo reforzamiento de las conexiones críticas para asegurar la transmisión eficiente de fuerzas durante el sismo, evitando concentraciones de esfuerzos a través de continuidad vertical de elementos. Además, de la revisión de irregularidades que afectan la vulnerabilidad.
- Se sugiere la incorporación de dispositivos TADAS en puntos estratégicos como ejes de muro o en marcos de mayor deformación, especialmente en planta baja y entresijos donde se concentran desplazamientos laterales; considerando la implementación de inspecciones post reforzamiento para la validación de la efectividad del sistema.

Bibliografía

- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Estructuras de hormigón armado*. MIDUVI.
- Aguiar, R. (2018). Análisis de disipadores TADAS utilizados en reforzamiento de Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 23(1), 1-23.
- Aguiar, R., Rodríguez, M., & Mora, D. (2016). *Análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía ADAS o TADAS*. CIMNE.
<https://core.ac.uk/download/pdf/296534744.pdf>
- Aguilar, G., Aguirre, J., Ávila, J., Botero, E., & Muria, D. (2012). *El sismo de la costa del Pacífico en Tohoku, Japón, marzo 11, 2011*. UNAM.
[http://sharepoint.iingen.unam.mx/proyectos/Tohoku2011/Documentos/SID%20678%20Publicacion%20Arbitrada%20\(Informe%20Final\).pdf](http://sharepoint.iingen.unam.mx/proyectos/Tohoku2011/Documentos/SID%20678%20Publicacion%20Arbitrada%20(Informe%20Final).pdf)
- American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE 41-17: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Andrade, M. (2023). *Comparación entre el análisis estático y dinámico no lineal de un edificio de hormigón armado*. UESM.
- Ayala, L., Franco, A., & Padilla, E. (2020). Evaluación de la eficiencia en disipación de energía en estructuras hidráulicas construidas con gaviones y material reciclado (neumático usado) mediante modelamiento físico a escala reducida. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 143-154. <https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020014>
- Caballero, L., Cano, H., Molina, M., & Villalba, J. (2023). Propuesta de modelación numérica de disipadores histeréticos metálicos tipo TADAS, en edificaciones de pórticos de concreto y acero. *Revista EIA*, 20(40), 1-20.

- Cano, H. (2020). *Evaluación del coeficiente de disipación de energía R, en edificaciones de concreto reforzado con disipadores histeréticos metálicos triangulares tipo TADAS, ubicados en zona de amenaza sísmica alta*. [Tesis Maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78657>
- Carabalí, D. (2020). *Análisis modal espectral mediante el uso de vectores ritz aplicados a una estructura*. EPN.
- Cedeño, M., & Palma, J. (2020). Disipadores de energía como respuesta sísmica en edificaciones. *Researchgate*, 1-4.
https://www.researchgate.net/publication/343322913_DISIPADORES_DE_ENERGI_A_COMO_RESPUESTA_SISMICA_EN_EDIFICACIONES
- Chopra, A. (2012). *Dynamic of structures Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Prentice Hall.
- Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí. (22 de mayo de 2025). *Dos edificios con disipadores de energía: "Mawa" en Manta y "Luz" en Quito*. Retrieved 25 de mayo de 2025, from <https://www.youtube.com/watch?v=ksJU0lqrq8>
- Constructura Rosero. (17 de mayo de 2025). *Edificio Mawa*. Retrieved 25 de mayo de 2025, from https://www.constructorarosero.com/rayden_portfolio/mawa/
- Cunalata, F., & Caiza, P. (2022). Estado del arte de estudios de vulnerabilidad sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1), 55-64.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>
- Disipa . (2021). *Disipador de energía TADAS*. Grupo Prisma:
<https://www.disipaing.com/wp-content/uploads/2021/06/ficha-tecnica-dispositivos-histereticos.pdf>

- Dominguez, O., & Ramos, M. (2023). *Evaluación del costo incremental de una estructura con pórticos resistentes a momentos de 4 pisos en Salinas diseñada conforme NEC-15*. UPSE.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 356: Seismic Rehabilitation of Buildings*. FEMA.
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *FEMA P-154: Revisión Visual Rápida de Edificios para Posibles Peligros Sísmicos*. FEMA.
- Fundación GEM. (12 de junio de 2020). *Proyecto SARA: Evaluación de Riesgos de América del Sur (SARA)*. Retrieved 10 de marzo de 2025, from <https://www.globalquakemodel.org/proj/sara>
- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Serie GeóPOLIS. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1213>
- González, M. (14 de abril de 2022). El 'Viejo Tarqui' dejó de ser el corazón comercial de Manta. *Seguridad*, págs. 2-3. <https://www.primicias.ec/noticias/en-exclusiva/cronica-comercio-tarqui-terremoto-manta/>
- Google Maps. (7 de enero de 2025). *Ubicación parroquia Tarqui*. Retrieved 12 de mayo de 2025, from https://www.google.com/maps/place/Tarqui,+Manta/@-0.969925,-80.708289,1425m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x902be401ce38d1b7:0xbb9882ffaefb36a5!8m2!3d-0.9644878!4d-80.7158977!16s%2Fg%2F1tkkvym_?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUwNy4wIKXMDSoJLDEwMjExNDU1SAFQA%3D%3D
- Guerrero, H. (1 de Diciembre de 2018). *Beneficios de los disipadores de energía sísmica*. Instituto de Ingeniería UNAM: <https://www.iingen.unam.mx/es-mx/Investigacion/Proyecto/Paginas/Disipadores-de-energia-sismica.aspx>

- Guerrero, H., Cueto, F., Viramontes, C., & Torres, R. (2020). *Uso de disipadores de energía en edificaciones de acero*. Gerdau Corsa.
- https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/gerdau_corsa_DISIPADORES_v07_BAJA_DIG_0.pdf
- Guerrero, R. (2022). *Evaluación del desempeño de una edificación con dos tipos de disipadores sísmicos controlados por deformación (TADAS y arriostramiento restringido al pandeo) frente a diversos eventos sísmicos*. [Tesis Maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82111>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15*. Quito: INEN.
- Instituto Geofísico. (2016). *Peligro Sísmico*. <https://www.igepn.edu.ec/peligro-sismico>
- Kangle, S., & Yerudkar, D. (2020). Response Spectrum Analysis for Regular Multistory Structure in Seismic Zone III . *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(9), 478-483.
- Lino, J. (2022). *Comparación del punto de desempeño de un edificio convencional versus un edificio con sistema de disipación de energía tipo TADAS, mediante un análisis estático no lineal*. [Tesis Ingeniería]. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3610/1/LINO%20TUMBACO%20JORGE%20LUIS.pdf>
- Loor, E., Palma, W., & García, L. (2021). Vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso Santa Marianita – Manta – Ecuador. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 4(7), 2-16.
- <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/22>
- López, R. (2019). *Evaluación Sísmica y Propuesta de Reforzamiento de Edificaciones en Manta, Ecuador*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

- Mei, L., & Wang, Q. (2021). Structural Optimization in Civil Engineering: A Literature Review. *Buildings*, 11(2), 66.
- Mena, A. (2019). *Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica utilizando disipadores sísmicos SLB*. UPS.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2023). *Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras NEC-SE-RE*. MIDUVI.
- Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15*. Quito: INEN.
- Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2023). *Peligro Sísmico Diseño Sismo resistente NEC-SE-DS*. MIDUVI.
- Puente, F., & Romero, H. (2023). *Evaluación de desmepeño estructural en un edificio residencial de seis niveles de la ciudad de Cuenca utilizando conexiones a momento y conexiones combinadas a momento y corte*. UPS.
- Rodriguez, M. (3 de Marzo de 2025). *Sistemas de Protección Sísmica*. Sismica Institute: <https://sismica-institute.com/sistemas-de-proteccion-sismica/#t-1707734003269>
- Rupay, M., Vasquez, L., Felix, J., Francisco, J., Cuba, D., & Soto, F. (2023). La Cortante Basal en el Analisis Sismico Estático: Vivienda Multifamiliar de Cuatro Niveles Mediante el Software Etabs. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4645-4670.
- Salas, A., & Hernández, A. (2021). Análisis comparativo entre el método estático equivalente y el método de análisis modal en estructuras regulares de muros portantes de hormigón armado. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15(1), 1-8.
- Sellés, J. (2021). Construcciones antisísmicas y sismorresistentes. Principios de funcionamiento y análisis de los aciertos y falencias de los modelos analógicos usados

en la enseñanza. *Artigos*, 17, 1-15.

<https://doi.org/https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8665273>

Sioingeniería. (27 de Marzo de 2025). *Disipadores de energía técnicas de diseño sismo resistente*. JH Ingeniería Estructural:

<https://www.sioingenieria.com/portal/novedades/disipadores-de-energia-tecnicas-de-diseno-sismo-resistente>

South America Risk Assessment. (2018). *Proyecto SARA: Evaluación y Gestión del Riesgo Sísmico en América del Sur*. Buenos Aires: Instituto de Prevención Sísmica.

Zhi, Y., Mo, L., & Bing, C. (2024). A comprehensive review on microchannel heat sinks for electronics cooling. *International Journal of Extreme Manufacturing*, 6(2), 1-31.

Anexos

Anexo 1. Ficha de devaluación rápida de vulnerabilidad sísmica adaptado de FEMA P-154

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO														
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES														
FOTOGRAFIA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE					DATOS EDIFICACIÓN									
					Nombre de la Edificación:									
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION					Dirección:									
					Tipo de uso:									
					DATOS DEL PROFESIONAL									
					Nombre del evaluador:									
					Cédula del evaluador									
					Registro SENESCYT									
					DATOS CONSTRUCCIÓN Y OCUPACION									
					Número de Pisos:									
					Año de construcción:									
					Año(s) Remodelación:									
					Área de Construcción									
TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1		H. Armado prefabricado										PC	
Mampostería sin refuerzo	URM		Pórtico acero laminado										S1	
Mampostería reforzada	RM		Pórtico acero laminado con diagonales										S2	
Mixta Acero Hormigón o Madera Hormigón	MX		Pórtico acero doblado en frío										S3	
Pórtico Hormigón Armado	C1		Pórtico acero laminado con muros estructurales de H. Armado										S4	
Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2		Portico acero con paredes mampostería										S5	
Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3													
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, S														
PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA		TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL												
		W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
PUNTAJE BÁSICO		4,4	1,8	2,8	1,8	2,50	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (< 4 pisos)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media altura (4 a 7 pisos)		N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
Gran altura (>7 pisos)		N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,4	0,4	0,6	0,8	N/A	0,5	0,5
IRREGULARIDADES														
Irregularidad vertical		-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta		-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN														
Pre-código moderno (construido antes de 1977) o auto construcción		0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en etapa de transición (entre 1977 - 2001)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)		1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
SUELO														
Suelo Tipo C		0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-1,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Suelo Tipo D		0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Suelo Tipo E		0	-0,8	-0,4	-1,2	-0,8	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,6
PUNTAJE FINAL, S														
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
S < 2,4		Alta vulnerabilidad (Necesita evaluación especial)												
2,0 > S > 2,5		Media Vulnerabilidad												
S > 2,5		Baja Vulnerabilidad												
OBSERVACIONES:														
FIRMA RESPONSABLE EVALUACION														

Anexo 2. Relación de participación de masa modal (diseños disipadores).

Modal Participating Mass Ratios

FileEditFormat-Filter-SortSelectOptions

Units: As NotedHidden Columns: NoSort: None

Modal Participating Mass Ratios

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
▶	Modal	1	0.472	0.0053	0.4557	0	0.0053	0.4557	0	0.0868	0.0003	0.3143	0.0868	0.0003	0.3143
	Modal	2	0.383	0.7333	0.0085	0.0001	0.7386	0.4642	0.0001	0.0009	0.0549	2.254E-06	0.0877	0.0552	0.3143
	Modal	3	0.316	0.0029	0.2818	1.307E-06	0.7416	0.746	0.0001	0.01	0.0006	0.4567	0.0977	0.0558	0.771
	Modal	4	0.159	0.0064	0.0502	0.0001	0.748	0.7962	0.0002	0.0455	0.0054	0.0675	0.1432	0.0612	0.8385
	Modal	5	0.153	0.0965	0.0008	0.0003	0.8445	0.797	0.0005	0.0011	0.0568	0.0097	0.1443	0.118	0.8482
	Modal	6	0.15	0.0013	0.0451	6.247E-06	0.8458	0.8421	0.0005	0.0329	0.0009	0.0114	0.1771	0.1189	0.8596
	Modal	7	0.088	0.0071	0.0233	0.0003	0.8529	0.8655	0.0008	0.0152	0.0022	0.0307	0.1923	0.1211	0.8903
	Modal	8	0.085	0.0099	0.0548	1.344E-06	0.8628	0.9202	0.0008	0.0511	0.004	0.042	0.2434	0.1251	0.9323
	Modal	9	0.081	0.0611	0.0015	0.0002	0.9239	0.9217	0.001	0.0027	0.0241	0.0188	0.2461	0.1492	0.9511
	Modal	10	0.061	0.0001	0.0005	0.0038	0.9241	0.9222	0.0048	0.0052	0.0121	0.0004	0.2513	0.1612	0.9515
	Modal	11	0.058	0.0012	1.903E-05	0.0489	0.9252	0.9223	0.0537	0.0005	0.082	6.236E-07	0.2518	0.2432	0.9515
	Modal	12	0.056	6.839E-06	0.0007	0.007	0.9252	0.923	0.0607	0.0092	0.0303	0.0007	0.261	0.2735	0.9523
	Modal	13	0.055	2.019E-05	7.365E-07	0.0001	0.9253	0.923	0.0608	0.0412	0.0025	0.0002	0.3022	0.2759	0.9525
	Modal	14	0.055	0.0004	0.0001	0.0502	0.9257	0.923	0.111	0.0018	0.0409	0.0005	0.3039	0.3169	0.953
	Modal	15	0.054	0.0001	2.838E-06	0.0082	0.9258	0.9231	0.1192	0.021	0.0212	2.312E-05	0.3249	0.3381	0.953

Record: << < 1 > >> of 15

Add Tables...Done