



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis comparativo de la respuesta sísmica de una
edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos,
distrito Moche, Trujillo, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil**

AUTORA:

Flores Lozano, Antuane Nicol (ORCID: 0000-0002-7249-0171)

ASESORES:

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

Mg. Cerna Rondón, Luis Aníbal (ORCID: 0000-0001-7643-7848)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

TRUJILLO-PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi madre Corali Violeta Lozano Reyes, quien ha sido un gran ejemplo de lucha y por ser un gran soporte en todo sentido, para poder seguir en el camino y lograr todos mis objetivos.

A mi padre Fernando Flores Acevedo, cuyo ejemplo de trabajo y disciplina ha sido de gran inspiración para mí.

A mis hermanos Daryl y Lucas por su apoyo y cariño en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova y el Mg. Luis Aníbal Cerna Rondón, por la paciencia que han tenido en el asesoramiento y por todos sus consejos, para poder realizar la presente investigación de la mejor manera posible.

Al ingeniero Sánchez Pinedo, Luis Manuel por su pasión en la enseñanza en el campo de las estructuras y por su sincera preocupación en lograr llevar sus conocimientos a cada alumno.

Asi mismo quiero agradecer a todos los profesores que me han enseñado, por su dedicación y tiempo que me han brindado a lo largo de mi etapa formativa.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de ilustraciones	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	17
IV. RESULTADOS	26
4.1. Estudio Topográfico	26
4.1.1. Objetivo del estudio topográfico	26
4.1.2. Información sobre el Área del Proyecto	26
4.1.3. Trabajos de campo	27
4.1.3.1. Reconocimiento del área de trabajo	27
4.1.3.2. Levantamiento topográfico	27
4.1.4. Trabajos de gabinete	28
4.1.5. Puntos topográficos	28
4.2. Estudio de mecánica de suelos	30
4.2.1. Antecedentes	30
4.2.2. Objetivo	31
4.2.3. Ensayos	31

4.2.4.	Descripción y localización del proyecto	31
4.2.5.	Investigaciones de campo	32
4.3.	Estudio Arquitectónico	33
4.3.1.	Entorno urbano	33
4.3.2.	Descripción arquitectónica	33
4.4.	Estudio estructural	35
4.4.1.	Predimensionamiento	35
4.4.2.	Análisis estático	35
4.4.3.	Análisis Dinámico	40
4.4.4.	Análisis Dinámico con un $R = 1$	43
4.4.5.	Análisis Dinámico Tiempo - Historia	45
4.4.6.	Sismo de diseño	48
4.4.7.	Disipadores de energía viscosos	49
4.4.8.	Análisis comparativo de la respuesta sísmica	56
V.	DISCUSIÓN	63
VI.	CONCLUSIONES	68
VII.	RECOMENDACIONES	70
	REFERENCIAS	71
	ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Coordenadas del Predio La General</i>	29
<i>Tabla 2</i>	<i>Coordenadas del Área de estudio</i>	30
<i>Tabla 3:</i>	<i>Ensayos realizados</i>	31
<i>Tabla 4:</i>	<i>Dimensiones de los elementos estructurales</i>	35
<i>Tabla 5:</i>	<i>Irregularidades Estructurales</i>	36
<i>Tabla 6:</i>	<i>Parámetros sísmicos y cortante basal</i>	37
<i>Tabla 7</i>	<i>Análisis del sistema estructural en la dirección X-X</i>	38
<i>Tabla 8</i>	<i>Análisis del sistema estructural en la dirección Y-Y</i>	39
<i>Tabla 9</i>	<i>Comparación de cortante basal estático y dinámico</i>	41
<i>Tabla 10</i>	<i>Comparación de la cortante estática y dinámica corregida</i>	41
<i>Tabla 11</i>	<i>Participación Modal</i>	42
<i>Tabla 12</i>	<i>Derivas Inelásticas del análisis Tiempo-Historia</i>	47
<i>Tabla 13</i>	<i>Propiedades del disipador de energía viscoso</i>	50
<i>Tabla 14</i>	<i>Fuerza de los disipadores en la dirección XX</i>	52
<i>Tabla 15</i>	<i>Fuerza de los disipadores en la dirección YY</i>	53
<i>Tabla 16</i>	<i>Número total de disipadores de fluido viscoso</i>	54
<i>Tabla 17</i>	<i>Absorción de la energía de la edificación con y sin disipadores viscosos</i>	61
<i>Tabla 18</i>	<i>Comparación de la cortante basal (V_{xy})</i>	62

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i>	<i>Fuerza del amortiguador</i>	15
<i>Ecuación 2</i>	<i>Balance de la energía</i>	16

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos. Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, descriptivo comparativo, de tipología aplicada y transversal. Para el desarrollo se consideró una edificación irregular de 7 niveles con un sistema estructural dual y de muros estructurales. En los cálculos del análisis sísmico y el diseño de los disipadores, se usó como base el reglamento nacional de edificaciones (la norma E 030), La metodología HAZUS -MH MR4, el FEMA 274 y el ASCE/SEI 7-16. Se obtuvo como resultado que la aplicación de disipadores redujo los desplazamientos un 61.97% en la dirección X y un 54.71% en la dirección Y; las derivas un 78.07% en la dirección X y un 57.11% en la dirección Y; la absorción de la energía de la edificación pasando de un 100% a un 24% y los disipadores llegaron a absorber un 76% de la energía; también se redujo la cortante basal de hasta 44.9% en la dirección X y un 42.8% en la dirección Y. Por lo que se concluyó que la edificación con disipadores presenta una mejor respuesta sísmica.

Palabras clave: Disipadores de energía viscosos, análisis sísmico, respuesta sísmica, deriva.

ABSTRACT

The present research aims to carry out a comparative analysis of the seismic response of a dual building with and without viscous energy dissipators. This research has a quantitative approach, non-experimental design, descriptive comparative, applied and cross-sectional typology. For the development, an irregular 7-level building with a dual structural system and structural walls was considered. In the calculations of the seismic analysis and the design of the dissipators, the national building regulations (the E 030 standard), the HAZUS -MH MR4 methodology, the FEMA 274 and the ASCE / SEI 7-16 were used as a basis. It was obtained as a result that the application of heatsinks reduced the displacements by 61.97% in the X direction and by 54.71% in the Y direction; the drift is 78.07% in the X direction and 57.11% in the Y direction; the energy absorption of the building going from 100% to 24% and the heatsinks came to absorb 76% of the energy; The basal shear was also reduced by up to 44.9% in the X direction and 42.8% in the Y direction. Therefore, it was concluded that the building with dissipators presents a better seismic response.

Keywords: Viscous energy dissipators, seismic analysis, seismic response, drift.

I. INTRODUCCIÓN

Sudamérica forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la Tierra desprende más del 85% de su energía mediante movimientos telúricos y erupciones volcánicas, esto se debe al proceso de subducción de la placa oceánica ante la placa continental, mismo proceso que ha generado en el Perú sismos de gran magnitud (Tavera, 2001, p.2). Cabe mencionar que, en un estudio realizado en la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, se indicó que el posible movimiento telúrico más fuerte que podría ocurrir, en más de 100 años, tendría una magnitud de 7,8 Ms (magnitud de las ondas superficiales). Además, se estimó que ocurrirán 6 sismos de magnitudes de 6,0 Ms en un intervalo de 50 años (IIDMA, 2002, p.134). Debido a esta problemática, es esencial que las edificaciones cumplan con los requerimientos mínimos que establece la norma E.030, la cual busca que la edificación tenga un correcto diseño sismorresistente.

Según Genatios y Lafuente (2016, p.27), una opción confiable en el diseño sismorresistente y reforzamiento estructural, es la aplicación de disipadores de energía y aisladores sísmicos, debido a su eficacia en estructuras esenciales con alta demanda en su desempeño sismorresistente, también se los suele usar en el refuerzo, rehabilitación y readecuación de estructuras.

Los disipadores de energía, tienen como fin disipar la energía introducida en la estructura debido a fuerzas dinámicas externas e incrementan el nivel de amortiguamiento de la estructura (Genatios y Lafuente, 2016, p.40).

Por lo que el problema formulado, en la presente investigación es: ¿Cuál es la variación en la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin la implementación de disipadores de energía de fluido viscoso?

La presente investigación se justifica de forma teórica, dado que aporta al conocimiento ya existente sobre la aplicación de disipadores de fluido viscoso a edificaciones y contrasta los resultados obtenidos del presente proyecto con investigaciones anteriores, sobre la variación en la respuesta sísmica de la edificación con la implementación de disipadores de energía. De esta forma la investigación puede ser usada como fuente de apoyo para futuras investigaciones.

El estudio realiza procesos metodológicos usados con anterioridad, que se verificarán mediante la discusión de los resultados, permitiéndonos validar los resultados obtenidos del presente proyecto de investigación. Es práctico, porque con la aplicación de disipadores de energía de fluido viscoso, se mejoró la respuesta sísmica de la edificación dual modelada en ETABS.

En el ámbito social, mediante optimización de la respuesta sísmica de la edificación con la inserción de los disipadores de energía de fluido viscoso, se busca evitar pérdidas de vidas humanas, materiales y permitiendo en lo posible la continuidad operacional de la edificación; además genera una sensación de seguridad en los moradores. Cabe mencionar que, la aplicación de disipadores resulta económica, argumento que se corrobora en la investigación del Ingeniero Ancasí (2019), donde se concluye que los costos en la construcción de dos edificaciones, una con reforzamiento convencional y otra con la inserción de disipadores, varía \$ 1.29 /m², resultando más económico el edificio con disipadores.

La presente investigación tiene como objetivo principal, realizar un análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos. Los objetivos específicos fueron, realizar el levantamiento topográfico y el estudio de suelos en el área de trabajo, ubicada en el sector Tomas Altas, distrito de Moche.

Predimensionar los elementos estructurales de la estructura, para realizar el modelado de la edificación en el software ETABS. Realizar los análisis sísmicos, para verificar el cumplimiento de la deriva, según lo establecido en la norma E 030. Seleccionar, Corregir, filtrar y escalar los 3 registros sísmicos con los softwares SeismoSignal v4.30 y Seismomatch. Determinar la deriva objetiva que se quiere que tenga la edificación, mediante la metodología HAZUS, FEMA. Determinar exponente de velocidad, el amortiguamiento de disipadores de energía y la rigidez del brazo metálico, para modelar el disipador de energía de fluido viscoso en el software ETABS. Determinar la ubicación de los disipadores de energía de fluido viscoso, para obtener mayor reducción en la deriva y desplazamientos. Obtener el porcentaje de energía sísmica que absorbe el disipador fluido viscoso, con respecto al total de energía sísmica que ingresa en la edificación.

La presente investigación tiene como hipótesis que del análisis comparativo, la edificación dual con la implementación de los disipadores de energía de fluido viscoso, presenta una mejor respuesta sísmica.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan investigaciones científicas, desarrolladas en el ámbito internacional, nacional y local, que sirvieron como referentes para la presente investigación.

En el marco internacional tenemos a (Gioiella et al, 2017), quienes en su estudio analizaron y compararon el resultado de dos métodos en los que se utiliza a los amortiguadores de fluidos viscosos lineales (FVD) de forma externa en una estructura de referencia existente, el edificio Van Nuys. el primer método es conocido como "Torre Disipadora", en la que los disipadores se activan debido al movimiento de balanceo de una estructura de acero articulada en la base (RB); el segundo consiste en colocar una estructura externa donde los disipadores se colocan horizontalmente en cada piso (FB). como resultados obtuvieron que con la aplicación de las dos soluciones hubo una reducción de alrededor del 52% en los desplazamientos, siendo la primera solución RB, la que obtuvo una reducción ligeramente mayor; así mismo muestra una distribución más constante de derivas entre pisos, siendo la máxima igual a 0,0089; mientras que el sistema FB genera una mayor reducción de derivas. ; con respecto a la cortante base, se obtiene una reducción de 47% con el FB y un 49% con el RB y en el caso de las aceleraciones máximas, con el sistema FB se redujeron hasta un 46%; mientras que el RB obtuvo una reducción de 18%.

Luego tenemos la investigación de Del Gobbo, Blakeborough y Williams (2018), donde se buscó que la aplicación de disipadores de fluido viscoso (FVD) minimice los daños estructurales y no estructurales de edificios de acero, los cuales cumplen con el eurocódigo y fueron modelados de forma no lineal utilizando en el

programa Opensees. Cabe mencionar que este estudio investiga la amortiguación óptima utilizando los costos de reparación y el procedimiento del FEMA P-58; y se utilizaron solo disipadores viscosos lineales. concluyendo que la amortiguación óptima para minimizar los costos de reparación de terremotos estaba entre el 25 y el 45% (considerando un amortiguamiento uniforme).

Así mismo Pilorgé (2018), en su investigación tuvo como objetivo global usar un proceso para el diseño de estructuras con disipadores de fricción y demostrar el efecto que estos producen en la respuesta sísmica de la estructura; para el estudio se usaron 6 estructuras, elásticas, con ductilidad moderada y dúctil, de las cuales 3 tenían disipadores y el resto no; teniendo como resultados que la aplicación de disipadores reduce alrededor de un 7.5% del costo en materiales; concluyendo que los disipadores de fricción hacen que las estructuras sean más fuertes, tengan una mejor respuesta sísmica y bajo costo; siendo la estructura moderadamente dúctil la mejor opción en el aspecto económico, teniendo en cuenta el costo de reparación debido al daño después de un sismo.

Además, para Huang (2018), en su tesis, tuvo como objetivo global determinar la ubicación óptima de los disipadores viscosos, que mejore la resistencia al colapso de la edificación de acero, el desarrollo consistió en comparaciones de cuatro formas diferentes de colocar los disipadores, en una edificación de 10 niveles y otra de 20 niveles, las cuales estarán sometidas a movimientos del suelo debido a una falla cercana y lejana; obteniéndose como resultado en el caso de la edificación de 10 niveles, las distribuciones de tipo A3 y A4 generan una mejor resistencia al colapso y menor cantidad de rótulas plásticas; en el caso de la edificación de 20 niveles, las distribuciones de tipo B3 y B4 generan mejor resistencia al colapso y menor cantidad de rótulas

plásticas; se concluyó que ante una ubicación estratégica de disipadores de fluido viscoso, se obtuvo grandes mejoras en la resistencia al colapso de la estructura y se presentó una reducción de rótulas plásticas.

Para Saitua (2017), en su tesis, tuvo como objetivo estudiar la colocación óptima de disipadores no lineales de fluido viscoso colocados en una edificación de gran altura en Chile, además se analizó el costo real de los dispositivos según su capacidad de fuerza, sus diversas configuraciones de soporte y se revisó el costo en el caso que se refuerce las columnas; para el desarrollo del proyecto se utilizó el software MATLAB y Simulink; concluyendo que la optimización de la ubicación de los amortiguadores, genera ahorro cuando se utiliza métricas realistas y no simplificadas, además el costo del reforzamiento de las columnas y la capacidad de fuerza máxima del amortiguador, influyen en la distribución de los amortiguadores, cabe mencionar que resulta favorable ubicar los disipadores en pisos no consecutivos y la utilización de amortiguadores no lineales.

Según Kariniotakis (2017), en una investigación realizó el diseño sísmico para edificaciones de acero con disipadores de fluido viscoso de configuración chevron, según el Eurocódigo 8 y el ASCE 7-10; donde se tuvo edificaciones de 5, 10 y 20 niveles; cabe mencionar que se logró realizar el proceso de diseño para MRF de acero, cumpliendo todos los requisitos de las normativas usadas; además se concluyó que la edificación de cinco pisos obtuvo un porcentaje menor de rótulas plásticas, con respecto a las otras edificaciones.

En el ámbito nacional Maza (2019), en una investigación tuvo como objetivo precisar los efectos en el comportamiento estructural de la

edificación de cinco niveles , debido a la aplicación de disipadores metálicos; el análisis se realizó mediante el programa ETABS; se obtuvieron como resultados en el análisis dinámico espectral que con la aplicación de disipadores, logró reducir la fuerza cortante máxima en la dirección YY un 60.167% y en la dirección XX un 47.572%, además se redujeron los momentos en la dirección XX un 71.204% y en la dirección YY un 33.042%; se concluyó que la inserción de los disipadores metálicos genera una mejora en el desempeño de la edificación y resulta económico, debido a que no será necesario reforzar a los elementos estructurales.

De igual forma, Rojas (2019), en una investigación tuvo como objetivo principal el análisis de la variación en el comportamiento estructural de un edificio de 5 pisos debido a la aplicación de disipadores viscosos; concluyendo que los desplazamientos máximos se redujeron en un 55.80% en la dirección XX y un 58.78% en el eje YY, además las derivas se lograron reducir en la dirección YY un 53.69% y en el eje XX un 6.44%, mientras los momentos de volteo se redujeron un 9.16%; cabe mencionar que se logró cumplir con la distorsión límite.

Además Dávila (2019), en su tesis titulada “Desempeño estructural del bloque ‘A’ del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018”, tuvo como objetivo obtener que la estructura del hospital tenga un buen desempeño; para el diseño y el análisis se tomó en cuenta la norma E 030, el ASCE/SEI, el FEMA 273, 274; obteniéndose como resultados el incremento de amortiguamiento de 27.20% en la dirección XX y de 20.51% en la dirección YY, el disipador logró absorber el 52.78% de la energía, además se obtuvo una deriva de 0.0062 en XX (que representa una disminución de entre un 37.5% a un 74.3%) y de 0.0042 en YY (reducción entre un 21.7% a un 44.9%), los

desplazamientos máximos se redujeron entre un 20% y un 38% en la dirección XX y en la dirección YY entre un 41% al 48%, así mismo se redujo los esfuerzos de corte de un 33.3% a un 52.7%, una reducción del momento flector entre un 30.01% a un 59.5%, las aceleraciones de la edificación se redujeron de un 7.07% al 19.82%; concluyendo que se genera un mejor desempeño estructural con la implementación de disipadores de energía de fluido viscoso no lineal.

Para Santillán (2019), quien realizó un estudio para determinar cuál es la disposición de disipadores de fluido viscoso que mejore la respuesta sísmica del edificio que será la nueva sede Sunat en Lince; analizó tres disposiciones de los disipadores de configuración Chevron en la edificación, el modelo se realizó mediante el programa ETABS; obteniendo como resultados que la deriva se redujo al 26.44%, el desplazamiento máximo en un 23.25%, la fuerza de corte basal en un 16.55% y el amortiguamiento aumenta del 5.00% al 12.40%; concluyendo que la disposición más conveniente fue la colocación de 24 disipadores entre los pisos del 8 al 19, es decir en los pisos en que se presentó mayor deriva.

Según Ticse y Zevillanos (2019), quienes realizaron un estudio para disminuir la irregularidad torsional y desplazamientos en una edificación de 12 pisos, mediante el reforzamiento con disipadores de energía de fluido viscosos, y donde además analizaron la disposición óptima para los disipadores; obtuvieron como resultados se obtuvo que las derivas disminuyeron alrededor de 52.51% en el eje X y 19.97% en el eje Y, los desplazamientos del centro de masa disminuyeron en el eje X un 50.84% y un 20.83% en el eje Y, las aceleraciones máximas se redujo en X un 49.34% y los disipadores lograron absorber el 58% de la energía sísmica; concluyendo que se logró una disminución de la irregularidad torsional, mediante una distribución no concentrada de

los disipadores y se obtuvo un desempeño óptimo en la estructura.

Para López (2019), quien realizó un estudio, en el que se diseñó y analizó una edificación multifamiliar de diez niveles de forma convencional y luego se analizó su comportamiento estructural con la aplicación de disipadores de fluido viscoso Taylor; obtuvo como resultados una gran reducción de 30.01% en las distorsiones en todos los niveles, de los desplazamientos máximos en alrededor un 39.28% y en la fuerza cortante del primero al sexto piso y un ligero aumento del séptimo al décimo piso; se concluyó que con la implementación de los disipadores la edificación tuvo un mejor comportamiento, cabe mencionar que la implementación de los disipadores se eleva el costo de la edificación, sin embargo puede resultar favorable post sismo, debido a que es probable que no sea necesario la rehabilitación de la estructura, además estos dispositivos pueden ser removido con facilidad.

En el medio local, Principe (2020), quien analizó cuál es el efecto que se produce en el comportamiento sísmico de una edificación de 8 pisos, debido a la aplicación de los disipadores viscosos, utilizando el software SAP2000 para el análisis estático y dinámico. Obtuvo como resultado el cumplimiento de las derivas según la E 030, además se logró disipar entre el 30% y 70%, concluyendo que la aplicación de los disipadores mejora el desempeño estructural de la edificación.

Así mismo Otiniano (2019), realizó un estudio para determinar el desempeño de una edificación de concreto armado de 9 niveles al aplicarse disipadores de energía viscosos; para el análisis utilizó la deriva objetiva obtenida de la metodología Hazus, como resultados se obtuvo que la deriva disminuyó hasta un 71.2% en la dirección X y en la dirección Y un 71.0%, los desplazamientos se reducen un 40% en X

y un 42.9% en Y, la cortante basal se redujo hasta un 88.4%, además se logró disipar un 74.25% del total de energía sísmica; concluyendo que con la inserción de disipadores la edificación obtiene como desempeño un nivel de ocupación inmediata en las direcciones X y Y.

Según Alarcón y Asto (2017), en un estudio que realizaron, que tuvo como objetivo el reforzamiento de un edificio multifamiliar mediante la aplicación de disipadores de energía viscosos, para que cumpla con lo establecido en la norma E 030; se realizó el análisis no lineal tiempo historia y se tuvo en cuenta la normativa ASCE 7/10, en el modelado de la estructura se insertaron 6 disipadores viscosos por nivel; obteniéndose como resultados la disminución en las derivas entre 28% y 58%, en los desplazamientos se tuvo una reducción en la dirección X entre el 20% y el 38%, en la dirección Y se redujo entre el 41% al 48%, además se presentó reducción en las fuerzas axiales, cortantes, y momentos flectores y se logró disipar un 81.50% del total de energía sísmica; concluyendo que la edificación mejoró su respuesta sísmica con la aplicación de los disipadores de fluido viscoso.

En busca de conocer a profundidad las variables y dimensiones de la presente investigación a continuación, se presentan conocimientos previos y los aspectos normativos que se emplearon.

“La respuesta $r(t)$ de una estructura se define como la superposición de las contribuciones $r_n(t)$ de los modos de vibración, para un análisis de la variación de las aceleraciones en el tiempo de una estructura. En el caso, de un análisis espectral, la máxima respuesta de los modos se obtiene del espectro de respuesta sísmica” (Tarque y Loaiza, 2003, p.42).

Para la obtener la respuesta sísmica máxima de la estructura, la norma E.030, nos sugiere para el análisis dinámico modal espectral, el uso de la combinación modal cuadrática (C.Q.C.) o la suma del 25% de la sumatoria de los absolutos de las respuestas modales con el 75% de la raíz cuadrada de la sumatoria de los cuadrados (SRSS); mientras que para el análisis tiempo historia, sugiere la combinación modal SRSS.

Es conocido que, para reducir los desplazamientos y las aceleraciones, así como disipar la energía sísmica entrante, la implementación de disipadores viscosos en estructuras de acero, resulta beneficioso (Parcianello, Chisari y Amadio, 2017, p.1). y de igual forma en las edificaciones de concreto armado, como se pudo comprobar en los antecedentes.

“Los amortiguadores de fluidos viscosos (FVD) son dispositivos de disipación de energía suplementaria que se han utilizado para la protección de estructuras contra movimientos sísmicos. El diseño, la colocación y el tamaño óptimos de los disipadores de fluido viscosos se han investigado exhaustivamente en las últimas cuatro décadas” (De Domenicco, Ricciardia y Takewakib, 2018, P.1). Cabe mencionar que, para la implementación y diseño de disipadores de energía, no existe aún una normativa peruana. Sin embargo, según la norma E.030, en el artículo 23, se recomienda aplicar en lo posible, el capítulo dieciocho del ASCE/SEI que se encuentre vigente (RM N°355-2018- VIVIENDA, 2018, p.8), donde se dan los requisitos y procedimientos de análisis que se deben tener en cuenta para el uso de disipadores. Además, para el desarrollo de la presente tesis se utilizó la metodología HAZUS MR4 del FEMA, para la obtención de la deriva objetiva.

En la metodología HAZUS, tenemos las curvas de fragilidad las cuales son la estimación de probabilidad acumulada, de que la edificación exceda el estado de daño estimados debido a un parámetro relacionado al peligro sísmico (HAZUS MR4, 2003, p.5-3). Las curvas de fragilidad tienen cuatro estados de daño, leve, moderado, severo y completo.

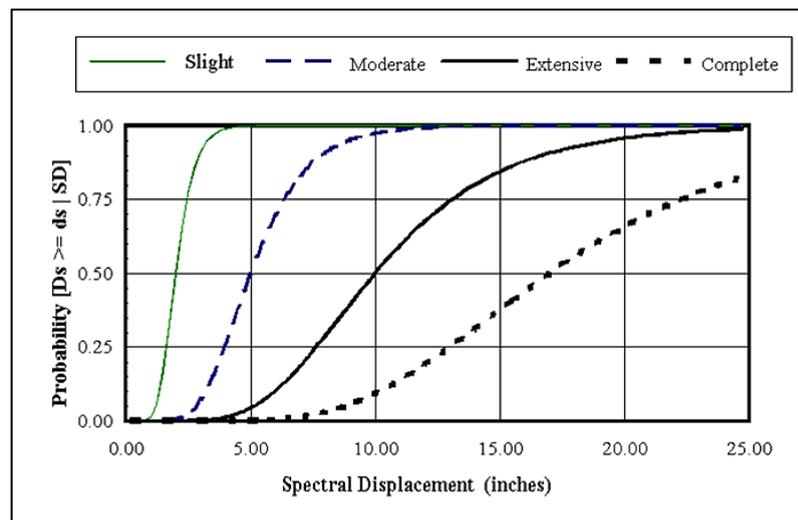


Ilustración 1: Curvas de fragilidad (estado de daño)

Fuente: (HAZUS MR4, 2003)

En la presente investigación se consideró que la edificación debería tener un estado de daño entre leve y moderado; para mantener operacional al hotel.

La metodología HAZUS, considera 36 tipos de modelos de edificaciones y 16 sistemas estructurales. Cabe mencionar que la presente tesis tiene un sistema dual en la dirección "X", mientras que en la dirección "Y", presenta un sistema de muros estructurales; por lo que según la metodología HAZUS, la dirección "X" sería (S4) y en la dirección "Y" le corresponde el (C2).

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame (\leq 5,000 sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2			All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156

Ilustración 2: Tipo de edificaciones (1-12)

Fuente: (HAZUS MR4, 2003)

13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
28	PC2H		High-Rise	8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1-3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	4+	5	50
31	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1 - 3	2	20
32	RM2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
33	RM2H		High-Rise	8+	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1 - 2	1	15
35	URMM		Mid-Rise	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

Ilustración 3: Tipo de edificaciones (12 -

36) Fuente: (HAZUS MR4, 2003)

La metodología HAZUS indica los daños estructurales y no estructurales que podría sufrir la edificación ante los cuatro estados de daño (HAZUS MR4, 2003, p. 5-14). Para la obtención de la deriva objetiva se debe tener en cuenta el tipo de sistema estructural que tiene la edificación, el estado de daño que se desea, la altura de la edificación; por lo cual para la presente tesis se consideró utilizar una deriva objetivo de 0.0035.

Building Properties Type	Height (inches)		Intensity Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
	Roof	Model	Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
			Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.50	0.80	1.51	0.81	5.04	0.85	12.60	0.97
W2	288	216	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.86	0.81	2.59	0.88	8.64	0.90	21.60	0.83
S1L	288	216	0.0060	0.0120	0.0300	0.0800	1.30	0.80	2.59	0.76	6.48	0.69	17.28	0.72
S1M	720	540	0.0040	0.0080	0.0200	0.0533	2.16	0.65	4.32	0.66	10.80	0.67	28.80	0.74
S1H	1872	1123	0.0030	0.0060	0.0150	0.0400	3.37	0.64	6.74	0.64	16.85	0.65	44.93	0.67
S2L	288	216	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	1.08	0.81	2.16	0.89	6.48	0.94	17.28	0.83
S2M	720	540	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.80	0.67	3.60	0.67	10.80	0.68	28.80	0.79
S2H	1872	1123	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.81	0.63	5.62	0.63	16.85	0.64	44.93	0.71
S3	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.81	1.08	0.82	3.24	0.91	9.45	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.86	0.89	1.73	0.89	5.18	0.98	15.12	0.87
S4M	720	540	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.44	0.77	2.88	0.72	8.64	0.70	25.20	0.89
S4H	1872	1123	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	2.25	0.64	4.49	0.66	13.48	0.69	39.31	0.77
S5L														
S5M														
S5H														
C1L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	0.90	0.81	1.80	0.84	5.40	0.86	14.40	0.81
C1M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.50	0.68	3.00	0.67	9.00	0.68	24.00	0.81
C1H	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.16	0.66	4.32	0.64	12.96	0.67	34.56	0.78
C2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.81	1.80	0.84	5.40	0.93	14.40	0.92
C2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0200	0.0533	1.20	0.74	3.00	0.77	9.00	0.68	24.00	0.77
C2H	1440	864	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400	1.73	0.68	4.32	0.65	12.96	0.66	34.56	0.75
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.76	1.08	0.86	3.24	0.88	9.45	0.99
PC2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.88	4.32	0.98	12.60	0.94
PC2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.77	2.40	0.81	7.20	0.70	21.00	0.82
PC2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.64	3.46	0.66	10.37	0.68	30.24	0.81
RM1L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.86	4.32	0.92	12.60	1.01
RM1M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.81	7.20	0.76	21.00	0.75
RM1H	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.80	1.44	0.81	4.32	0.91	12.60	0.98
RM2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.79	7.20	0.70	21.00	0.73
RM2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.66	3.46	0.65	10.37	0.66	30.24	0.72
URM1L														
URM1M														
MB1	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Ilustración 4: Deriva objetiva

Fuente: (HAZUS MR4, 2003)

Los tipos de disipadores de energía que dependen de la velocidad son los disipadores viscoelásticos y los disipadores viscosos; siendo los primeros los que funcionan deformando el líquido viscoelástico y los últimos operan ejerciendo fuerza al fluido viscoso para que atraviese el orificio del cilindro (FEMA 274, 1997, p.9-25).

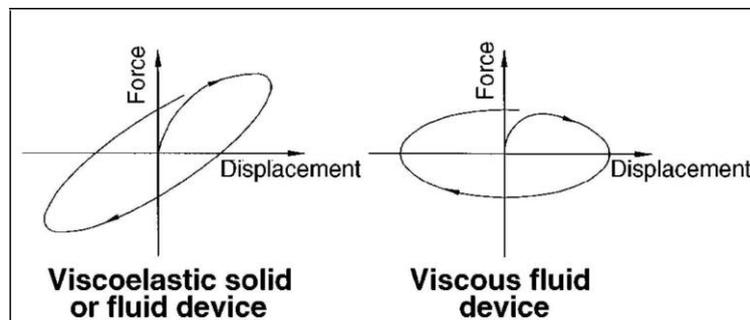


Figure C9-15 Idealized Force-Displacement Loops of Velocity-Dependent Energy Dissipation Devices

Ilustración 5: Bucles idealizados de fuerza - desplazamiento.

Fuente: (FEMA 274, 1997, p.9-25)

“El amortiguador viscoso más utilizado para la protección sísmica de estructuras, es el de fluido viscoso” (Chopra., 2012, p.284).

“Los disipadores de fluido viscoso están compuestos por un cilindro, lleno de un fluido de silicona dentro del cual se desplaza un pistón, lo que permite que el dispositivo produzca la fuerza del amortiguador” (Parcianello, Chisari y Amadio ,2017, p.1).

$$F = C \cdot V^\alpha \dots \dots \dots (1)$$

“donde F , representa la fuerza en el disipador; C , la constante de amortiguamiento; V , la velocidad relativa del amortiguador y α , el coeficiente” (Villarreal, Diaz, 2016, p. 12).

where λ is a function of the velocity exponent as given in Table C9-4.

Table C9-4 Values of Parameter λ	
Exponent α	Parameter λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Ilustración 6: Valores del parámetro lambda
Fuente: (FEMA 274, 1997, p.9-39)

El valor que se tomará para el coeficiente “a” es 0.5. Cabe mencionar que el fluido viscoso al ser forzado a ingresar a través de orificios pequeños hacia de un cilindro o recipiente cerrado, se genera una fricción entre el fluido y las paredes del orificio, lográndose de esta forma disipar la energía introducida (Chopra, 2012, p.284).

Para calcular la energía disipada por el dispositivo de disipación de energía viscoso, se debe tener en cuenta el balance de energía en la estructura. Según Genatios, Lafuente (2016), la ecuación de balance de energía en una estructura se representa como:

$$E_s = E_k + E_a + E_h + E_d \quad (2)$$

Donde, E_s , es la energía que ingresa debido a cargas dinámicas externas (movimientos telúricos o viento); E_k , es la energía cinética o energía debido al movimiento de la estructura; E_a , es la energía disipada por amortiguamiento; E_h , es la energía de deformación elástica; E_d es la energía disipada debido a la deformación inelástica de los elementos estructurales o materiales (p.38).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que es secuencial, parte de información existente para determinar la realidad problemática, objetivos, e hipótesis; se realizó la medición de la variable mediante un proceso ya establecido y se verificó el cumplimiento de la hipótesis con los resultados obtenidos.

Según la finalidad del presente estudio, es de tipología aplicada, debido a que se utilizó conocimientos previos sobre los disipadores de energía viscosos, para aplicarlos a la edificación, para luego obtener y comparar las respuestas sísmicas entre una edificación dual con y sin disipadores viscosos. Según su temporalidad es de corte transversal, debido a que la toma de datos se realizó una sola vez, al término de los cálculos.

La presente investigación es de diseño no experimental, descriptivo comparativo, de tipología aplicada y transversal, se comparó dos grupos investigados (la edificación sin disipadores viscosos y la edificación con disipadores viscosos), respecto a la misma variable (respuesta sísmica).



Donde:

G1: Grupo 1 (edificación dual sin disipadores viscosos).

G2: Grupo 2 (edificación dual con disipadores viscosos).

O1: Observación o medición 1 (Respuesta sísmica de la edificación dual sin disipadores viscosos).

O2: Observación o medición 2 (Respuesta sísmica de la edificación dual con disipadores viscosos).

3.2. Variables y Operacionalización

La variable del presente estudio fue la respuesta sísmica, la cual es cuantitativa (anexo: 03), y para obtenerla se realizó los análisis establecidos en la norma E. 030, como el análisis estático, modal espectral y Tiempo- Historia; mediante el programa ETABS.

Las dimensiones de la variable fueron: Edificación, Análisis estático de la edificación dual, Análisis Dinámico Modal Espectral de la edificación dual, Análisis Dinámico Tiempo – Historia de la edificación dual, Análisis Dinámico Tiempo – Historia de la edificación dual con disipadores de energía de fluido viscoso (anexo: 03)

3.3. Población y Muestra

Población: Todos los predios, ubicados en el sector Tomas altas, distrito Moche, provincia de Trujillo, 2021.

Muestra: el predio “La general”, la cual consta de 0.64 ha, ubicada en el sector Tomas altas, distrito Moche, provincia de Trujillo.

Muestreo: Es no probabilístico, por conveniencia. Debido a que se seleccionó un predio, donde se pudiera realizar una edificación en la que se posible aplicar los disipadores de energía viscosos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el presente estudio se empleó la técnica de la observación directa, participante, debido a que se estuvo presente y realizó observaciones pertinentes en campo, para la ejecución del levantamiento topográfico y el estudio de mecánica de suelos (EMS). El instrumento que se empleó fue la ficha de registro de datos y formatos correspondientes, en donde se registró y verificó el cumplimiento de los procesos en la ejecución del levantamiento topográfico y el EMS.

Además, se usó la técnica de análisis documental debido a que se obtuvo información, datos y fórmulas, a través de reglamentos, fichas técnicas y libros, que servirán para el cálculo previo de las estructuras y las propiedades de los disipadores de energía. La normativa que se usó lo conforma el Reglamento nacional de edificaciones (R.N.E); ASCE 7.16 (Capítulo 18); FEMA, metodología HAZUS; Fichas técnicas de los disipadores de energía.

3.5. Procedimientos

Para la realización de la presente tesis se siguió 4 etapas; la primera de obtención de datos o cálculos previos; la segunda etapa consiste en realizar los análisis sísmicos correspondientes; en la tercera se diseñará los disipadores viscosos y en la cuarta se realizará el análisis comparativo de la respuesta sísmica (ver ilustración 7 y 8).



Ilustración 7: Procedimientos (etapas)

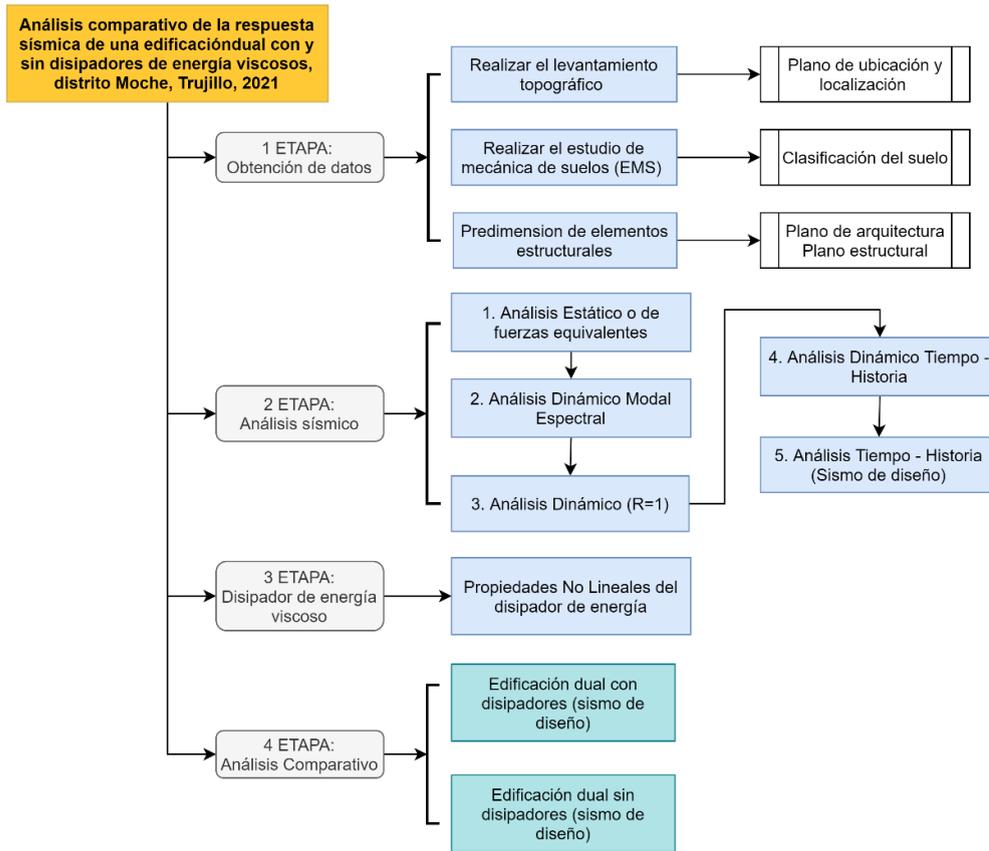


Ilustración 8: Procedimiento (desarrollo de etapas)

En primera etapa se realizó el levantamiento topográfico de suelos, por lo que se estuvo presente en el predio “La general”, sector Tomas Altas; además se usó la ficha técnica para identificar el punto de referencia; del levantamiento topográfico se obtuvo el plano de localización (anexo 01) y el plano de ubicación (anexo 02).

Luego, el laboratorio JVC Consultoría Geotécnica realizó el estudio de suelos, obteniéndose como resultado que el suelo conforma un suelo intermedio (S2), según la E 030.

Además, se pre dimensionó los elementos estructurales de la edificación teniendo en cuenta el plano arquitectónico, después se realizó el modelado de la edificación en el software ETABS y finalmente se obtuvo los planos finales arquitectónicos y estructurales.

Análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos, distrito Moche, Trujillo, 2021

PROCEDIMIENTO desarrollo de las etapas 2-4

2 ETAPA: Análisis sísmico

Análisis estático o de fuerzas equivalentes

La deriva cumple con lo deriva límite 0.007 ?

NO → Corregir la estructuración y/o predimensionamiento

SI →

Análisis Dinámico Modal Espectral

La cortante basal dinámica es mayor o igual que el 90% de la cortante estática?

NO → Escalar la cortante dinámica

SI →

La deriva cumple con lo establecido en la E.030?

NO → Corregir la estructuración y/o predimensionamiento

SI →

Análisis Dinámico (R=1)

La deriva cumple con lo la deriva máxima 0.00875?

NO → Corregir la estructuración y/o predimensionamiento

SI →

Análisis Dinámico Tiempo - Historia

La deriva cumple con lo la deriva máxima 0.00875?

NO → Corregir la estructuración y/o predimensionamiento

SI →

3 ETAPA: Disipador de energía viscoso

Diseño de los disipadores de energía de fluido viscoso

Deriva Objetivo (HAZUS -MH MR4)

Amortiguamiento Efectivo (β_{eff})

Amortiguamiento Viscoso (β_H)

Exponente de amortiguamiento (α)

Parámetro λ

Coefficiente de amortiguamiento (C)

Rigidez del brazo metálico (K)

4 ETAPA: Análisis Comparativo

Análisis con el sismo de diseño de la edificación con disipadores

Análisis con el sismo de diseño de la edificación sin disipadores

Desplazamientos Derivas Cortante Basal V_{xy} Disipación de energía

Ilustración 9: Procedimiento (desarrollo de etapas 2 -4)

En la segunda etapa se ejecutaron los análisis sísmicos determinados por la norma E.030, es decir el análisis estático, el análisis dinámico modal espectral, el análisis Tiempo Historia Lineal y No lineal por medio del programa ETABS y se verificó el cumplimiento de las derivas inelásticas en cada análisis (ver la ilustración 9).

Para la realización de los análisis Tiempo Historia, según la norma E 0.30, en el artículo 30.1.1. dice que se debe usar como mínimo tres pares de registros sísmicos del terreno (RM N°355-2018- VIVIENDA, 2018, p.11); por lo que en el presente estudio se utilizaron 3 registros sísmicos de los eventos sísmicos más relevantes del siglo XX, conformados por el sismo del año de 1966 ocurrido en Lima y Callao que tuvo una magnitud de 8.2 Mw; el sismo del año 1970 ocurrido en Ancash con una magnitud de 7.9 Mw y el sismo ocurrido en el año 1974 ocurrido en Lima y Callao de 8.1 Mw. Para los registros sísmicos se usaron dos programas, el SeismoSignal con el que se corregirá el registro a la línea base y se filtran los ruidos o señales externos y el programa el SeismoMatch con el que se escalará el registro sísmico al sismo de la zona de estudio (ZUCS) (ver ilustración 26, 27).

En el análisis tiempo historia, se utilizaron dos casos de aplicación de componentes ortogonales del registro sísmico hacia la edificación, en el primer caso se aplicó la componente EW en la dirección X, mientras que la componente NS se aplicó en la dirección Y; en el caso dos, se aplicó la componente NS en la dirección X y la componente EW en la dirección Y. En el cálculo de los análisis en ninguno de los registros sísmicos se presenta una deriva mayor a 0.008750.

Se determinó la deriva objetiva deseada para la edificación, mediante la metodología HAZUS del FEMA; la cual se utilizó para el cálculo previo del diseño del dissipador de energía.

Luego de haber realizado los análisis sísmicos de la estructura en ETABS, se aplicó las propiedades no lineales del disipador de energía viscosos, es decir, el exponente de velocidad, el amortiguamiento de disipadores de energía y la rigidez del brazo metálico.

Se determinó la ubicación de los disipadores de energía de fluido viscoso, para obtener mayor reducción en la deriva y desplazamientos, tomando como referentes investigaciones previas.

Se realizó la comparación de los resultados del desempeño estructural de la edificación dual con y sin disipadores viscosos, ante el sismo de diseño establecido.

Se obtuvo el porcentaje de energía sísmica que absorbe el disipador fluido viscoso, con respecto al total de energía sísmica que ingresó en la edificación dual. Con esta comparación concluimos si la aplicación de disipadores de energía viscosos resultó beneficiosa o no.

3.6. Método de análisis de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos del levantamiento topográfico, se utilizó GPS, una estación total y los softwares Excel y AutoCAD, como resultado tendremos los planos perimétricos, de ubicación y localización, con estos planos se partió para la realización de los planos de arquitectura y estructurales. Para el EMS se contrató al laboratorio de **JVC Consultores**, para obtener la velocidad de onda de corte y clasificar el suelo en el que se trabajara. Para los análisis sísmicos, se utilizaron los programas de Excel, SeismoSignal, Seismomatch y ETABS, los resultados se presentaron mediante tablas y diagramas.

Para el análisis de datos se sabe que, el diseño de investigación considerado es no experimental, descriptivo comparativo porque, el estudio de alcance descriptivo, busca medir o recoger información sobre los conceptos o las variables (Hernández, 2014, p.92); así mismo en la investigación se recoge los resultados del análisis sísmico de una edificación dual y una edificación dual con disipadores viscosos, para realizar la comparación debida.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se aplicó el principio ético de beneficencia, debido a que se desarrolla de forma correcta y busca generar beneficios a toda persona interesada en el tema, mediante el aporte de conocimientos que puedan servir como base a nuevos proyectos; además el proyecto presenta los siguientes valores éticos fundamentales:

La rigurosidad científica, el presente estudio se desarrolló de forma objetiva, dedicada, coherente y verídica, de manera que se obtuviera un trabajo de calidad.

La presente investigación está comprometida socialmente, debido a que busca mejorar la respuesta sísmica las edificaciones duales, problema que es muy frecuente en la realidad peruana; además busca producir un sentir de seguridad en los moradores, mediante la aplicación de disipadores viscosos; cabe mencionar que toda la información recogida y obtenida de la presente investigación servirán para futuras investigaciones que se quieran realizar, relacionadas al tema.

La investigación se llevó a cabo con honestidad; debido a que se citó todos los conocimientos previos que se utilizaron, respetando de esta forma los derechos de autor. Además, tanto los datos y resultados, se obtuvieron y presentaron de forma transparente y verídica, sin que se lleve a cabo ninguna alteración y cumpliendo con lo establecido en las normas. Es comunicativa, debido a que se desea que esté a disposición de otros investigadores y personas interesadas, de forma que esté abierto a reflexión y crítica de forma permanente, generando conocimientos más profundos sobre el tema; además el proyecto se presenta de una forma entendible y precisa.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio Topográfico

4.1.1. Objetivo del estudio topográfico

El objetivo principal del levantamiento topográfico en el predio “La General”, es tener una representación gráfica fidedigna del área a estudiar. En este proyecto se realizó el levantamiento planimétrico y altimétrico; utilizándose instrumentos como lo es la estación total, GPS, huincha, entre otros.

4.1.2. Información sobre el Área del Proyecto

4.1.2.1. Localización

El área de estudio se encuentra en la región La Libertad, provincia de Trujillo, Distrito de Moche, valle Moche, en el sector Tomas altas. El predio La general, se encuentra a una altitud de 8.13121 m.s.n.m.; teniendo como coordenadas (9100666.2316 N, 720686.4198 E).

4.1.2.2. Vías de acceso al Área de Estudio

El predio “La General”, cuenta con dos vías de acceso. En la parte frontal, donde se encuentra la huaca del sol, se puede acceder por una calle, mediante un pequeño puente peatonal que sirve para cruzar por la acequia tomas altas. En la parte posterior, cerca del río Moche, se encuentra una trocha.

4.1.2.3. Descripción del área del proyecto

El predio La General presenta un relieve en su totalidad plano, presentando un aumento de elevación de uno a dos metros de altura en la parte frontal y posterior. Tiene un área de 6409.562 m² (0.64 has); con un perímetro de 537.824 m.

4.1.3. Trabajos de campo

4.1.3.1. Reconocimiento del área de trabajo

Para estudiar la zona, se realizaron dos visitas previas; la primera consistió en evaluar si la zona era un lugar viable para la realización del proyecto y ante la validez de esta, se pasó a delimitar el área donde se ejecutaría la estructura. La segunda visita consistió en la obtención de coordenadas de la delimitación del predio mediante el GPS, así como obtener el área ya existente o construida. En la tercera visita se realizó el levantamiento con estación total.

4.1.3.2. Levantamiento topográfico

El trabajo de campo consistió básicamente en la toma de datos numéricos y descriptivos y el levantamiento topográfico de la zona. Para el levantamiento topográfico se utilizó la estación total; para esto se tomó un punto de referencia, el cual estuvo ubicado en el predio vecino, a partir de allí se realizó una poligonal cerrada y con la ayuda del GPS se levantó los puntos UTM, de la zona posterior del predio. Para el levantamiento topográfico se usó una estación total, prisma, GPS y una huincha.



Ilustración 10: levantamiento topográfico

4.1.4. Trabajos de gabinete

El trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de los datos obtenidos del trabajo en campo, a través del programa de Excel, obteniendo las coordenadas, las distancias y ángulos en cada punto.

La elaboración de los planos, se realizaron en AutoCAD 2018; obteniendo como resultado el Plano de Localización y el Plano Perimétrico y de Ubicación.

4.1.5. Puntos topográficos

Los datos obtenidos son los siguientes:



Ilustración 11: predio La General

La ilustración 9 nos muestra la ubicación del predio La General delimitada con una línea roja.

Tabla 1: Coordenadas del Predio La General

PUNTOS DEL PREDIO LA GENERAL					
Nº	LADO	DIST.	ÁNGULOS	COORD. ESTE	COORD. NORTE
A	A-B	23.98	93°26'48"	720802.9	9100592
B	B-C	104.69	90°37'49"	720791.6	9100570
C	C-D	171.67	176°26'6"	720684	9100655
D	D-E	23.71	99°42'12"	720570	9100742
E	E-F	177.6	79°46'16"	720581	9100763
F	F-A	102.13	174°18'51"	720698	9100672

Fuente: Propia (obtenidos de la Estación total y GPS)

La tabla 1 nos muestra las coordenadas del perímetro del predio La General.

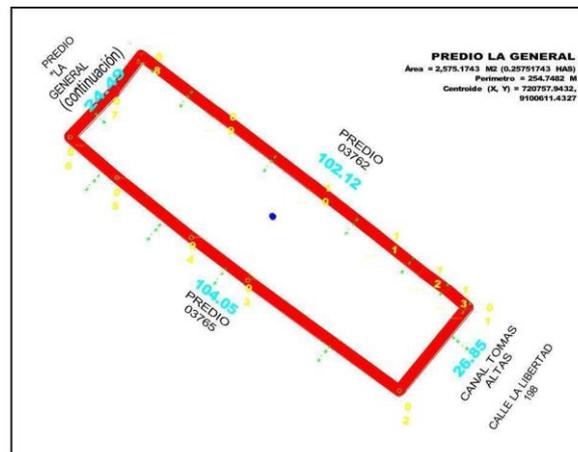


Ilustración 12: Área de estudio

La ilustración 12 nos muestra la ubicación de los puntos del perímetro del área donde se ubicará la edificación.

Tabla 2 Coordenadas del Área de estudio

PUNTOS DEL ÁREA DE ESTUDIO					
N°	LADO	DIST.	ÁNGULOS	COOR. ESTE	COOR. NORTE
1	01-02	23.98	93°26'48"	720802.9	9100591.6
2	02-03	47.55	90°37'49"	720791.6	9100570.4
3	03-04	17.53	179°2'40"	720749.4	9100592.4
4	04-05	23.67	178°26'42"	720734	9100600.7
5	05-06	15.33	177°56'10"	720713.5	9100612.5
6	06-07	12.89	86°3'26"	720700.5	9100620.7
7	07-08	11.65	187°5'21"	720708.1	9100631.1
8	08-09	22.94	89°27'13"	720713.7	9100641.3
9	09-10	29.5	179°2'21"	720733.7	9100630
10	10-11	21.75	179°16'7"	720759.6	9100615.9
11	11-12	13.6	179°23'24"	720778.6	9100605.3
12	12-13	8.09	177°32'29"	720790.4	9100598.5
13	13-14	6.25	175°49'10"	720797.6	9100594.8

Fuente: Propia (obtenidos de la Estación total)

La tabla 2 nos muestra las coordenadas del perímetro donde se realizará la edificación de siete niveles y donde se ha realizado el estudio de suelos.

4.2. Estudio de mecánica de suelos

4.2.1. Antecedentes

Se realizó el estudio de suelos para el presente proyecto titulado: Análisis comparativo de la respuesta sísmica entre una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos, distrito Moche, Trujillo 2021.

4.2.2. Objetivo

El estudio de suelos tiene como objetivo fundamental el determinar el perfil de suelo, obtener la resistencia portante y las características físico mecánicas y químicas; encontrar la velocidad de onda de corte; así como las condiciones naturales del terreno de cimentación, para la edificación del presente proyecto, que consta de un área de 450 m², y de siete niveles.

4.2.3. Ensayos

Tabla 3: Ensayos realizados

1.	Ensayos Estándar (Clasificación) x Cada Estrato Encontrado
1.01.	Contenido de Humedad
1.02.	Análisis Granulométrico (Lavado)
1.03.	Límite Líquido
1.04.	Límite Plástico
2.	Ensayos Especiales (Químicos)
2.01.	Sales Solubles
2.02.	Cloruros y sulfatos
3.	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)
4.	Penetración Dinámica Ligera (DPL)

4.2.4. Descripción y localización del proyecto

El área a estudiar se ubica en el sector Tomas Altas del valle de moche, en el distrito de moche; en la parte frontal se encuentra la huaca del sol y en la parte posterior se encuentra cerca del río Moche. El predio se usa mayormente para la agricultura, y en una pequeña porción para la crianza y venta de animales. Actualmente

se encuentran construidas dos casas, una con un alto grado de deterioro, y la otra construida hace unos años. Para la realización del proyecto, se tendría que demoler la casa en deterioro.

4.2.5. Investigaciones de campo

Para la obtención del perfil estratigráfico, se realizó excavación de calicatas mediante el ensayo de penetración estándar SPT (ilustración 13). Para encontrar la velocidad de ondas de corte se realizó el SPT y el DPL. Aparte se extrajeron 3 calicatas para los ensayos estándar y especiales.



Ilustración 13: Ensayo de penetración estándar (SPT)



Ilustración 14: Extracción de calicatas Ilustración 15: Penetración Dinámica Ligera

4.3. Estudio Arquitectónico

4.3.1. Entorno urbano

El proyecto está ubicado en una zona turística, debido a que se encuentran cerca la Huaca del Sol y la Huaca de la Luna. Las viviendas del lugar se caracterizan por ser rústicas o tener una arquitectura estereotómica; teniendo como materiales de construcción principalmente el adobe y el concreto armado. Además, la zona está dedicada a la agricultura, venta de comida y recreación pública.

4.3.2. Descripción arquitectónica

El presente estudio está conformado por una edificación multiusos, además tiene doce estacionamientos, dos piscinas, un estanque artificial, dos jardines y una gran zona de cultivo.

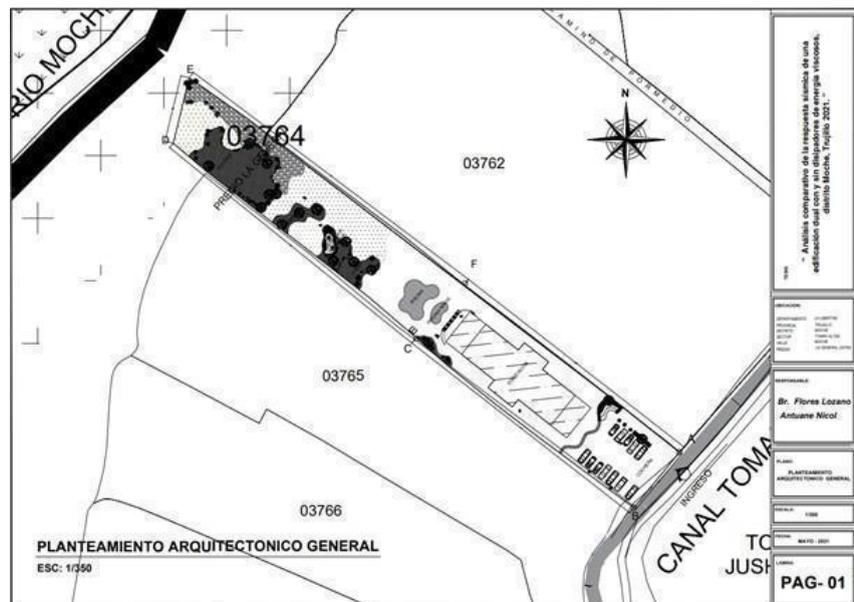


Ilustración 16: Planteamiento Arquitectónico General

La edificación cuenta con siete niveles de los cuales; El primer piso se usa como restaurante y se encuentra un hall para el ingreso al hotel; en el segundo nivel se tiene una sala de conferencia y el área de servicio de comida del hotel; en el tercer y cuarto nivel hay 12 habitaciones en cada nivel, cada una con su baño; en el quinto, sexto y séptimo nivel se cuenta con 10 habitaciones con baño propio por cada nivel. La edificación cuenta con un total de 2 547.00 metros cuadrados (m²) de área construida.

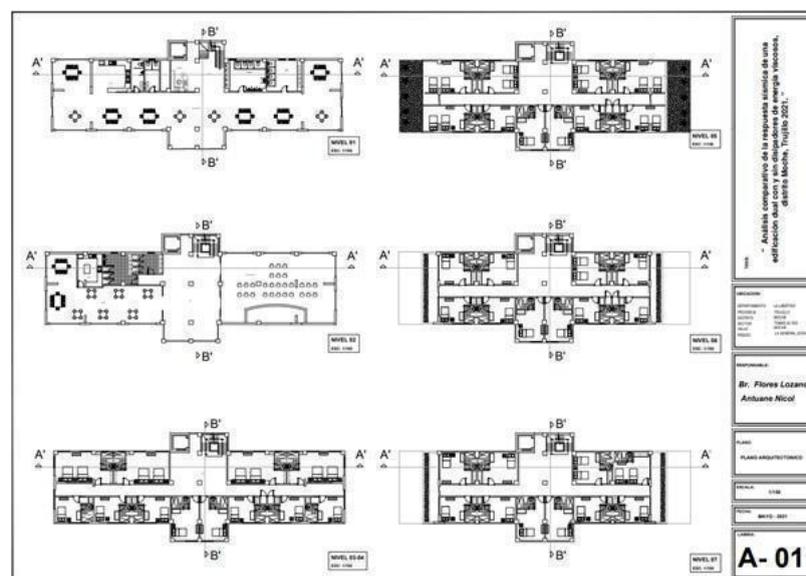


Ilustración 17: Plantas Arquitectónicas

La edificación es de concreto armado, en los acabados cuenta con pisos de porcelanato y cerámica. Las paredes y techos tendrán un acabado liso pulido. Los ambientes contarán con un acabado texturizado rústico, además de poseer una iluminación y ventilación adecuada.

4.4. Estudio Estructural

4.4.1. Predimensionamiento

La edificación cuenta con siete niveles y sus elementos estructurales tienen las siguientes medidas:

Tabla 3: Dimensiones de los elementos estructurales

Losa maciza:		Columnas:	
espesor: 20 cm		C-01: 50*55	
Vigas:		C-02: 60*55	
V-01:	25*50	V-08:	35*75
V-02:	25*60	V-09:	40*60
V-03:	25*70	V-10:	40*75
V-04:	30*50	V-11:	45*75
V-05:	30*60	V-12:	50*75
V-06:	30*70	VA-01:	20*25
V-07:	35*50		
		Placas:	
		PL-01:	25*200
		PL-02:	25*150
		PL-03:	25*100
		PL-04:	25*220
		PL-05:	25*260

La tabla 3, muestra las dimensiones finales de los elementos estructurales que componen a la edificación.

4.4.2. Análisis estático

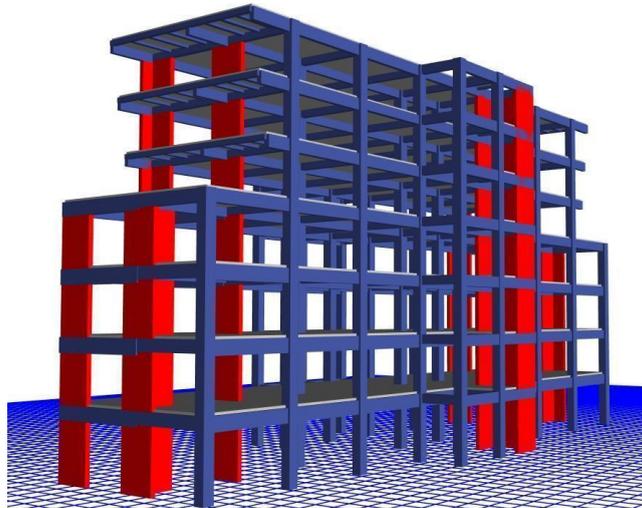


Ilustración 18 Edificación modelada en ETABS

En la ilustración 18 se muestra la edificación modelada en ETABS. Esta edificación consiste en siete niveles, el primer nivel cuenta con una sobrecarga de 400 Kg/cm², el segundo nivel tiene 300 Kg/cm², del tercero al cuarto cuenta con 250 Kg/cm², del quinto al sexto tiene 200 K/cm² y en la azotea cuenta con 150 Kg/cm². Cabe mencionar que la edificación tiene un peso total de 2630.45 ton.

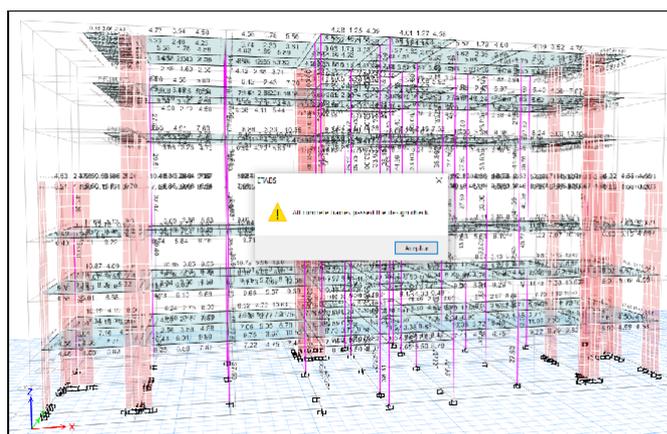


Ilustración 19 Verificación del diseño del acero en ETABS

La ilustración 19 expone que las secciones de los elementos estructurales son los indicados para el diseño del acero mediante ETABS; el cual lo hace considerando una cuantía de 1%.

Irregularidades

Tabla 5: Irregularidades Estructurales

Irregularidades estructurales en Altura:	la = 0.90	Irregular
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando:	la = 0.75	Regular
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	la = 0.75	Regular
Irregularidad Extrema Rigidez:	la = 0.50	Regular
Irregularidad Extrema de Resistencia	la = 0.50	Regular
Irregularidad de Masa o Peso	la = 0.90	Regular
Irregularidad Geométrica Vertical	la = 0.90	Irregular
Discontinuidad en los sistemas resistentes	la = 0.80	Regular
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	la = 0.60	Regular
Irregularidades estructurales en Planta:	la = 0.75	Irregular

Irregularidad Torsional	$l_p = 0.75$	Irregular
Irregularidad Torsional Extrema	$l_p = 0.60$	Regular
Esquinas Entrantes	$l_p = 0.90$	Irregular
Discontinuidad del Diafragma	$l_p = 0.90$	Regular
Sistemas no Paralelos	$l_p = 0.90$	Regular

(Fuente: propia)

En la tabla 5 se muestra las irregularidades estructurales que posee la estructura, siendo irregular en altura por geometría vertical por lo que “Ia” tendrá un valor de 0.90; mientras que, por irregularidades de planta, posee irregularidad torsional (0.75) y de esquinas entrantes (0.90), tomándose el valor menor (0.75). Los valores de “Ia” y “I_p” serán aplicadas en ambas direcciones como lo establece la norma E 030 en el cap. 3, art. 20.

Parámetros sísmicos y cortante basal

Tabla 6: Parámetros sísmicos y cortante basal

Z	=	0.45	R0	=	7.00
U	=	1.00	Ia	=	0.9
C	=	2.5	Ip	=	0.75
S	=	1.05	TP	=	0.60
R	=	4.73	TL	=	2.00
<hr/>					
V_{xy}	=	(ZUCS/R)	* P	=	0.25 * P
V_{xy}	=	0.25 * 2630.45	=	657.61	ton

(fuente: propia)

La tabla 6 indica qué parámetros sísmicos han sido tomados. siendo la ubicación de la edificación en el distrito de Moche,

provincia de Trujillo por lo que le se encuentra en la zona sísmica 4 teniendo un factor “Z” de 0.45; además la edificación cumple el uso de hotel y restaurante considerado en la norma como edificación común por lo que le corresponde un factor “U” de 1.00. Cabe mencionar que, con los resultados del estudio de mecánica de suelos, se clasificó el suelo como un suelo intermedio “S2”, con un factor “S” de 1.05.

Sistema estructural

Tabla 7 Análisis del sistema estructural en la dirección X-X

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	V2 (Tonf)
Story1	P1	S_ESTX	Bottom	76.3702
Story1	P2	S_ESTX	Bottom	76.8052
Story1	P3	S_ESTX	Bottom	102.4413
Story1	P4	S_ESTX	Bottom	74.598
Story1	P5	S_ESTX	Bottom	31.3107
Story1	P6	S_ESTX	Bottom	32.6469
				394.1723

VX-base =	657.61
VX-placa =	394.17
% VX-placa =	59.94%

La tabla 7 nos muestra que las placas en la dirección X-X absorben un 59.94% de la cortante basal; por lo cual la edificación tiene un sistema estructural dual en el eje “X”.

Tabla 7 Análisis del sistema estructural en la dirección Y-Y

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	V2 (Tonf)
Story1	P7	S_ESTY	Bottom	24.8886
Story1	P8	S_ESTY	Bottom	34.3321
Story1	P9	S_ESTY	Bottom	158.1987
Story1	P10	S_ESTY	Bottom	42.6849
Story1	P11	S_ESTY	Bottom	68.4312
Story1	P12	S_ESTY	Bottom	46.4134
Story1	P13	S_ESTY	Bottom	12.9916
Story1	P14	S_ESTY	Bottom	17.4622
Story1	P15	S_ESTY	Bottom	73.2124
				478.6151

VY-base =	657.61
VY-placa =	478.62
%VY-placa =	72.78%

La tabla 8 nos muestra que las placas en el eje Y-Y absorben un 72.78%, por lo que se tiene un sistema estructural de muros estructurales.

Derivas inelásticas del análisis estático de fuerzas equivalentes.

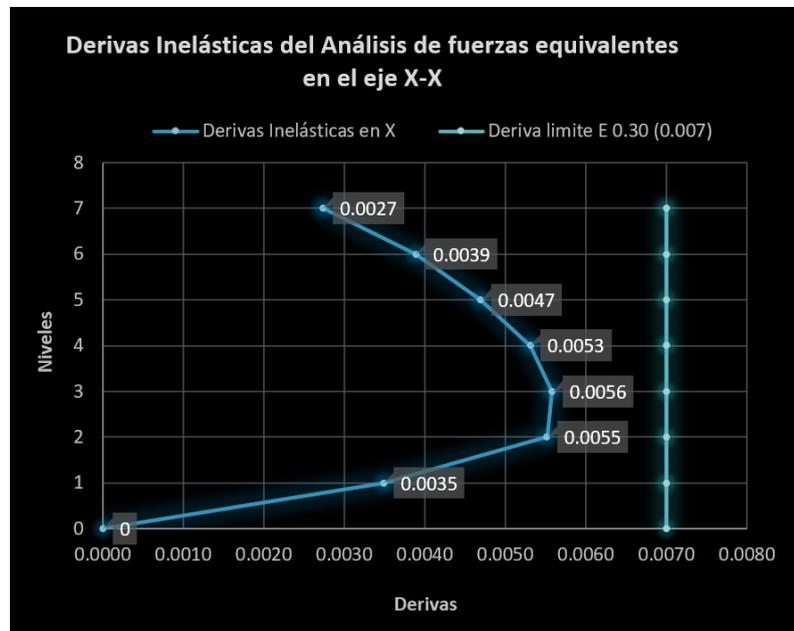


Ilustración 20: Derivas inelásticas del análisis estático en el eje X

En la ilustración 20 se verifica que las derivas en el eje X no

sobrepasan el límite de 0.007, siendo la máxima deriva de 0.0056 y la menor de 0.0027.

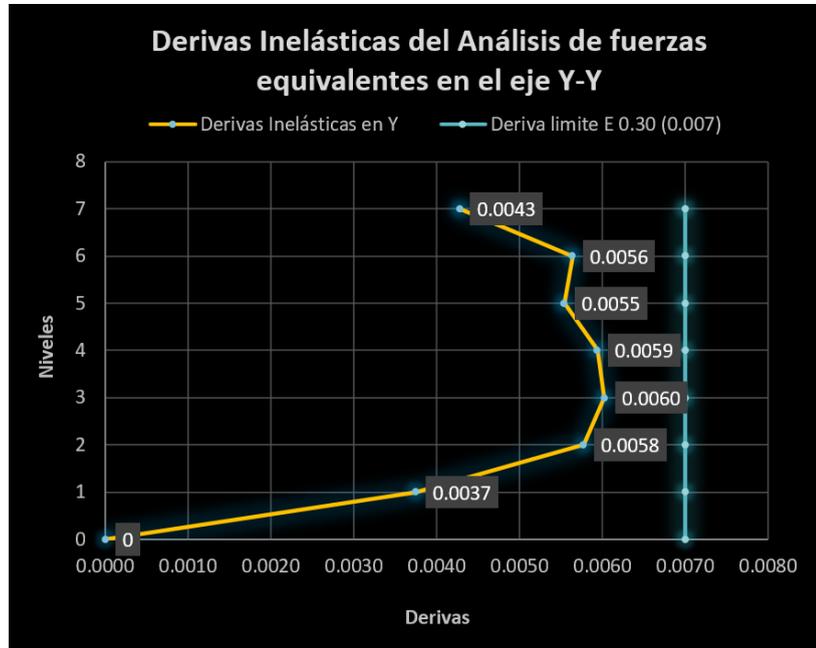


Ilustración 21: Derivas inelásticas del análisis estático en el eje Y

En la ilustración 21 se corrobora que las derivas en el eje Y no sobrepasan el límite de 0.007, siendo la máxima deriva de 0.006 y la menor de 0.0037, por lo que se concluye que la estructuración de la edificación es la correcta.

4.4.3. Análisis Dinámico

Cortante basal (V_{xy}):

Según la norma E 030, la cortante dinámica mínima de una estructura irregular no debe ser menos al 90% de la cortante obtenida en el análisis estático; en caso ésta fuera inferior la cortante tendría que escalar.

Tabla 9: Comparación de cortante basal estático y dinámico

Story	Load Case/Combo	Location	VX tonf	VY tonf
Story1	S_ESTX	Bottom	-657.61	0.00
Story1	S_ESTY	Bottom	0.00	-657.61
Story1	S_DINX Max	Bottom	516.42	51.53
Story1	S_DINY Max	Bottom	60.12	595.25
PORCENTAJE			79%	91%
FACTOR DE ESCALA			1.15	0.99

(fuente: propia)

En la tabla 9 verificamos que la cortante solo cumple en la dirección Y-Y con un 91%, sin embargo, en la dirección X-X solo se obtiene un 79%, por lo que se escaló la cortante.

Tabla 10: Comparación de la cortante estática y dinámica corregida

Story	Load Case/Combo	Location	VX tonf	VY tonf
Story1	S_ESTX	Bottom	-657.61	0.00
Story1	S_ESTY	Bottom	0.00	-657.61
Story1	S_DINX Max	Bottom	593.88	59.26
Story1	S_DINY Max	Bottom	60.12	595.25
PORCENTAJE			90%	91%
FACTOR ESCALA			1.00	0.99

(fuente: propia)

En la tabla 10 se puede ver que al escalar la cortante dinámica se cumplió con la cortante mínima, establecida en el artículo 29.4.1 de la norma E 030.

Participación modal

Tabla 11: Participación Modal

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
Modal	1	0.481	0.2086	0.5552	0.0098
Modal	2	0.474	0.567	0.2086	1.09E-02
Modal	3	0.367	0.0198	0.0008	0.6912

(fuente: propia)

La tabla 11 nos muestra que el primer modo le corresponde al eje “Y” con un periodo de 0.481 segundos; el segundo modo le pertenece al eje “X”, con un periodo de 0.474 segundos y el tercer modo le pertenece al eje Z con un periodo de 0.367 segundos; por lo que la estructura presenta un comportamiento adecuado.

Derivas inelásticas del análisis dinámico modal espectral

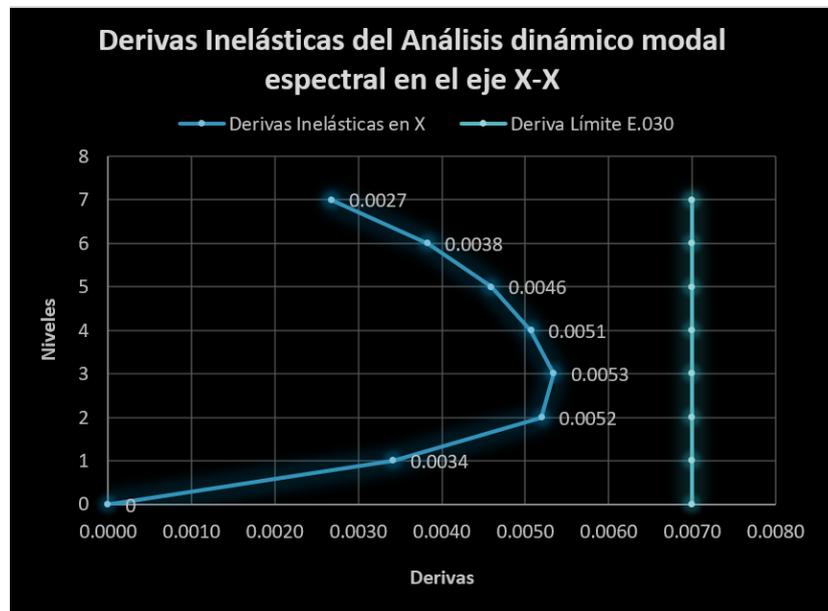


Ilustración 22 Derivas en el eje X en el análisis dinámico

En la ilustración 22 se puede ver las derivas de cada piso en la dirección X, obtenidas del análisis dinámico y se verificó el cumplimiento con la deriva establecida para edificaciones de C`A` (0.007).



Ilustración 23 Derivas en la dirección Y en el análisis dinámico

En la ilustración 23 se puede verificar el cumplimiento de la deriva límite establecida (0.007).

4.4.4. Análisis Dinámico con un R = 1

Este análisis se empleó para la obtención del sismo de diseño, por lo cual se consideró como algo complementario a lo establecido en la norma E 030.

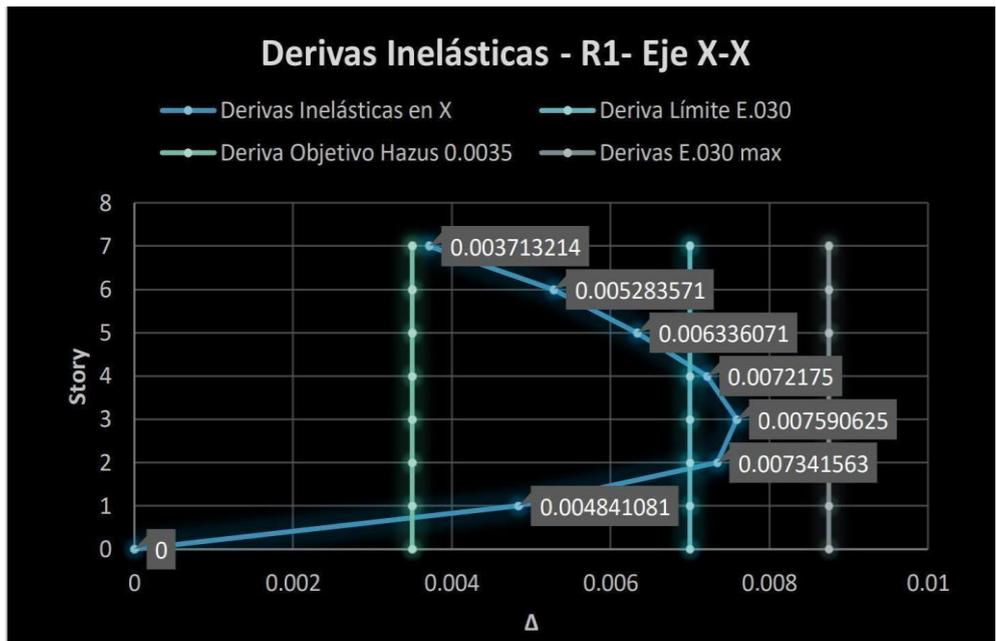


Ilustración 24 Derivas inelásticas - R1-XX

En la ilustración 24 se obtienen derivas que si bien no cumplen con la deriva 0.007; llegan a cumplir con la deriva máxima para análisis tiempo – historia 0.00875 (1.25*0.007).

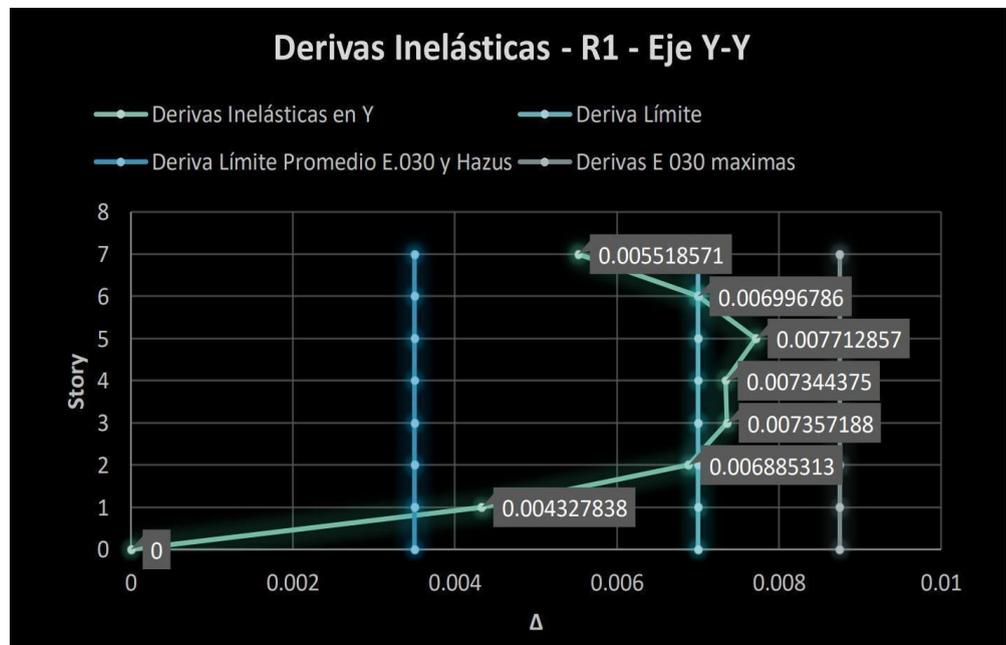


Ilustración 25 Derivas inelásticas - R1-YY

En la ilustración 25 se obtienen derivas que llegan a cumplir con la deriva máxima para análisis tiempo – historia 0.0085 (1.25*0.007).

4.4.5. Análisis Dinámico Tiempo-Historia

Acelerogramas

Para el análisis tiempo – historia se utilizó 3 registros sísmicos, siendo conformados por los sismos de 1966, 1970, 1974 en Lima, cabe mencionar que cada registro tiene dos componentes ortogonales.

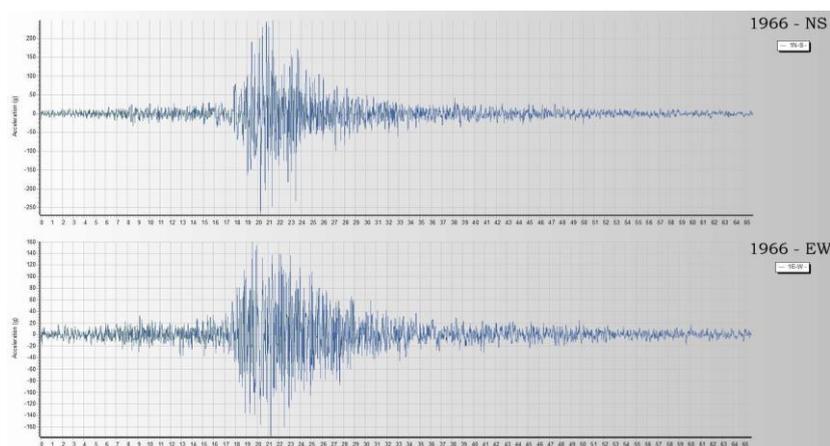


Ilustración 26 Acelerograma del sismo de 1966 en Lima

En la ilustración 26 se muestran las dos componentes en direcciones ortogonales del sismo de 1966.

Cada acelerograma será corregido y filtrado de ruidos externos o señales que hayan interferido en el registro sísmico, para lo cual se utilizó el programa SeismoSoft. Luego se escalaron los registros con el espectro del análisis dinámico con $R=1$; para escalar se utilizó el programa SeismoMatch.

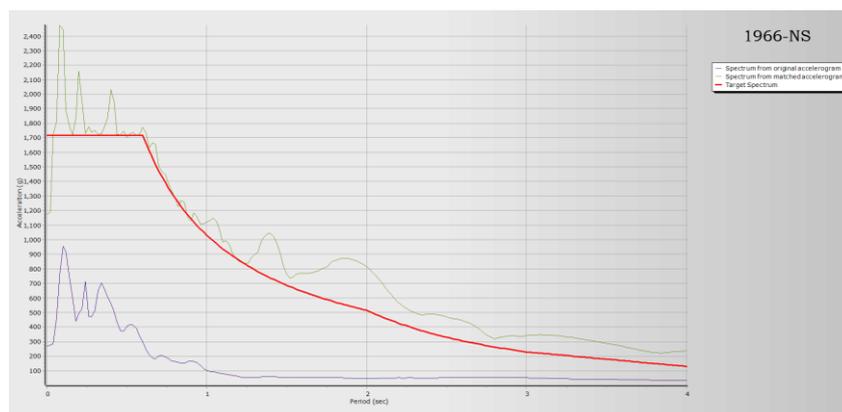


Ilustración 27 Acelerograma escalado

La ilustración 27 nos muestra la componente ortogonal NS del sismo de 1966 escalada con el espectro respuesta del análisis dinámico con un $R=1$, es decir (ZUCS).

Derivas máximas del Análisis Tiempo – Historia

En el caso de las derivas inelásticas obtenidas en el análisis Tiempo-Historia, estas deberán cumplir como máximo 1.25 veces de 0.007, es decir 0.0085.

Tabla 12: Derivas Inelásticas del análisis Tiempo-Historia

Eje	Nivel	Derivas Inelásticas	Derivas max. E030 ≤ 0.00875	Derivas Inelásticas	Derivas max E030. ≤ 0.00875
		CASO 1 (1966- LIMA Max)		CASO 2 (1996-LIMA Max)	
X	7	0.0036	(CUMPLE)	0.0039	(CUMPLE)
	6	0.0048	(CUMPLE)	0.0050	(CUMPLE)
	5	0.0053	(CUMPLE)	0.0060	(CUMPLE)
	4	0.0065	(CUMPLE)	0.0069	(CUMPLE)
	3	0.0071	(CUMPLE)	0.0069	(CUMPLE)
	2	0.0069	(CUMPLE)	0.0068	(CUMPLE)
	1	0.0046	(CUMPLE)	0.0046	(CUMPLE)
Y	7	0.0053	(CUMPLE)	0.0055	(CUMPLE)
	6	0.0067	(CUMPLE)	0.0059	(CUMPLE)
	5	0.0075	(CUMPLE)	0.0068	(CUMPLE)
	4	0.0071	(CUMPLE)	0.0069	(CUMPLE)
	3	0.0068	(CUMPLE)	0.0071	(CUMPLE)
	2	0.0062	(CUMPLE)	0.0067	(CUMPLE)
	1	0.0040	(CUMPLE)	0.0042	(CUMPLE)
		CASO 1 (1970-LIMA Max)		C2-1970-LIMA Max	
X	7	0.0022	(CUMPLE)	0.0039	(CUMPLE)
	6	0.0036	(CUMPLE)	0.0052	(CUMPLE)
	5	0.0050	(CUMPLE)	0.0059	(CUMPLE)
	4	0.0060	(CUMPLE)	0.0069	(CUMPLE)
	3	0.0066	(CUMPLE)	0.0072	(CUMPLE)
	2	0.0067	(CUMPLE)	0.0075	(CUMPLE)
	1	0.0045	(CUMPLE)	0.0053	(CUMPLE)
Y	7	0.0055	(CUMPLE)	0.0038	(CUMPLE)
	6	0.0062	(CUMPLE)	0.0051	(CUMPLE)
	5	0.0072	(CUMPLE)	0.0061	(CUMPLE)
	4	0.0066	(CUMPLE)	0.0064	(CUMPLE)
	3	0.0070	(CUMPLE)	0.0066	(CUMPLE)
	2	0.0072	(CUMPLE)	0.0063	(CUMPLE)
	1	0.0049	(CUMPLE)	0.0040	(CUMPLE)
		C1-1974-LIMA Max		C2-1974-LIMA Max	
X	7	0.0042	(CUMPLE)	0.0042	(CUMPLE)
	6	0.0059	(CUMPLE)	0.0059	(CUMPLE)
	5	0.0070	(CUMPLE)	0.0068	(CUMPLE)
	4	0.0075	(CUMPLE)	0.0077	(CUMPLE)
	3	0.0078	(CUMPLE)	0.0082	(CUMPLE)
	2	0.0074	(CUMPLE)	0.0079	(CUMPLE)
	1	0.0048	(CUMPLE)	0.0051	(CUMPLE)
Y	7	0.0060	(CUMPLE)	0.0066	(CUMPLE)
	6	0.0075	(CUMPLE)	0.0079	(CUMPLE)
	5	0.0084	(CUMPLE)	0.0082	(CUMPLE)
	4	0.0078	(CUMPLE)	0.0074	(CUMPLE)
	3	0.0077	(CUMPLE)	0.0072	(CUMPLE)
	2	0.0072	(CUMPLE)	0.0067	(CUMPLE)
	1	0.0045	(CUMPLE)	0.0042	(CUMPLE)

(Fuente: propia)

En la tabla 12 podemos verificar el cumplimiento de las derivas inelásticas máximas (0.0085) de cada análisis tiempo-historia, por lo cual se considera válido este análisis.

4.4.6. Sismo de Diseño

El sismo de diseño se escogió teniendo en cuenta que las derivas del análisis dinámico con un $R=1$ entre las derivas del análisis dinámico tiempo- historia tengan un cociente que se acerque más a la unidad. Por lo cual se escogió para el eje X-X, el caso dos del análisis dinámico T-H de 1966; para el eje Y-Y se utilizó el caso 1 del 1966 Lima.

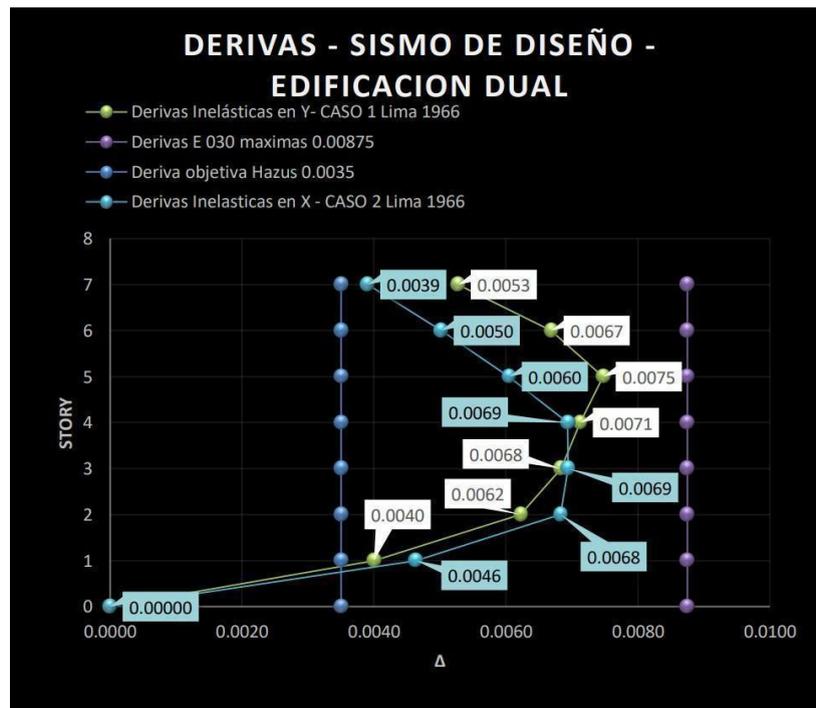


Ilustración 28 Sismo de Diseño

La ilustración 28 representa las derivas inelásticas obtenidas ante el registro sísmico del año de 1966 Lima, las cuales cumplen con la deriva máxima (0.0085).

4.4.7. Disipadores de energía viscoso

Para la aplicación de disipadores de energía viscosos en la edificación modelada en ETABS, se obtuvo las propiedades del disipador; pero primero se elige la deriva objetiva mediante la metodología Hazus MR4, esta deriva será el nuevo límite al que se desea llegar con la aplicación de disipadores viscosos.

Para esta tesis se consideró una deriva objetivo de 0.0035.

Table 5.9a Structural Fragility Curve Parameters - High-Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.50	0.80	1.51	0.81	5.04	0.85	12.60	0.97
W2	288	216	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.86	0.81	2.59	0.88	8.64	0.90	21.60	0.83
S1L	288	216	0.0060	0.0120	0.0300	0.0800	1.30	0.80	2.59	0.76	6.48	0.69	17.28	0.72
S1M	720	540	0.0040	0.0080	0.0200	0.0533	2.16	0.65	4.32	0.66	10.80	0.67	28.80	0.74
S1H	1872	1123	0.0030	0.0060	0.0150	0.0400	3.37	0.64	6.74	0.64	16.85	0.65	44.93	0.67
S2L	288	216	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	1.08	0.81	2.16	0.89	6.48	0.94	17.28	0.83
S2M	720	540	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.80	0.67	3.60	0.67	10.80	0.68	28.80	0.79
S2H	1872	1123	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.81	0.63	5.62	0.63	16.85	0.64	44.93	0.71
S3	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.81	1.08	0.82	3.24	0.91	9.45	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.86	0.89	1.73	0.89	5.18	0.98	15.12	0.87
S4M	720	540	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.44	0.77	2.88	0.72	8.64	0.70	25.20	0.89
S4H	1872	1123	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	2.25	0.64	4.49	0.66	13.48	0.69	39.31	0.77
SSL														
S5M														
S5H														
CTL	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	0.90	0.81	1.80	0.84	5.40	0.86	14.40	0.81
CTM	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.50	0.68	3.00	0.67	9.00	0.68	24.00	0.81
CTH	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.16	0.66	4.32	0.64	12.96	0.67	34.56	0.78
C2L	240	180	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800	0.72	0.81	1.80	0.84	5.40	0.93	14.40	0.92
C2M	600	450	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533	1.20	0.74	3.00	0.77	9.00	0.68	24.00	0.77
C2H	1440	864	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400	1.73	0.68	4.32	0.65	12.96	0.66	34.56	0.75
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.76	1.08	0.86	3.24	0.88	9.45	0.99
PC2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.88	4.32	0.98	12.60	0.94
PC2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.77	2.40	0.81	7.20	0.70	21.00	0.82
PC2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.64	3.46	0.66	10.37	0.68	30.24	0.81
RM1L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.86	4.32	0.92	12.60	1.01
RM1M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.81	7.20	0.76	21.00	0.75
RM2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.80	1.44	0.81	4.32	0.91	12.60	0.98
RM2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.79	7.20	0.70	21.00	0.73
RM2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.66	3.46	0.65	10.37	0.66	30.24	0.72
URML														
URMM														
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Ilustración 29 Deriva objetivo

La ilustración 29 nos muestra el rango de la deriva objetivo, estando entre 0.0027 y 0.0067.

Las propiedades no lineales del disipador viscoso son:

Tabla 13 Propiedades del disipador de energía viscoso

Propiedades	X	Y
Stiffness (K)	60,796.14	101,822.21
Damping (Cj)	321.78	478.20
Damping Exponent (α)	0.5	0.5

(Fuente: propia)

En la tabla 13 se muestran las propiedades no lineales de los disipadores de energía viscosos, los cuales serán aplicados en el ETABS.

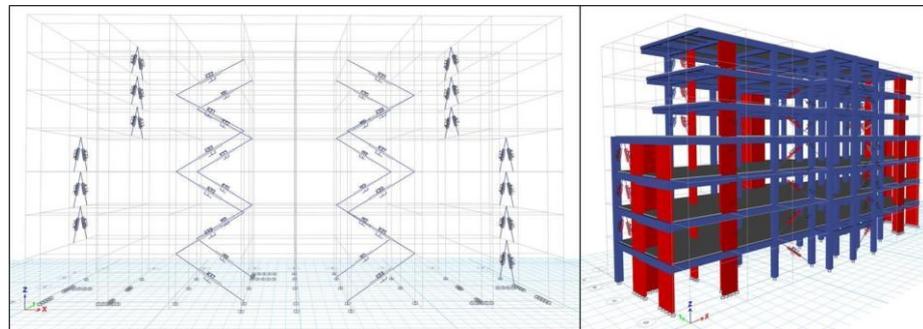


Ilustración 30 Ubicación de disipadores de energía viscoso

La ilustración 30 nos muestra la ubicación de los disipadores viscosos los cuales consistieron en colocar 4 disipadores en la dirección del eje "X" y dos disipadores en el eje "Y". La edificación tiene un total 32 disipadores de energía viscosos, además se cuenta con 28 disipadores en el eje "X" y 8 disipadores en el eje "Y".

Histéresis del Disipador de energía viscoso

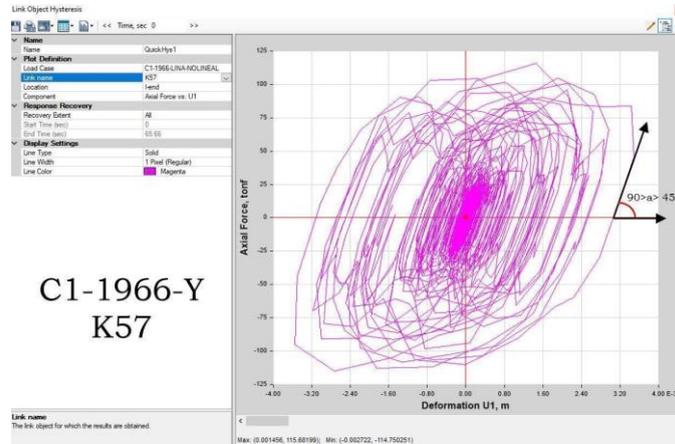


Ilustración 31 Lazo histórico del disipador viscoso K57

La imagen 31 nos muestra el comportamiento histórico del disipador K57 colocado en el eje “Y”; cabe mencionar que el disipador muestra un comportamiento correcto debido a que la inclinación de las líneas de histéresis no forma un ángulo igual o menor a 45 grados.

Fuerza del Disipador de energía viscoso

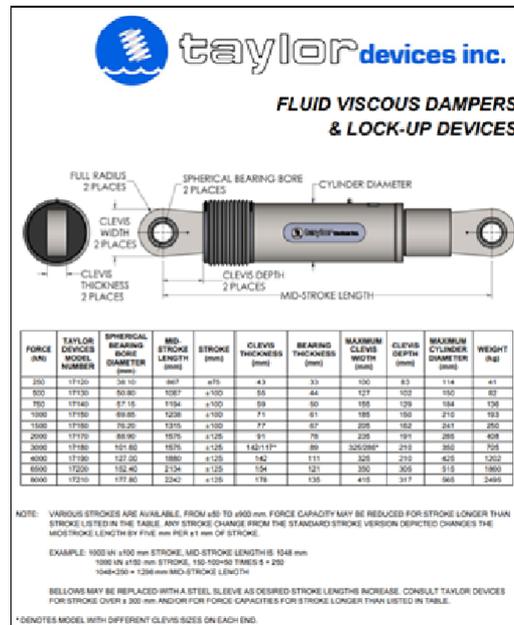


Ilustración 32 Medidas comerciales de los amortiguadores de Taylor devices inc.

En la ilustración 32 se muestra las medidas comerciales de los amortiguadores viscosos de la empresa Taylor device, estas medidas se seleccionan según la fuerza en kips, que el dispositivo soportara.

Tabla 14: Fuerza de los disipadores en la dirección X-X

DISIP	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
DISIPADOR EN DIRECCIÓN X-X			
EJE B-B (3-4)			
K6	106.22	234.18	330.00
K12	119.74	263.99	330.00
K11	122.59	270.26	330.00
K10	134.45	296.41	330.00
K9	126.54	278.98	330.00
K8	100.02	220.51	220.00
EJE B-B (6-7)			
K1	98.30	216.71	220.00
K2	117.12	258.20	330.00
K3	121.75	268.42	330.00
K4	115.94	255.61	330.00
K5	98.19	216.48	220.00
K30	95.51	210.56	220.00
EJE D-D (3-4)			
K17	99.22	218.75	220.00
K18	118.62	261.52	330.00
K19	119.22	262.84	330.00
K20	118.16	260.49	330.00
K21	96.24	212.17	220.00
K22	101.35	223.45	330.00
EJE D-D (6-7)			
K24	102.12	225.13	330.00
K25	122.04	269.05	330.00
K26	127.84	281.85	330.00
K27	124.88	275.32	330.00
K28	103.20	227.53	330.00
K29	99.84	220.11	220.00

(fuente: propia)

En la tabla 14, en la columna 2 se muestra las fuerzas de los disipadores viscosos en la dirección “X”, obtenidos en el ETABS y en la columna 4 se muestra las fuerzas correspondientes para cada disipador según el catálogo de Taylor devices.

Tabla 15: Fuerzas de los disipadores en la dirección Y-Y

DISIP	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
DISIPADOR EN DIRECCIÓN Y-Y			
EJE 1-1 (C-B)- CHEVRON			
K14	164.21	362.03	440.00
K15	168.85	372.25	440.00
K32	161.84	356.79	440.00
K33	158.55	349.54	440.00
K34	171.65	378.41	440.00
K36	166.29	366.60	440.00
EJE 2-2 (C-B) - CHEVRON			
K13	131.52	289.96	330.00
K23	140.03	308.72	330.00
K54	126.54	278.97	330.00
K55	138.84	306.09	330.00
K56	114.12	251.59	330.00
K57	130.87	288.52	330.00
EJE 8-8 (C-B) - CHEVRON			
K7	158.00	348.34	440.00
K16	164.59	362.86	440.00
K31	142.17	313.44	330.00
K37	144.29	318.11	330.00
K43	114.80	253.09	330.00
K44	118.63	261.54	330.00
EJE 9-9 (C-B) - CHEVRON			
K35	147.81	325.86	330.00
K38	91.83	202.46	220.00
K39	167.13	368.45	440.00
K40	154.20	339.95	440.00
K41	203.80	449.31	675.00
K42	144.34	318.21	330.00
K47	174.62	384.97	440.00
K48	181.69	400.55	440.00

(fuente: propia)

En la tabla 15, en la columna 2 se encuentran las fuerzas de los disipadores viscosos en la dirección “Y”, mientras que en la columna 4 están las fuerzas correspondientes según Taylor devices.

Tabla 16: Número total de disipadores de fluido viscoso

EJES	N° de Disipadores				TOTAL
	220	330	440	675	
	EJE X-X	7	17	0	
EJE Y-Y	1	12	12	1	26.00
	8	29	12	1	50.00

(fuente: propia)

En la tabla 16, se muestra que la cantidad de disipadores a utilizar es 50, usándose en su mayoría los disipadores con una fuerza de 330 kip (29 disipadores en total), seguido de los disipadores de 440 kip (12 disipadores), los de 220 kip (8 disipadores), y finalmente un disipador de 675 kip.

Derivas del análisis dinámico tiempo – historia (edificación dual con disipadores)

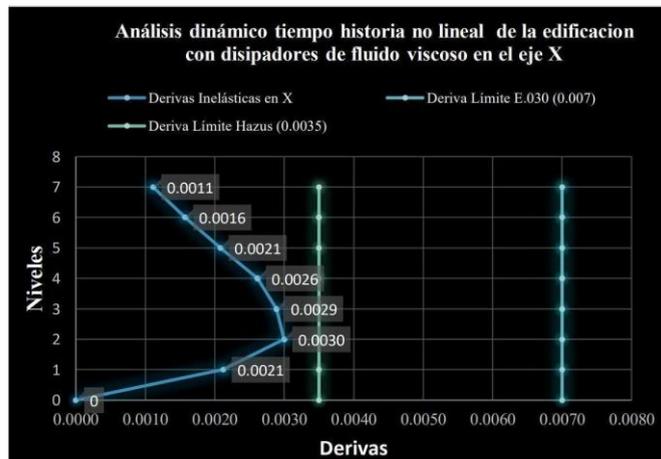


Ilustración 33: Derivas de la edificación con disipadores en el eje X

En la ilustración 33 se verifica que en el eje “X”, la edificación con disipadores de energía viscosos, cumple con la deriva objetivo (0.0035) y la deriva de la E 030 (0.007), teniendo como deriva máxima 0.0030 en el segundo nivel y como deriva mínima 0.0011 en el séptimo nivel.

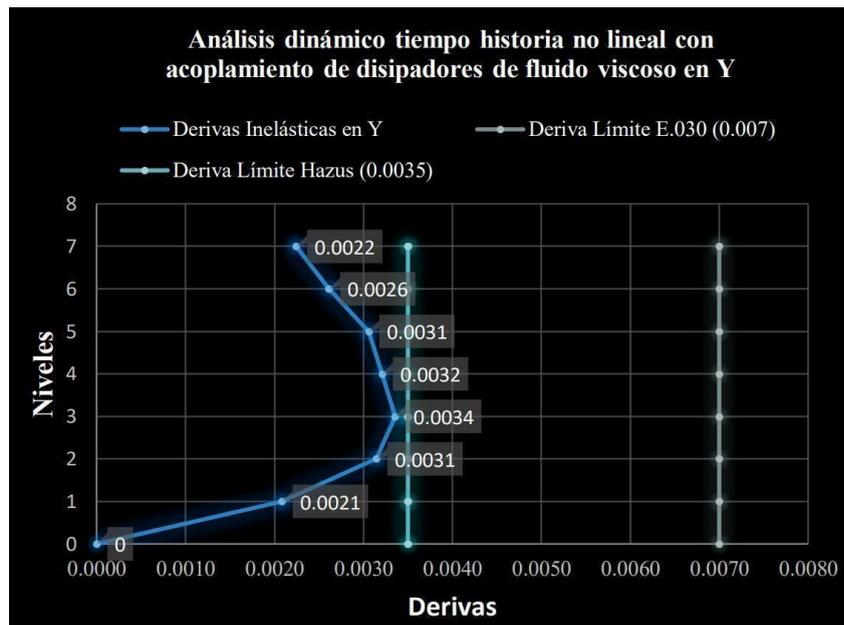


Ilustración 34 Derivas de la edificación con disipadores en el eje Y

En la ilustración 34, se verifica el cumplimiento de las derivas en el eje Y de la edificación con disipadores, con respecto a la deriva objetivo (0.0035) y la deriva de la E 030 (0.007); teniendo como deriva máxima 0.0034 en el tercer nivel y como deriva mínima 0.0021 en el primer nivel. Por lo que al cumplirse con las derivas en ambos ejes, se corrobora que el análisis es correcto.

Disipación de energía

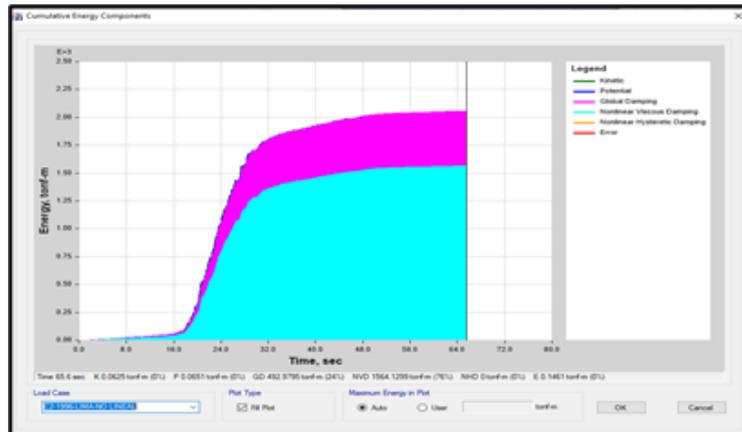


Ilustración 35 Disipación de energía de la edificación con la aplicación de disipadores viscosos

La ilustración 35 nos muestra que un 76% de la energía ha sido disipada por la aplicación de los disipadores de energía viscosos y solo un 24% de energía es absorbida por la estructura.

4.4.8. Análisis comparativo de la respuesta sísmica

Desplazamientos

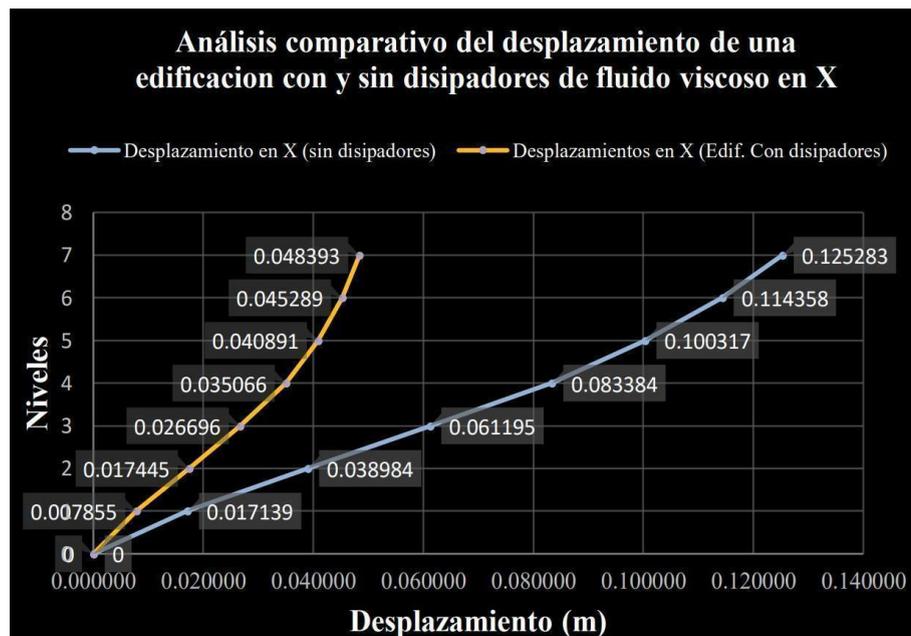


Ilustración 36: Análisis comparativo del desplazamiento (eje X)

En la ilustración 36 se realiza la comparación de los desplazamientos máximos en la dirección “X” de la edificación sin disipadores y con disipadores viscosos; obteniéndose en el séptimo nivel la máxima reducción pasando de 0.125283 a 0.048393 siendo 61.37% de reducción; en el primer nivel la edificación pasa de 0.017139 a 0.007855 obteniéndose la reducción mínima de 54.17%.

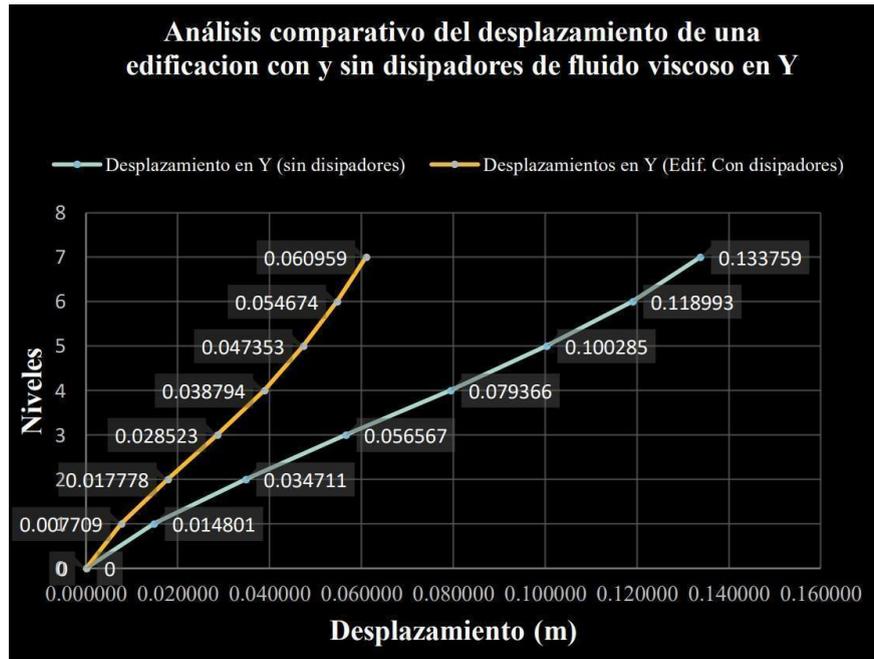


Ilustración 37: Análisis comparativo del desplazamiento (eje Y)

En la ilustración 37, se realiza la comparación de los desplazamientos máximos en la dirección “Y” de la edificación con y sin disipadores, lográndose en el séptimo nivel la disminución 54.71%, pasando de 0.133759 a 0.060959; mientras que en el primer nivel se tiene la mínima reducción de 46.09%, pasando de 0.014801 a 0.007709.

Derivas inelásticas No lineales:

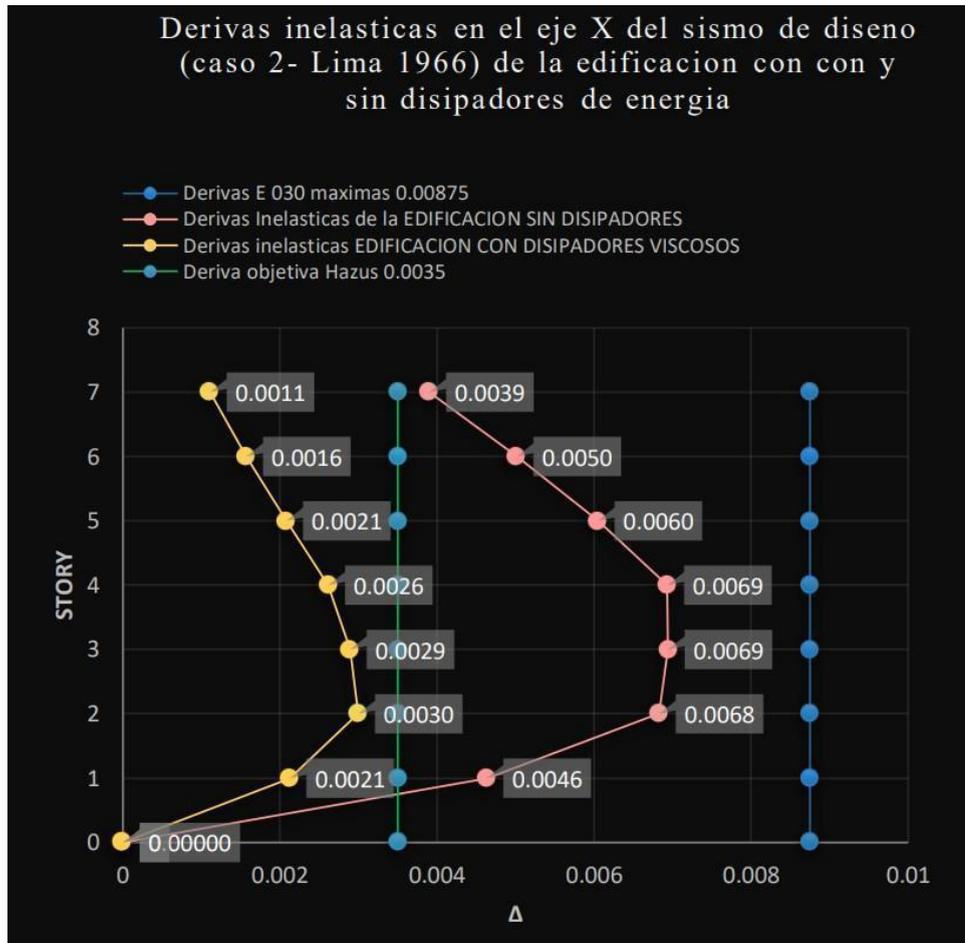


Ilustración 38 Comparación de derivas inelásticas en el eje X

La ilustración 38 refleja la gran reducción de las derivas inelásticas debido a la aplicación de disipadores de energía viscosos. En el primer nivel de 0.0046 se reduce a 0.0021 (54.17%); el segundo nivel se reduce de 0.0068 a 0.0030 (56.10%); el tercer nivel se reduce de 0.0069 a 0.0029 (58.35%); el cuarto nivel se reduce de 0.0069 a 0.0026 (62.28%); el quinto nivel se reduce de 0.0060 a 0.0021 (65.60%); el sexto nivel se reduce de 0.0050 a 0.0016 (68.68%); el séptimo nivel se reduce de 0.0039 a 0.0011 (71.59%), ocurriendo en este nivel la máxima reducción.

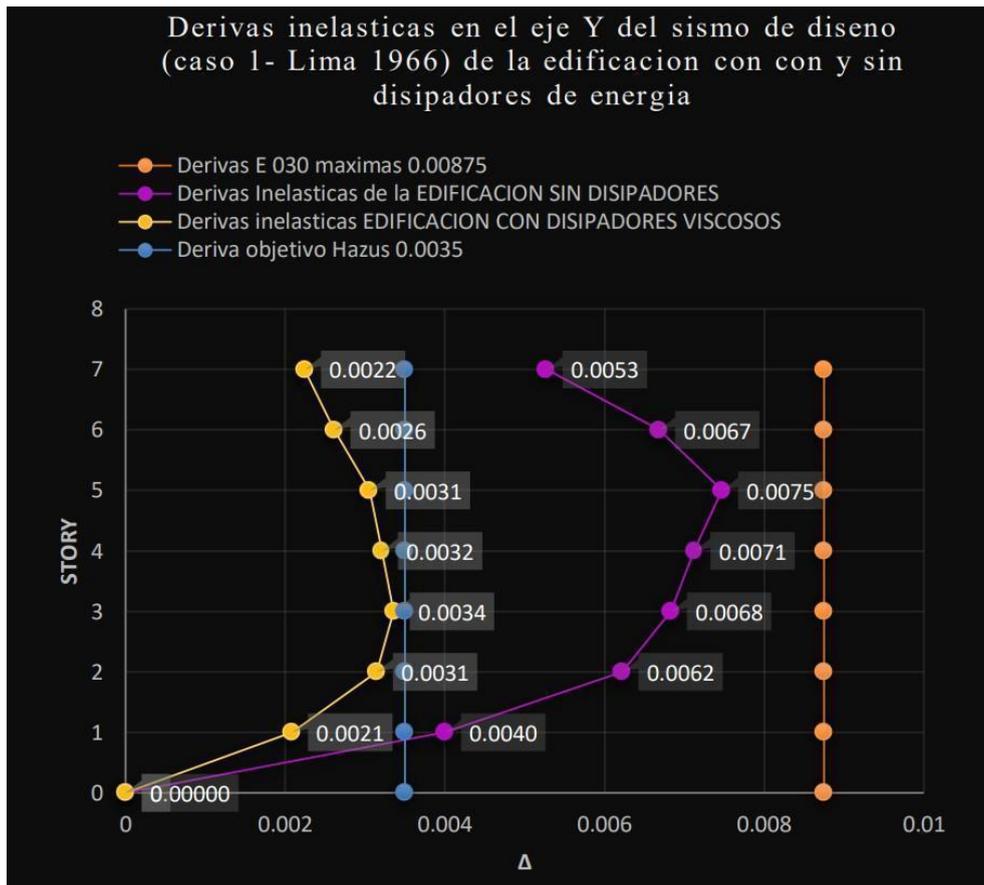


Ilustración 39 Comparación de derivas inelásticas en el eje Y

La ilustración 39 refleja la gran reducción de las derivas inelásticas en el eje Y, debido a la aplicación de disipadores de energía viscosos. En el primer nivel de 0.0040 se reduce a 0.0021 (47.92%); el segundo nivel se reduce de 0.0062 a 0.0031 (49.43%); el tercer nivel se reduce de 0.0068 a 0.0034 (50.84%); el cuarto nivel se reduce de 0.0071 a 0.0032 (54.95%); el quinto nivel se reduce de 0.0075 a 0.0031 (59.09%); el sexto nivel se reduce de 0.0067 a 0.0026 (60.87%); el séptimo nivel se reduce de 0.0053 a 0.0022 (57.44%); siendo el sexto nivel donde ocurre la máxima reducción.

Disipación de energía:

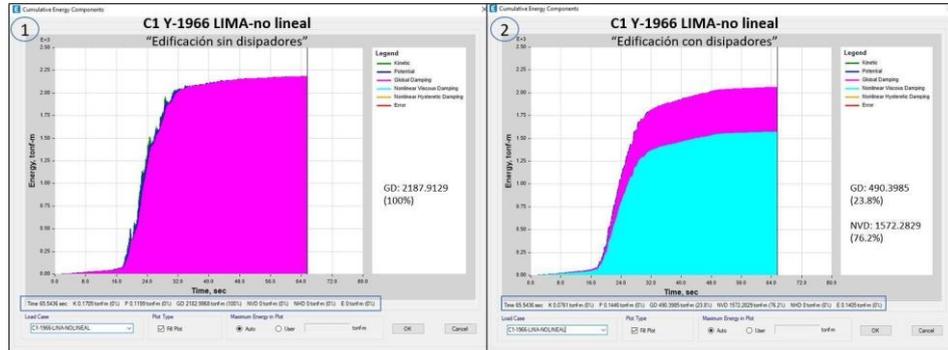


Ilustración 40 Comparación de absorción de energía (sismo de 1966 en Y)

En la ilustración 40 se contrasta que el amortiguamiento global de la edificación sin disipadores pasa de absorber un 100% de energía sísmica a un 23.8% con disipadores viscosos; además los disipadores de energía de fluido viscoso llegan a absorber un 76.2% de la energía producida por el sismo.

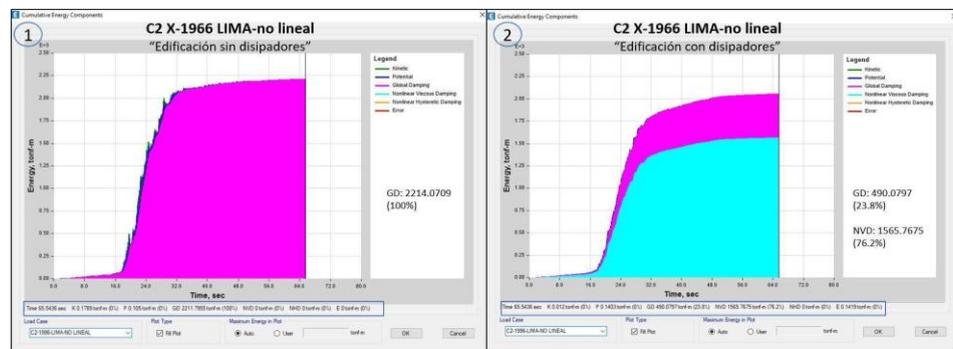


Ilustración 41 Comparación de absorción de energía (sismo de 1966 en X)

En la ilustración 41 se contrasta que el amortiguamiento global de la edificación sin disipadores pasa de absorber un 100% de energía sísmica a un 23.8% con disipadores viscosos; además los disipadores de energía de fluido viscoso llegan a absorber un 76.2% de la energía producida por el sismo.

Tabla 17 Absorción de la energía de la edificación con y sin disipadores viscosos

EDIFICACIÓN	Load Case	ABSORCION DE ENERGIA- GLOBAL DAMPING (tonf-m)	ABSORCION DE ENERGIA- disipador viscoso no lineal (tonf-m)	% Absorción de energía de la edificación	% Absorción de energía de los disipadores
SIN	C1-1966-LIMA-NO LINEAL	2187.9129	-	100.0%	-
	C2-1996-LIMA-NO LINEAL	2214.0709	-	100.0%	-
CON	C1-1966-LIMA-NO LINEAL	490.3985	1572.2829	23.8%	76.2%
	C2-1996-LIMA-NO LINEAL	490.0797	1565.7675	23.8%	76.2%

(fuente: propia)

En la tabla 17 se comprueba que los disipadores de energía viscosos absorben 76% de la energía introducida por el sismo de 1966 – Lima y alrededor de 24% de energía es lo que absorbe la edificación.

Tabla 18: Comparación de la Cortante basal (Vxy)

EDIFICACIÓN	Load Case	Edificación sin disipadores viscosos (tonf-m)	Edificación con disipadores viscosos (tonf-m)	% REDUCCIÓN DE LA CORTANTE BASAL
VX	C2-1996-LIMA	3512.3181	1884.4558	46.3%
VY	C1-1966- LIMA	3406.3560	1999.1512	41.3%

(fuente: propia)

En la tabla 18, se puede verificar que la edificación con disipadores de energía presenta una gran reducción de la cortante basal a comparación de la edificación sin disipadores. teniendo el eje X del caso 1, una reducción de 43% y en el caso 2 una reducción de 44.9%; mientras que en el eje Y, el caso 1 tiene una disminución del 40.8% y el caso 2 tiene una disminución de 42.8%.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se comparó la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos; por lo que se tomó en cuenta el comportamiento de la estructura en los desplazamientos, las derivas, la absorción de energía y la cortante basal. A continuación, se verificará y analizará los resultados obtenidos con respecto a los objetivos predeterminados.

En primera instancia se realizó el levantamiento topográfico en el área de estudio, con ayuda del topógrafo Asto Pilco, para la obtención de las coordenadas que delimitan el predio la general, mientras que los planos de localización y ubicación fueron realizados por la tesista. Además, para la realización del EMS, se contrató al laboratorio JVC Consultoría Geotécnica, con lo cual se obtuvo que el tipo de suelo del área de estudio es un S2 (suelo intermedio).

Luego se pasó al predimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación, para que sea modelada en ETABS. Cabe mencionar que al definirse las dimensiones de los elementos estructurales se procedió a realizar el plano estructural de la edificación y también se terminó por definir los planos arquitectónicos.

Después de modelarse la estructura en ETABS, se empezó a calcular los análisis sísmicos correspondientes establecidos en la norma E 030; como el análisis estático o de fuerzas equivalentes, dinámico modal espectral y el análisis dinámico tiempo - historia.

En el análisis estático en la dirección X se obtuvieron las mayores derivas en el segundo, tercer y cuarto nivel, con derivas de 0.0055, 0.0056, 0.0053 respectivamente (ver ilustración 20). Así mismo en la dirección Y, el segundo nivel tuvo una deriva del 0.0058, el tercer nivel tuvo la máxima deriva de 0.0060 y el cuarto nivel tuvo una deriva de 0.0059 (ver ilustración 21).

En el análisis dinámico en la dirección X se obtuvieron las mayores derivas en el segundo, tercer y cuarto nivel, con derivas de 0.0052, 0.0053, 0.0051 respectivamente (ver ilustración 22). Así mismo en la dirección Y, el segundo nivel tuvo una deriva del 0.0054, el tercer nivel tuvo la máxima deriva de 0.0057 y el cuarto nivel tuvo una deriva de 0.0056 (ver ilustración 23). Por lo tanto, la edificación modelada llegó a cumplir con lo reglamentado en la norma E 030, logrando que las derivas del análisis estático o de fuerzas equivalentes y el análisis dinámico modal espectral cumplan con la deriva límite para edificaciones de concreto armado (0.007).

En el análisis dinámico con un $R=1$ en la dirección X se obtuvieron las mayores derivas en el segundo, tercer y cuarto nivel, con derivas de 0.00734, 0.00759, 0.00721 respectivamente (ver ilustración 44); derivas que no cumple con la deriva límite 0.007, sin embargo, si cumple con la deriva máxima establecida en los análisis dinámicos complementarios (0.00875). En la dirección Y, la deriva máxima fue de 0.00771 en el quinto nivel, la segunda deriva máxima fue de 0.00736 ubicada en el tercer nivel y en el cuarto nivel se tuvo 0.00734 (ver ilustración 44). Por lo tanto, el análisis dinámico con $R=1$ y el análisis dinámico Tiempo – Historia, llegaron a cumplir con la deriva límite máxima, la cual es 1.25 veces de 0.007 (0.00875).

Para el diseño de los disipadores de energía se utilizó la metodología HAZUS con la cual se eligió la deriva objetivo de 0.0035, con un posible estado de daño entre leve y moderado, buscando que la edificación siga estando operativa después de un evento sísmico (ver Ilustración 29). Cabe mencionar que, en la tesis para el sismo de diseño, se consideró el sismo de 1966 en Lima (ver ilustración 28). Cabe mencionar que (Otiniano, 2019) en una investigación para determinar el comportamiento de una edificación de 9 pisos con disipadores viscosos; usó la metodología HAZUS para la obtención de la deriva objetiva.

Los disipadores de energía viscosos no lineales tienen un componente de amortiguamiento de 0.5, un amortiguamiento en el eje X de 321.78 y en el eje Y de 478.20; además poseen rigidez de 60796.14 Ton/m en el eje X y una rigidez de 101822.21 en el eje Y (ver tabla 13). Además, los lazos histeréticos de los disipadores muestran que tienen un comportamiento correcto debido a que las líneas de histéresis forman un ángulo mayor a 45 grados.

En el análisis comparativo de la respuesta sísmica de la edificación con y sin disipadores, se puede verificar una mejor respuesta sísmica en la edificación con disipadores debido a la reducción de los desplazamientos, la deriva, la cortante basal, la absorción de la energía de la edificación. Los desplazamientos en el eje X, se vieron disminuidos entre un 54.17% hasta un 61.37%, mientras que en el eje Y disminuyeron de 47.92% hasta un 54.43% (ilustración 56 y 57).

Resultado que es semejante a lo obtenido en la investigación de (Dávila, 2019) que tuvo como objetivo que la estructura del bloque A

del hospital Rebagliati en Lima tenga un mejor desempeño estructural, tuvo una disminución de derivas en el eje X entre un 37.5% hasta un 74.3%, mientras que en el eje Y tuvo una reducción entre un 21.7% a un 44.9%.

Adicionalmente para (Ticse y Zevillanos, 2019), en su investigación para reforzar una edificación de doce niveles con disipadores de fluido viscoso, los desplazamientos de la edificación disminuyó un 50.84% en el eje X y un 20.83% en el eje Y. Así mismo el resultado se ve respaldado por (Otiniano, 2019) quien en su estudio buscó obtener el desempeño de una edificación de nueve niveles ante la aplicación de disipadores viscosos, los desplazamientos en el eje X se redujeron un 40%, mientras que disminuyó un 71.2% en el eje Y.

Las derivas en el eje X, se vieron disminuidos entre un 54.17% hasta un 71.59%, mientras que en el eje Y disminuyeron de 47.92% hasta un 57.44% (ver ilustración 57 y 59).

Resultados que se respaldan en la tesis de (Rojas, 2019), que tuvo como objetivo analizar la variación del comportamiento estructural de una edificación de cinco niveles ante la aplicación de disipadores viscosos, obteniendo una reducción en el eje X hasta de 63.75%, mientras que en el eje Y hubo una reducción hasta de 77.58%. Así mismo en la investigación de (Otiniano, 2019) la edificación de nueve niveles con disipadores viscosos redujo sus desplazamientos un 40% en el eje X, mientras que en el eje Y disminuyó un 71%. Además, en el estudio realizado por (Ticse y Zevillanos, 2019), la deriva disminuyó hasta un 52.51% en el eje X y un 19.97% en el eje Y.

Además, se presenta una gran reducción de la cortante basal; teniendo el eje X del caso 2 una reducción de 46.3%; mientras que en el eje Y, el caso 1 tiene una disminución del 41.3%. (ver tabla 18)

Conclusiones que se asemejan a la investigación de (Otiniano, 2019) donde la cortante basal se redujo hasta un 88.4%. De igual forma (Dávila, 2019), quien en su investigación obtuvo que las aceleraciones de la edificación se redujeron de un 7.07% al 19.82%. Además (Ticse y Zevillanos, 2019) obtuvieron que las aceleraciones máximas se redujeron en X un 49.34%.

Con respecto a la absorción de la energía la edificación sin disipadores absorbe el 100% de la energía, mientras que la edificación con disipadores llega a absorber solo un 23.8%, mientras que los disipadores viscosos absorben el 76.2% de la energía (ver tabla 17, ilustración 60 y 61).

Según el estudio (Ticse y Zevillanos, 2019), su edificación de doce niveles con disipadores, se concluyó que los disipadores llegaron a absorber el 58% de la energía sísmica. De forma similar en la investigación de (Otiniano, 2019) se logró disipar un 74.25% del total de energía sísmica. Así mismo en la investigación de (Principe, 2020), el disipador logró disipar entre el 30% y 70%.

VI. CONCLUSIONES

En primera instancia se logró realizar el levantamiento topográfico, para luego obtener los planos de localización y ubicación. Para la realización del EMS, se contrató al laboratorio JVC Consultoría Geotécnica, obteniéndose el tipo de suelo del área de estudio, el cual es un S2 (suelo intermedio).

En segunda instancia se logró predimensionar los elementos estructurales de la edificación y luego se modelado en ETABS. Obteniéndose el plano estructural de la edificación y los planos arquitectónicos.

Después se realizaron los análisis sísmicos correspondientes establecidos en la norma E 030; como el análisis estático o de fuerzas equivalentes, dinámico modal espectral, en los cuales las derivas cumplieron con la deriva límite 0.007. Así mismo para el análisis dinámico con un $R=1$ y el análisis dinámico tiempo-historia se obtuvieron derivas que cumplieron con la deriva límite máxima 0.00875.

Además, se logró obtener la deriva objetiva de la edificación (0.0035), mediante la metodología HAZUS -MH MR4, con un posible estado de daño entre leve y moderado.

Luego, se logró obtener las propiedades no lineales del disipador, la rigidez, el amortiguamiento y el coeficiente de amortiguamiento; la

rigidez en el eje X es de 60,796.14 y en el eje Y es de 101,822.21; el amortiguamiento en el eje X es de 321.78 y en Y es de 478.20 y el exponente de amortiguamiento para ambos ejes es 0.5 (ver tabla 13).

Después se realizó el análisis comparativo entre la edificación con y sin disipadores, para lo cual se obtuvo que, al aplicarse los disipadores de fluido viscoso, los desplazamientos lograron una reducción máxima en la dirección X de 61.37%; mientras que en la dirección Y se logró la reducción máxima de 54.43%.

En las derivas se logró una reducción en la dirección X del séptimo nivel de 71.59 %; mientras que en la dirección Y se logró en el sexto nivel la máxima reducción de 60.87%.

Además, se presentó una gran reducción de la cortante basal a comparación de la edificación sin disipadores. teniendo el eje X del caso caso 2 una reducción de 446.34.9%; mientras que en el eje Y, el caso 1 tiene una disminución del 41.3%.

Así mismo, debido a la aplicación de disipadores se logró la reducción de absorción de energía del amortiguamiento global de la edificación, siendo el amortiguamiento viscoso no lineal del disipador el que absorbe el 76.2% de la energía introducida por el sismo de 1966 – Lima y alrededor de 23.8% de energía es lo que absorbe la edificación.

Concluyendo que la aplicación de los disipadores viscosos logró que la edificación tenga una mejor respuesta sísmica, en los desplazamientos, las derivas, la absorción de la energía y la cortante basal.

VII. RECOMENDACIONES

Para toda persona interesada en el tema, especialmente estudiantes de ingeniería o profesionales, se les recomienda lo siguiente:

Las propiedades del disipador de fluido viscoso deben corroborarse a las propiedades de los disipadores viscosos que se encuentren en el mercado.

En la ubicación de los disipadores se debe considerar los planos arquitectónicos del proyecto, para que los disipadores no se conviertan en obstáculos e incomoden en el recorrido que hacen los residentes de la edificación.

Cuando se apliquen los disipadores de energía viscosos, se debe tener en consideración los niveles y puntos donde se produzcan mayores desplazamientos y así los disipadores se comporten de forma eficiente. Así mismo se debe colocar una cantidad de disipadores mínimos necesarios con los que se llegue a cumplir la deriva objetiva establecida, para que funcionen junto a la edificación y no solo sean los disipadores los que trabajen ante un evento sísmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALARCÓN, Jhosip, ASTO, Pinedo. Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar los rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Trujillo. Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.
Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4187>
2. ARÍZAGA, Rafael. Estudio experimental de dispositivos de disipación de energía tipo UFP sin y con sistema de restricción interna. Tesis (Magíster en Ciencias de la Ingeniería). Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019.
Disponible en <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/22982>
3. CHOPRA, Anil K. Dynamics of structures (Theory and Applications to Earthquake Engineering). Cuarta edición. Prentice Hall. 2012. p. 940.
ISBN 10: 0-13-285803-7
ISBN 13: 978-0-13-285803-8
4. DAVILA, Hauer. Desempeño estructural del bloque 'A' del hospital Edgardo Rebagliati Martins con el sistema de disipación de energía de fluido viscoso no lineal, Lima - 2018. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2018.
Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/41395>
5. DE DOMENICOA, RICCIARDIA, TAKEWAKIB. Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. [en línea]. Vol. 118. 03/2019. Fecha de consulta Disponibilidad: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.12.024>
ISSN: 0267-726
6. Del Gobbo (et al). Improving total-building seismic performance using linear fluid viscous dampers. Bulletin of Earthquake Engineering [en línea]. 16. marzo del 2018. [Fecha de consulta: noviembre del 2020].
Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0338-4>
7. Federal Emergency Management Agency (FEMA), HAZUS -MH MR4 (2003), Washington, D.C, 2003, p. 5-14.

8. GENATIOS, Carlos, LAFUENTE, Marianela. Introducción al uso de aisladores disipadores en estructuras. Corporación Andina de Fomento. 2016. p. 185. ISBN 978-980-422-056-2
9. GIOIELLA, TUBALDIB, GARAA, DEZIA, DALL'ASTA. Analysis and comparison of two different configurations of external dissipative systems. *Procedia Engineering*. [en línea]. Vol. 199. 164–169. 2017 Disponibilidad: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.207> ISSN: 1877-7058
10. Instituto de investigación en desastres y medio ambiente (IIDMA). Mapa de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas. [en línea]. 2002. (fecha de consulta: 28/11/2020).
Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3413>
11. HUANG, Xiameng. Strategic placement of viscous dampers in steel buildings under strong earthquake ground motions. (PhD thesis), University of Warwick. March 2018.
Disponible en <http://webcat.warwick.ac.uk/record=b3170458~S15>
12. ANCCASI, Rubén. Propuesta de un método para el diseño de edificios con disipadores pasivos de energía utilizando registros sísmicos peruanos. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima. Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15598>
13. KARINIOTAKIS, Konstantinos. Seismic Design Procedure for Steel Moment Resisting Frames with Viscous Dampers. (PhD thesis). University of Warwick, 2017. Disponible en <http://webcat.warwick.ac.uk/record=b3141469~S15>
14. LOPEZ, Steven. Diseño del edificio multifamiliar Cellerini de diez niveles por el sistema convencional y con disipadores de energía en la ciudad de Chiclayo. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Pimentel. Universidad Señor De Sipán, 2019. Disponible en <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/6467>
15. MAZA, Arturo. Efectos del disipador sísmico metálico de fluencia en estructuras de edificaciones sociales en la ciudad de Huaraz. Tesis (Doctorado en Ingeniería Civil). Lima. Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019.
Disponible en <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3288>
16. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. Reglamento nacional de edificaciones. R.M. n°355-2018-vivienda, 2018, Perú. P. 32.

17. OTINIANO, Jeyson. Desempeño sísmico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía viscosos, Trujillo 2019 (Titulación en Ingeniería Civil). Trujillo. Universidad Privada del Norte.
Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/22194>
18. PARCIANELLO, Enrico, CHISARI, Corrado, AMADIO, Claudio. Optimal design of nonlinear viscous dampers for frame structures. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. [en línea]. Vol.100. 09, 2017. 28/11/2020.
Disponibilidad y acceso en: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.06.006> ISSN: 0267-7261
19. PILORGE, Anne-Gaelle. Impact of friction dampers and ductility factor on the seismic response of concrete moment resisting frame buildings. Thesis (Masters), Montreal, Concordia University. 17 June 2019.
Disponible en <https://spectrum.library.concordia.ca/984904/>
20. PRINCIPE, Anthony. Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada, Trujillo 2020. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Trujillo, Universidad Privada del Norte, 2020.
Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/24320>
21. ROJAS, Rober. Comportamiento estructural de un edificio de 5 pisos por cambio de uso con aplicación de disipadores viscosos, Los Olivos, 2019. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2019.
Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41722>
22. SAITÚA, Felipe. Viscous damper optimization in multistorey building structures. Thesis (Master of Science in Engineering). Santiago de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017.
Disponible en <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/21458>
23. SANTILLÁN, Anais. Respuesta sísmica de la disposición de disipadores de fluido viscoso en el edificio nueva sede Sunat, Lince - Lima, 2019. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2019.
Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47336>
24. TARQUE, Nicola, LOAIZA, Cesar. Análisis sísmico de edificios. Lima. Pontificia Universidad Católica Del Perú. 2003. p.42.

25. TAVERA, Hernando. Peligro sísmico en Lima y el país. Prevención, Revista del Centro de Estudios y Prevención de Desastres [en línea]. 8 (14). 2001. (fecha de consulta: 28/11/2020).
Disponible en: <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/832>
26. TICSE, Carlos, ZEVILLANOS, Paula. Control de irregularidad por torsión en una edificación de 12 pisos mediante el reforzamiento con disipadores de energía fluido viscosos. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/648597>
27. VILLARREAL, Genner, DÍAZ, Marcoa. Edificaciones con disipadores viscosos. Trujillo. Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. 2016. p.133.
ISBN: 978-612-00-2419

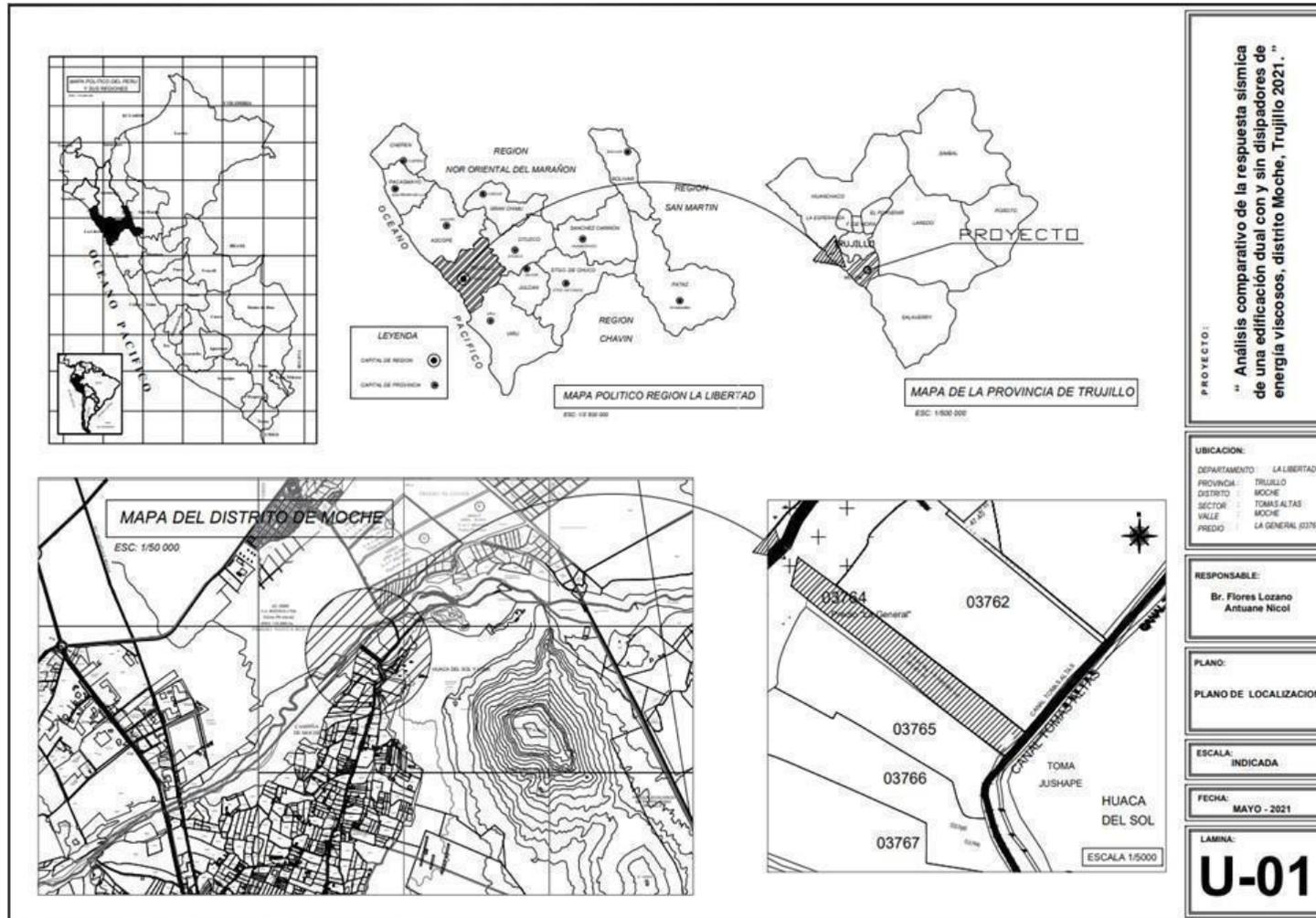
ANEXO 03:

VARIABLE DE OPERACIONALIZACIÓN					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
La respuesta sísmica	"La respuesta r(t) de una estructura se define como la superposición de las contribuciones m(t) de los modos de vibración, para un análisis de la variación de las aceleraciones en el tiempo de una estructura. En el caso, de un análisis espectral, la máxima respuesta de los modos se obtiene del espectro de respuesta sísmica" (Tarque y Loaiza, 2003, p.42)..	Se realizarán los análisis establecidos en la norma E. 030, como el análisis estático, modal espectral y Tiempo- Historia; mediante el programa ETABS.	Levantamiento topográfico	Curvas de nivel (m)	Razón
				Área del terreno (m2)	
			Estudio de mecánica de suelos	Cont. De Humedad (%)	Razón
				Límites de consistencia (%)	
				Capacidad portante del suelo (Kg/cm2)	
				(Vs) Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (m/s)	
			Predimensionamiento	(losa, viga, columna, placas y zapatas) (cm)	Razón
			Análisis estático de la edificación dual	Desplazamiento (m)	Razón
				Derivas (m)	
				Fuerzas Laterales (tonf)	
				Cortantes basales (tonf)	
			Análisis Dinámico Modal Espectral de la edificación dual	Irregularidades	Nominal
				Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones	Razón
				Cortantes basales (tonf)	
				Desplazamiento (m), Derivas (m)	
				Esfuerzos de corte (Kg/cm2) y momentos (Kg.cm)	
				Modos de vibración y Participación de masas	
			Frecuencia (rad/seg) y Periodo (seg)		
			Análisis Dinámico Tiempo – Historia de la edificación dual	Registro de aceleraciones	Razón
				Desplazamiento (m), Derivas (m)	
Esfuerzos de corte (Kg/cm2) y momentos (Kg.cm)					
Análisis Dinámico Tiempo – Historia de la edificación dual con disipadores de energía de fluido viscoso	Sismo de diseño	Razón			
	Desplazamiento (m), Derivas (m)				
	Esfuerzos de corte (Kg/cm2) y momentos (Kg.cm)				
	Propiedades del disipador de energía de fluido viscosos (el exponente de velocidad, el amortiguamiento de disipadores de energía y la rigidez del brazo metálico)				
	Ubicación del disipador en la edificación dual		Nominal		
	Balance de Energía		Razón		

ANEXO 04:

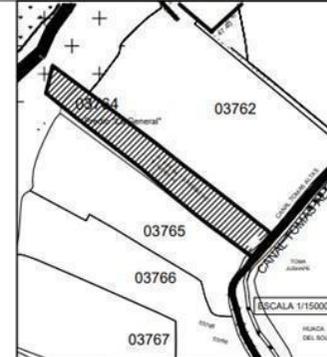
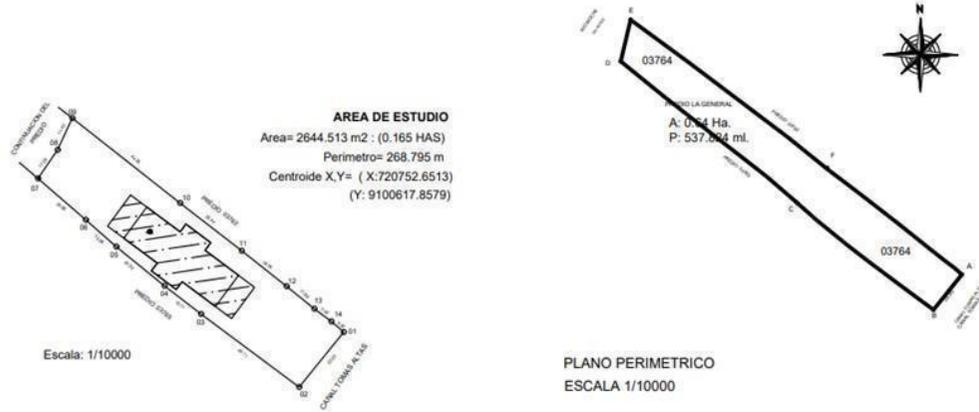
MATRIZ DE CONTINGENCIA											
TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	TIPO DE INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	MUESTRA	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
<p>Análisis comparativo de la respuesta sísmica entre una edificación dual y con disipadores de energía viscosos, distrito Moche, Trujillo 2021.</p>	<p>¿Cuál es la variación en la respuesta sísmica entre una edificación dual y con implementación de disipadores de energía de fluido viscoso, modelada en ETABS, ubicada en el sector Tomas Altas, distrito de Moche, provincia de Trujillo, 2021?</p>	<p>La implementación de los disipadores de energía de fluido viscoso, genera una mejor respuesta sísmica en la edificación dual modelada en ETABS, ubicada en el sector Tomas Altas, distrito Moche, provincia de Trujillo.</p>	<p>Respuesta Sísmica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento topográfico • Estudio de mecánica de suelos • Predimension • Análisis estático de la edificación dual • Análisis Dinámico Modal Espectral de la edificación dual • Análisis Dinámico Tiempo – Historia de la edificación dual • Análisis Dinámico Tiempo – Historia de la edificación dual con disipadores de energía de fluido viscoso 	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Realizar un análisis comparativo de la respuesta sísmica entre una edificación dual y con implementación de disipadores de energía de fluido viscoso, modelada en el programa ETABS, ubicada en el predio "La general", sector Tomas Altas, distrito de Trujillo</p>	<p>No Experimental Aplicada Transversal Descriptiva comparativa</p>	<p>No Experimental, descriptivo Comparativo.</p>  <p>Donde: G1: Grupo 1 (edificación sin disipadores viscosos). G2: Grupo 2 (edificación con disipadores viscosos). O1: Observación o medición 1 (Respuesta sísmica de la edificación sin disipadores viscosos). O2: Observación o medición 2 (Respuesta sísmica de la edificación con disipadores viscosos).</p>	<p>Población: Todos los predios, ubicados en el sector Tomas altas, distrito Moche, provincia de Trujillo, 2021.</p>	<p>Muestra: el predio "la general", la cual consta de 0.64 ha, ubicada en el sector Tomas altas, distrito Moche, provincia de Trujillo.</p> <p>Muestreo: Es no probabilístico, por conveniencia. Debido a que se seleccionó un predio, donde se pueda realizar una edificación en la que se posible aplicar los disipadores de energía viscosos.</p>	<p>Observación directa, participante.</p> <p>Análisis documental</p>	<p>Observación directa participante: El instrumento que se empleará será la lista de cotejo y formatos correspondientes, en donde se registrará y verificará el cumplimiento de los procesos en la ejecución del levantamiento topográfico y el EMS.</p> <p>Análisis documental: La normativa a usar es el Reglamento nacional de edificaciones (R.N.E); ASCE 7.16 (Capítulo 18); FEMA, metodología HAZUS; Fichas técnicas de los disipadores de energía.</p>
					<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>Realizar el levantamiento topográfico y el estudio de suelos en el área de trabajo, ubicada en el sector Tomas altas, distrito de Moche.</p> <p>Pre dimensionar los elementos estructurales de la estructura, para realizar el modelado de la edificación en el software ETABS.</p> <p>Realizar los análisis sísmicos, para verificar el cumplimiento de la deriva, según lo establecido en la norma E 030.</p> <p>Seleccionar, Corregir, filtrar y escalar los 3 registros sísmicos con los softwares Seismo Signal v4.30 y Seismomatch.</p> <p>Determinar la deriva objetiva que se quiere que tenga la edificación, mediante la metodología HAZUS, FEMA.</p> <p>Determinar exponente de velocidad, el amortiguamiento de disipadores de energía y la rigidez del brazo metálico, para modelar el disipador de energía de fluido viscoso en el software ETABS.</p> <p>Determinar la ubicación de los disipadores de energía de fluido viscoso, para obtener mayor reducción en la deriva y desplazamientos.</p> <p>Obtener el porcentaje de energía sísmica que absorbe el disipador fluido viscoso, con respecto al total de energía sísmica que ingresa en la edificación.</p>						

ANEXO 05:



ANEXO 06:

PLANO PERIMETRICO Y DE UBICACION



	DEPARTAMENTO	LA LIBERTAD
	PROVINCIA	TRUJILLO
	DISTRITO	MOCHE
	SECTOR	TOMAS ALTAS
	VALLE	MOCHE
	PREDIO	LA GENERAL (3374)
ZONIFICACIÓN	PARCELA	

Análisis comparativo de la respuesta sísmica entre una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos, distrito Moche, Trujillo 2021.

RUIZ LOPEZ, DIONICIO

**Topogr. Astopilco
Br. Flores Lozano Antuane Nicol**

PERIMETRICO - UBICACIÓN

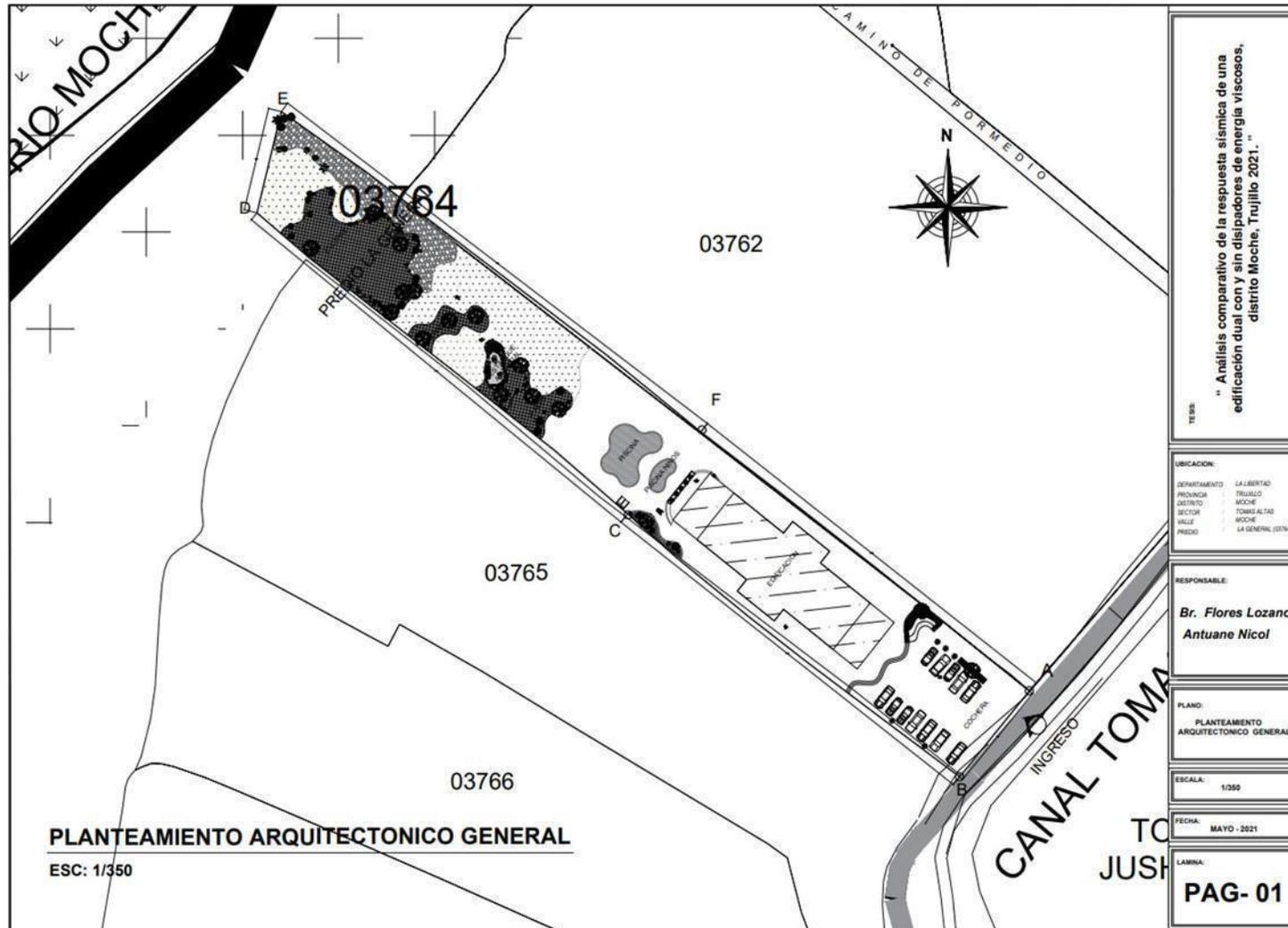
SECTOR TOMAS ALTAS - VALLE MOCHE
PREDIO "LA GENERAL"
DISTRITO DE MOCHE - PROVINCIA TRUJILLO - DPTO LA LIBERTAD

P - U2

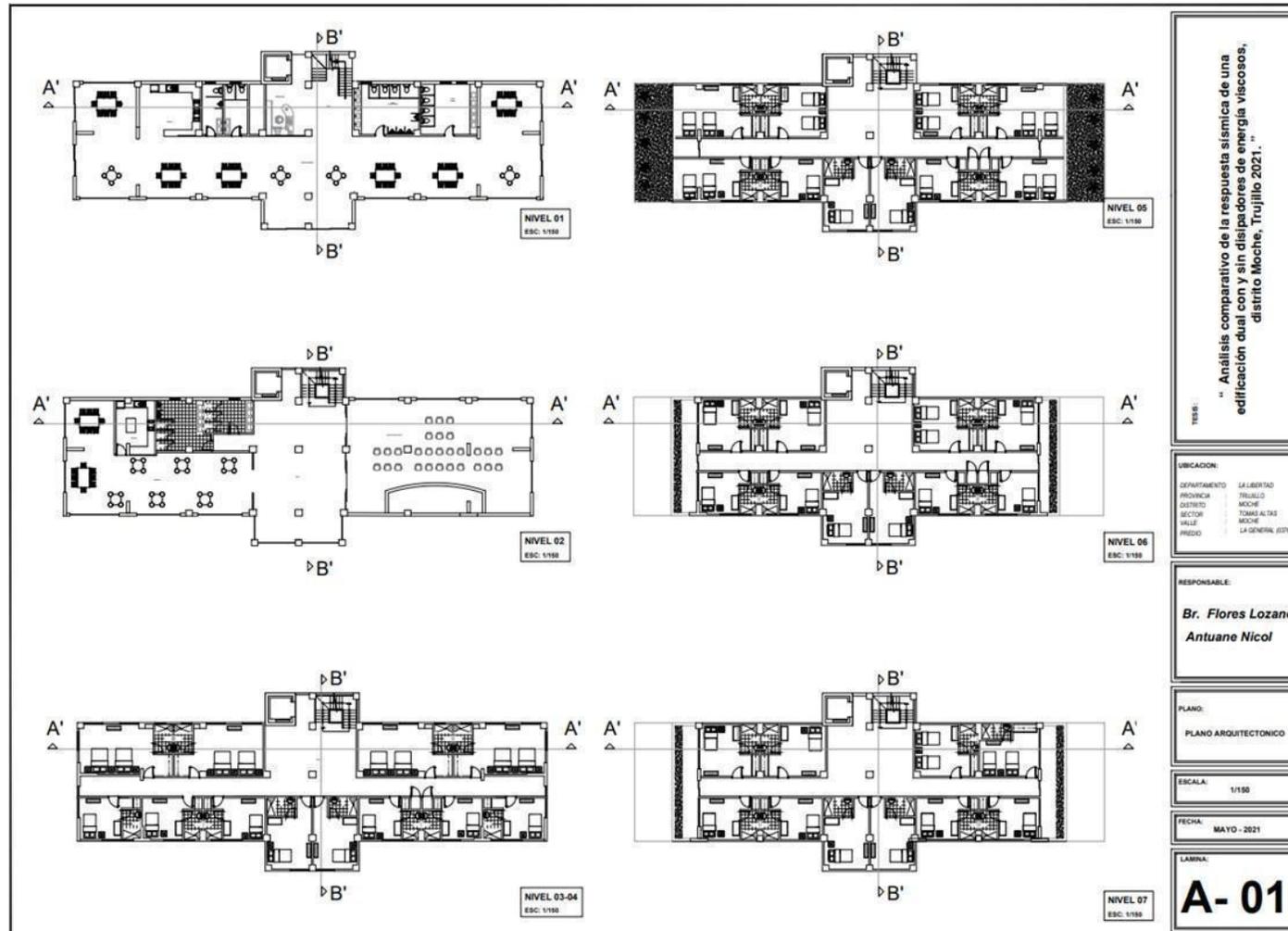
CUADRO NORMATIVO			CUADRO DE AREAS	
PARAMETROS	R.N.C	EXISTENTES	AREA CONSTRUIDA	AREA (M²) TOTAL
ZONIFICACION	Zona Agrícola (AGR)	Zona Agrícola (AGR)	1ra edificación : 1 nivel	305.55 m²
AREA DE LOTE (min)	1 000.00 m²	6 409.562 m²	1ra edificación : 2 nivel	
USOS COMPATIBLES	Agrícola, Restaurante campesino, Vivienda.	Agrícola, Restaurante, Vivienda, Recreación, Comercio.	2da edificación : 1 nivel	
FRENTE MINIMO	20m	23.98 m		
ALTURA DE EDIFICACION	3 pisos	2 pisos		
AREA LIBRE	60%	96.60%		
RETIRO FRONTAL	Avenida - 3.00 m / Calles y caminos - 2.00 m	2.00 m (Calle)	AREA OCUPADA	305.55 m²
OCHAVO	-	-	AREA TOTAL DEL TERRENO	6 409.562 m²
DENSIDAD	1.20 m	-	PERIMETRO	537.824 ml.
ESTACIONAMIENTO	1 E. cada 20 m² de Área Techada		AREA CEDIDA A VIA	

INDICADA: MAYO 2021 CAD-TOP

ANEXO 07:



ANEXO 08:



TITULO:
 "Análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos, distrito Moche, Trujillo 2021."

UBICACION:
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD
 PROVINCIA: TRUJILLO
 DISTRITO: MOCHE
 SECTOR: TONAS ALTAS
 VALLE: MOCHE
 PREGIO: LA GENERAL, 83794

RESPONSABLE:
Br. Flores Lozano
Antuane Nicol

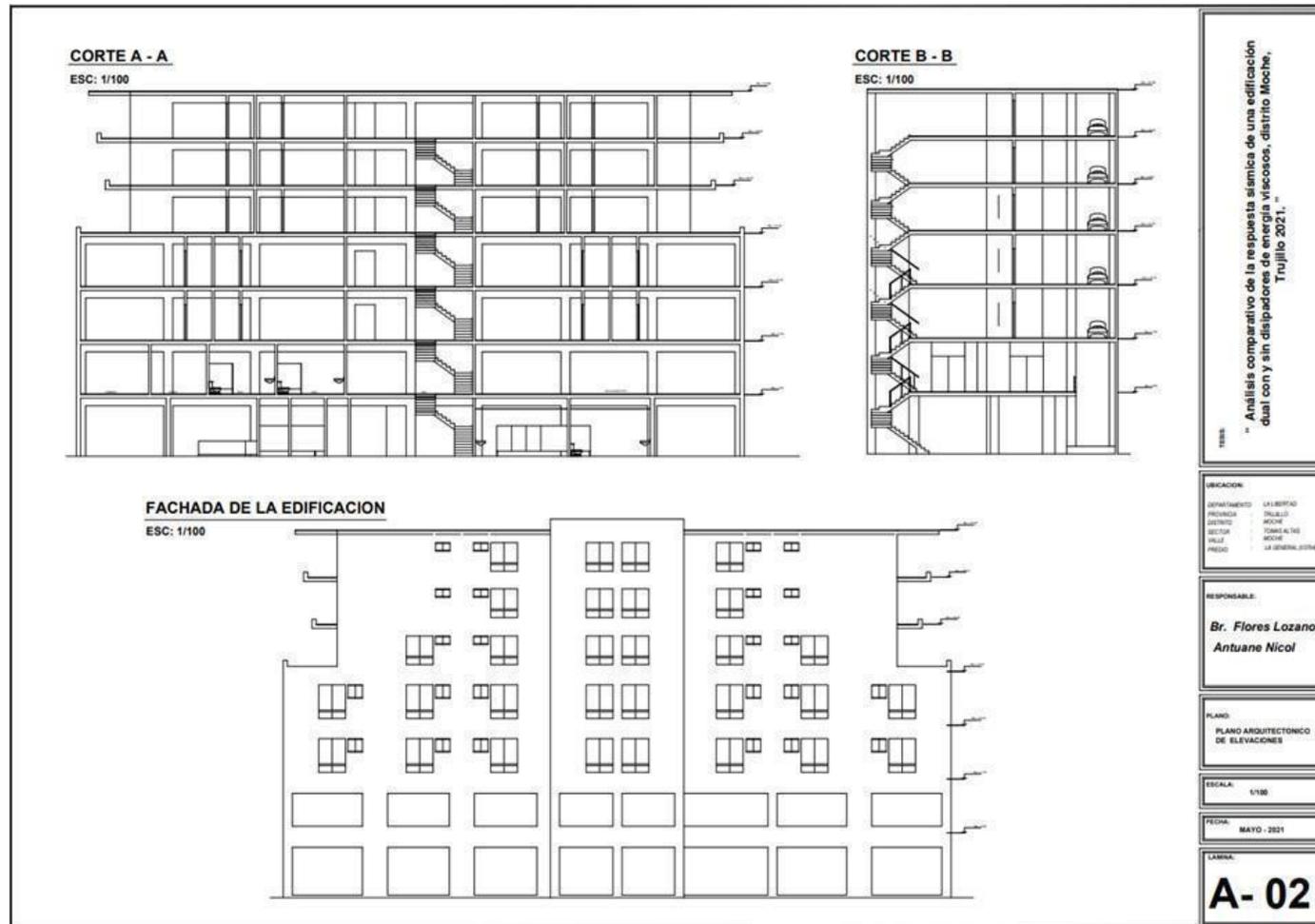
PLANO:
 PLANO ARQUITECTONICO

ESCALA: 1/150

FECHA: MAYO - 2021

LAMINA:
A- 01

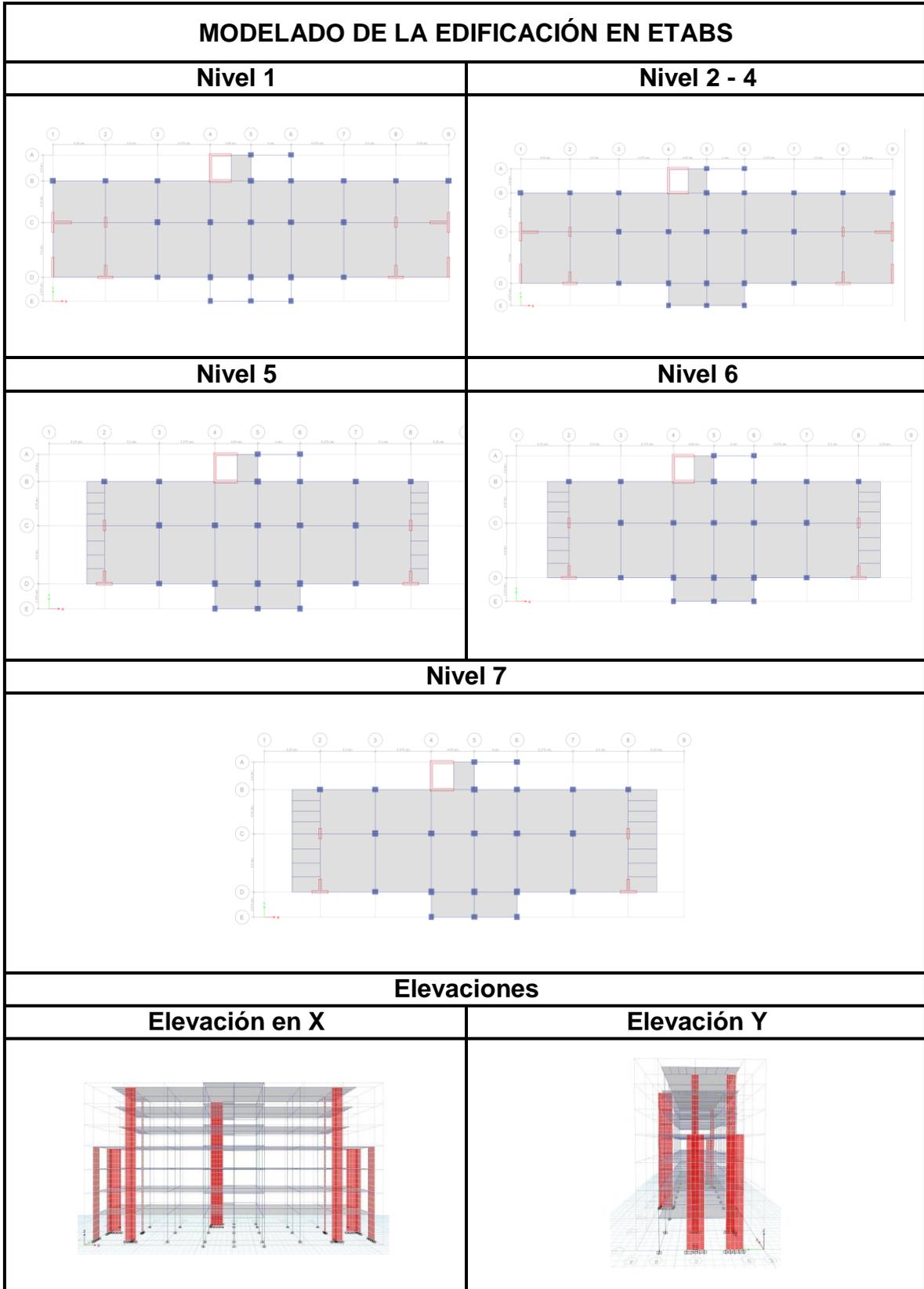
ANEXO 09:



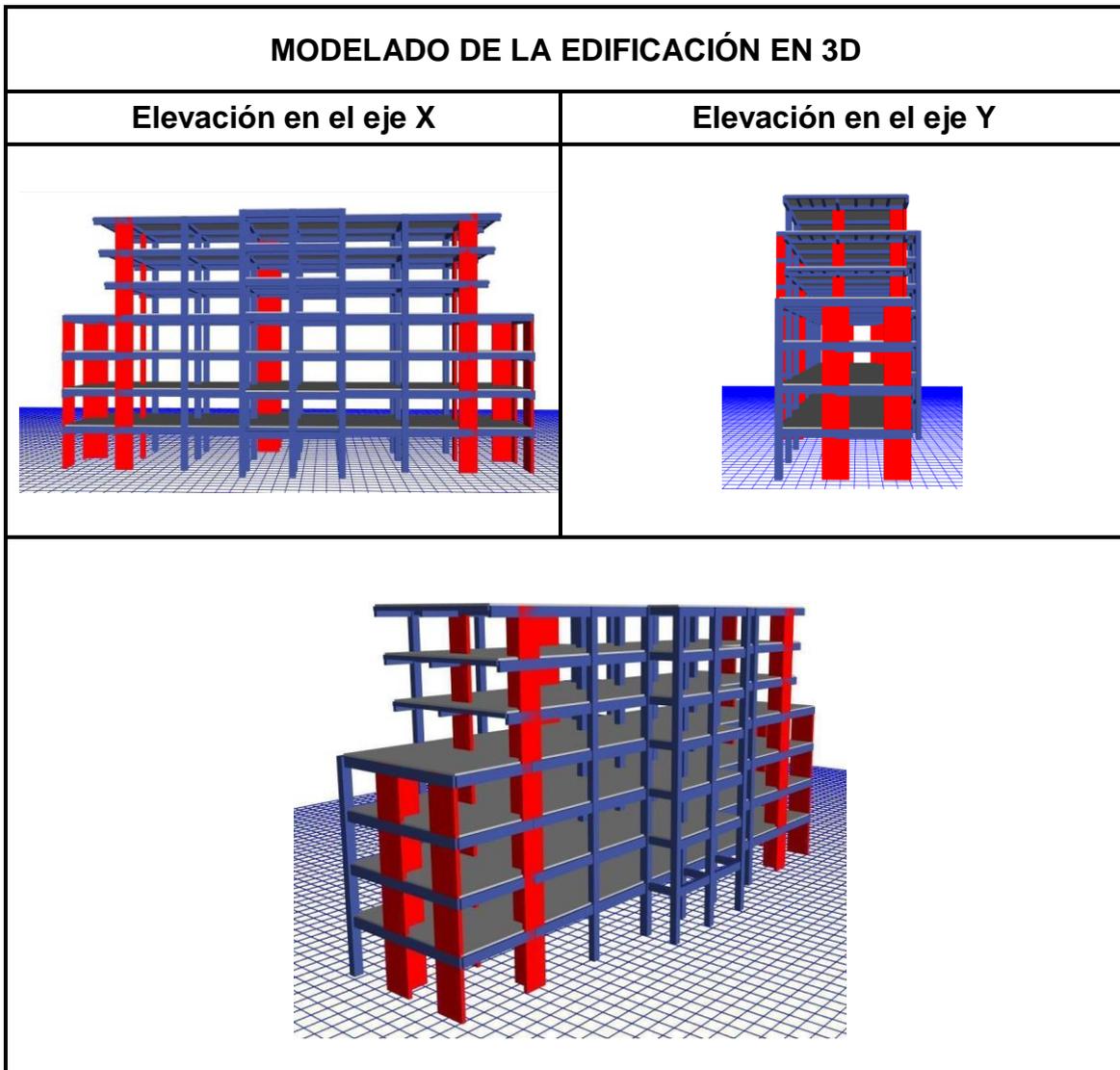
ANEXO 07:

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	
FICHA DE REGISTROS DE DATOS (Instrumento de recolección de datos)			
TESIS: Análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación dual con y sin disipadores de energía viscosos, distrito Moche, Trujillo, 2021			
TESISTA: Flores Lozano, Antuane Nicol (ORCID: 0000-0002-7249-0171)			
Año: 2021		Ubicación: Predio La General, sector Tomas Altas, distrito de Moche.	
			
Descripción: Para empezar con el levantamiento topográfico, eligió el punto de referencia ubicado a una distancia de 3 metros de un muro de adobe.			
COORDENADA ESTE		COORDENADA NORTE	
720802.9		9100592	

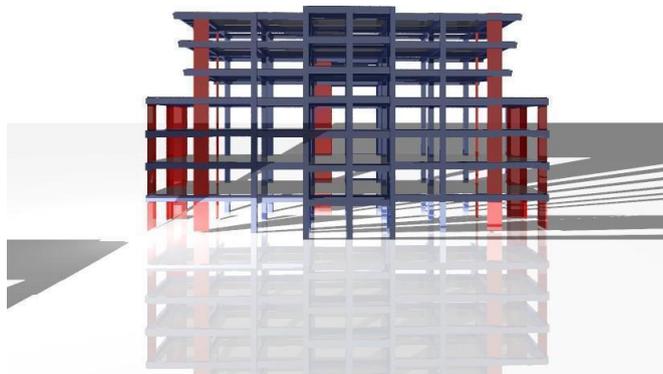
ANEXO 8:



ANEXO 9:



Anexo 10:



Anexo 11:

Irregularidades

Irregularidad de Rigidez - Piso Blando - Eje X (Ia=0.75)						
Nivel	Load Case	K-x (Tonf/m)	K-x i/K-xi+1	Kxi/Kxi+1 <0.70	Kx i/Prom Kx +3	Kx i/Prom Kx +3 < 0.80
Nivel 7	S EST-X	59,096.51	-	-	-	-
Nivel 6	S EST-X	84,801.99	1.43	(REGULAR)	-	-
Nivel 5	S EST-X	114,173.93	1.35	(REGULAR)	-	-
Nivel 4	S EST-X	110,948.27	0.97	(REGULAR)	1.29	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-X	129,164.19	1.16	(REGULAR)	1.25	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-X	150,788.39	1.17	(REGULAR)	1.28	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-X	204,631.40	1.36	(REGULAR)	1.57	(REGULAR)

Irregularidad de Rigidez - Piso Blando - Eje Y (Ia=0.75)						
Nivel	Load Case	Ky (Tonf/m)	Ky i/Kyi+1	Ky i/Kyi+1 <0.70	Ky i/Prom Ky +3	Ky i/Prom Ky +3 <0.80
Nivel 7	S EST-Y	41,345.63	-	-	-	-
Nivel 6	S EST-Y	68,011.25	1.64	(REGULAR)	-	-
Nivel 5	S EST-Y	92,800.65	1.36	(REGULAR)	-	-
Nivel 4	S EST-Y	110,406.13	1.19	(REGULAR)	1.64	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-Y	134,996.49	1.22	(REGULAR)	1.49	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-Y	155,340.70	1.15	(REGULAR)	1.38	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-Y	223,853.90	1.44	(REGULAR)	1.68	(REGULAR)

Irregularidad Extrema Rigidez - Eje X (Ia= 0.50)						
Nivel	Load Case	Kx (Tonf/m)	Kx i/Kxi+1	Kx i/Kxi+1 <0.60	Kx i/Prom Kx +3	Kx i/Prom Kx +3 <0.70
Nivel 7	S EST-X	59,096.51	-	-	-	-
Nivel 6	S EST-X	84,801.99	1.43	(REGULAR)	-	-
Nivel 5	S EST-X	114,173.93	1.35	(REGULAR)	-	-
Nivel 4	S EST-X	110,948.27	0.97	(REGULAR)	1.29	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-X	129,164.19	1.16	(REGULAR)	1.25	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-X	150,788.39	1.17	(REGULAR)	1.28	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-X	204,631.40	1.36	(REGULAR)	1.57	(REGULAR)

Irregularidad Extrema Rigidez - Eje Y (Ia=0.50)						
Nivel	Load Case	Ky (Tonf/m)	Ky i/Kyi+1	Ky i/Kyi+1<0.60	Ky i/Prom Ky +3	Ky i/Prom Ky +3<0.70
Nivel 7	S EST-Y	41,345.63	-	-	-	-
Nivel 6	S EST-Y	68,011.25	1.64	(REGULAR)	-	-
Nivel 5	S EST-Y	92,800.65	1.36	(REGULAR)	-	-
Nivel 4	S EST-Y	110,406.13	1.19	(REGULAR)	1.64	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-Y	134,996.49	1.22	(REGULAR)	1.49	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-Y	155,340.70	1.15	(REGULAR)	1.38	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-Y	223,853.90	1.44	(REGULAR)	1.68	(REGULAR)

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil - Eje X (Ia = 0.75)				
Nivel	Load Case/Combo	Vx (Tonf)	Vx i/Vx i+1	Vx i/Vx i+1<0.80
Nivel 7	S EST-X	-130.48		
Nivel 6	S EST-X	-255.83	1.96	(REGULAR)
Nivel 5	S EST-X	-361.44	1.41	(REGULAR)
Nivel 4	S EST-X	-475.16	1.31	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-X	-563.67	1.19	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-X	-624.77	1.11	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-X	-657.61	1.05	(REGULAR)

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil - Eje Y (Ia = 0.75)				
Nivel	Load Case/Combo	Vy (Tonf)	Vy i/Vy i+1	Vy i/Vy i+1<0.80
Nivel 7	S EST-Y	-130.48		
Nivel 6	S EST-Y	-255.83	1.96	(REGULAR)
Nivel 5	S EST-Y	-361.44	1.41	(REGULAR)
Nivel 4	S EST-Y	-475.16	1.31	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-Y	-563.67	1.19	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-Y	-624.77	1.11	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-Y	-657.61	1.05	(REGULAR)

Irregularidad Extrema de Resistencia - Eje X (Ia = 0.50)				
Nivel	Load Case/Combo	Vx (Tonf)	Vx i/Vx i+1	Verificación Vx i/Vx i+1 < 0.65
Nivel 7	S EST-X	-130.48		
Nivel 6	S EST-X	-255.83	1.96	(REGULAR)
Nivel 5	S EST-X	-361.44	1.41	(REGULAR)
Nivel 4	S EST-X	-475.16	1.31	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-X	-563.67	1.19	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-X	-624.77	1.11	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-X	-657.61	1.05	(REGULAR)

Irregularidad Extrema de Resistencia - Eje Y (Ia = 0.50)				
Nivel	Load Case/Combo	Vy (Tonf)	Vy i/Vy i+1	Verificación Vy i/Vy i+1 < 0.65
Nivel 7	S EST-Y	-130.48		
Nivel 6	S EST-Y	-255.83	1.96	(REGULAR)
Nivel 5	S EST-Y	-361.44	1.41	(REGULAR)
Nivel 4	S EST-Y	-475.16	1.31	(REGULAR)
Nivel 3	S EST-Y	-563.67	1.19	(REGULAR)
Nivel 2	S EST-Y	-624.77	1.11	(REGULAR)
Nivel 1	S EST-Y	-657.61	1.05	(REGULAR)

Irregularidad de Masa o Peso (Ia = 0.90)						
Nivel	Mass (Tonf-s ² /m)	Peso Sísmico (Tonf)	M i / M i+1	M i/M i+1 > 1.5	M i+1 / M i	M i+1/M i > 1.5
Nivel 7	29.72959	291.55				(REGULAR)
Nivel 6	32.79221	321.58	1.10	(REGULAR)	1.01	(REGULAR)
Nivel 5	32.43254	318.06	0.99	(REGULAR)	0.77	(REGULAR)
Nivel 4	42.27839	414.61	1.30	(REGULAR)	0.98	(REGULAR)
Nivel 3	43.32837	424.91	1.02	(REGULAR)	0.99	(REGULAR)
Nivel 2	43.78173	429.35	1.01	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 1	43.88755	430.39	1.00	(REGULAR)	-	-

Discontinuidad en los sistemas resistentes	Ia = 0.80	Regular
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	Ia = 0.60	Regular

Irregularidad Geométrica Vertical - eje X - 1 (Ia=0.90)					
NIVEL	Lx (m)	Lx i/Lx i+1	Control Lx i/Lx i+1>1.3	Lx i+1/Lx i	Control Lx i+1/Lx i>1.3
Nivel 7	29.00			1.00	(REGULAR)
Nivel 6	29.00	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 5	29.00	1.00	(REGULAR)	0.73	(REGULAR)
Nivel 4	39.50	1.36	(IRREGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 3	39.50	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 2	39.50	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 1	39.50	1.00	(REGULAR)	-	-

Irregularidad Geométrica Vertical - eje Y - (Ia=0.90)					
NIVEL	Ly (m)	Ly i/Ly i+1	Control Ly i/Ly i+1>1.3	Ly i+1/Ly i	Control Ly i+1/Ly i>1.3
Nivel 7	12.25			1.00	(REGULAR)
Nivel 6	12.25	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 5	12.25	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 4	12.25	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 3	12.25	1.00	(REGULAR)	1.00	(REGULAR)
Nivel 2	12.25	1.00	(REGULAR)	1.26	(REGULAR)
Nivel 1	9.75	0.80	(REGULAR)	-	-

Discontinuidad en los sistemas resistentes	la = 0.80	Regular
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	la = 0.60	Regular

Irregularidad Torsional - eje X - ($I_p = 0.75$)

Nivel	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	UX-Prom (m)	Drift X - Prom	Drift X - Max	Drift X - Max/Drift X - Prom	Control Drift X - Max/Drift X - Prom > 1.3
7	S EST-X	2.8	0.02481	0.0007	0.0008	1.1735	(REGULAR)
6	S EST-X	2.8	0.02293	0.0010	0.0010	1.0035	(REGULAR)
5	S EST-X	2.8	0.02026	0.0012	0.0012	1.0052	(REGULAR)
4	S EST-X	3.2	0.01698	0.0013	0.0013	1.0107	(REGULAR)
3	S EST-X	3.2	0.01262	0.0014	0.0014	1.0007	(REGULAR)
2	S EST-X	3.2	0.00789	0.0013	0.0013	0.9999	(REGULAR)
1	S EST-X	3.7	0.0034	0.0009	0.0010	1.0899	(REGULAR)

Irregularidad Torsional - eje Y - ($I_p = 0.75$)

Story	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	UY-Prom (m)	Drift Y - Prom	Drift Y - Max	Drift Y - Max/Drift Y - Prom	Control Drift Y - Max/Drift Y - Prom > 1.3
7	S EST-Y	2.8	0.02749	0.0010	0.0010	1.0504	(REGULAR)
6	S EST-Y	2.8	0.02475	0.0012	0.0014	1.1328	(REGULAR)
5	S EST-Y	2.8	0.02135	0.0014	0.0017	1.2072	(REGULAR)
4	S EST-Y	3.2	0.01748	0.0015	0.0020	1.3203	(IRREGULAR)
3	S EST-Y	3.2	0.01265	0.0015	0.0021	1.3762	(IRREGULAR)
2	S EST-Y	3.2	0.00771	0.0014	0.0020	1.4405	(IRREGULAR)
1	S EST-Y	3.7	0.00323	0.0009	0.0013	1.4798	(IRREGULAR)

Irregularidad Torsional Extrema - eje X - ($I_p = 0.60$)							
Nivel	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	UX-Prom (m)	Drift X - Prom	Drift X - Max	Drift X - Max/Drift X - Prom	Control Drift X - Max/Drift X - Prom > 1.5
7	S EST-X	2.8	0.02481	0.0007	0.0008	1.1571	(REGULAR)
6	S EST-X	2.8	0.02293	0.0010	0.0010	1.0433	(REGULAR)
5	S EST-X	2.8	0.02026	0.0012	0.0012	1.0617	(REGULAR)
4	S EST-X	3.2	0.01698	0.0014	0.0014	1.0615	(REGULAR)
3	S EST-X	3.2	0.01262	0.0015	0.0016	1.0610	(REGULAR)
2	S EST-X	3.2	0.00789	0.0014	0.0015	1.0497	(REGULAR)
1	S EST-X	3.7	0.0034	0.0009	0.0010	1.1420	(REGULAR)

Irregularidad Torsional Extrema - eje Y - ($I_p = 0.60$)							
Nivel	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	UY-Prom (m)	Drift Y - Prom	Drift Y - Max	Drift Y - Max/Drift Y - Prom	Control Drift Y - Max/Drift Y - Prom > 1.5
7	S EST-Y	2.8	0.02749	0.0010	0.0010	1.0504	(REGULAR)
6	S EST-Y	2.8	0.02475	0.0012	0.0014	1.1328	(REGULAR)
5	S EST-Y	2.8	0.02135	0.0014	0.0017	1.2072	(REGULAR)
4	S EST-Y	3.2	0.01748	0.0015	0.0020	1.3203	(REGULAR)
3	S EST-Y	3.2	0.01265	0.0015	0.0021	1.3762	(REGULAR)
2	S EST-Y	3.2	0.00771	0.0014	0.0020	1.4405	(REGULAR)
1	S EST-Y	3.7	0.0032	0.0009	0.0013	1.4798	(REGULAR)

Anexo 12: Masa

NIVEL	Mass (Ton.s ² /m)	Pi (Ton)
7	29.72959	291.55
6	32.79221	321.58
5	32.43254	318.06
4	42.27839	414.61
3	43.32837	424.91
2	43.78173	429.35
1	43.88755	430.39
		2,630.45

Anexo 13: Derivas Estáticas:

Nivel	Load Case	Altura de entrepiso (m)	UX (m)	UX Relativo (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Derivas E.030 ≤ 0.007
7	S_ESTX	2.8	0.024174	0.001904	0.000680	0.0027	(CUMPLE)
6	S_ESTX	2.8	0.022270	0.002712	0.000969	0.0039	(CUMPLE)
5	S_ESTX	2.8	0.019558	0.003273	0.001169	0.0047	(CUMPLE)
4	S_ESTX	3.2	0.016285	0.004230	0.001322	0.0053	(CUMPLE)
3	S_ESTX	3.2	0.012055	0.004448	0.001390	0.0056	(CUMPLE)
2	S_ESTX	3.2	0.007607	0.004396	0.001374	0.0055	(CUMPLE)
1	S_ESTX	3.7	0.003211	0.003211	0.000868	0.0035	(CUMPLE)

(fuente: elaboración del tesista)

Nivel	Load Case	Altura de entrepiso (m)	UX (m)	UX Relativo (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Derivas E.030 ≤ 0.007
7	S_ESTY	2.8	0.028356	0.002983	0.001065	0.0043	(CUMPLE)
6	S_ESTY	2.8	0.025373	0.003931	0.001404	0.0056	(CUMPLE)
5	S_ESTY	2.8	0.021442	0.003862	0.001379	0.0055	(CUMPLE)
4	S_ESTY	3.2	0.017580	0.004732	0.001479	0.0059	(CUMPLE)
3	S_ESTY	3.2	0.012848	0.004802	0.001501	0.0060	(CUMPLE)
2	S_ESTY	3.2	0.008046	0.004599	0.001437	0.0058	(CUMPLE)
1	S_ESTY	3.7	0.003447	0.003447	0.000932	0.0037	(CUMPLE)

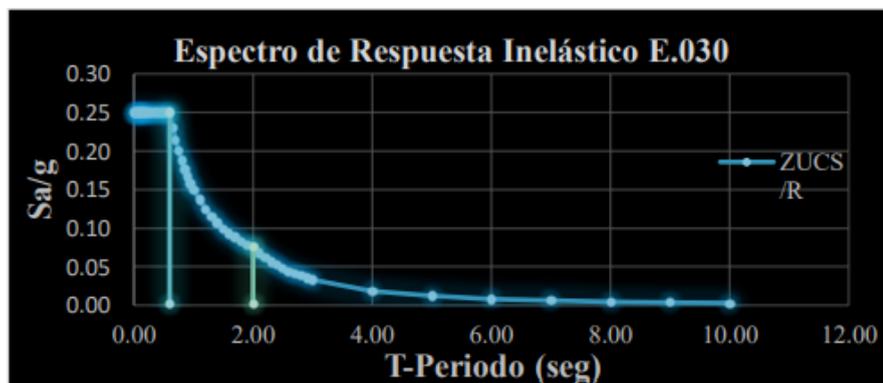
(fuente: elaboración del tesista)

Anexo 14:

Análisis Dinámico

Espectro respuesta en el eje X, Y			
T	C	ZUCS/R	sa
0.00	2.50	0.25	2.45
0.02	2.50	0.25	2.45
0.04	2.50	0.25	2.45
0.06	2.50	0.25	2.45
0.08	2.50	0.25	2.45
0.1	2.50	0.25	2.45
0.12	2.50	0.25	2.45
0.14	2.50	0.25	2.45
0.16	2.50	0.25	2.45
0.18	2.50	0.25	2.45
0.2	2.50	0.25	2.45
0.25	2.50	0.25	2.45
0.3	2.50	0.25	2.45
0.35	2.50	0.25	2.45
0.4	2.50	0.25	2.45
0.45	2.50	0.25	2.45
0.5	2.50	0.25	2.45
0.55	2.50	0.25	2.45
0.6	2.50	0.25	2.45
0.65	2.31	0.23	2.26
0.7	2.14	0.21	2.10
0.75	2.00	0.20	1.96
0.8	1.88	0.19	1.84
0.85	1.76	0.18	1.73
0.9	1.67	0.17	1.64
0.95	1.58	0.16	1.55
1	1.50	0.15	1.47

Espectro respuesta en el eje X, Y			
T	C	ZUCS/R	sa
1.1	1.36	0.14	1.34
1.2	1.25	0.13	1.23
1.3	1.15	0.12	1.13
1.4	1.07	0.11	1.05
1.5	1.00	0.10	0.98
1.6	0.94	0.09	0.92
1.7	0.88	0.09	0.87
1.8	0.83	0.08	0.82
1.9	0.79	0.08	0.77
2	0.75	0.08	0.74
2.1	0.68	0.07	0.67
2.2	0.62	0.06	0.61
2.3	0.57	0.06	0.56
2.4	0.52	0.05	0.51
2.5	0.48	0.05	0.47
2.6	0.44	0.04	0.44
2.7	0.41	0.04	0.40
2.8	0.38	0.04	0.38
2.9	0.36	0.04	0.35
3	0.33	0.03	0.33
4	0.19	0.02	0.18
5	0.12	0.01	0.12
6	0.08	0.01	0.08
7	0.06	0.01	0.06
8	0.05	0.00	0.05
9	0.04	0.00	0.04
10	0.03	0.00	0.03



Anexo 15: Masa participativa o efectiva

Modo	Periodo (Seg)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RZ
1	0.481	0.2086	0.5552	0	0.2086	0.5552	0	0.0098
2	0.474	0.567	0.2086	0	0.7756	0.7638	0	1.09E-02
3	0.367	0.0198	0.0008	0	0.7953	0.7646	0	0.6912
4	0.169	0.0323	0.0317	0	0.8276	0.7963	0	0.0813
5	0.155	0.0442	0.0943	0	0.8718	0.8906	0	0.0008
6	0.146	0.0454	0.0224	0	0.9173	0.913	0	0.0877
7	0.087	0.0376	0.0059	0	0.9549	0.9189	0	0.0088
8	0.08	0.0093	0.0414	0	0.9642	0.9603	0	0.0026
9	0.072	0.0035	0.0057	0	0.9677	0.966	0	0.0558
10	0.057	9.30E-03	2.80E-03	0	0.977	0.9688	0	0.0076
11	0.052	0.0081	5.40E-03	0	0.9851	0.9742	0	0.0053
12	0.05	0.0002	0.0096	0	0.9853	0.9838	0	0.0088
13	0.042	0.0089	9.00E-04	0	0.9942	0.9848	0	0.0011
14	0.039	0.0009	0.0101	0	0.9951	0.9949	0	5.00E-04
15	0.035	0.0001	1.00E-04	0	0.9952	0.995	0	3.60E-03
16	0.034	1.00E-04	4.00E-04	0	0.9954	0.9954	0	1.55E-02
17	0.033	3.97E-05	1.80E-05	0	0.9954	0.9955	0	1.80E-05
18	0.032	0.0025	2.00E-04	0	0.998	0.9957	0	0.0006
19	0.03	0.0005	1.80E-03	0	0.9984	0.9975	0	7.00E-04
20	0.03	0.0002	9.16E-06	0	0.9986	0.9975	0	2.00E-04
21	0.029	4.00E-04	0.0007	0	0.9991	0.9981	0	1.00E-04

Anexo 16: Derivas del análisis dinámico:

Nivel	Load Case	Altura de entrepiso (m)	UX (m)	UX Relativo (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Derivas E.030 ≤ 0.007
7	S_DinX Max	2.8	0.02332	0.00187	0.00067	0.0027	(CUMPLE)
6	S_DinX Max	2.8	0.02145	0.00267	0.00095	0.0038	(CUMPLE)
5	S_DinX Max	2.8	0.01878	0.00320	0.00114	0.0046	(CUMPLE)
4	S_DinX Max	3.2	0.01558	0.00404	0.00126	0.0051	(CUMPLE)
3	S_DinX Max	3.2	0.01154	0.00426	0.00133	0.0053	(CUMPLE)
2	S_DinX Max	3.2	0.00729	0.00414	0.00129	0.0052	(CUMPLE)
1	S_DinX Max	3.7	0.00315	0.00315	0.00085	0.0034	(CUMPLE)

Nivel	Load Case	Altura de entrepiso (m)	UY (m)	UY Relativo (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Derivas E.030 ≤ 0.007
7	S DinY Max	2.8	0.0268	0.0029	0.0010	0.0041	(CUMPLE)
6	S DinY Max	2.8	0.0239	0.0038	0.0014	0.0054	(CUMPLE)
5	S DinY Max	2.8	0.0201	0.0036	0.0013	0.0051	(CUMPLE)
4	S DinY Max	3.2	0.0165	0.0045	0.0014	0.0056	(CUMPLE)
3	S DinY Max	3.2	0.0121	0.0045	0.0014	0.0057	(CUMPLE)
2	S DinY Max	3.2	0.0075	0.0043	0.0013	0.0054	(CUMPLE)
1	S DinY Max	3.7	0.0032	0.0032	0.0009	0.0035	(CUMPLE)

ANEXO 17

Análisis dinámico R=1

T	C	ZUCS/R	sa
0.00	2.50	1.75	17.1675
0.02	2.50	1.75	17.1675
0.04	2.50	1.75	17.1675
0.06	2.50	1.75	17.1675
0.08	2.50	1.75	17.1675
0.1	2.50	1.75	17.1675
0.12	2.50	1.75	17.1675
0.14	2.50	1.75	17.1675
0.16	2.50	1.75	17.1675
0.18	2.50	1.75	17.1675
0.2	2.50	1.75	17.1675
0.25	2.50	1.75	17.1675
0.3	2.50	1.75	17.1675
0.35	2.50	1.75	17.1675
0.4	2.50	1.75	17.1675
0.45	2.50	1.75	17.1675
0.5	2.50	1.75	17.1675
0.55	2.50	1.75	17.1675
0.6	2.50	1.75	17.1675
0.65	2.31	1.62	15.8469
0.7	2.14	1.50	14.715
0.75	2.00	1.40	13.734
0.8	1.88	1.31	12.8756
0.85	1.76	1.24	12.1182
0.9	1.67	1.17	11.445
0.95	1.58	1.11	10.8426
1	1.50	1.05	10.3005

T	C	ZUCS/R	sa
1.1	1.36	0.95	9.36409
1.2	1.25	0.88	8.58375
1.3	1.15	0.81	7.92346
1.4	1.07	0.75	7.3575
1.5	1.00	0.70	6.867
1.6	0.94	0.66	6.43781
1.7	0.88	0.62	6.05912
1.8	0.83	0.58	5.7225
1.9	0.79	0.55	5.42132
2	0.75	0.53	5.15025
2.1	0.68	0.48	4.67143
2.2	0.62	0.43	4.2564
2.3	0.57	0.40	3.89433
2.4	0.52	0.36	3.57656
2.5	0.48	0.34	3.29616
2.6	0.44	0.31	3.04749
2.7	0.41	0.29	2.82593
2.8	0.38	0.27	2.62768
2.9	0.36	0.25	2.44958
3	0.33	0.23	2.289
4	0.19	0.13	1.28756
5	0.12	0.08	0.82404
6	0.08	0.06	0.57225
7	0.06	0.04	0.42043
8	0.05	0.03	0.32189
9	0.04	0.03	0.25433
10	0.03	0.02	0.20601

Anexo 18: Derivas inelásticas del Análisis Dinámico con un R = 1

Nivel	Diafragma	Load Case	Altura de entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Derivas E.030 ≤ 0.007	Derivas E.030 max. ≤ 0.00875	Deriva Hazus ≤ 0.0035
7	D7	S_DINAC R=1 X Max	2.8	0.131723	0.010397	0.0037	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(CUMPLE)
6	D6	S_DINAC R=1 X Max	2.8	0.121326	0.014794	0.0053	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)
5	D5	S_DINAC R=1 X Max	2.8	0.106532	0.017741	0.0063	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)
4	D4	S_DINAC R=1 X Max	3.2	0.088791	0.023096	0.0072	(NO PASA)	(CUMPLE)	(NO PASA)
3	D3	S_DINAC R=1 X Max	3.2	0.065695	0.024290	0.0076	(NO PASA)	(CUMPLE)	(NO PASA)
2	D2	S_DINAC R=1 X Max	3.2	0.041405	0.023493	0.0073	(NO PASA)	(CUMPLE)	(NO PASA)
1	D1	S_DINAC R=1 X Max	3.7	0.017912	0.017912	0.0048	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)

(fuente: elaboración del tesista)

Nivel	Diafragma	Load Case	Altura de entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Derivas E.030 ≤ 0.007	Derivas E.030 max. ≤ 0.00875	Deriva Hazus ≤ 0.0035
7	D7	S_R_1_YY Max	2.8	0.141730	0.015452	0.0055	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)
6	D6	S_R_1_YY Max	2.8	0.126278	0.019591	0.0070	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)
5	D5	S_R_1_YY Max	2.8	0.106687	0.021596	0.0077	(NO PASA)	(CUMPLE)	(NO PASA)
4	D4	S_R_1_YY Max	3.2	0.085091	0.023502	0.0073	(NO PASA)	(CUMPLE)	(NO PASA)
3	D3	S_R_1_YY Max	3.2	0.061589	0.023543	0.0074	(NO PASA)	(CUMPLE)	(NO PASA)
2	D2	S_R_1_YY Max	3.2	0.038046	0.022033	0.0069	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)
1	D1	S_R_1_YY Max	3.7	0.016013	0.016013	0.0043	(CUMPLE)	(CUMPLE)	(NO PASA)

(fuente: elaboración del tesista)