



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO  
VISCOSO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO  
CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR  
DE SIPÁN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

**Bach. Cuyán Barboza Arlinton Edwin**

**<https://orcid.org/0000-0002-8313-2329>**

**Asesor:**

**Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro**

**<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel - Perú**

**2020**

**“INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO  
VISCOSO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO  
CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE  
SIPÁN”**

Aprobación de tesis:

---

Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

**Asesor:**

---

Mg. Marín Bardales Noé Humberto

**Presidente:**

---

Mg. Villegas Granados Luis Mariano

**Secretario:**

---

Mg. Salinas Vasquez Nestor Raul

**Vocal:**

## DEDICATORIA

Dedico la presente investigación:

A mis padres Imer y Elid, ustedes con su esfuerzo, dedicación y amor han hecho posible que este sueño se haga realidad, gracias por inculcar en mi persona tantos valores dignos y buenos que hoy son su reflejo.

A mis hermanas Jenny y Janeth, por sus muestras de cariño, apoyo moral y ejemplos de vidas a pesar de sus cortos años de vida, gracias por estar conmigo en todo momento.

A ustedes principalmente quienes han sido y serán el motor de mi vida, mis acompañantes en este largo camino, estaré eternamente agradecido con ustedes por todos sus consejos, su amor y comprensión.

Arlinton Edwin Cuyán Barboza

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por darme la vida y salud, guiando siempre mi camino.

A las autoridades y personal docente de la Universidad Señor de Sipán por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizarme como profesional.

De manera particular al Mg. Ing. Sócrates Pedro Muños Pérez, por su carácter motivador y asesoramiento metodológico.

Finalmente, al Mg. Ing. Noe Humberto Marín Bardales por sus aportes y conocimientos incondicionales en el desarrollo de esta investigación, y por enseñarme a querer y admirar esta rama tan hermosa como lo es la ingeniería estructural.

## RESUMEN

Actualmente muchas zonas de Perú se encuentran en una etapa de silencio sísmico, por lo tanto, es indispensable evaluar, diagnosticar y/o reforzar las edificaciones, el objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán, por lo tanto se evaluó el desempeño sísmico y estructural de la edificación actual en base a las normas E030, E060 y E070, posteriormente se incorporaron estos dispositivos para medir su eficiencia siguiendo los lineamientos de la norma ASCE 7-10, los resultados demuestran la eficiencia de estos dispositivos gracias al amortiguamiento viscoso adicionado el cual fue cercano al 20%, absorbiendo el mayor porcentaje de la energía sísmica, mayor al 80%, logrando así reducir los desplazamientos laterales entre un 52.85% y 81.49%, los esfuerzos internos referente a momentos y cortantes en columnas entre 58.25% y 82.37%, y por lo tanto las áreas de acero, además su implementación es relativamente más rápida, confirmando así que estos son aptos para el reforzamiento estructural.

**Palabras clave:** Silencio sísmico, Disipadores de Fluido Viscoso, Amortiguamiento, Reforzamiento Estructural.

## **ABSTRACT**

Currently many areas of Peru are in a stage of seismic silence, therefore, it is essential to evaluate, diagnose and / or reinforce the buildings, the objective of this research was to determine the influence of viscous fluid dissipators in the reinforcement of the Cultural Center building of the Señor de Sipán University, therefore the seismic and structural performance of the current building was evaluated based on the E030, E060 and E070 standards, later these devices were incorporated to measure their efficiency following the guidelines of the standard ASCE 7-10, the results demonstrate the efficiency of these devices thanks to the added viscous damping which was close to 20%, absorbing the highest percentage of seismic energy, greater than 80%, thus reducing lateral displacements by 52.85%. and 81.49%, the internal forces referring to moments and shear in columns between 58.25% and 82.37%, and therefore the area s of steel, in addition its implementation is relatively faster, thus confirming that these are suitable for structural reinforcement

**Keywords:** Seismic Hazard, Seismic Analysis, Viscous Fluid Dissipators, Damping, Drifts, Design, Structural Reinforcement.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 Realidad Problemática .....	18
1.1.1 Internacional .....	18
1.1.2 Nacional.....	20
1.1.3 Local .....	21
1.2 Trabajos Previos .....	22
1.2.1 A nivel internacional .....	22
1.2.2 A nivel nacional.....	24
1.2.3 A nivel local .....	25
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	25
1.3.1 Amenaza Sísmica .....	25
1.3.2 Análisis Sísmico .....	27
1.3.2.1 Análisis Estático .....	28
1.3.2.1.1 Periodo fundamental de vibración.....	29
1.3.2.1.2 Fuerza cortante en la base .....	29
1.3.2.1.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en altura.....	30
1.3.2.1.4 Excentricidad accidental .....	30
1.3.2.2 Análisis Dinámico.....	31
1.3.2.2.1 Modos de Vibración .....	31
1.3.2.2.2 Aceleración Espectral.....	32
1.3.2.2.3 Fuerza cortante mínima.....	32
1.3.2.2.4 Excentricidad accidental (Efecto de torsión) .....	32
1.3.2.3 Análisis Tiempo – Historia .....	33
1.3.2.3.1 Registros de aceleración.....	33
1.3.2.3.2 Componentes de aceleración Horizontal.....	33
1.3.2.3.3 Factor de escalamiento .....	33
1.3.3 Diseño Sismorresistente .....	34
1.3.4 Sistemas de Protección Sísmica .....	35
1.3.5 Disipadores de Energía.....	36
1.3.5.1 Disipadores de Fluido Viscoso .....	37
1.3.5.2 Fuerza en el Disipador .....	37
1.3.5.3 Amortiguamiento .....	38
1.3.5.4 Rigidez del Brazo Metálico .....	38

1.3.6	Reforzamiento estructural local.....	39
1.3.6.1	Modificación de respuesta amortiguada .....	39
1.3.6.2	Técnicas de reforzamiento .....	40
1.3.6.2.1	Encamisado con concreto armado.....	40
1.4	Formulación del Problema.....	41
1.5	Justificación e importancia del estudio .....	41
1.5.1	Justificación Técnica .....	41
1.5.2	Justificación Social .....	41
1.6	Hipótesis .....	41
1.7	Objetivos .....	41
1.7.1	Objetivo General.....	41
1.7.2	Objetivos Específicos .....	41
II.	METODO.....	42
2.1	Tipo y Diseño de Investigación .....	42
2.1.1	Tipo de Investigación .....	42
2.1.2	Diseño de Investigación.....	42
2.2	Variable, Operacionalización.....	42
2.2.1	Variable Independiente.....	42
2.2.2	Variable Dependiente .....	42
2.3	Población y muestra.....	45
2.3.1	Población .....	45
2.3.2	Muestra .....	45
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	45
2.4.1	Observación .....	45
2.4.2	Análisis de documentos .....	45
2.4.3	Instrumentos de recolección de datos.....	45
2.5	Procedimiento de análisis de datos .....	45
2.6	Criterios éticos .....	45
2.7	Criterios de rigor científico.....	46
III.	RESULTADOS.....	46
3.1	Resultados en tablas y figuras.....	46
3.1.1	Descripción 1 - Características geotécnicas del suelo.....	46
3.1.2	Descripción 2 - Desempeño sísmico y estructural .....	46
3.1.1	Descripción 3 – Incorporación de los disipadores de fluido viscoso .....	55

3.1.2	Descripción 4 - Reforzamiento de los elementos estructurales.....	70
3.1.3	Otros resultados .....	75
3.2	Discusión de resultados .....	83
3.2.1	Discusión 1 .....	83
3.2.2	Discusión 2 .....	83
3.2.3	Discusión 3 .....	84
3.2.4	Discusión 4 .....	85
3.3	Conclusiones y recomendaciones .....	85
3.3.1	Conclusiones.....	85
3.3.2	Recomendaciones .....	88
	Bibliografía.....	89
IV.	ANEXOS.....	94
4.1	Anexo 01 - Matriz de consistencia.....	94
4.2	Anexo 02 – Instrumentos .....	96
4.3	Anexo 03 - Informes de laboratorio.....	114
4.4	Anexo 04 - Desarrollo de resultados.....	119
4.5	Anexo 05 – Evidencias fotográficas .....	231

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Periodo fundamental .....	29
Fórmula 2: Cortante basal estática .....	29
Fórmula 3: Relación mínima en la base .....	30
Fórmula 4: Fuerza sísmica horizontal .....	30
Fórmula 5: Coeficiente de distribución de fuerza sísmica horizontal .....	30
Fórmula 6: Exponente relacionado al periodo fundamental.....	30
Fórmula 7: Momento torsor accidental .....	31
Fórmula 8: Espectro de pseudo aceleraciones .....	32
Fórmula 9: Energía absoluta de entrada .....	34
Fórmula 10: Fuerza en el disipador .....	37
Fórmula 11: Factor que reduce la respuesta sísmica .....	38
Fórmula 12: Rigidez del dispositivo.....	38
Fórmula 13: Reducción de fuerza cortante.....	39
Fórmula 14: Fuerza cortante mínima de diseño ASCE 7-10.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa de sismicidad global y ubicación de las principales fuentes sismogénicas en el mundo .....	26
<b>Figura 2:</b> Zonas Sísmicas del Perú .....	27
<b>Figura 3:</b> Edificio Convencional Vs Edificio con Disipadores de Fluido Viscoso.....	35
<b>Figura 4:</b> Sistemas Modernos de Protección Sísmica .....	36
<b>Figura 5:</b> Clasificación de los Disipadores de Energía .....	36
<b>Figura 6:</b> Funcionamiento del disipador de Fluido Viscoso .....	37
<b>Figura 7:</b> Encamisado en concreto reforzado de una columna.....	40
<b>Figura 8:</b> Encamisado en concreto reforzado de una viga y de cimentación .....	40
<b>Figura 9:</b> Diagrama de flujo de Procesos .....	45
<b>Figura 10:</b> Derivas de entrepiso- Estructura actual– Módulo I y III .....	47
<b>Figura 11:</b> Derivas de entrepiso- Estructura actual – Módulo I y III .....	47
<b>Figura 12:</b> Escalamiento de registros sísmicos a R=1 .....	55
<b>Figura 13:</b> Distorsiones de entrepiso en X - Módulo I y III - Análisis lineal tiempo historia .....	56
<b>Figura 14:</b> Distorsiones de entrepiso en Y - Módulo I y III - Análisis lineal tiempo historia .....	56
<b>Figura 15:</b> Distorsiones de entrepiso en X - Módulo II- Análisis lineal tiempo historia ..	57
<b>Figura 16:</b> Distorsiones de entrepiso en Y - Módulo II- Análisis lineal tiempo historia ..	57
<b>Figura 17:</b> Distorsiones de entrepiso en X- Módulo I y III - Análisis no lineal tiempo historia .....	58
<b>Figura 18:</b> Distorsiones de entrepiso en Y- Módulo I y III - Análisis no lineal tiempo historia .....	58
<b>Figura 19:</b> Distorsiones de entrepiso en X- Módulo II - Análisis no lineal tiempo historia .....	59
<b>Figura 20:</b> Distorsiones de entrepiso en Y- Módulo II - Análisis no lineal tiempo historia .....	59
<b>Figura 21:</b> Comportamiento hysterético en X – Módulo I y III.....	62
<b>Figura 22:</b> Comportamiento hysterético en Y – Módulo I y III.....	62
<b>Figura 23:</b> Comportamiento hysterético en X – Módulo II.....	63
<b>Figura 24:</b> Comportamiento hysterético en Y – Módulo II.....	63
<b>Figura 25:</b> Balance de energía módulo I y III .....	64
<b>Figura 26:</b> Balance de energía módulo I y III .....	65
<b>Figura 27:</b> Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo I y III - Eje X.....	68
<b>Figura 28:</b> Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo I y III - Eje Y.....	68
<b>Figura 29:</b> Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo II - Eje X. ....	69
<b>Figura 30:</b> Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo II - Eje Y. ....	69
<b>Figura 31:</b> Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo I y III.....	75
<b>Figura 32:</b> Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo II.....	76
<b>Figura 33:</b> Presiones admisibles en el terreno – Módulo I y III.....	77

<b>Figura 34:</b> Presiones admisibles en el terreno – Módulo II.....	77
<b>Figura 35:</b> Presiones admisibles controladas en el terreno – Módulo I y III .....	81
<b>Figura 36:</b> Presiones admisibles controladas en el terreno – Módulo I y III .....	81
<b>Figura 37:</b> Croquis de Ubicación.....	119
<b>Figura 38:</b> Estructura actual- módulo I y III (Planta típica).....	122
<b>Figura 39:</b> Modelo 3D – Estructura actual- módulo I y III.....	123
<b>Figura 40:</b> Estructura actual- módulo II (Planta típica).....	124
<b>Figura 41:</b> Modelo 3D – Estructura actual- módulo II.....	125
<b>Figura 42:</b> Estructura propuesta – módulo I y III (Planta típica) .....	126
<b>Figura 43:</b> Modelo 3D – Estructura propuesta - módulo I y III.....	127
<b>Figura 44:</b> Estructura propuesta - módulo II (Planta típica).....	128
<b>Figura 45:</b> Modelo 3D – Estructura propuesta- módulo II.....	129
<b>Figura 46:</b> Estructura con disipadores de fluido viscoso – módulo I y III (Planta típica) .....	130
<b>Figura 47:</b> Modelo 3D - Estructura con Disipadores de fluido viscoso - módulo I y III	131
<b>Figura 48:</b> Vista lateral – Eje A’ – Estructura con DFV – Módulo I y III .....	132
<b>Figura 49:</b> Vista lateral – Eje 2 – Estructura con DFV – Módulo I y III .....	133
<b>Figura 50:</b> Estructura con disipadores de fluido viscoso – módulo II (Planta típica) .....	134
<b>Figura 51:</b> Modelo 3D - Estructura con Disipadores de fluido viscoso - módulo II.....	135
<b>Figura 52:</b> Vista lateral – Eje A – Estructura con DFV – Módulo II .....	136
<b>Figura 53:</b> Vista lateral – Eje 1 – Estructura con DFV – Módulo II.....	137
<b>Figura 54:</b> Cimentación actual -Módulo I y III – Planta típica.....	138
<b>Figura 55:</b> Cimentación actual -Módulo I y III – Vista lateral eje 3 .....	138
<b>Figura 56:</b> Cimentación actual -Módulo I y III – Vista lateral eje E .....	138
<b>Figura 57:</b> Cimentación actual -Módulo II– Planta típica.....	139
<b>Figura 58:</b> Cimentación actual -Módulo II – Vista lateral eje 2.....	139
<b>Figura 59:</b> Cimentación actual -Módulo II – Vista lateral eje A.....	139
<b>Figura 60:</b> Cimentación reforzada -Módulo I y III – Planta típica.....	140
<b>Figura 61:</b> Cimentación reforzada -Módulo I y III – Vista lateral eje 3 .....	140
<b>Figura 62:</b> Cimentación reforzada -Módulo I y III – Vista lateral eje E.....	140
<b>Figura 63:</b> Cimentación reforzada -Módulo II– Planta típica .....	141
<b>Figura 64:</b> Cimentación reforzada -Módulo II – Vista lateral eje 2 .....	141
<b>Figura 65:</b> Cimentación reforzada -Módulo II – Vista lateral eje A .....	141
<b>Figura 66:</b> Espectro en X – Estructura actual – Módulo I y III.....	143
<b>Figura 67:</b> Espectro en Y – Estructura actual – Módulo I y III.....	143
<b>Figura 68:</b> Espectro en X – Estructura actual – Módulo II .....	144
<b>Figura 69:</b> Espectro en Y – Estructura actual – Módulo II .....	144
<b>Figura 70:</b> Espectro en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo I y III.....	149
<b>Figura 71:</b> Espectro en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo II.....	149
<b>Figura 72:</b> Componente de aceleración E-W, Moquegua 2001 .....	152
<b>Figura 73:</b> Componente de aceleración N-S, Moquegua 2001 .....	152
<b>Figura 74:</b> Componente de aceleración E-W, Ica 2007 .....	153
<b>Figura 75:</b> Componente de aceleración N-S, Ica 2007.....	153
<b>Figura 76:</b> Componente de aceleración E-W, Piura 2021 .....	153
<b>Figura 77:</b> Componente de aceleración E-W, Piura 2021 .....	154
<b>Figura 78:</b> Espectro de pseudo-aceleraciones elástico R=1 .....	155

<b>Figura 79:</b> Espectro reducido ( $R_o=8$ ) en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo I y III .....	165
<b>Figura 80:</b> Espectro reducido ( $R_o=10.67$ ) en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo II .....	166
<b>Figura 81:</b> Sección reforzada de vigas .....	192
<b>Figura 82:</b> Sección de diseño – Columna circular -Etabs 2018 .....	194
<b>Figura 83:</b> Sección de diseño – Columna rectangular -Etabs 2018.....	194
<b>Figura 84:</b> Diagrama de interacción columna circular (PvsM3) – Eje 3y E – Estructura actual.....	194
<b>Figura 85:</b> Diagrama de interacción columna circular (PvsM2) – Eje 3y E – Estructura actual.....	195
<b>Figura 86:</b> Sección de diseño – Sección circular reforzada – Etabs 2018.....	203
<b>Figura 87:</b> Sección de diseño – Sección rectangular reforzada – Etabs 2018.....	203
<b>Figura 88:</b> Sección reforzada – Columna rectangular .....	205
<b>Figura 89:</b> Sección reforzada – Columna circular.....	206
<b>Figura 90:</b> Decremento logarítmico – Módulo I y III – Eje x .....	209
<b>Figura 91:</b> Decremento logarítmico – Módulo I y III – Eje y .....	210
<b>Figura 92:</b> Decremento logarítmico – Módulo II – Eje x.....	210
<b>Figura 93:</b> Decremento logarítmico – Módulo II – Eje y.....	211
<b>Figura 94:</b> Configuración Horquilla - Horquilla .....	219
<b>Figura 95:</b> Configuración Horquilla – Placa base .....	219
<b>Figura 96:</b> Excavación de calicata en los Sauces – Pimentel.....	231
<b>Figura 97:</b> Trabajo de excavación culminado .....	231
<b>Figura 98:</b> Pesado y puesta en horno de muestras de suelo– Ensayo de contenido de humedad .....	232
<b>Figura 99:</b> Retiro de horno y pesado de muestras de suelo – Ensayo de contenido de humedad .....	232
<b>Figura 100:</b> Tamizado de muestra tamiz N°40 y puesta en agua destilada – Límites de Atterberg.....	232
<b>Figura 101:</b> Copa Casagrande y enrollado de masa – Ensayo de límite líquido y límite plástico.....	232
<b>Figura 102:</b> Lavado de masa y secado natural – Ensayo de análisis granulométrico .....	232
<b>Figura 103:</b> Tamizado de muestras – Ensayo para análisis granulométrico .....	232
<b>Figura 104:</b> Agua destilada en muestras de suelo - Ensayo de sales solubles totales .....	232
<b>Figura 105:</b> Filtrado de muestra, pesado y puesta en horno – Ensayo de sales solubles totales.....	232
<b>Figura 106:</b> Ensayo de corte directo.....	232

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Niveles de Amenaza sísmica .....	28
<b>Tabla 2</b>	Límites para la Distorsión de Entrepiso .....	28
<b>Tabla 3</b>	Coefficiente de amortiguación .....	39
<b>Tabla 4</b>	Variable Independiente .....	43
<b>Tabla 5</b>	Variable dependiente .....	44
<b>Tabla 6</b>	Características físicas y resistencias del suelo.....	46
<b>Tabla 7</b>	Levantamiento estructural –Módulos existentes- Edificio Centro cultural de la USS.....	46
<b>Tabla 8</b>	Factores de Irregularidad – Estructura actual – Módulo I, II, III .....	48
<b>Tabla 9</b>	Diseño de muros de albañilería - Módulo I y III .....	49
<b>Tabla 10</b>	Diseño de muros de albañilería - Módulo II.....	50
<b>Tabla 11</b>	Diseño a flexión de vigas módulo I, II y III -Estructura actual .....	51
<b>Tabla 12</b>	Diseño a cortante en vigas módulo I, II y III – Estructura actual.....	52
<b>Tabla 13</b>	Diseño a flexocompresión módulo I, II y III – Estructura actual .....	53
<b>Tabla 14</b>	Diseño a cortante en columnas módulo I, II y III – Estructura actual.....	54
<b>Tabla 15</b>	Coefficiente de amortiguamiento y exponente de velocidad – Módulo I y III....	60
<b>Tabla 16</b>	Coefficiente de amortiguamiento y exponente de velocidad – Módulo I y III....	61
<b>Tabla 17</b>	Amortiguamiento viscoso - Módulo I, II y III.....	61
<b>Tabla 18</b>	Energía disipada en el módulo I y III .....	64
<b>Tabla 19</b>	Energía disipada en el módulo II.....	65
<b>Tabla 20</b>	Elección de fuerza en el disipador – Taylor Devices – Módulo I y III .....	66
<b>Tabla 21</b>	Elección de fuerza en el disipador – Taylor Devices – Módulo II.....	66
<b>Tabla 22</b>	Diseño de la sección tubular – Módulo I, II y III .....	67
<b>Tabla 23</b>	Factor de reducción de fuerza sísmica – ASCE 7-10 .....	70
<b>Tabla 24</b>	Reducción de área de acero longitudinal en columnas – Módulo II .....	70
<b>Tabla 25</b>	Reducción de área de acero longitudinal en columnas – Módulo I y III.....	71
<b>Tabla 26</b>	Reducción de área de acero longitudinal en vigas – Módulo II .....	71
<b>Tabla 27</b>	Reducción de área de acero longitudinal en vigas – Módulo I y III.....	72
<b>Tabla 28</b>	Área de acero adicional por flexión en viga 30x85 – Módulo II.....	73
<b>Tabla 29</b>	Área de acero adicional por flexión en viga de 25x65 – Módulo II.....	73
<b>Tabla 30</b>	Área de acero adicional por flexocompresión en columnas – Módulo I y III ....	74
<b>Tabla 31</b>	Área de acero adicional por flexocompresión en columnas – Módulo II.....	74
<b>Tabla 32</b>	Levantamiento estructural – Módulos propuestos – Edificio Centro Cultural de la uss .....	75
<b>Tabla 33</b>	Factores de irregularidad – Estructura propuesta – Módulo I, II, III .....	76
<b>Tabla 34</b>	Diseño de zapatas - Módulo I, II y III .....	78
<b>Tabla 35</b>	Asentamiento diferencial – Módulo I, II y III .....	79
<b>Tabla 36</b>	Diseño a flexión en vigas de cimentación – Módulo I, II y III .....	79
<b>Tabla 37</b>	Diseño a cortante en vigas de cimentación – Módulo I, II y III.....	80
<b>Tabla 38</b>	Diseño y verificación de zapatas - Módulo I, II y III .....	82
<b>Tabla 39</b>	Diseño y verificación a flexión en vigas de cimentación – Módulo I, II y III ....	83
<b>Tabla 40</b>	Datos para cálculo de capacidad portante en cimentación continua .....	120
<b>Tabla 41</b>	Datos para cálculo de capacidad portante en cimentación aislada .....	120
<b>Tabla 42</b>	Resumen análisis dinámico – Estructura actual – Módulo I, II, III.....	145

<b>Tabla 43</b>	Distorsiones de entrepiso -Estructura actual-Módulo I y III .....	146
<b>Tabla 44</b>	Distorsiones de entrepiso -Estructura actual-Módulo II.....	146
<b>Tabla 45</b>	Resumen análisis estático – Estructura actual – Módulo I, II, III .....	147
<b>Tabla 46</b>	Resumen análisis dinámico – Estructura propuesta – Módulo I, II, III.....	149
<b>Tabla 47</b>	Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo I y III.....	150
<b>Tabla 48</b>	Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo II .....	150
<b>Tabla 49</b>	Resumen análisis estático – Estructura propuesta – Módulo I, II y III .....	151
<b>Tabla 50</b>	Aceleraciones máximas – Registros sísmicos originales .....	154
<b>Tabla 51</b>	Aceleraciones máximas – Registros sísmicos filtrados (Sismosignal).....	154
<b>Tabla 52</b>	Aceleraciones máximas – Registros sísmicos escalados (R=1) .....	154
<b>Tabla 53</b>	Escalamiento de registros sísmicos .....	156
<b>Tabla 54</b>	Distorsiones de entrepiso en X – Módulo I y III - Análisis tiempo historia lineal .....	157
<b>Tabla 55</b>	Distorsiones de entrepiso en Y – Módulo I y III - Análisis tiempo historia lineal .....	157
<b>Tabla 56</b>	Distorsiones de entrepiso en X – Módulo II- Análisis tiempo historia lineal ..	158
<b>Tabla 57</b>	Distorsiones de entrepiso en X – Módulo II- Análisis tiempo historia lineal ..	158
<b>Tabla 58</b>	Distorsiones de entrepiso en X – Módulo I y III - Análisis tiempo historia no lineal .....	159
<b>Tabla 59</b>	Distorsiones de entrepiso en Y – Módulo I y III - Análisis tiempo historia no lineal .....	159
<b>Tabla 60</b>	Distorsiones de entrepiso en X – Módulo II - Análisis tiempo historia no lineal .....	160
<b>Tabla 61</b>	Distorsiones de entrepiso en Y – Módulo II - Análisis tiempo historia no lineal .....	160
<b>Tabla 62</b>	Comparativa de distorsiones de entrepiso – Módulo I y III .....	161
<b>Tabla 63</b>	Comparativa de distorsiones de entrepiso – Módulo II.....	161
<b>Tabla 64</b>	Comparativa desplazamiento del centro de masa – Módulo I y III.....	161
<b>Tabla 65</b>	Comparativa desplazamiento del centro de masa – Módulo II .....	162
<b>Tabla 66</b>	Comparativa fuerzas cortantes en columnas – Módulo I y III .....	162
<b>Tabla 67</b>	Comparativa fuerzas cortantes en columnas – Módulo II .....	162
<b>Tabla 68</b>	Comparativa de momentos en columnas – Módulo I y III.....	163
<b>Tabla 69</b>	Comparativa de momentos en columnas – Módulo II.....	163
<b>Tabla 70</b>	Comparativa de velocidades – Módulo I y III.....	163
<b>Tabla 71</b>	Comparativa de velocidades – Módulo II.....	164
<b>Tabla 72</b>	Comparativa de aceleraciones – Módulo I y III .....	164
<b>Tabla 73</b>	Comparativa de aceleraciones – Módulo II.....	164
<b>Tabla 74</b>	Resumen análisis dinámico – Espectro reducido – Módulo I, II, III.....	166
<b>Tabla 75</b>	Resumen análisis estático – (Ro=ASCE 7-10) – Módulo I, II y III .....	167
<b>Tabla 76</b>	Densidad mínima de muros – Estructura actual .....	169
<b>Tabla 77</b>	Diseño de muros de albañilería - Módulo I y III - Nivel 1 .....	170
<b>Tabla 78</b>	Diseño de muros de albañilería - Módulo I y III - Nivel 2-5.....	171
<b>Tabla 79</b>	Diseño de muros de albañilería - Módulo II - Nivel 1.....	172
<b>Tabla 80</b>	Diseño de muros de albañilería - Módulo II - Nivel 2-5 .....	173
<b>Tabla 81</b>	Geometría, condiciones y límites de diseño a flexión .....	174
<b>Tabla 82</b>	Área de acero existente en vigas.....	175

<b>Tabla 83</b> Resumen diseño a flexión módulo I y III – Estructura actual .....	176
<b>Tabla 84</b> Resumen diseño a flexión módulo II– Estructura actual .....	177
<b>Tabla 85</b> Resumen diseño a flexión módulo I y III – Estructura propuesta .....	178
<b>Tabla 86</b> Resumen diseño a flexión módulo II– Estructura propuesta.....	179
<b>Tabla 87</b> Resumen diseño a flexión módulo I y III – Espectro reducido .....	180
<b>Tabla 88</b> Resumen diseño a flexión módulo II– Espectro reducido.....	181
<b>Tabla 89</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante .....	182
<b>Tabla 90</b> Resumen diseño a cortante módulo I y III– Estructura actual.....	183
<b>Tabla 91</b> Resumen diseño a cortante módulo II– Estructura actual .....	183
<b>Tabla 92</b> Resumen diseño a cortante módulo I y III– Estructura propuesta.....	184
<b>Tabla 93</b> Resumen diseño a cortante módulo II– Estructura propuesta .....	184
<b>Tabla 94</b> Resumen diseño a cortante módulo I y III– Espectro reducido.....	185
<b>Tabla 95</b> Resumen diseño a cortante módulo II– Espectro reducido .....	185
<b>Tabla 96</b> Cálculo de deflexiones en vigas de 30x80 cm.....	187
<b>Tabla 97</b> Cálculo de deflexiones en vigas de 30x75 cm.....	189
<b>Tabla 98</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a flexión en vigas reforzadas .....	190
<b>Tabla 99</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en vigas reforzadas ....	191
<b>Tabla 100</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a flexocompresión – columna circular.....	193
<b>Tabla 101</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a flexocompresión – columna rectangular .....	193
<b>Tabla 102</b> Resumen diseño a flexocompresión módulo I y III – Estructura actual.....	195
<b>Tabla 103</b> Resumen diseño a flexocompresión módulo II – Estructura actual .....	196
<b>Tabla 104</b> Resumen diseño a flexocompresión módulo I y III – Estructura propuesta...	196
<b>Tabla 105</b> Resumen diseño a flexocompresión módulo II – Estructura propuesta .....	196
<b>Tabla 106</b> Resumen diseño a flexocompresión módulo I y III – Espectro reducido.....	197
<b>Tabla 107</b> Resumen diseño a flexocompresión módulo II – Espectro reducido .....	197
<b>Tabla 108</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columnas circulares .....	198
<b>Tabla 109</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columnas rectangulares.....	198
<b>Tabla 110</b> Resumen diseño a cortante en columnas módulo I y III – Estructura actual..	199
<b>Tabla 111</b> Resumen diseño a cortante en columnas módulo II – Estructura actual .....	200
<b>Tabla 112</b> Resumen diseño a cortante en columnas módulo I y III – Estructura propuesta .....	200
<b>Tabla 113</b> Resumen diseño a cortante en columnas módulo II – Estructura propuesta ..	200
<b>Tabla 114</b> Resumen diseño a cortante en columnas módulo I y III – Espectro reducido	201
<b>Tabla 115</b> Resumen diseño a cortante en columnas módulo II – Espectro reducido .....	201
<b>Tabla 116</b> Geometría, condiciones y límite de diseño a flexocompresión – Columna circular reforzada.....	202
<b>Tabla 117</b> Geometría, condiciones y límite de diseño a flexocompresión – Columna rectangular reforzada .....	202
<b>Tabla 118</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columna circular reforzada .....	204
<b>Tabla 119</b> Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columna rectangular reforzada.....	204

<b>Tabla 120</b>	Parámetros de diseño para el coeficiente de amortiguamiento.....	208
<b>Tabla 121</b>	Propiedades del perfil tubular.....	208
<b>Tabla 122</b>	Rigidez del perfil metálico por niveles.....	209
<b>Tabla 123</b>	Resumen de las propiedades del disipador de fluido viscoso por nivel .....	209
<b>Tabla 124</b>	Amortiguamiento viscoso en X – Módulo I y III .....	211
<b>Tabla 125</b>	Amortiguamiento viscoso en Y – Módulo I y III .....	211
<b>Tabla 126</b>	Amortiguamiento viscoso en X – Módulo II.....	212
<b>Tabla 127</b>	Amortiguamiento viscoso en Y – Módulo II.....	212
<b>Tabla 128</b>	Catálogo de medidas de disipador en configuración Horquilla - Horquilla...	220
<b>Tabla 129</b>	Catálogo de medidas de disipador en configuración Horquilla – Placa base.	221
<b>Tabla 130</b>	Secciones de acero tubular cuadrado.....	222
<b>Tabla 131</b>	Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (1-2) entre A y B – Módulo I y III .....	223
<b>Tabla 132</b>	Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (G'-A') entre 1 y 2 – Módulo I y III .....	223
<b>Tabla 133</b>	Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (1-2) entre B y C – Módulo II.....	224
<b>Tabla 134</b>	Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (A-D) entre 1 y 2 – Módulo II.....	224
<b>Tabla 135</b>	Diseño de zapata conectada eje E – Módulo I y III.....	227
<b>Tabla 136</b>	Diseño de zapata combinada eje “D-E” – Módulo I y III .....	229
<b>Tabla 137</b>	Diseño de zapata conectada eje B – Módulo II .....	230

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

#### 1.1.1 Internacional

En los últimos años, varios terremotos importantes han sacudido las megaciudades del mundo causando daños contrastantes en términos de muertes y bienes. Haití, una pobre nación subdesarrollada fue casi aniquilada por un terremoto de magnitud 7.0 en 2010, principalmente porque el país no estaba preparado para hacer frente a tal peligro inminente, (Desikachari, 2014), por lo tanto, es de prioridad evaluar y reforzar las estructuras.

En Nepal el 25 de abril del 2015 un terremoto de magnitud 8.1 Mw con epicentro en la ciudad de Gorkha azotó a dicha nación, perjudicando también a países como la India, China y Blangadesh, afectando a más de 8 millones de personas, dichas consecuencias se debieron a que las estructuras existentes no cumplieron con los códigos de diseño sismorresistente que especifican la vulnerabilidad sísmica de la zona (Adhikari *et al.*, 2020), en ese sentido implementar dispositivos de disipación de energía toman relevancia gracias a su instalación, puesto que es relativamente más rápida que otros tipos de reforzamientos.

En Italia la secuencia del terremoto de Emilia de 2012, a pesar de ser de magnitud moderada, se caracterizó por una serie de eventos que generaron grandes daños, se informó de daños estructurales severos a aproximadamente 500 fábricas, muchas estructuras industriales de hormigón prefabricado sufrieron graves daños, en general, la secuencia resultó en 27 víctimas, daños significativos a estructuras públicas y privadas y daños al patrimonio histórico como iglesias, torres, castillos y palacios estimándose pérdidas totales de alrededor de 13 mil millones de euros (Meroni *et al.*, 2017), las estructuras que cuentan con espacios libres grandes suelen deformarse más, por lo tanto repararlas y/o reforzarlas a través de disipadores de fluido viscoso es una gran opción, ya que dependen de la velocidad.

Irán una de las zonas más propensas a sismos en el mundo ha sido sacudida por terremotos a lo largo de su historia, cuyos efectos han sido duraderos tanto en su economía como en sus ciudadanos, el terremoto de Ezgeleh-Sarpole-Zahab evidenció la gran vulnerabilidad de sus edificaciones, de estas las escuelas evaluadas para determinar su desempeño sísmico, tuvieron un rendimiento satisfactorio las escuelas de albañilería, mientras que los antiguos y apoticados experimentaron daños notorios requiriendo un reconstrucción costosa, demostrando la necesidad de determinar la vulnerabilidad de los

centros educativos y formular planes para su rehabilitación y/o reforzamiento con el fin de minimizar el nivel de daños (Samadian *et al.*, 2020).

Las edificaciones en general están expuestas a sismos de distinta magnitud, de estas las escuelas no son excluidas, diversos sismos a nivel mundial han ocasionado daños irreparables a las escuelas, los cuales han generado pérdidas de vidas humanas, teniendo presente que los estudiantes y maestros pasan gran parte de su tiempo en estas, la posibilidad de que ocurra un evento telúrico en estos establecimientos es muy alta, en Wenchuan (China) un sismo ocasionó la muerte de alrededor de 7000 niños, los sismos en Spitak (Armenia) y Cachemira (Pakistán) ocasionaron la pérdida de cerca de 16000 y 18000 menores de edad (UNCRD, 2009) citado en (Zora & Acevedo, 2019), generalmente las estructuras de instituciones educativas corresponden a estructuras de concreto armado, debido a esto su configuración es apta para la colocación de disipadores, reduciendo así el riesgo de colapso.

En México con base en un inventario detallado de más de 2458 estructuras después del terremoto del 19 de septiembre de 2017, las cuales experimentaron daños moderados hasta colapsos, el 79% corresponden a edificaciones destinadas para uso de viviendas, mientras que el 21% pertenecen a edificios de oficinas y escolares siendo este último más afectado, por lo que se debieron tomar decisiones sobre su demolición y/o refuerzo sísmico, reacondicionamiento o reconstrucción (Tena *et al.*, 2020).

En Venezuela de una muestra de 346 instituciones educativas seleccionadas de acuerdo a criterios de similitud con aquellas que sufrieron colapso en el terremoto de Cariaco en 1997, se concluyó que el 36% de estas tienen una prioridad alta y deberían ser reforzadas inmediatamente, el 62% tiene una prioridad media y requieren evaluaciones más detalladas, mientras que solo un 2% tienen prioridad baja, las cuales podrían considerarse seguras (Marinilli *et al.*, 2015).

En Colombia las edificaciones construidas hace 30 años atrás, diseñadas con el primer código colombiano de edificaciones sismorresistentes tienen un gran porcentaje de ser vulnerables a eventos sísmicos, ya que la primera actualización del mismo código se hizo después de que sucedieran diversos sismos alrededor del mundo, por lo que hubieron cambios significativos en cuanto al diseño sísmico (Zora & Acevedo, 2019), con la actualización de los códigos de diseño sísmico las estructuras antiguas no suelen cumplir los

desempeños esperados, por lo tanto requieren una modificación en su respuesta mediante técnicas de reforzamiento.

Es innegable que en áreas propensas a sísmica media / alta, la pérdida humana y económica se debe a niveles severos de daño físico de la construcción y colapso parcial o total de edificios no diseñados o reforzados sísmicamente. La falta de lineamientos específicos, en forma de códigos de disposición, no es el único motivo de tal contexto, sino también la falta de preparación de la comunidad técnica y profesional para llevar a cabo medidas de fortalecimiento con control de calidad y artesanía especializada (Ferreira *et al.*, 2020).

#### 1.1.2 Nacional

El Perú se encuentra dentro de la zona del Cinturón de Fuego del Pacífico, por tanto está localizado en una región de alto potencial sísmico puesto de manifiesto con la ocurrencia de una gran cantidad de sismos de variada magnitud a niveles de profundidad de hasta 700 km. Históricamente, muchos de estos han producido destrucción y muerte, ocasionando pérdidas económicas, que han sido difíciles de recuperar en el tiempo (Instituto Geofísico del Perú, 2017), actualmente todo el litoral costero está en un etapa de silencio sísmico, por lo que es necesario evaluar y reacondicionar las edificaciones de manera prioritaria.

La región central del borde occidental del Perú se encuentra en una etapa de silencio sísmico, en esta parte de la región se viene acumulando energía desde el año 1746, los sismos que ocurrieron en los años 1940, 1966, 1974 y 2007 (escalas iguales o menores a 8,0 Mw), habrían liberado parcialmente la energía acumulada, restando por liberarse cerca del 70%, para la región sur, el silencio sísmico data desde el año 1868, el sismo del 2001 (8,2 Mw) libero cerca del (~ 60 %) de la energía acumulada en esa región, en el norte del Perú, no existe información histórica sobre grandes sismos, solo se menciona al ocurrido en el año 1619 como uno de los mayores (Tavera, 2017), es innegable cuestionar que habrá un sismo importante, debido a eso la implementación de los disipadores de fluido viscoso como medio de reforzamiento estructural son una salida que conlleva a reducir la vulnerabilidad sísmica.

En lima metropolitana se evaluó el riesgo sísmico de los edificios escolares reacondicionados y no reacondicionados en base a 4458 muestras, entre los más de 35000 escenarios sísmicos que se han generado, la fuente sísmica que conduce al máximo de pérdida económica esperada para toda la cartera ha sido identificada y analizada, tal es que

para los edificios existentes si ningún tipo de reforzamiento estructural y/o acondicionamiento se estimaron pérdidas de alrededor \$142,871,808 y \$41,033,804 para sismos ocasionales y frecuentes respectivamente, mientras que al reforzarlas y acondicionadas las pérdidas se redujeron en un (~70% ) (Anelli *et al.*, 2020).

El 15 de agosto del 2007 el terremoto que ocurrió en Pisco frente a la costa del centro del Perú tuvo una magnitud 8.0 Mw este causó grandes daños en ciudades de la Región Ica, incluidas Pisco, Chincha e Ica. Aproximadamente 500 personas murieron y más 90.000 edificios colapsaron, las fallas fueron diversas como refuerzo inapropiado, falta de rigidez en alguna de las direcciones, materiales de construcción inadecuados e informalidad, lo cual conllevó a un débil comportamiento sismorresistente (Matsuzaki *et al.*, 2014).

El sur de Perú y el norte de Chile forman una región sísmicamente activa debido a la concurrencia de 2 placas la de Nazca y América del Sur, la región ha experimentado una serie de terremotos y tsunamis destructivos, los cuales han generado la muerte de muchas personas y su vez daños importantes a la infraestructura, lo cual enmarca la importancia de la evaluación de la amenaza sísmica en la región, los datos apuntan que de haber un sismo importante Perú sería el país más afectado, por lo que es indispensable que las estructuras sigan los códigos de diseño establecidos o reforzarlas estructuralmente (Das *et al.*, 2020).

Al igual que Japón, Perú está ubicado cerca de un continente límite de placa, por lo que tiene con frecuencia grandes terremotos, la preocupación pública por la prevención de desastres sísmicos es comprensiblemente alta en Perú. Se espera que ocurra un gran terremoto en Lima y sus alrededores, por lo que estimar el daño del terremoto debe ser prioritario para determinar medidas efectivas de prevención y reducción de desastres, así como la mejora en el diseño y/o reforzamiento de estructuras de tal manera que tengan la suficiente rigidez y ductilidad (Matsuoka *et al.*, 2014).

### 1.1.3 Local

Lambayeque una de las regiones del Perú se encuentra ubicada en el borde occidental de Sudamérica, región de mayor actividad sísmica en el mundo, por lo que se espera que ocurra algún sismo de moderada o severa intensidad (Tavera *et al.*, 2014); aunque en el norte del Perú, no existe información histórica sobre grandes sismos, tan solo se conoce el sismo del año 1619 como uno de los mayores; un sismo de gran magnitud ocurrirá debido al

silencio sísmico que ha tenido esa zona, por ello la importancia de adecuarse y/o cumplir a las normas de diseño sísmico (Tavera, 2017).

En Chiclayo un estudio realizado sobre la vulnerabilidad física de las viviendas en José Leonardo Ortiz, de una muestra de 35 viviendas en ejecución se obtuvieron resultados que demuestran una vulnerabilidad estructural del 100% de las viviendas evaluadas ante un fenómeno sísmico, por lo que es necesario una reevaluación y acondicionamiento no solo de las viviendas, si no de las edificaciones en general tales como colegios, universidades, que requieran la intervención de un profesional de tal manera que los daños sean mínimos (Granda *et al.*, 2014).

## **1.2 Trabajos Previos**

### **1.2.1 A nivel internacional**

(Kariniotakis & Karavasilis, 2019) en su investigación “Limits for the interstorey drift sensitivity coefficient  $\theta$  of steel MRFs with viscous dampers designed according to Eurocode 8”, menciona y afirma los disipadores de fluido viscoso reducen los desplazamientos máximos de estructuras elásticas e inelásticas, los desplazamientos residuales de estructuras inelásticas, las aceleraciones totales máximas de estructuras elásticas y levemente inelásticas y, bajo ciertas condiciones, las aceleraciones totales máximas de estructuras altamente inelásticas, por lo que son ampliamente utilizados en el refuerzo de estructuras existentes para reducir el daño estructural y no estructural.

(Xu *et al.*, 2020) en su investigación “Probabilistic seismic analysis of single-layer reticulated shell structures controlled by viscoelastic dampers with an effective placement”, afirma que la instalación de dispositivos de disipación de energía son una manera de reducir la vibración de una estructura al grado deseado; los disipadores o amortiguadores dependen en gran medida de la ubicación y la cantidad de ejemplares empleados, por ejemplo los disipadores viscoelásticos son reconocidos como disipadores de energía eficientes para estructuras de edificios, debido a su economía y capacidad de absorción de alta energía.

(De Domenico *et al.*, 2019) en su investigación “Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review”, señala el uso de amortiguadores de fluido viscoso ha ganado popularidad en las últimas décadas, principalmente debido a: 1) la capacidad de mejorar el desempeño en terremotos a través de la disipación de energía; 2) la capacidad de generar fuerzas que están fuera de fase con desplazamientos; 3) la posibilidad de aumentar la amortiguación de una estructura sin alterar

significativamente la rigidez inherente, características (que evitan el típico diseño repetitivo de prueba y error y que son estrategias necesarias para otros tipos de dispositivos como amortiguadores viscoelásticos, amortiguadores histeréticos o aisladores de base .

(Chalarca *et al.*, 2020) en su investigación “Seismic Demand on Acceleration-Sensitive Nonstructural Components in Viscously Damped Braced Frames”, afirma que los resultados numéricos con la inclusión de disipadores de fluido viscoso mejoran la respuesta sísmica de los marcos resistentes a momento (MCE) y como era de esperar, las probabilidades de colapso se reducen significativamente en comparación con el de los marcos de control gracias al aumento de los valores de amortiguación suplementaria con exponentes de velocidad cercanos a la unidad ( $<1$ ).

(Su *et al.*, 2018) en su investigación “Stochastic optimal design of nonlinear viscous dampers for large-scale structures subjected to non-stationary seismic excitations based on dimension-reduced explicit method”, señala: los dispositivos de disipación de energía se emplean con frecuencia para absorber una porción de energía inducida por terremotos para reducir la demanda en los miembros estructurales y minimizar el daño en la estructura. El uso de sistemas de disipación de energía ha demostrado ser un enfoque eficiente para mejorar la estructura y su comportamiento frente al peligro sísmico.

(Trombetti *et al.*, 2015) en su investigación “Application of a direct procedure for the seismic retrofit of a R/C school building equipped with viscous dampers” menciona los amortiguadores viscosos fabricados son dispositivos hidráulicos, que se pueden insertar en las estructuras de construcción, es decir como reforzamiento estructural, con el fin de mitigar los efectos sísmicos a través de la disipación de energía durante un evento sísmico, estos dispositivos son usados con el fin de reducir la demanda sísmica en los miembros estructurales, demostrándose mediante una serie de trabajos de investigación desde 1980.

(Kumar & Chakraborty, 2020) en su investigación “Reduction of seismic vibration in multistorey structures retrofitted with nonlinear viscous dampers using mode summation method” afirma que el uso de un sistema de disipación de energía suplementaria ha demostrado ser una técnica bastante certera para controlar la vibración de la estructura en el momento de la excitación sísmica, entre estos dispositivos los amortiguadores viscosos son los que proporcionan una disipación estable y eficaz con bajo mantenimiento. Estos tipos de dispositivos se pueden utilizar para los daños en los edificios debido al terremoto.

### 1.2.2 A nivel nacional

(Romero *et al.*, 2018) en su investigación “Performance based engineering for the “Banco de la Nación” tallest tower in Lima, Peru” menciona lo importante que es implementación de disipadores de fluido viscoso en la torre “Banco la Nación” de 30 pisos y 135 m de altura, con el fin de mejorar la comodidad bajo las acciones sísmicas y para obtener un rendimiento sísmico similar en ambas direcciones, debido al aumento del amortiguamiento suplementario, y por lo tanto la reducción de la demanda sísmica en los elementos estructurales.

(Fernandez & Mendo, 2020) en su investigación “Damping modification factors for the design of seismic isolation systems in Peru”, señalan que los sistemas de protección sísmica son la tendencia de diseño sísmico actual, siendo que el primer edificio que fue reequipado sísmicamente con amortiguadores viscosos fue el edificio de la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en 2007. Desde entonces, se ha incrementado el uso de estructuras con sistemas de aislamiento de base y sistemas de disipación de energía. Además, en enero de 2018 se actualizó el Código Sísmico Peruano E.030, este incluyó nuevas disposiciones y requiere que los nuevos edificios, como los hospitales, se diseñen utilizando sistemas de aislamiento sísmico.

(Bozzo *et al.*, 2018) en su investigación “Experimental and analytical characterization of steel shear links for seismic energy dissipation” señala que la idea básica detrás del disipador pasivo histerético es proporcionar ductilidad local, evitando el pandeo local de una manera simple, controlada y económica. La simplicidad de los amortiguadores los hace especialmente adecuados para adaptarse a diferentes disposiciones dentro de la estructura. el modo de instalación típico y más utilizado es entre tirantes de chevron y viga superior.

Casana (2018) en su tesis denominada “Desempeño sísmico de un edificio (...) con disipadores (...) tumbes – 2018” cuyo objetivo fue “Determinar el desempeño sísmico de un edificio (...) implementando Disipadores de Energía (...)” concluye: “En las edificaciones tradicionales, la energía del sismo es absorbida por el conjunto de elementos estructurales, mientras que en una estructura con disipadores de energía son estos los que absorben la fuerza del sismo, por otro lado los disipadores de fluido viscoso generan una reducción en la geometría de los miembros estructurales, esto debido a que el amortiguamiento de la estructura aumenta.

(Alarcón & Asto 2017) en su tesis denominada “Proyecto de Reforzamiento Estructural (...) con Disipadores de Fluido Viscoso” cuyo objetivo fue “Realizar el Proyecto de Reforzamiento Estructural del Edificio (...) con Disipadores de Fluido Viscoso” concluye: “ Al adicionar elementos de disipación de energía las distorsiones de entrepiso disminuyen en un orden del 65% - 75%” debido al aumento de amortiguación suplementaria y a la reducción de las fuerzas actuantes durante el sismo en los elementos estructurales”

Otiniano (2019) en su tesis denominada “Desempeño sísmico (...) con disipadores de energía viscosos, Trujillo 2019” cuyo objetivo fue “Determinar el desempeño sísmico (...) con disipadores de energía viscosos (...)” concluye: “El desempeño sísmico de la estructura con disipadores del tipo fluido viscoso frente a las tres situaciones de amenaza sísmica, la edificación logra alcanzar un desempeño de ocupación inmediata, es decir, los miembros resistentes y no resistentes se mantienen intactos”

### 1.2.3 A nivel local

(Enriquez & Sánchez 2016) en su tesis denominada “Evaluación sísmica y propuesta de reforzamiento con disipadores de energía (...) Chiclayo – Región Lambayeque,(...)” cuyo objetivo fue “Evaluar el comportamiento estructural (...) y diseñar el reforzamiento con disipadores de energía (...)” concluye: Los disipadores de fluido viscoso logran la mayor cantidad de energía disipada, lo cual se ve reflajada debido a que las fuerzas axiales disminuyen considerablemente, además estos nos varían los periodos de la edificación, siendo nula su aporte en cuanto a rigidez se refiere.

Chilón (2017) en su tesis denominada “Diseño y Análisis sísmico comparativo entre un sistema con Aisladores (...) y un sistema con Disipadores de Fluido Viscoso (...), Chiclayo, 2017” cuyo objetivo fue “Realizar el análisis sísmico al sistema estructural con aisladores (...) y al sistema con disipadores de fluido viscoso (...)” concluye: En estructuras con sistemas de protección sísmica el costo de construcción es mayor, pero al analizar los daños que ocasionaría un sismo en las edificaciones tradicionales en cuanto a reparación o el daño total de la edificación justifican su inversión, ya que estos gastos son superiores a lo invertido en cualquiera de los tipos de protección sísmica.

## 1.3 Teorías relacionadas al tema

### 1.3.1 Amenaza Sísmica

Según (Salgado et al., 2016) la amenaza Sísmica es un peligro latente que amenaza la integridad de una nación, esta se debe caracterizar numéricamente e intuir a través de la

probabilidad estadística en la ocurrencia (o excedencia) de cualquier magnitud telúrica en un determinado lugar durante un período de tiempo, por otro lado (Barbat et al., 2016) mencionan que la evaluación de la amenaza sísmica tiene un enfoque probabilístico para dar cuenta de la complejidad asociada al proceso de generación de terremotos tales como su profundidad, localización, magnitud, frecuencia de ocurrencia y movimiento del terreno.

El subsuelo en los estudios de microzonificación sísmica toman gran importancia, esto debido a que mediante técnicas de procesamiento de señal no invasivas se puede llegar a intuir en el comportamiento de las ondas sísmicas presentes durante un sismo de acuerdo a los diferentes tipos de suelos (Atehortua *et al.*, 2019).

En general cuando se observa la distribución de los sismos ocurridos durante los últimos 100 años a nivel mundial, es fácil darse cuenta que más del 80% ocurrieron alrededor del océano pacífico y que los de mayor magnitud afectaron a todos los países costeros, como es el caso del Perú, por lo tanto, es de esperarse que los próximos grandes sismos vuelvan a producirse en la misma región y afectando a los mismos países, el otro 20% de sismos ocurre en la zona conocida como “Cinturón Alpino – Himalayo” y abarca a los países de España, norte del África, Italia, Grecia, China, entre otros (Tavera, 2017, pág. 7).



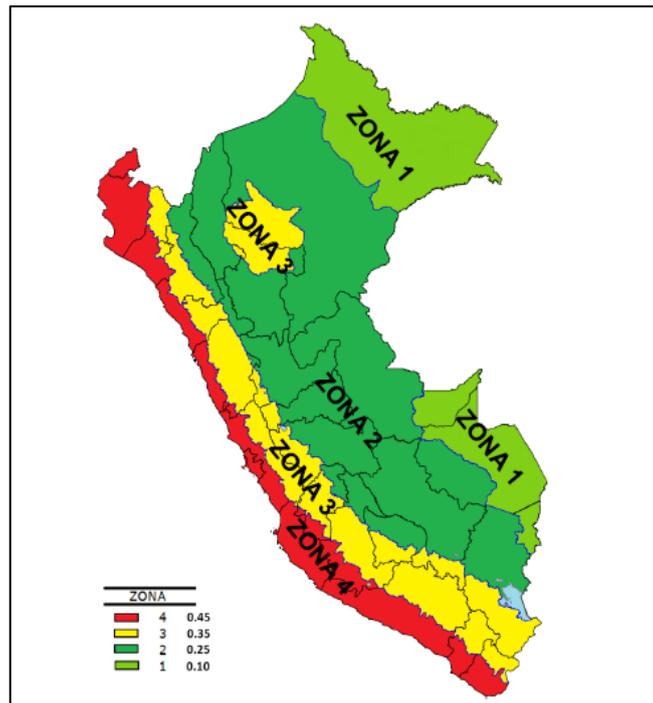
**Figura 1:** Mapa de sismicidad global y ubicación de las principales fuentes sismogénicas en el mundo

Fuente: Actualización del escenario por Sismo, Tsunami y exposición en la Región central del Perú – (Tavera, 2017)

Las zonas sísmicas contienen estructuras bastante vulnerables, esto debido a que muchas de estas se han construido sin seguir algún criterio de diseño sismorresistente, dejando de lado las normas propias de cada país. Los métodos actuales de evaluación de vulnerabilidad de estructuras en muchas ocasiones no consideran que el comportamiento de estas es dinámico y a su vez no lineal, en general las características de la estructura y de la acción tienen varios vacíos (Vargas *et al.*, 2013 ).

### 1.3.2 Análisis Sísmico

Según (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018) el análisis sísmico, se podrá evaluar ante cualquiera de los dos métodos estandarizados a nivel global, como es el caso del análisis estático, análisis dinámico, y para efectos solo de verificación el análisis tiempo – historia, considerando que la estructura tiene un comportamiento elástico y lineal con las sollicitaciones sísmicas minimizadas, además cada estructura tendrá sus propios parámetros de diseño de acuerdo a su ubicación en el mapa de zonificación sísmica.



**Figura 2:** Zonas Sísmicas del Perú

Fuente: (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018)

Los sismos de diseño son aquellos que tienen una posibilidad aproximada del 10% de ser excedidos en 50 años, lo cual equivale a un tiempo de retorno de 475 años, estos se determinan según el estudio de peligro sísmico del lugar de ubicación de la estructura, o en función a un mapa que muestra la peligrosidad sísmica de la zona. Los efectos del tipo

dinámico del sismo se pueden modelar mediante un espectro de respuesta, el cual caracteriza dicho evento, por otro lado, también se podrán utilizar grupos de acelerogramas con características dinámicas que representan las características geológicas, tectónicas y geotécnicas del lugar ( Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

**Tabla 1**  
*Niveles de Amenaza sísmica*

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno Tr (años)	Tasa de excedencia (1/Tr)
1	Frecuente	50%	72	0.01389
2	Ocasional	20%	225	0.00444
3	Raro	10%	475	0.00211
4	Muy raro	2%	2500	0.0004

Fuente: ( Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

Las estructuras cuando son sometidas a movimientos sísmicos se analizan considerando un comportamiento lineal elástico, y de acuerdo a las cargas horizontales calculadas, estas a su vez son reducidas de acuerdo a un factor que depende de la ductilidad del sistema especificado en la Norma Peruana E 030, para llevar los desplazamientos al estado inelástico estos se deberán multiplicar por un porcentaje del mismo factor de reducción considerando si la estructura es regular o irregular (Harmsen, 2002).

En el Perú los máximos desplazamientos inelásticos relativos o máximas distorsiones de entrepiso no excederán :

**Tabla 2**  
*Límites para la Distorsión de Entrepiso*

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
Material Predominante	( $\Delta_i/h_{ei}$ )
Concreto Armado	7 ‰
Acero	1%
Albañilería	5 ‰
Madera	1%
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	5 ‰

Fuente: (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018)

### 1.3.2.1 Análisis Estático

El procedimiento estático se basa en el llamado análisis de fuerzas, que consiste en aplicar un sistema de fuerzas estáticas en cada dirección horizontal principal, la cantidad

total de estas fuerzas se basa en el período fundamental de vibración de la edificación (T1) en el movimiento lateral de la dirección considerada (Lagomarsino *et al.*, 2020).

En Perú para determinar las solicitaciones sísmicas de la estructura este método solo será aplicable a edificaciones regulares e irregulares de la zona 1, a estructuras de un máximo de 30 metros de altura y que fuesen regulares, y a edificaciones de muros de concreto o portantes de hasta 15 m de altura (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 1.3.2.1.1 Período fundamental de vibración

El período de vibración es aquel que se da cuando un sistema frente a un movimiento del tipo armónico, ondulatorio, o vibratorio quiere volver a su posición de equilibrio después de un ciclo de oscilación, a su vez el período fundamental termina siendo aquel que tiene mayor tiempo de vibración en la dirección horizontal de análisis ( Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Según la (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018) el período fundamental se calcula:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (1)$$

$h_n$ : Altura total del edificio

$C_T$ : El coeficiente que estima el período fundamental de la edificación, para edificaciones de albañilería, concreto armado del tipo muros estructurales, duales, y de ductilidad limitada, dicho valor será igual a 60.

#### 1.3.2.1.2 Fuerza cortante en la base

La cortante sísmica en la base es aquella que se genera debido a la totalidad de los efectos inerciales horizontales generados por el movimiento sísmico de diseño en la dirección que se analiza (Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR-10), 2010).

(Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018) la fuerza cortante en una edificación para los diferentes sistemas estructurales, serán calculados para cada dirección, y se puede determinar mediante:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \quad (2)$$

Adicionalmente:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11 \quad (3)$$

Z: Es el factor de zona de acuerdo al lugar

C: F. de amplificación sísmica

S: F. de amplificación de acuerdo al suelo en estudio

R: F. de reducción de la fuerza sísmica

P: Peso total

#### 1.3.2.1.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en altura

De acuerdo a la (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018) la fuerza lateral en la edificación será estimada para cada nivel, en donde:

$$F_i = \alpha_i * V \quad (4)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (5)$$

$F_i$ : Fuerza lateral en piso analizado

$P_i$ : Peso del nivel i

$h_i$ : Altura del nivel i

n: número de niveles

k: Exponente en relación con el periodo fundamental del edificio

Para:

$$T \leq 0.5 \text{ sg}, k = 1; T > 0.5 \text{ sg}, k = (0.75 + 0.5T) \leq 2 \quad (6)$$

#### 1.3.2.1.4 Excentricidad accidental

En el análisis realizado para las fuerzas estáticas equivalentes los resultados deberán combinarse con las del análisis producidas por el efecto de torsión accidental, en dicho efecto se deberán considerar y aplicar momentos torsores para cada nivel, estos se calculan como

el producto de la fuerza estática que está presente en dicho piso y la excentricidad en cualquiera de las 2 direcciones analizadas (Norma Chilena Oficial (NCh), 2009).

Según la (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018) se considerará la excentricidad que pueda presentar la estructura para cada dirección de análisis, esta será tomada como el 5% de la longitud perpendicular más crítica en cada dirección de estudio, además de lo mencionado se deberá considerar el momento torsional que se podría ocasionar, calculado como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i \quad (7)$$

$F_i$ : Fuerza lateral en el nivel aplicado

$e_i$ : Excentricidad accidental para la dirección analizada

### 1.3.2.2 Análisis Dinámico

El espectro de respuesta se reconoce como un método fiable y práctico para el análisis dinámico de estructuras suscitado a la excitación sísmica, este refleja un comportamiento más cercano a la realidad de la estructura (Moslehi & De Domenico, 2020).

El análisis modal espectral o dinámico permite obtener resultados más reales y cercanos al comportamiento de la estructura, en donde las fuerzas internas y desplazamientos son mucho más confiables, ya que el modelo matemático que utiliza considera las propiedades dinámicas de la estructura (Quispe, 2016).

Todas las edificaciones regulares o irregulares, y de pocos muchos o muchos pisos pueden ser evaluadas mediante este tipo de análisis (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 1.3.2.2.1 Modos de Vibración

El (Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR-10), 2010) menciona: En el análisis modal espectral o dinámico deberán considerarse aquellos modos que aporten de manera significativa a la respuesta dinámica de la edificación, en ese sentido se espera que con un número determinado de modos empleados se llegue por lo menos al 90% de la masa participante de la estructura y para cada dirección.

Se tomarán como mínimo tres modos para cada dirección de análisis, estos modos deberán ser calculados considerando adecuadamente la rigidez y distribución de masas (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 1.3.2.2.2 Aceleración Espectral

Los movimientos del suelo y el efecto que estos producen en las estructuras se pueden caracterizar mediante un espectro de respuesta, este proporciona un medio en el cual se estima la respuesta máxima de sistemas lineales de 1GDL en un componente particular de movimiento en el terreno, siendo a su vez un enfoque práctico en la aplicación de conocimientos de la dinámica y en el diseño de estructuras, así como también en el desarrollo de requisitos de fuerzas laterales para los normas de diseño (Chopra, 2014).

Según la (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018) el espectro elástico de pseudo - aceleraciones será utilizado para cada una de las direcciones de análisis, estos dependerán del tipo de sistema empleado para la dirección de análisis, definido:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} * g \quad (8)$$

U: Factor de uso de acuerdo al tipo de edificación

C: Factor de amplificación sísmica

S: factor que amplifica el suelo

R: factor que reduce la fuerza de sismo

g: gravedad cm/s<sup>2</sup>

#### 1.3.2.2.3 Fuerza cortante mínima

La fuerza de corte dinámica en la base no será inferior al 80% de la fuerza estática para edificaciones categorizadas como regulares, ni inferior al 90% en irregulares en cada dirección analizada (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 1.3.2.2.4 Excentricidad accidental (Efecto de torsión)

Debido a la variabilidad de carga viva y carga muerta la ubicación del centro de masas para cada nivel no es fijo, suponiendo que la acción de la fuerza sísmica se concentra en el centro de masas al ser este variable en cuanto a posición se generan momentos torsores en

cada nivel, estos momentos afectan principalmente a las columnas y muros portantes (Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS), 2006).

Se considerará un 5% en la dirección perpendicular al sismo para cada dirección de análisis, debido a la perplejidad de la ubicación de los centros de masas para cada piso considerando el signo más desfavorable. (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018)

### 1.3.2.3 Análisis Tiempo – Historia

Una estructura con un sistema de amortiguación debe diseñarse utilizando procedimientos lineales, procedimientos no lineales o una combinación de procedimientos lineales y no lineales, independientemente del método de análisis utilizado, la respuesta dinámica máxima de la estructura y los elementos del sistema de amortiguación se confirmará mediante el procedimiento de historial de respuesta no lineal (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2010).

#### 1.3.2.3.1 Registros de aceleración

Los registros de aceleración espectral serán utilizados en la zona de estudio, y se elegirán como requisito mínimo tres registros históricos, en donde las magnitudes de estos sean consistentes con el sismo máximo esperado, se podrán utilizar registros simulados de tal manera que se alcance el número requerido (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 1.3.2.3.2 Componentes de aceleración Horizontal

Las dos instrucciones ortogonales de respuesta, designadas como X e Y, se seleccionarán y utilizarán para todo el análisis del historial de respuesta. Los movimientos de tierra se aplicarán de forma independiente en las direcciones X e Y (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2010).

Se deberá construir un espectro de pseudo - aceleraciones del tipo (SRSS), considerando el 5% de amortiguamiento en la estructura, para cada par de componentes (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 1.3.2.3.3 Factor de escalamiento

Los registros de aceleración espectral serán escalados ante un espectro de pseudoaceleraciones con un factor  $R=1$ , de tal manera que se genere un aproximado del sismo máximo esperado para la zona estudiada (Norma E 030 Diseño Sismorresistente, 2018).

### 1.3.3 Diseño Sismorresistente

En el diseño tradicional de edificaciones con el fin de hacerlos más económicos las normas modernas del mundo aceptan que para sismos severos estas incurrieren en el rango no lineal, en general la acción del sismo calificado como severo es varias veces mayor al considerado para el diseño de las estructuras, se confía en que la adecuada configuración estructural y la ductilidad en conjunto del sistema eviten el colapso de la edificación, permitiéndose daños muy importantes salvaguardando la integridad de las vidas humanas (Bozzo & Barbat, 2000).

En general según (Villarreal & Diaz, 2016) la conservación de la energía de una estructura sujeta a una excitación sísmica:

$$E_L = E_K + E_S + E_A + E_D \quad (9)$$

$E_L$ : E. absoluta de entrada en el movimiento telúrico

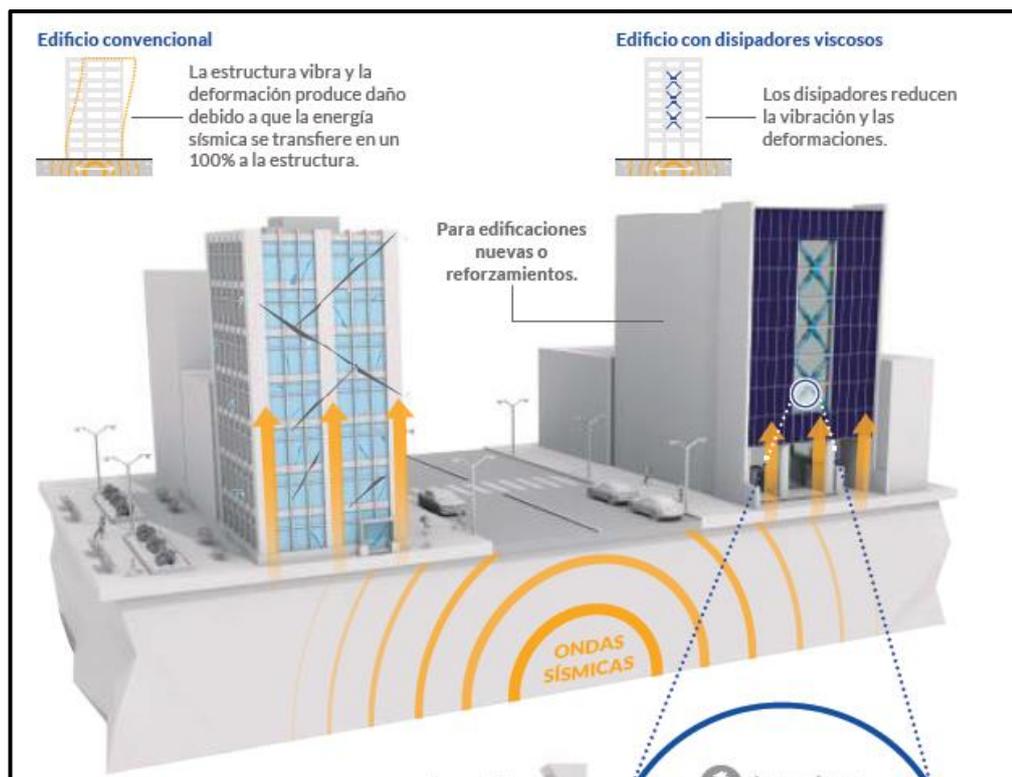
$E_K$ : E. Cinética

$E_S$ : E. de deformación elástica que es recuperable.

$E_A$ : E. de amortiguamiento de la estructura.

$E_D$ : E. irre recuperable disipada por el tipo de sistema estructural a través de la inelasticidad.

Asumiendo que es constante la energía de entrada, el desempeño que presenta una estructura puede ser controlada mediante 2 formas, la primera es a través del incremento de la rigidez y ductilidad del sistema, el cual incrementa la energía por deformación inelástica (ED), y la segunda a través del incremento del amortiguamiento interno (EA) lográndose mediante la implementación de dispositivos suplementarios, reduciendo así la demanda sísmica en los elementos estructurales a través de la inelasticidad (ED), evitando así posibles fallas o daños (Villarreal & Diaz, 2016).



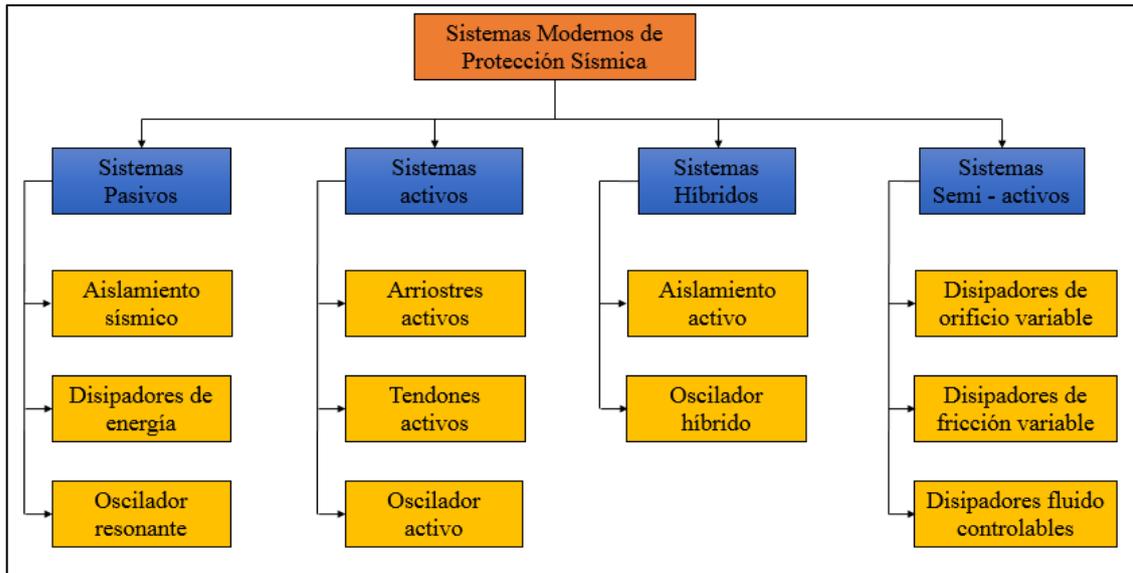
**Figura 3:** Edificio Convencional Vs Edificio con Disipadores de Fluido Viscoso

Fuente: (Ingeniería Antisísmica (CDV), 2018)

#### 1.3.4 Sistemas de Protección Sísmica

En el diseño sismorresistente tradicional, una estructura bien diseñada es capaz de absorber y disipar la energía ante un evento sísmico, mediante un determinado número de ciclos, la energía disipada se manifiesta en zonas conocidas como rótulas plásticas dúctiles, siendo estas regiones de daño concentrado, que frecuentemente son irreparables (Villarreal & Oviedo, 2009).

Otra manera de hacer frente a los sismos es anexando a la estructura dispositivos suplementarios, los cuales maximizan el amortiguamiento del sistema, disminuyendo las fuerzas internas actuantes en los elementos resistentes a estas, evitando así posibles daños y fallas, estos sistemas de protección tienen por finalidad reducir los desplazamientos, absorbiendo en gran porcentaje la fuerza actuante del sismo (Villarreal & Diaz, 2016).



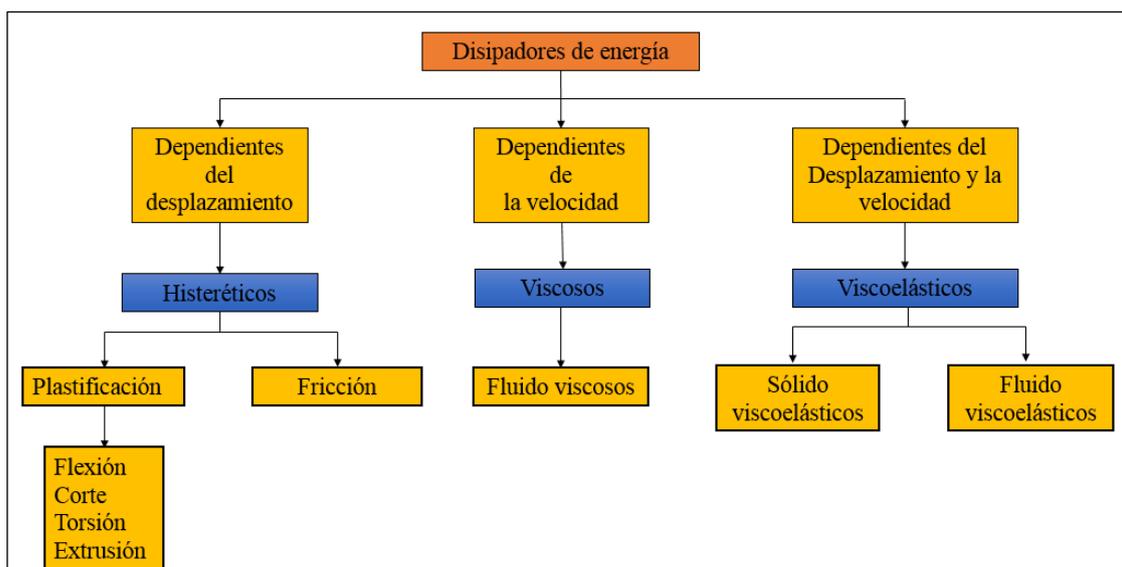
**Figura 4:** Sistemas Modernos de Protección Sísmica

Fuente: Edificaciones con Disipadores Viscosos – Villarreal & Oviedo (2016)

### 1.3.5 Disipadores de Energía

Son aquellos que reducen en gran porcentaje las fuerzas actuantes del sismo en los elementos estructurales, de tal forma que son estos los primeros en actuar y tomar el mayor porcentaje de acción sísmica, existen diversos tipos de disipadores de energía, los cuales dependen del tipo de estructura, de tal manera que reduzcan en la estructura las deformaciones (Villarreal & Diaz, 2016).

Los dispositivos de energía según su comportamiento:



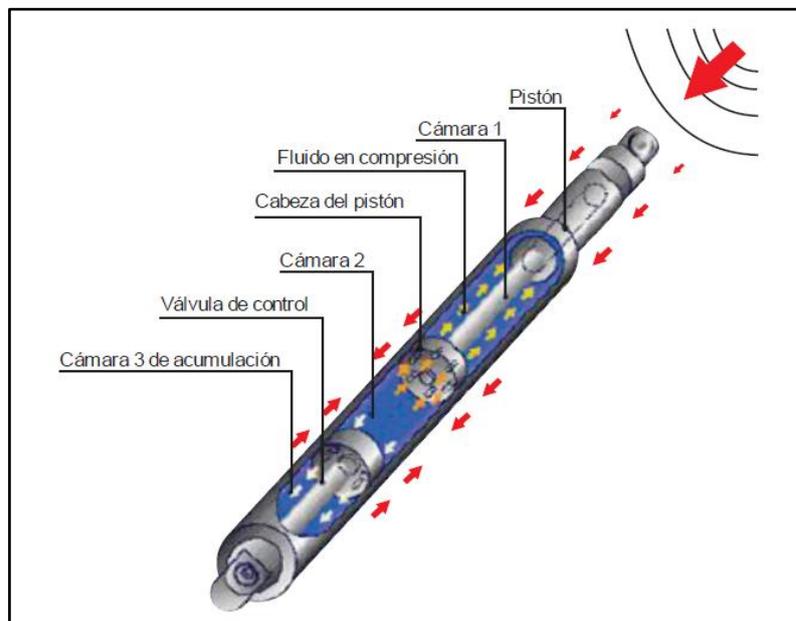
**Figura 5:** Clasificación de los Disipadores de Energía

Fuente: Edificaciones con Disipadores Viscosos – Villarreal & Oviedo (2016)

### 1.3.5.1 Disipadores de Fluido Viscoso

Son dispositivos que actúan en base a la velocidad más no del desplazamiento, por lo cual la rigidez de la estructura no cambia, ni tampoco se ven incrementados los esfuerzos en el conjunto de elementos resistentes (Villarreal & Oviedo, 2016).

Durante un sismo la edificación sufre desplazamientos en todos los pisos, generando movimientos y aceleraciones en el disipador de fluido viscoso, disipando la energía del sismo tan rápido a través del circulamiento del fluido entre una cámara y otra (Villarreal & Oviedo, 2016).



**Figura 6:** Funcionamiento del disipador de Fluido Viscoso

Fuente: Edificaciones con Disipadores Viscosos - (Villarreal & Diaz, 2016).

### 1.3.5.2 Fuerza en el Disipador

La fuerza generada en cada disipador de fluido viscoso será calculada al considerar la velocidad relativa en el amortiguador y la constante de amortiguamiento que pueda presentar la estructura según las consideraciones del FEMA, la fuerza en el disipador se mantendrá constante en cada punto de este, considerando que la fuerza en este dispositivo solo depende de la velocidad que presente la estructura en el sismo (Villarreal & Diaz, 2016).

$$F = C.V^\alpha$$

(10)

$F$ : Fuerza presente en el disipador

$C$ : Constante de Amortiguamiento en la edificación

$V$ : Velocidad relativa en el amortiguador

$\alpha$ : Coeficiente entre 0.4 y 0.6 para edificaciones

### 1.3.5.3 Amortiguamiento

Según (Villarreal & Diaz, 2016) el amortiguamiento en el dispositivo de energía de fluido viscoso se podrá calcular según las consideraciones del FEMA 274, en esta intervienen parámetros como el ángulo de inclinación del dispositivo, la frecuencia angular, el desplazamiento relativo en el nivel, etc.

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})} \quad (11)$$

$B$ : Factor que reduce la respuesta

$B_0$ : Amortiguamiento inherente de la estructura – 5% para estructuras de C°A

$B_{eff}$ : Amortiguamiento Efectivo

### 1.3.5.4 Rigidez del Brazo Metálico

Se considerará en la modelación la rigidez con un valor bastante alto, debido a que este dispositivo depende solo de la velocidad, para el cálculo de esta rigidez intervienen tres factores fundamentales tales como la longitud, sección del brazo metálico y el módulo de Young del acero (Villarreal & Diaz, 2016).

$$K = \frac{EA}{L} \quad (12)$$

Donde:

$E$ : Módulo de Young en el Acero

$A$ : Área de la geometría del brazo metálico

$L$ : Longitud del Brazo Metálico

### 1.3.6 Reforzamiento estructural local

#### 1.3.6.1 Modificación de respuesta amortiguada

Según (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2010) para diseñar, verificar y/o reforzar los elementos estructurales obtenido el amortiguamiento adicional provocado por la implementación de los amortiguadores, se puede reducir la respuesta sísmica de la estructura en base a la siguiente tabla:

**Tabla 3**  
*Coefficiente de amortiguación*

Effective Damping, $\beta$ (Percentage of critical)	$B_{v+1}, B_{1D}, B_R, B_{1M}, B_{mD}, B_{mM}$ (where period of the estucture $\geq T_0$ )
$\leq 2$	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
80	3.6
$\geq 100$	4.0

Fuente: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures – (ASCE 7-10)

Donde  $V_{mín}$  es el mayor de:

$$V_{mín} = \frac{V}{B_{v+1}} \quad (13)$$

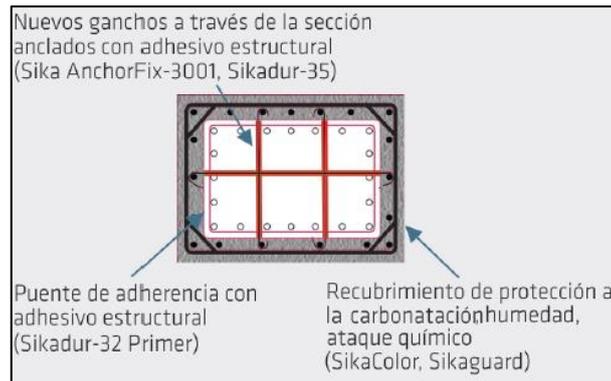
$$V_{mín} = 0.75V \quad (14)$$

La fuerza sísmica de diseño no debe ser reducida en más de un 25% y deberá cumplirse que el amortiguamiento adicional agregado a la estructura no superé el 30% y como mínimo 2 dispositivos por nivel (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2016).

### 1.3.6.2 Técnicas de reforzamiento

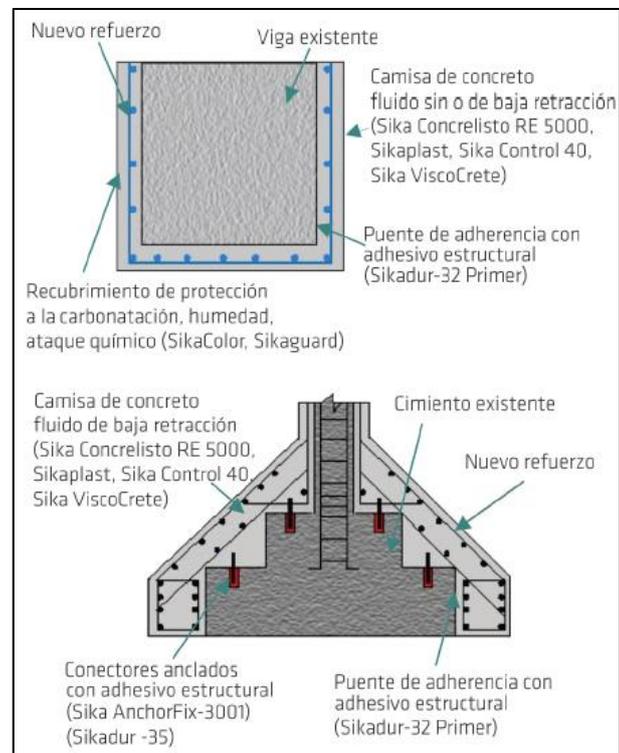
#### 1.3.6.2.1 Encamisado con concreto armado

La técnica del enchaquetado o encamisado de elementos existentes con adición de nuevo concreto reforzado es una estrategia ventajosa para proporcionar más alta resistencia, así como para aumentar la rigidez, el concreto nuevo se puede colocar vaciado en sitio con formaleta, con concreto lanzado o proyectado o con adición de elementos prefabricados (Sika, 2017).



**Figura 7:** Encamisado en concreto reforzado de una columna

Fuente: Reforzamiento de estructuras de concreto - (Sika, 2017)



**Figura 8:** Encamisado en concreto reforzado de una viga y de cimentación

Fuente: Reforzamiento de estructuras de concreto - (Sika, 2017)

## **1.4 Formulación del Problema**

¿Cuál es la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán?

## **1.5 Justificación e importancia del estudio**

### **1.5.1 Justificación Técnica**

La presente investigación nace a partir de demostrar que el edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán clasificado como edificación esencial, no cumple con los requisitos mínimos establecidos en nuestra norma sismorresistente E030, y por lo cual no garantiza un comportamiento sísmico adecuado ante un sismo severo, dicho de paso que actualmente existe la incertidumbre de saber en qué momento ocurrirá un sismo de consecuencias catastróficas, por lo que la implementación de dispositivos de disipación de energía tienen un gran impacto al cambiar la filosofía de diseño, en la que la fuerza del sismo es absorbida por estos a través del incremento del amortiguamiento de la estructura, mejorando su comportamiento sismorresistente, y disminuyendo el riesgo de colapso de la edificación, salvaguardando así la integridad de la comunidad universitaria.

### **1.5.2 Justificación Social**

A nivel social tiene un impacto positivo puesto que, al ser elementos de fácil implementación en un corto plazo de tiempo, la inoperatividad de la edificación será menor y por ende las labores en cualquier establecimiento que pudiera ser aplicado estos dispositivos podrán volver hacer usados en un menor tiempo, siendo en general más eficientes.

## **1.6 Hipótesis**

La incorporación de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento del edificio centro cultural de la Universidad Señor de Sipán mejoraría el comportamiento sísmico y estructural de la edificación.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento estructural del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

Identificar las características geotécnicas del suelo en el edificio Centro Cultural de la USS  
Evaluar el desempeño sísmico y estructural a través del análisis estático, análisis dinámico.  
Incorporar los disipadores de fluido viscoso cumpliendo la deriva objetivo mediante un análisis tiempo - historia  
Realizar el reforzamiento de los elementos estructurales.

## **II. METODO**

### **2.1 Tipo y Diseño de Investigación**

#### 2.1.1 Tipo de Investigación

Cuantitativa, Aplicada – Evaluativa

Cuantitativa: Es una investigación cuantitativa, porque se busca analizar y experimentar las variables de estudio, en donde los resultados serán calculados y procesados.

Aplicada: Se busca resolver un problema dentro de un contexto determinado, mediante la aplicación de conocimiento e información existente.

Evaluativa: Se evaluarán los resultados para medir su eficiencia, en cuanto a los objetivos que se propuso lograr.

#### 2.1.2 Diseño de Investigación

Experimental Puro con Posprueba únicamente y grupo de control

La variable adquiere presencia y ausencia.

O1→O2

O1: Edificio sin disipadores de Fluido Viscoso

O2: Edificio con disipadores de Fluido Viscoso

### **2.2 Variable, Operacionalización**

#### 2.2.1 Variable Independiente

Disipadores de Fluido Viscoso

#### 2.2.2 Variable Dependiente

Reforzamiento Estructural

**Tabla 4**  
*Variable Independiente*

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ITEM	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Análisis Estático		Periodo Fundamental de Vibración	s	Observación	Ficha de recolección de datos
		Fuerza Cortante en la base	t		
		Distribución de la Fuerza Sísmica en altura	t		
Análisis Dinámico		Excentricidad Accidental	m	Observación	Ficha de recolección de datos
		Modos de Vibración	s		
		Aceleración Espectral	cm/s <sup>2</sup>		
Disipador de Fluido Viscoso	Incorporación del DFV	Excentricidad Accidental (Efecto de Torsión)	t-m	Observación	Ficha de recolección de datos
		Fuerza Cortante Mínima	t		
		Disposición Diagonal	m		
Análisis Tiempo - Historia		Disposición Chevron Diagonal	m	Observación	Ficha de recolección de datos
		Disposición Chevron Horizontal	m		
		Registros de aceleración	cm/s <sup>2</sup>		
Propiedades del DFV		Componentes de Aceleración Horizontal	cm/s <sup>2</sup>	Observación	Ficha de recolección de datos
		Factor de Escalamiento	Adimensional		
		Rigidez del Brazo Metálico	t/m		
Propiedades del DFV		Fuerza en el disipador	t	Observación	Ficha de recolección de datos
		Amortiguamiento	%		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5**  
*Variable dependiente*

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ITEM	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Características Geotécnicas		SUCS	mm	Observación	Ficha de recolección de datos
		Límites de Atterberg	Adimensional		
		Contenido de Sales	ppmm		
		Corte Directo	kg/cm <sup>2</sup>		
Reforzamiento Estructural	Espectro reducido (ASCE 7-10)	Amortiguamiento final de la estructura	%	Observación	Ficha de recolección de datos
		Coefficiente de amortiguación	%		
		Fuerza cortante en la base	t		
Componentes Estructurales		Reforzamiento de Vigas	cm <sup>2</sup>	Observación	Ficha de recolección de datos
		Reforzamiento de Columnas	cm <sup>2</sup>		
		Reforzamiento Zapatas	cm <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán

### 2.3.2 Muestra

Estructura del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán

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

### 2.4.1 Observación

Se verifica el tipo de sistema estructural y se identifica todos los elementos estructurales, para su posterior análisis.

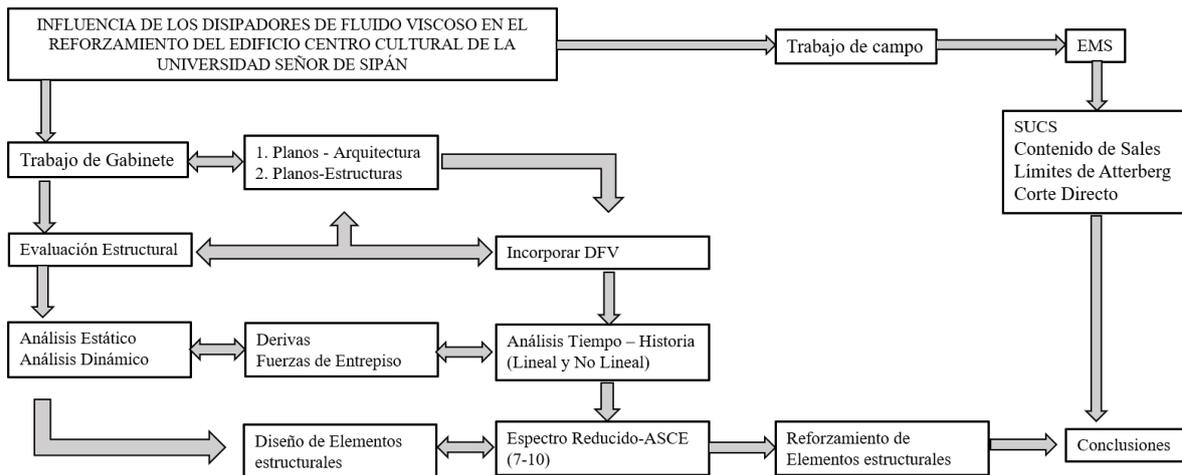
### 2.4.2 Análisis de documentos

Se hizo la revisión de información respectiva, de acuerdo al tema tratado.

### 2.4.3 Instrumentos de recolección de datos

Se recolecta la información en fichas de recolección de datos, estos son formatos, que nos guiarán hacia los objetivos propuestos.

## 2.5 Procedimiento de análisis de datos



**Figura 9:** Diagrama de flujo de Procesos

Fuente: Elaboración propia

## 2.6 Criterios éticos

**Respeto:** Se respetó la autonomía de aquellos que quieran participar y colaborar de esta investigación, se tuvo muy en cuenta las citas, respetando los conocimientos y aportes de diferentes investigaciones.

**Lealtad:** Se garantiza la confidenciabilidad de la investigación, en este caso hacia la universidad señor de sipán, manteniendo su información brindada en total cuidado.

**Honestidad:** Se respetarán los resultados obtenidos, aunque estos estén en contra de los resultados que se quieran obtener.

### 2.7 Criterios de rigor científico

Valor Veritativo: Los resultados que se obtendrán en los diferentes análisis, serán de total confianza para su aplicación.

Neutralidad: Los resultados que se obtendrán no serán manejados, en beneficio personal.

## III. RESULTADOS

### 3.1 Resultados en tablas y figuras

#### 3.1.1 Descripción 1 - Características geotécnicas del suelo

**Tabla 6**

*Características físicas y resistencias del suelo*

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Límites de Atterberg			% W <sub>n</sub>	$\gamma$	$\Phi$	C	Clasificación	
			LL	LP	IP					SUCS	AASHTO
C-1	M-1	0.20 – 0.90	35.6	19.04	16.56	18.37	---	---	---	CL	A-6 (10)
	M-2	0.90 – 1.50	25.86	17.7	8.16	18.59	1.488	10.2°	0.4	CL	A-4 (7)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se puede observar el tipo de suelo encontrado el cual fue un suelo CL (Arcillas inorgánicas de mediana plasticidad), a la profundidad de 1.50m el peso específico fue de 1.488 t/m<sup>3</sup>, un ángulo de fricción de 10.2°, y una cohesión de 0.4t/m<sup>2</sup>, con esos datos se obtuvo una capacidad portante de 0.85kg/cm<sup>2</sup>, el contenido de sales varía entre (2045-1887) ppm, alrededor del 0.20%, revisar anexo 03 y 04 (ítem 4.4.2).

#### 3.1.2 Descripción 2 - Desempeño sísmico y estructural

##### 3.1.2.1 Sobre el análisis sísmico

El edificio centro cultural de la universidad señor de Sipán está conformado por 3 módulos, los módulos I y III tienen la misma arquitectura y estructuración.

**Tabla 7**

*Levantamiento estructural –Módulos existentes- Edificio Centro cultural de la USS*

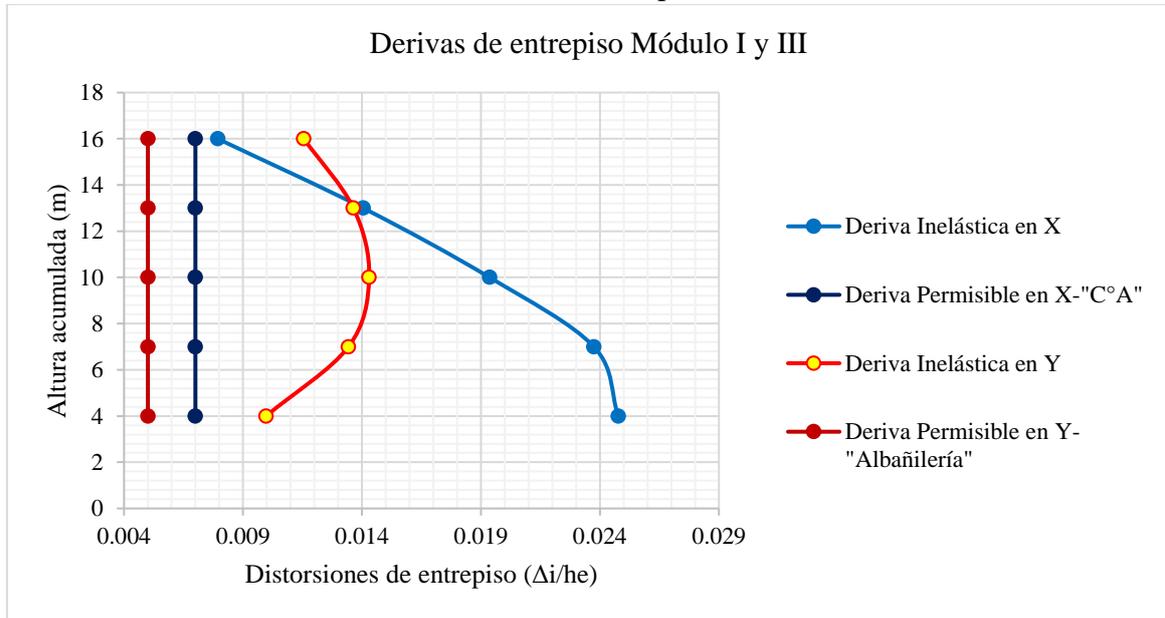
Módulo	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	N° niveles	Sistema Estructural	
				Eje "x-x"	Eje "y-y"
I	95.80	492.00	5	Pórticos de C°A	Mixto (Pórticos y muros de albañilería)
II	53.00	160.45	5	Pórticos de C°A	Mixto (Pórticos y muros de albañilería)
III	95.80	492.00	5	Pórticos de C°A	Mixto (Pórticos y muros de albañilería)

Fuente: Elaboración propia

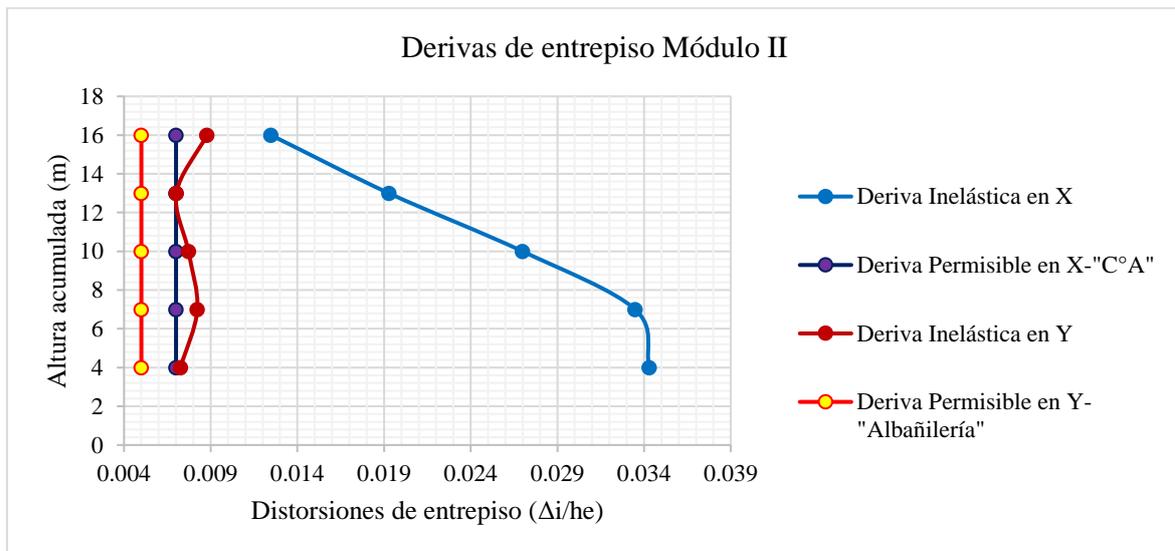
En la tabla 7 se aprecia los tipos de sistemas estructurales encontrados en la edificación, de esto lo llamativo es el haber empleado muros de albañilería confinada en áreas tan grandes con poca densidad de estos y de luces tan grandes de acuerdo al anexo 04 ítem (4.4.3.1), estos sistemas de albañilería confinada deben ser empleados siempre y cuando se cumpla

con la densidad mínima de muros y más aún que la resistencia a cortante que proporcionan estos sea mayor a la cortante debido al sismo severo, sin embargo al no cumplirse con estos requisitos como se demostrará más adelante no pueden ser llamados como sistemas de albañilería confinada, si nos guiamos de la norma E030 en el artículo 15 menciona que de haber más de un sistema estructural en un solo eje se toma como R0 de diseño el menor, en ese sentido la fuerza de diseño sería muy grande según los cálculos estimados, a continuación se detallan todos los cálculos que demuestran que los muros de albañilería debería ser aislados de los pórticos, quedando únicamente como sistemas de C°A de acuerdo al capítulo 3.1.6 (Otros resultados).

### 3.1.2.1.1 Distorsiones de entrepiso



**Figura 10:** Derivas de entrepiso- Estructura actual– Módulo I y III



**Figura 11:** Derivas de entrepiso- Estructura actual – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 10 y 11 se puede observar que las distorsiones de entrepiso superan la deriva permisible en todos los módulos, los sistemas como ya se mencionó fueron mixtos de concreto armado y pseudo-albañilería confinada en la dirección “x” e “y” respectivamente, era de esperar que las derivas no cumplieran puesto que el sistema aporticado en tramos de grandes luces son muy flexibles y los muros de albañilería nos cumplen con los requisitos mínimos de la norma E070 como se detallará más adelante, con respecto al análisis sísmico se puede revisar el anexo 04 ítem (4.4.4) para más detalle.

**Tabla 8**

*Factores de Irregularidad – Estructura actual – Módulo I, II, III*

<b>Factores de Irregularidad</b>	<b>Módulo I y III</b>		<b>Módulo II</b>	
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>1. Irregularidad en Altura</b>				
1.1 I. de Rigidez - Piso Blando	1	1	1	1
1.2 I. de Resistencia - Piso Débil	1	1	1	1
1.3 I. Extrema de Rigidez	1	1	1	1
1.4 I. Extrema de Resistencia	1	1	1	1
1.5 I. Masa o Peso	1	1	1	1
1.6 I. Geométrica Vertical	1	1	1	1
1.7 Discontinuidad de los S. Resistentes	1	1	1	1
1.8 Discontinuidad Ext de los S. Resistentes	1	1	1	1
<b>2. Irregularidad en Planta</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
2.1 Irregularidad Torsional	1	1	0.75	0.75
2.2 Irregularidad Torsional Extrema	1	1	0.6	0.6
2.3 Esquina Entrantes	1	1	1	1
2.4 Discontinuidad del Diafragma	1	1	1	1
2.5 Sistemas no Paralelos	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se verifica los factores de irregularidad de los módulos existentes, por una parte los módulos I y III debido a su simetría no presentan ningún tipo de irregularidad, sin embargo el módulo II debido a su asimetría se encuentra una irregularidad extrema torsional y esto se evidencia en la planta de la estructura de acuerdo al anexo 04 ítem (4.4.3), en la configuración estructural de este módulo se observa la mayor rigidez en el extremo derecho donde hay más concentración de muros de albañilería, dando lugar a la torsión en planta, adicionalmente se puede comentar que de acuerdo a la norma E030 no se permite ningún tipo de irregularidad en edificaciones esenciales en la zona 4, de todas formas se hará el diseño estructural considerando estos factores para observar como las cuantías de acero exceden en gran medida los existentes.

3.1.2.2 Sobre el diseño

3.1.2.2.1 Superestructura

**Tabla 9**

*Diseño de muros de albañilería - Módulo I y III*

GEOMETRÍA		CARGA VERTICAL		FISURACIÓN	R. CORTE	REFUERZO H.	
MURO	L (m)	t (m)	h (m)	$\sigma_m \leq 0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$	$V_e \leq 0.55V_m$	$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	$V_u \geq V_m$ ó $\sigma_m \geq 0.05f'_m$
NIVEL 1°							
M1Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M2Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NECESITA REFUERZO H.
M3Y	3.50	0.13	3.50	NO CUMPLE	NO CUMPLE	139.06 ≥ 942.11	NECESITA REFUERZO H.
M4Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M5Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M6Y	3.50	0.13	3.50	NO CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
NIVEL 2°-5°							
M1Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M2Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NECESITA REFUERZO H.
M3Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE	132.49 ≥ 862.41	NECESITA REFUERZO H.
M4Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M5Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M6Y	3.50	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10***Diseño de muros de albañilería - Módulo II*

GEOMETRÍA				CARGA VERTICAL	FISURACIÓN	R. CORTE	REFUERZO H.
MURO	L (m)	t (m)	h (m)	$\sigma_m \leq 0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$	$V_e \leq 0.55V_m$	$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	$V_u \geq V_m$ ó $\sigma_m \geq 0.05f'_m$
NIVEL 1°							
M1Y	4.38	0.13	3.50	NO CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M2Y	4.38	0.13	3.50	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NECESITA REFUERZO H.
M3Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE	269.42 ≥ 691.42	NECESITA REFUERZO H.
M4Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M5Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M6Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
NIVEL 2°-4°							
M1Y	4.38	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M2Y	4.38	0.13	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NECESITA REFUERZO H.
M3Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE	269.42 ≥ 617.54	NECESITA REFUERZO H.
M4Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M5Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.
M6Y	4.38	0.23	3.50	CUMPLE	NO CUMPLE		NECESITA REFUERZO H.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 y 10 se muestra un resumen del diseño de los muros de albañilería los cuales no cumplen en absoluto con los requisitos mínimos de la norma E070 , esto era suposible debido a la poca densidad en un área tan grande, como dato adicional la densidad mínima de muros no es el factor determinante que demuestra que los muros de albañilería están en condiciones óptimas, el indicador principal sería que estos muros absorban la fuerza producida por el sismo severo y lo más interesante es que del 100% aproximadamente toman el ≈14.5% en el módulo I y III, y un ≈35% en el módulo II, revisar anexo 04 ítem (4.4.6).

**Tabla 11***Diseño a flexión de vigas módulo I, II y III -Estructura actual*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	As Existente (cm <sup>2</sup> )			(1.4CM+1.7CV)		$\Phi R_n \geq R_u$	Carga lateral (sismo)			$\Phi R_n \geq R_u$
		b (cm)	h (cm)		As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>ij</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>j</sub> (cm <sup>2</sup> )	As calculado (cm <sup>2</sup> )	As calculado (cm <sup>2</sup> )					
<b>MÓDULO I Y III</b>														
B entre 2 y 3	9.8	30	80	-	25.50	10.20	25.50	11.24	9.20	Ok	35.64	7.89	33.53	No
				+	7.94	15.68	7.94		9.65		16.94	11.52	17.68	
C entre 2 y 3	9.8	30	80	-	30.60	15.30	30.60	19.70	16.15	Ok	41.55	9.43	38.42	No
				+	15.30	25.50	15.30		17.47		20.06	18.10	18.26	
D entre 2 y 3	9.8	30	80	-	30.60	15.30	30.60	18.22	15.03	Ok	40.40	9.14	37.54	No
				+	15.30	25.50	15.30		16.18		19.39	16.72	17.75	
E entre 2 y 3	9.8	30	80	-	30.60	15.30	30.60	18.48	15.30	Ok	40.26	9.10	37.34	No
				+	15.30	25.50	15.30		16.37		19.31	16.85	17.64	
3 entre B y C	4.7	25	50	-	10.52	4.84	10.52	3.00	1.70	Ok	21.60	5.97	18.25	No
				+	10.52	10.52	10.52		2.45		18.08	7.10	15.79	
3 entre C y D	4.7	25	50	-	10.52	4.84	10.52	2.08	2.41	Ok	17.35	4.65	18.14	No
				+	10.52	10.52	10.52		2.04		14.32	5.55	14.68	
3 entre D y E	4.7	25	50	-	10.52	4.84	10.52	2.35	2.29	Ok	18.14	4.65	18.08	No
				+	10.52	10.52	10.52		2.07		14.77	5.61	14.77	
<b>MÓDULO II</b>														
A entre 1 y 2	8.1	30	75	-	15.88	10.78	15.88	6.90	6.90	Ok	37.04	11.38	21.28	No
				+	8.52	8.52	8.52		6.90		28.87	11.53	20.27	
B entre 1 y 2	8.1	30	75	-	19.30	9.10	19.30	10.20	10.20	Ok	28.01	6.90	28.01	No
				+	7.94	13.04	7.94		10.03		12.70	12.15	12.70	
2 entre A y B	5.37	25	50	-	8.52	8.52	8.52	2.51	0.79	Ok	25.12	11.39	21.28	No
				+	6.84	6.84	6.84		1.35		22.40	11.53	20.27	
2 entre B y C	5.07	25	50	-	8.52	8.52	8.52	2.19	1.15	Ok	21.38	6.28	20.58	No
				+	6.84	6.84	6.84		1.18		18.95	6.97	19.20	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se muestra un resumen del diseño a flexión de algunas vigas, para más detalle revisar anexo 04 ítem (4.4.7), en esta tabla se observa que debido a la combinación (1.4CM+1.7CV) ya que son cargas de gravedad la exigencia de acero es mínima, bajo esa condición todas las vigas cumplen con el acero existente, al incluir la carga lateral (carga de sismo) es decir todas las combinaciones según la norma E060 bajo una envolvente el área de acero calculado excede en su totalidad el acero existente  $Ru \geq \Phi Rn$  (Resistencias requeridas superan las resistencias de diseño), y esto es fácil de suponer debido a la configuración y sistema estructural existente, las áreas de acero calculadas superan las cuantías máximas en casi todas las vigas, revisar el anexo citado para ver todas las vigas y los parámetros utilizados.

**Tabla 12**

*Diseño a cortante en vigas módulo I, II y III – Estructura actual*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		(1.4CM+1.7CV) Cortante actuante		Carga Lateral Cortante actuante		$A_{s\text{ calc}}$	$A_{s\text{ exist}}$	$\Phi Rn \geq Ru$
		b (cm)	h (cm)	$V_i$ (t)	V (t)	$V_i$	$V_j$			
<b>MÓDULO I Y III</b>										
B entre 2 y 3	9.8	30	80	20.00	18.50	40.59	39.05	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
C entre 2 y 3	9.8	30	80	31.21	29.60	40.81	39.20	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
D entre 2 y 3	9.8	30	80	29.43	27.90	40.37	38.86	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
E entre 2 y 3	9.8	30	80	31.21	29.60	40.14	38.60	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
3 entre B y C	4.7	25	50	4.31	3.40	16.76	13.66	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
3 entre C y D	4.7	25	50	3.32	3.53	13.66	14.30	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
3 entre D y E	4.7	25	50	3.51	3.48	14.31	14.27	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
<b>MÓDULO II</b>										
A entre 1 y 2	8.1	30	75	13.13	13.13	26.65	26.65	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
B entre 1 y 2	8.1	30	75	22.19	22.19	27.29	27.29	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
2 entre A y B	5.37	25	50	3.21	2.00	16.12	13.03	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
2 entre B y C	5.07	25	50	2.19	2.66	13.03	13.03	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se muestra un resumen del acero transversal calculado, debido a la carga (1.4CM+1.7CV) el acero existente cumple satisfactoriamente el calculado en todos los módulos, en el módulo II debido a la carga lateral cumple también el acero existente incluyendo el capítulo 21 de la norma E060 para sistemas aporticados, en el módulo I y III en algunas vigas la cortante de diseño con el capítulo 21 supera el acero existente, en general el acero transversal existente tiene una buena distribución y cumplirían en todos los módulos de no ser porque la fuerza de diseño es muy grande debido a los sistemas mixtos utilizados, revisar anexo 04 ítem (4.4.7), por último se hace un cambio de sistemas estructurales para los módulos I y III según el capítulo 3.1.6 (Otros resultados).

**Tabla 13**

*Diseño a flexocompresión módulo I, II y III – Estructura actual*

Ejes	Luz libre (m)	Columna Sección (cm)	As existente (1.4CM+1.7CV)		$\Phi R_n \geq R_u$	Carga lateral	
			(cm <sup>2</sup> )	As calc(cm <sup>2</sup> )		As calc(cm <sup>2</sup> )	$\Phi R_u \geq R_n$
<b>MÓDULO I y III</b>							
B y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	185.25	No
C y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	211.11	No
D y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	203.43	No
E y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	203.79	No
F y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	203.43	No
G y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	211.11	No
H y 3	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	185.25	No
B y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	162.71	No
C y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	181.37	No
D y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	174.76	No
E y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	174.47	No
F y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	174.76	No
G y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	181.37	No
H y 2	3.20	Ø=50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	162.71	No
<b>MÓDULO II</b>							
A y 2	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	232.82	No
B y 2	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	316.62	No
C y 2	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	240.19	No
D y 2	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	300.24	No
A y 1	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	232.82	No
A y 2	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	316.62	No
A y 3	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	240.19	No
A y 4	3.25	40X60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	300.24	No

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra el resumen del acero calculado a flexocompresión, las columnas de todos los módulos cumplen con el acero existente en la carga amplificada (1.4CM+1.7CV), es decir debido a las cargas de gravedad amplificadas no existe mayor requerimiento, al incluir la carga lateral de sismo el acero calculado supera en su totalidad el acero existente  $R_n > \Phi R_u$ , las cuantías de acero calculado en todas las columnas superan a la máxima permisible, revisar anexo 04 ítem (4.4.10)

**Tabla 14**

*Diseño a cortante en columnas módulo I, II y III – Estructura actual*

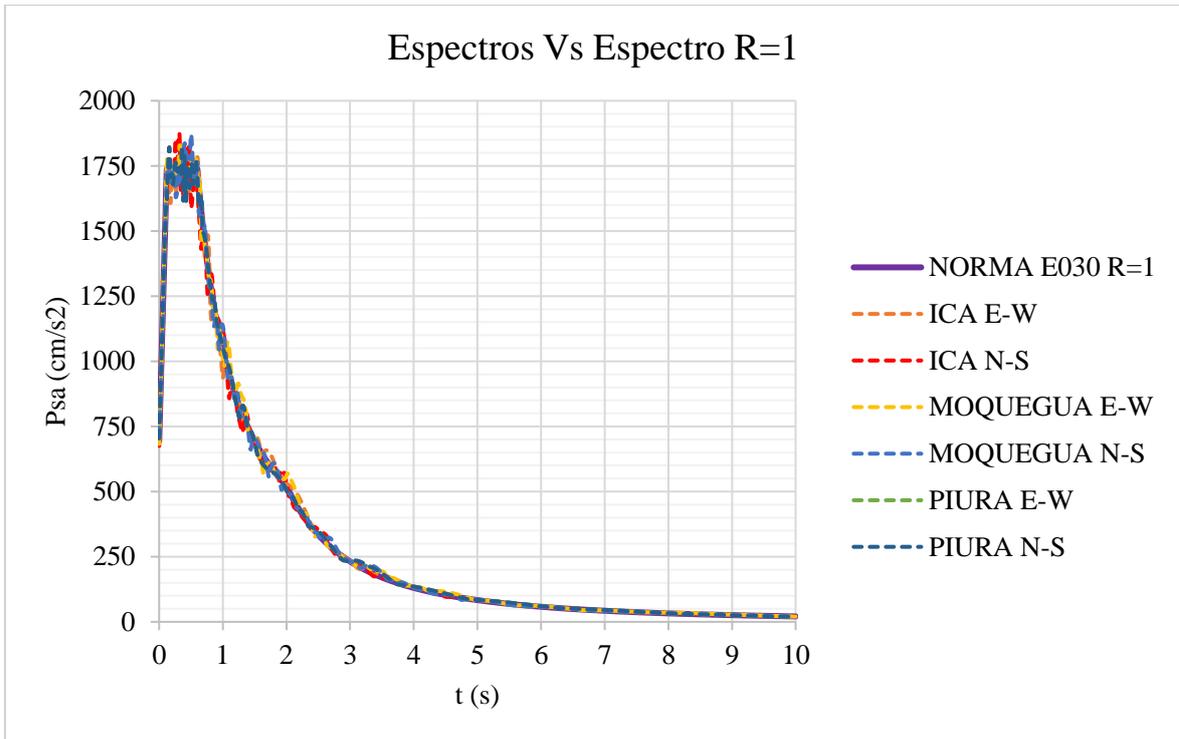
Ejes	Luz libre (m)	Columna (1.4CM+1.7CV) Carga lateral		As calculado		As existente	$\Phi R_u \geq R_n$
		Sección (cm)	V t-m)	V(t-m)			
<b>MÓDULO I y III</b>							
B y 3	3.2	Ø=50	2.43	34.80	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
C y 3	3.2	Ø=50	3.46	43.17	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
D y 3	3.2	Ø=50	3.36	41.12	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
E y 3	3.2	Ø=50	3.33	41.17	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
B y 2	3.2	Ø=50	2.86	31.78	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
C y 2	3.2	Ø=50	4.73	36.11	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
D y 2	3.2	Ø=50	4.50	34.89	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
E y 2	3.2	Ø=50	4.47	34.85	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	No
<b>MÓDULO II</b>							
A y 2	3.25	40X60	3.10	32.00	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
B y 2	3.25	40X60	5.31	23.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
C y 2	3.25	40X60	5.18	26.59	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
D y 2	3.25	40X60	3.17	21.81	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra el resumen del acero transversal calculado, por la carga amplificada (1.4CM+1.7CV) el acero existente cumple el calculado en todos los módulos, en el módulo II debido a la carga lateral cumple también el acero existente incluyendo el capítulo 21 de la norma E060 para sistemas aporticados, en el módulo I y III en algunas columnas la cortante de diseño supera al calculado con el capítulo 21 por lo tanto algunas de estas no cumplen, en general el acero transversal existente tiene una buena distribución y cumplirían en todos los módulos de no ser porque la fuerza de diseño es muy grande debido a los sistemas mixtos utilizados, revisar anexo 04 ítem (4.4.10), por último se hace un cambio de sistemas estructurales para los módulos I y III según el capítulo 3.1.6 (Otros resultados).

### 3.1.1 Descripción 3 – Incorporación de los disipadores de fluido viscoso

#### 3.1.1.1 Escalamiento de registros sísmicos

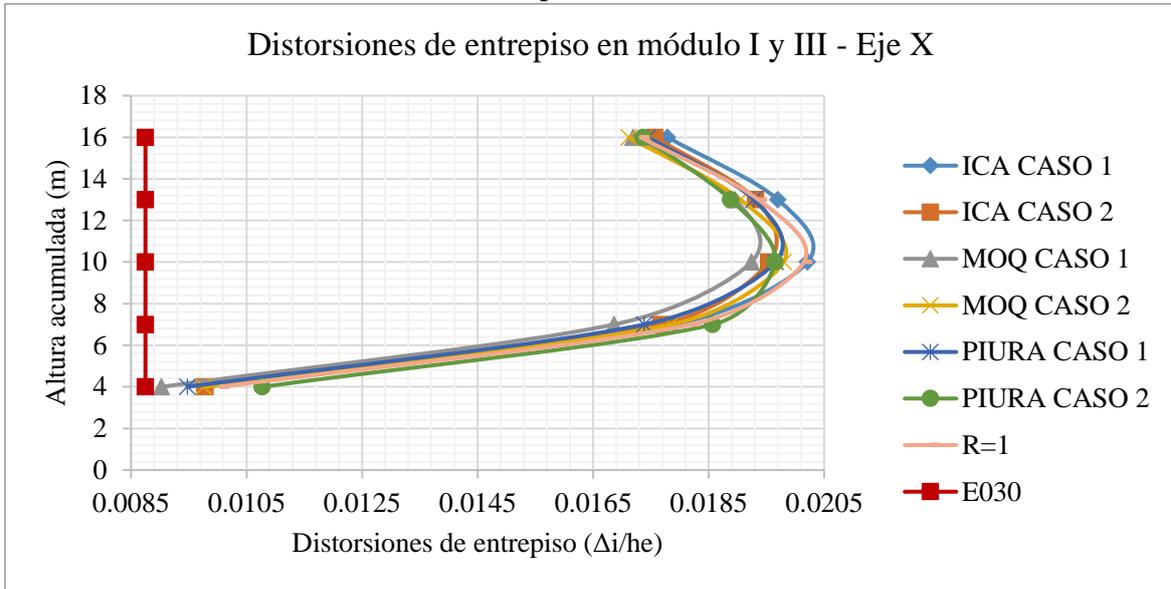


**Figura 12:** Escalamiento de registros sísmicos a R=1

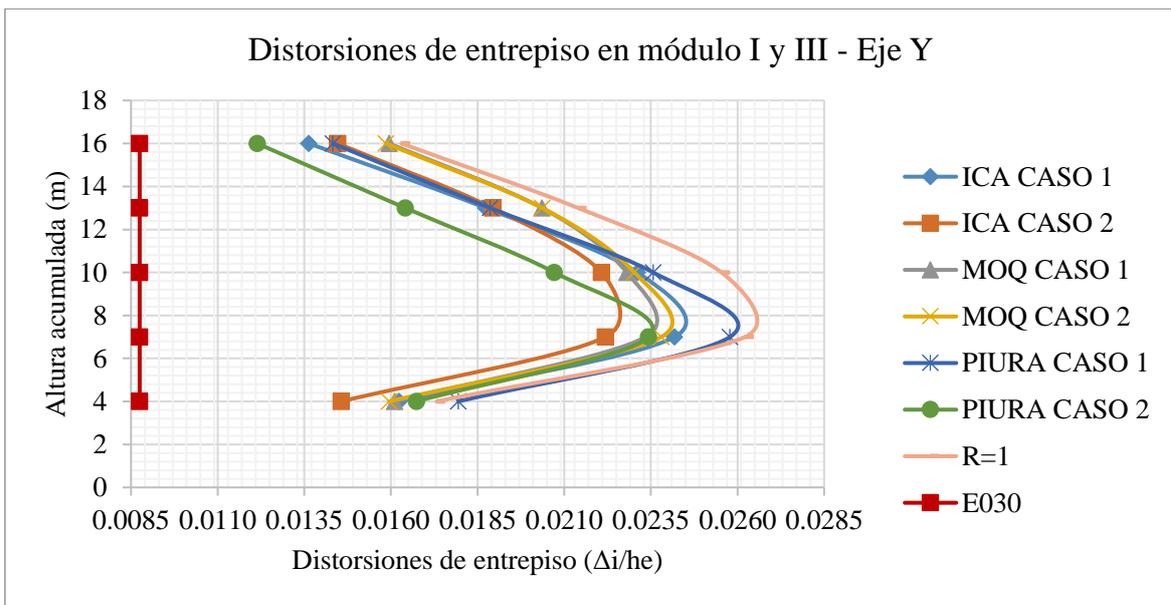
Fuente: Elaboración propia

La figura 12 muestra el escalamiento de los registros sísmicos al espectro de diseño con R=1, estos como se observa en la figura se asemejan al espectro fijado por lo cual se puede decir que el escalado fue correcto, el escalado se hizo en el software Etabs 2018, revisar anexo 04 ítem (4.4.5) para un detallado completo.

### 3.1.1.2 Análisis lineal tiempo – historia



**Figura 13:** Distorsiones de entrepiso en X - Módulo I y III - Análisis lineal tiempo historia

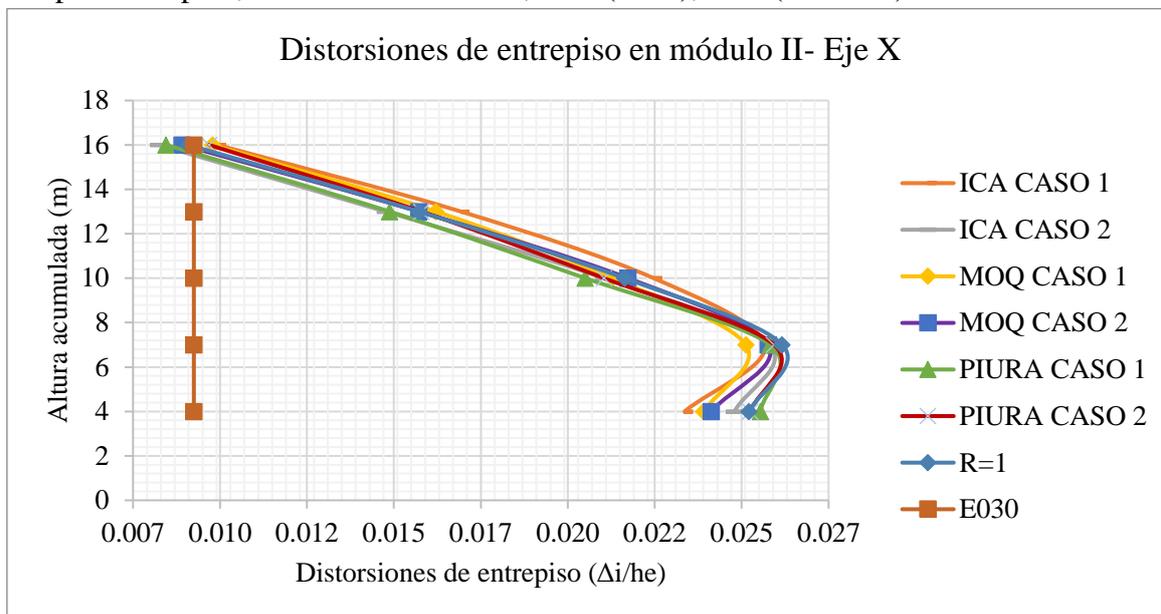


**Figura 14:** Distorsiones de entrepiso en Y - Módulo I y III - Análisis lineal tiempo historia

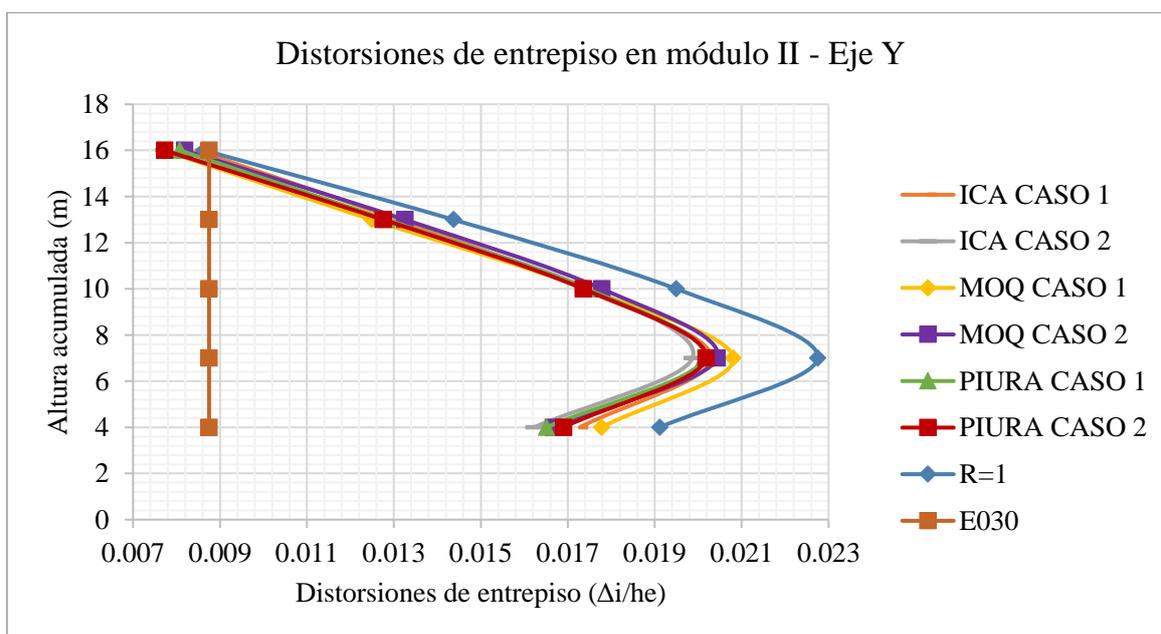
Fuente: Elaboración propia

En las figuras 13 y 14 se observa las distorsiones de entrepiso calculadas producto del análisis tiempo – historia lineal en los módulos I y III, en este aún no se han incluido los disipadores de fluido viscoso, este análisis se realiza en la edificación propuesta como se detalló anteriormente de acuerdo al capítulo 3.1.6 (Otros resultados), según el análisis tiempo historia de la norma E030 cuanto se tiene menos de 7 pares de registro, se toman los valores máximos de cada registro al comparar estos con el espectro con R=1 se observa una similitud en los valores por lo cual el escalado fue muy aproximado, por otra parte las distorsiones se

compararan con las de la norma E030 multiplicadas por 1.25, es decir 0.00875, las cuales tampoco cumplen, revisar los anexos 04, ítem (4.4.3), ítem (4.4.5.3.4).



**Figura 15:** Distorsiones de entrepiso en X - Módulo II- Análisis lineal tiempo historia



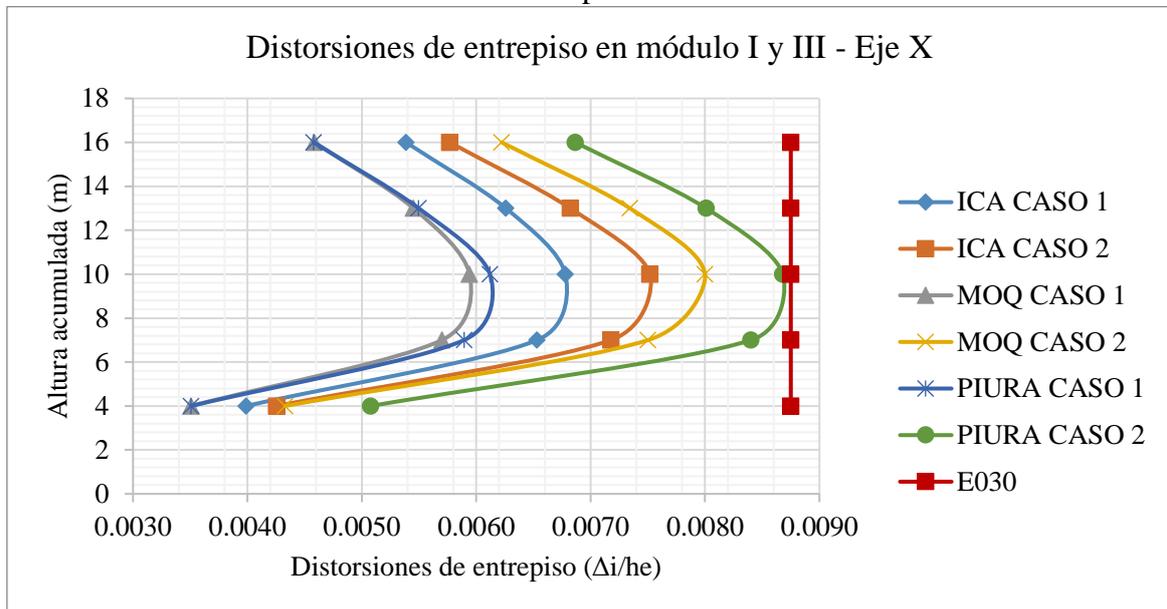
**Figura 16:** Distorsiones de entrepiso en Y - Módulo II- Análisis lineal tiempo historia

Fuente: Elaboración propia

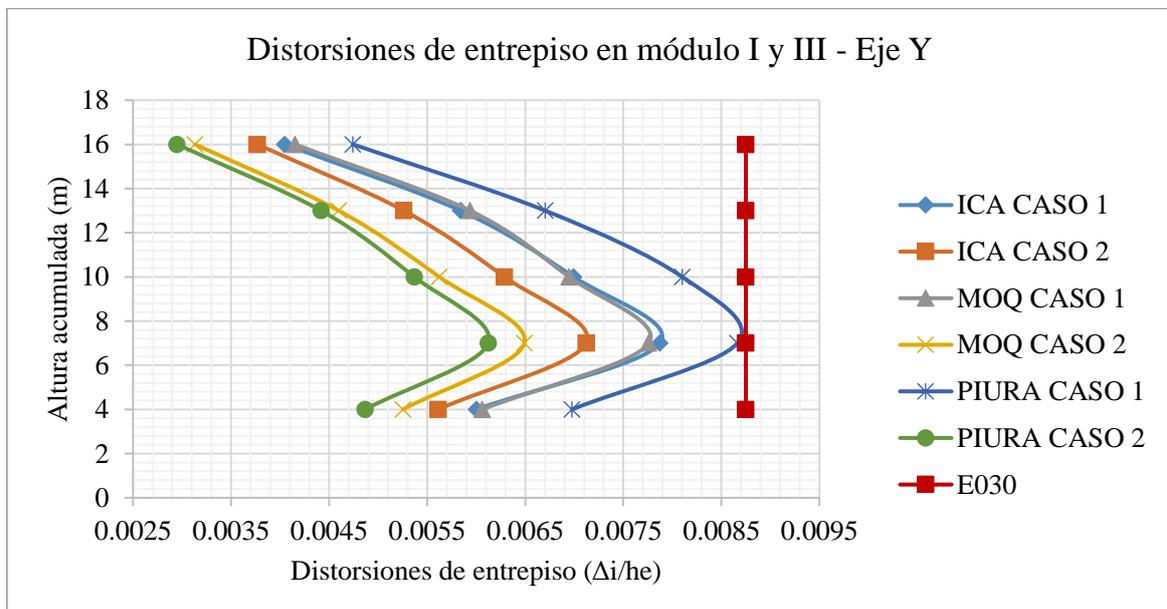
En las figuras 15 y 16 se observa las distorsiones de entrepiso calculadas producto del análisis tiempo – historia lineal en el módulo II, al igual que en el módulo I y III en este no se han incluido los disipadores de fluido viscoso, este análisis se realiza en la edificación propuesta como se detalló de acuerdo al capítulo 3.1.6 (Otros resultados), se toman los valores máximos de cada registro al comparar estos con el espectro con R=1 se observa una similitud en los valores por lo cual el escalado fue muy aproximado, por otra parte las

distorsiones se compararan con las de la norma E030 multiplicadas por 1.25, es decir 0.00875, las cuales tampoco cumplen, revisar los anexos 04, ítem (4.4.3), ítem (4.4.5.3.4).

### 3.1.1.3 Análisis no lineal tiempo – historia



**Figura 17:** Distorsiones de entrepiso en X- Módulo I y III - Análisis no lineal tiempo historia

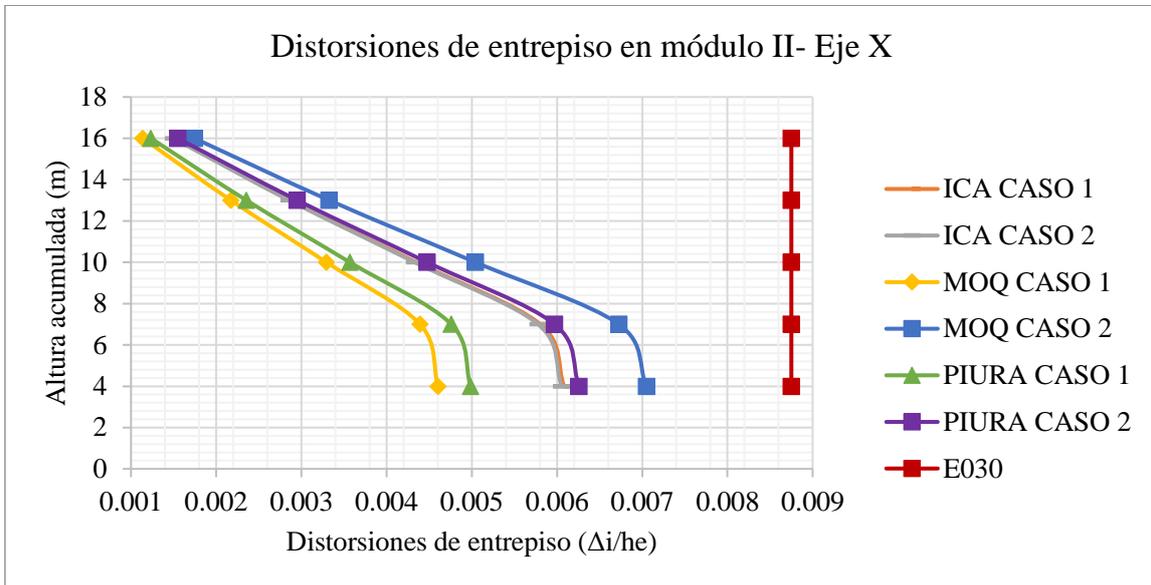


**Figura 18:** Distorsiones de entrepiso en Y- Módulo I y III - Análisis no lineal tiempo historia

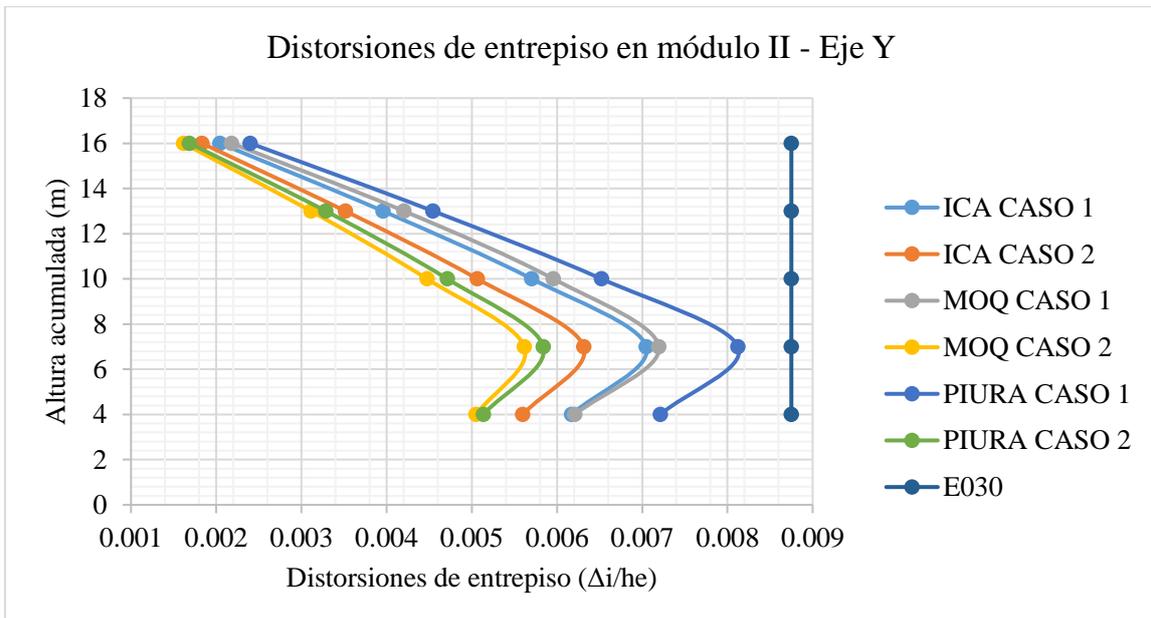
Fuente: Elaboración propia

En las figuras 17 y 18 se muestra las distorsiones de entrepiso calculadas producto del análisis tiempo – historia no lineal en los módulos I y III, en este se han incluido los disipadores de fluido viscoso, este análisis se realiza en la edificación propuesta como se detalló anteriormente de acuerdo al capítulo 3.1.6 (Otros resultados), la idea de emplear un análisis no lineal tiempo historia en los disipadores de fluido viscoso es que incurrieren en el rango no lineal y los elementos estructurales de concreto armado sean diseñados en el

rango elástico de acuerdo al capítulo 18 de la norma ASCE, con las propiedades calculadas en los disipadores se cumple la deriva objetiva de 0.00875, revisar los modelos estructurales en el anexo 04, ítem (4.4.3), ítem (4.4.5.3.4).



**Figura 19:** Distorsiones de entrepiso en X- Módulo II - Análisis no lineal tiempo historia



**Figura 20:** Distorsiones de entrepiso en Y- Módulo II - Análisis no lineal tiempo historia

En las figuras 19 y 20 se muestra las distorsiones de entrepiso calculadas producto del análisis tiempo – historia no lineal en el módulo II, en este se han incluido los disipadores de fluido viscoso, este análisis se realiza en la edificación propuesta como se detalló de acuerdo al capítulo 3.1.6 (Otros resultados), se toman las mismas consideraciones que en los módulos I y III, con las propiedades calculadas en los disipadores se cumple la deriva objetiva de 0.00875, revisar los anexos 04, ítem (4.4.3), ítem (4.4.5.3.4).

### 3.1.1.4 Sobre las propiedades del DFV

La elección de los disipadores de fluido viscoso consiste en un proceso iterativo de prueba y error, como inicio de partida para el cálculo de las propiedades del disipador consideramos en primera instancia los pasos establecidos en el libro de “Edificaciones con disipadores de fluido Viscoso” de los autores Genner Villarreal Castro y Marco Diaz La Rosa Sánchez, debido a las derivas tan elevadas consideramos un amortiguamiento del 25%, este amortiguamiento se tiene que verificar a través de una carga pulso, recordemos que tenemos que mantenernos por debajo del 30% de acuerdo a la norma ASCE 7-10, ver anexo 04 ítem(4.4.12).

**Tabla 15**

*Coefficiente de amortiguamiento y exponente de velocidad – Módulo I y III*

Nivel	Ejes		Disposición	$\alpha$	Cj (t.s/m)
1	3 entre B y C	3 entre G y H	Diagonal	0.5	300.00 t.s/m
2	3 entre B y C	3 entre G y H	Diagonal	0.5	300.00 t.s/m
3	3 entre B y C	3 entre G y H	Diagonal	0.5	300.00 t.s/m
4	3 entre B y C	3 entre G y H	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m
5	3 entre B y C	3 entre G y H	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m

Nivel	Ejes		Disposición	$\alpha$	Cj (t.s/m)
1	2 entre B y C	2 entre G y H	Diagonal	0.5	300.00 t.s/m
2	2 entre B y C	2 entre G y H	Diagonal	0.5	300.00 t.s/m
3	2 entre B y C	2 entre G y H	Diagonal	0.5	300.00 t.s/m
4	2 entre B y C	2 entre G y H	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m
5	2 entre B y C	2 entre G y H	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m

Nivel	Ejes		Disposición	$\alpha$	Cj (t.s/m)
1	A entre 2 y 3	I entre 2 y 3	Chevron Diagonal	0.5	450.00 t.s/m
2	A entre 2 y 3	I entre 2 y 3	Chevron Diagonal	0.5	450.00 t.s/m
3	A entre 2 y 3	I entre 2 y 3	Chevron Diagonal	0.5	450.00 t.s/m
4	A entre 2 y 3	I entre 2 y 3	Chevron Diagonal	0.5	250.00 t.s/m
5	A entre 2 y 3	I entre 2 y 3	Chevron Diagonal	0.5	250.00 t.s/m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16***Coefficiente de amortiguamiento y exponente de velocidad – Módulo I y III*

Nivel	Ejes		Disposición	$\alpha$	Cj (t.s/m)
1	2 entre B y C	1 entre B y C	Chevron Horizontal	0.5	175.00 t.s/m
2	2 entre B y C	1 entre B y C	Chevron Horizontal	0.5	175.00 t.s/m
3	2 entre B y C	1 entre B y C	Chevron Horizontal	0.5	175.00 t.s/m
4	2 entre B y C	1 entre B y C	Chevron Horizontal	0.5	125.00 t.s/m
5	2 entre B y C	1 entre B y C	Chevron Horizontal	0.5	125.00 t.s/m
Nivel	Ejes		Disposición	$\alpha$	Cj (t.s/m)
1	A entre 1 y 2	D entre 1 y 2	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m
2	A entre 1 y 2	D entre 1 y 2	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m
3	A entre 1 y 2	D entre 1 y 2	Diagonal	0.5	250.00 t.s/m
4	A entre 1 y 2	D entre 1 y 2	Diagonal	0.5	200.00 t.s/m
5	A entre 1 y 2	D entre 1 y 2	Diagonal	0.5	200.00 t.s/m

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 15 y 16 se muestra el coeficiente de amortiguamiento y el factor alfa dependiente de la velocidad en el disipador, estos valores finales son después del proceso iterativo mencionado líneas arriba controlando las derivas, mientras las derivas seas mayores el amortiguamiento requerido y las propiedades del disipador serán mayores, la disposición, el número y la ubicación de estos dispositivos también tiene gran influencia, revisar anexo 04 ítem (4.4.3).

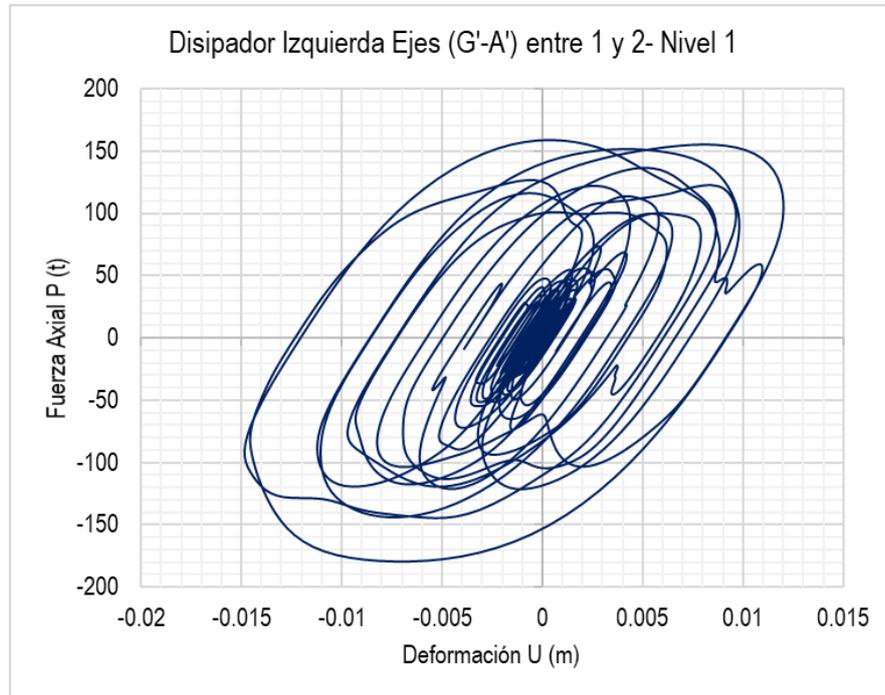
**Tabla 17***Amortiguamiento viscoso - Módulo I, II y III*

T. Amortiguamiento	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Amortiguamiento Inherente	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Amortiguamiento efectivo	23.00%	24.00%	27.00%	26.00%
Amortiguamiento Viscoso	<b>18.00%</b>	<b>19.00%</b>	<b>22.00%</b>	<b>21.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

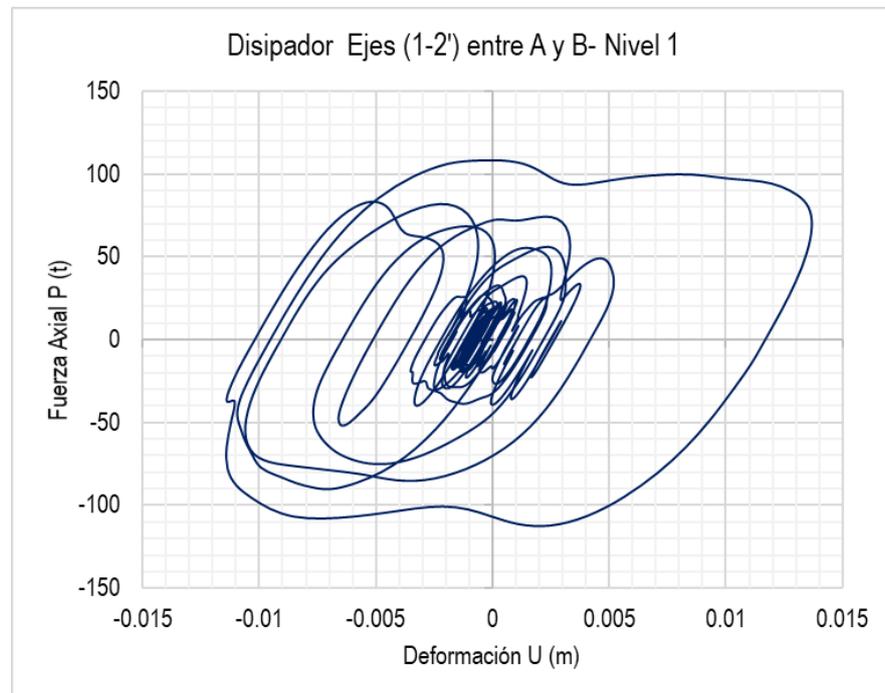
En la tabla 17 se aprecia el valor de amortiguamiento viscoso conseguido y este a su vez añadido a la edificación considerando un amortiguamiento inherente del 5%, a través del software etabs se crea una carga no lineal, esta carga es un pulso instantáneo y su objetivo es determinar el amortiguamiento añadido a la estructura mediante las fórmulas del decremento logarítmico, se crean cargas variando su intensidad de tal manera que el instante

en que comienza a decrecer el amortiguamiento se tendría una aproximación del amortiguamiento añadido, revisar anexo 04 ítem (4.4.12) sub ítem (4.4.12.2).



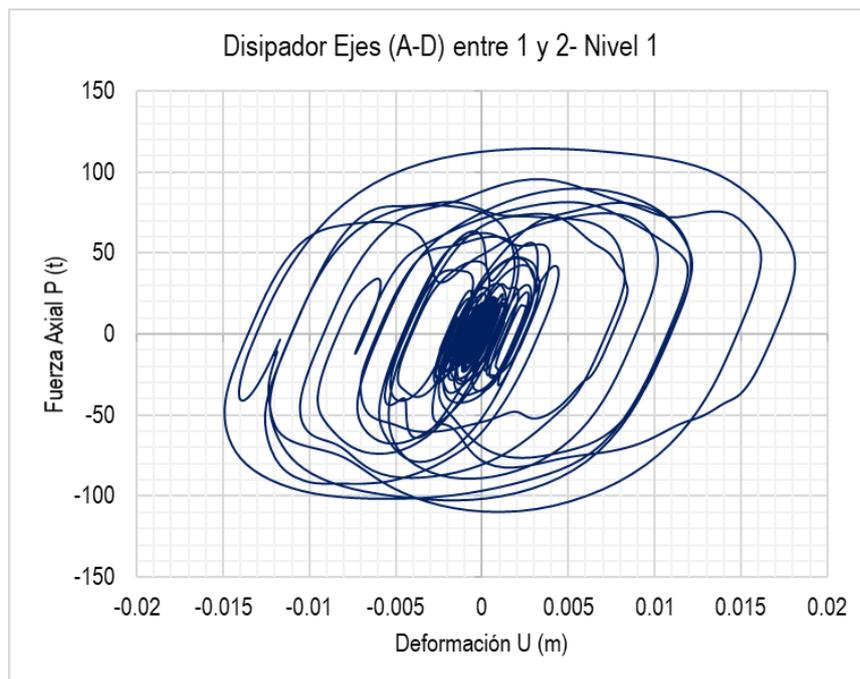
**Figura 21:** Comportamiento histerético en X – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



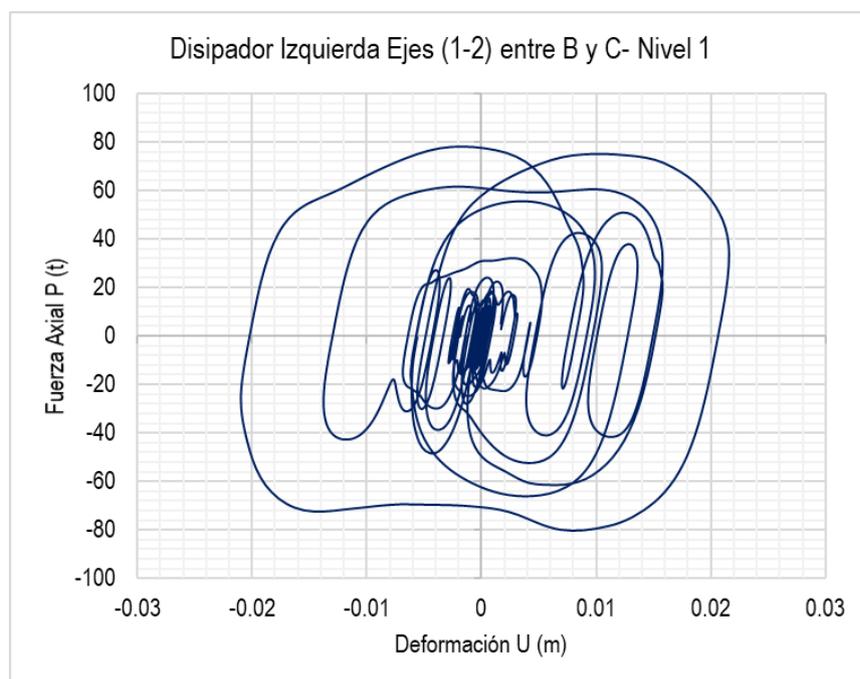
**Figura 22:** Comportamiento histerético en Y – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



**Figura 23:** Comportamiento histerético en X – Módulo II

Fuente: Elaboración propia

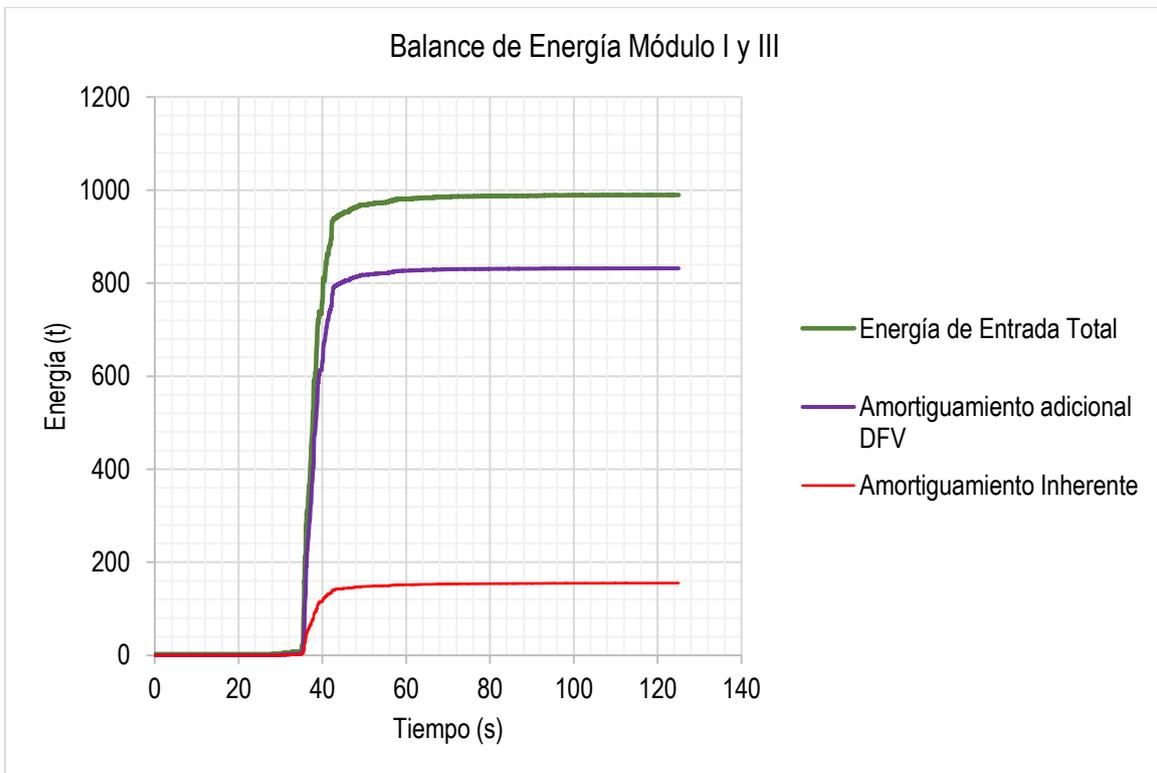


**Figura 24:** Comportamiento histerético en Y – Módulo II

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 21 y 22 correspondiente al módulo I y III de muros estructurales y las figuras 23 y 24 en el módulo II de pórticos de concreto armado de acuerdo al capítulo 3.1.6 (otros resultados), se consigue que la curva histerética se asemeje a la forma elíptica, de acuerdo a

diversos autores esta forma garantiza que los disipadores trabajen de manera correcta aportando significativamente en la reducción de derivas e incremento del amortiguamiento, en el sistema de muros estructurales al ser más rígido se observa que hay una tendencia a inclinarse la forma elíptica esto es propio del sistema y las derivas tan altas hacen que se requiera grandes coeficientes de amortiguamiento, por otro lado en el sistema más flexible de pórticos de concreto armado se consigue la forma elíptica en su totalidad, se hizo el proceso iterativo cambiando la forma y disposición de los dispositivos y determinar el mejor comportamiento, para ver la curvas histeréticas de todos los disipadores por niveles revisar el anexo 04 ítem (4.4.12) sub ítem (4.4.12.3).



**Figura 25:** Balance de energía módulo I y III

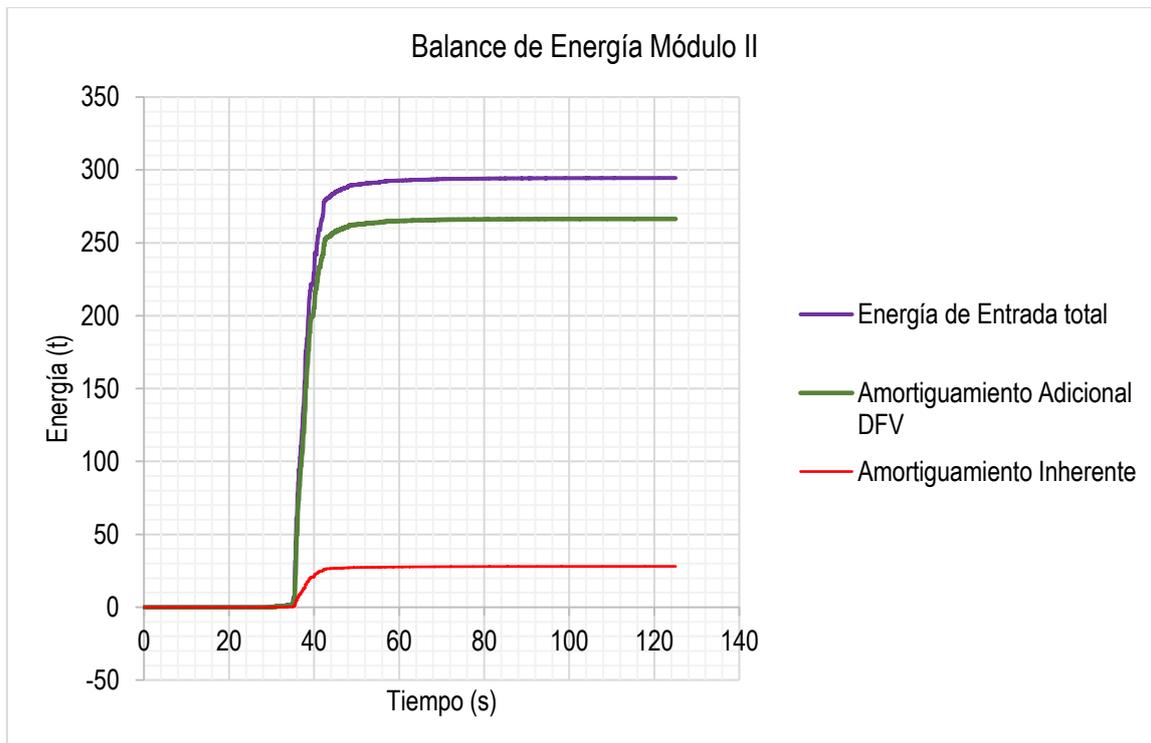
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18**

*Energía disipada en el módulo I y III*

Entrada	Energía (t-m)	
	Inherente de la estructura	Disipadores
989.42	155.25	831.73
<b>100.00%</b>	<b>15.69%</b>	<b>84.06%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 26:** Balance de energía módulo I y III

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19**

*Energía disipada en el módulo II*

Entrada	Energía (t-m)	
	Inherente de la estructura	Disipadores
294.66	28.97	264.33
<b>100.00%</b>	<b>9.83%</b>	<b>89.71%</b>

Fuente: Elaboración propia

En una estructura convencional son los elementos de concreto armado quienes disipan la energía total del sismo, mientras que en una estructura que cuenta con sistemas de disipación de energía son estos los primero es absorber dicha energía a través del incremento del amortiguamiento, en las figuras 25 y 26 se muestra como los disipadores de energía en todos los módulos absorben más del 80% dejando una parte muy pequeña a los elementos de concreto armado.

3.1.1.5 Sobre el diseño del DFV

**Tabla 20**

*Elección de fuerza en el disipador – Taylor Devices – Módulo I y III*

Nivel	Disipador	D. Chevron Diagonal		Disipador (KN)
		Fuerza (KN)	Fuerza (KN)	
1	Eje (G'-A') entre 1 y 2	1711.42	1582.83	<b>2000</b>
2	Eje (G'-A') entre 1 y 2	1914.05	1764.66	<b>2000</b>
3	Eje (G'-A') entre 1 y 2	1768.91	1611.13	<b>2000</b>
4	Eje (G'-A') entre 1 y 2	913.09	886.5	<b>1000</b>
5	Eje (G'-A') entre 1 y 2	770.02	686.86	<b>1000</b>

Nivel	Disipador	D. Diagonal		Disipador (KN)
		Fuerza (KN)		
1	Eje (1-2) entre A y B	1017.66		<b>1500</b>
2	Eje (1-2) entre A y B	1374.89		<b>1500</b>
3	Eje (1-2) entre A y B	1442.54		<b>1500</b>
4	Eje (1-2) entre A y B	1204.37		<b>1500</b>
5	Eje (1-2) entre A y B	1150.62		<b>1500</b>

Nivel	Disipador	D. Diagonal		Disipador (KN)
		Fuerza (KN)		
1	Eje (1-2) entre F y G	1266.21		<b>1500</b>
2	Eje (1-2) entre F y G	1465.97		<b>1500</b>
3	Eje (1-2) entre F y G	1480.65		<b>1500</b>
4	Eje (1-2) entre F y G	1184.19		<b>1500</b>
5	Eje (1-2) entre F y G	1108.16		<b>1500</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21**

*Elección de fuerza en el disipador – Taylor Devices – Módulo II*

Nivel	Disipador	D. Chevron Horizontal		Disipador (KN)
		Fuerza (KN)	Fuerza (KN)	
1	Eje (1-2) entre B y C	764.49	785.46	<b>1000</b>
2	Eje (1-2) entre B y C	635.8	652.86	<b>750</b>
3	Eje (1-2) entre B y C	551.8	564.44	<b>750</b>
4	Eje (1-2) entre B y C	322.87	331.1	<b>500</b>
5	Eje (1-2) entre B y C	234.12	236.81	<b>500</b>

Nivel	Disipador	D. Diagonal		Disipador (KN)
		Fuerza (KN)		
1	Eje (A-D) entre 1 y 2	1231.99		<b>1500</b>
2	Eje (A-D) entre 1 y 2	1136.91		<b>1500</b>
3	Eje (A-D) entre 1 y 2	1016.52		<b>1500</b>
4	Eje (A-D) entre 1 y 2	680.62		<b>750</b>
5	Eje (A-D) entre 1 y 2	494.66		<b>750</b>

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 20 y 21 de acuerdo a la fuerza presente en el disipador se eligen los disipadores de fluido viscoso según el catálogo Taylor devices del anexo 04 ítem (4.4.12) subítem (4.4.12.4).

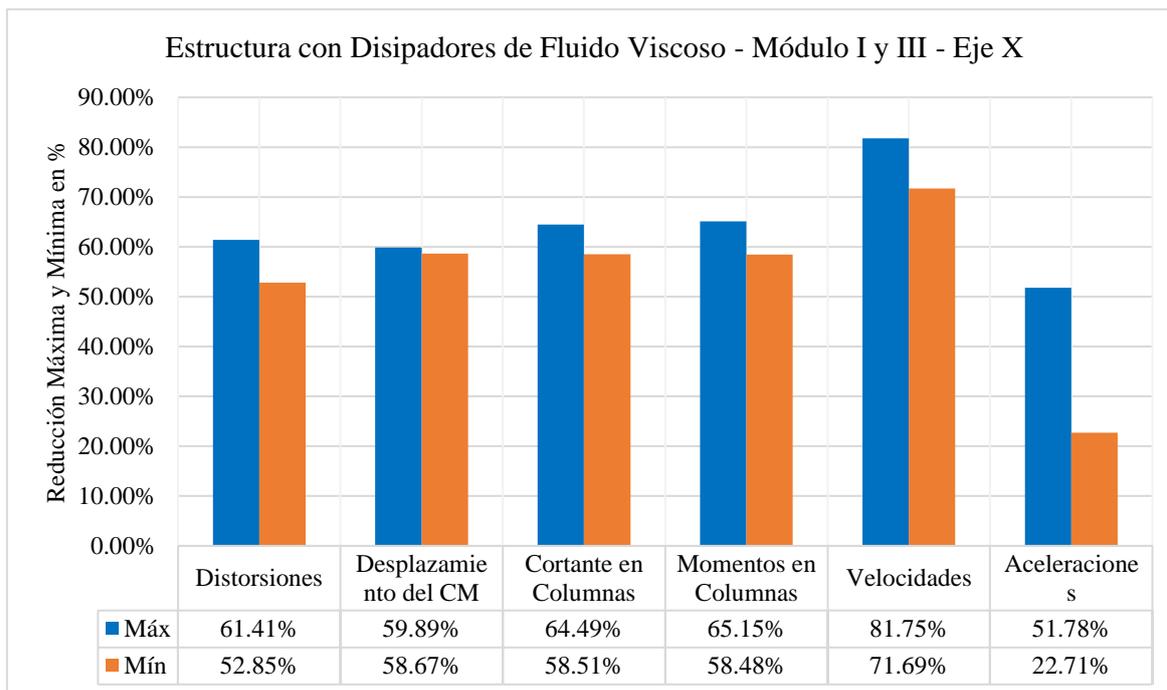
**Tabla 22**

*Diseño de la sección tubular – Módulo I, II y III*

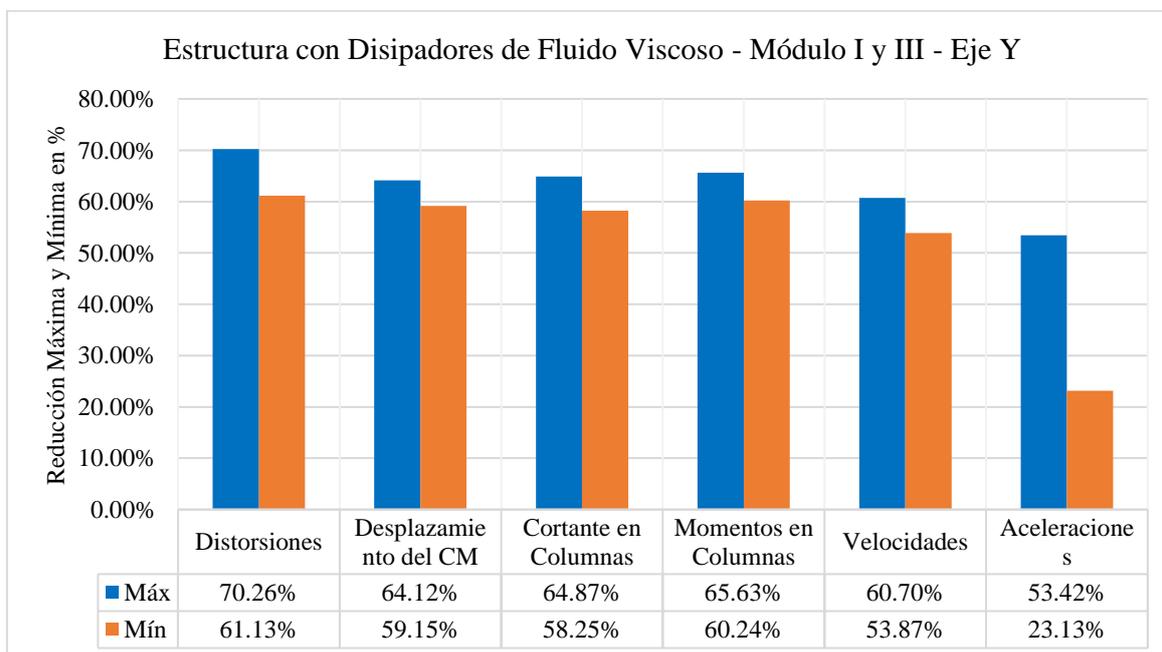
Nivel	Pu		Sección tubo			D. Compresión		D. tracción		Pandeo Local		Rigidez	
	C(t)	T(t)	b(cm)	e(cm)	A(cm <sup>2</sup> )	L (cm)	Pn (t)	Pn > Pu	Ag(cm <sup>2</sup> )	A>Ag	b/e	Clasif.	K (t/m)
Módulo I y III - Eje (1-2) entre A y B													
1°	109	104	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	529.50	128.89	OK	37.18	Ok	25	Compacta	24367
2°	140	139	<b>20.00</b>	<b>1.00</b>	76.00	472.50	168.19	OK	49.74	Ok	20	Compacta	33778
3°	147	144	<b>20.00</b>	<b>1.00</b>	76.00	472.50	168.19	OK	51.48	Ok	20	Compacta	33778
4°	123	118	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	472.50	136.59	OK	42.18	Ok	25	Compacta	27307
5°	117	114	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	472.50	136.59	OK	40.85	Ok	25	Compacta	27307
Módulo I y III - Eje (G'-A') entre 1 y 2													
1°	174	174	<b>25.00</b>	<b>1.00</b>	96.00	437.40	236.48	OK	62.41	Ok	25	Compacta	46091
2°	195	195	<b>25.00</b>	<b>1.00</b>	96.00	373.40	244.60	OK	69.96	Ok	25	Compacta	53990
3°	180	180	<b>25.00</b>	<b>1.00</b>	96.00	373.40	244.60	OK	64.65	Ok	25	Compacta	53990
4°	93	93	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	403.20	145.29	OK	33.37	Ok	25	Compacta	32000
5°	79	79	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	403.20	145.29	OK	28.30	Ok	25	Compacta	32000
Módulo II - Eje (1-2) entre B y C													
1°	76	76	<b>15.00</b>	<b>0.60</b>	34.56	175.20	91.22	OK	27.30	Ok	25	Compacta	41425
2°	63	63	<b>12.50</b>	<b>0.60</b>	28.56	178.40	73.25	OK	22.75	Ok	20.8	Compacta	33619
3°	55	55	<b>12.50</b>	<b>0.60</b>	28.56	178.40	73.25	OK	19.78	Ok	20.8	Compacta	33619
4°	32	32	<b>12.50</b>	<b>0.60</b>	28.56	180.30	73.12	OK	11.55	Ok	20.8	Compacta	33265
5°	24	24	<b>12.50</b>	<b>0.60</b>	28.56	180.30	73.12	OK	8.43	Ok	20.8	Compacta	33265
Módulo II - Eje (A-D) entre 1 y 2													
1°	129	126	<b>25.00</b>	<b>1.00</b>	96.00	851.50	167.07	OK	45.03	Ok	25	Compacta	23676
2°	121	116	<b>25.00</b>	<b>1.00</b>	96.00	851.50	167.07	OK	41.52	Ok	25	Compacta	23676
3°	106	104	<b>25.00</b>	<b>1.00</b>	96.00	851.50	167.07	OK	37.15	Ok	25	Compacta	23676
4°	69	67	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	823.40	86.01	OK	24.13	Ok	25	Compacta	15670
5°	55	45	<b>20.00</b>	<b>0.80</b>	61.44	823.40	86.01	OK	16.04	Ok	25	Compacta	15670

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se muestra un resumen de las secciones finales del brazo metálico, se usó una sección tubular cuadrada como es usual de acuerdo a la fuerza del disipador, el diseño se hizo en base a la norma AISC 360 -16, las secciones fueron elegidas según la tabla de aceros Arequipa del anexo 05 ítem 5.5.12 subítem 4.4.12.5, en este anexo también se puede ver el diseño completo de estos elementos, a su vez el diseño se hace teniendo en cuenta los valores máximo producidos por cada registro sísmico.



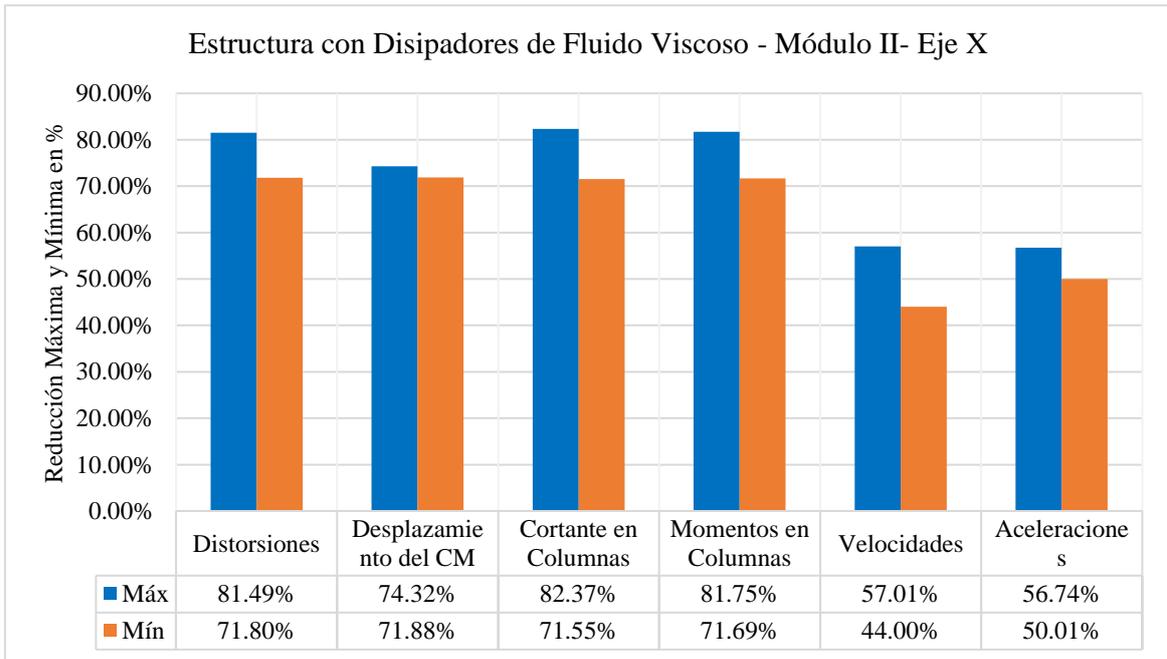
**Figura 27:** Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo I y III - Eje X.



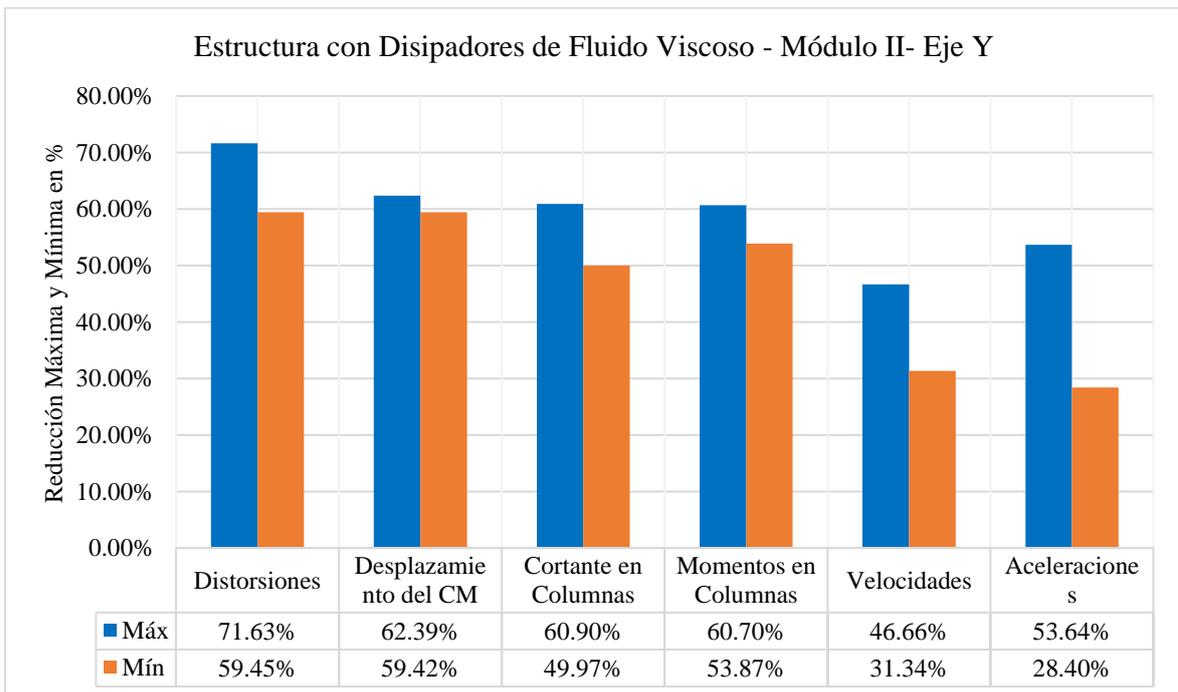
**Figura 28:** Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo I y III - Eje Y.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 27 y 28 con la incorporación de los disipadores de fluido viscoso se muestra el porcentaje de reducción de las distorsiones, cortantes, momentos, velocidades y aceleraciones para los módulos I y III en cada eje, para ver mayor detalle de cada valor en los gráficos se cita el anexo 04, ítem (4.4.5.3.5).



**Figura 29:** Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo II - Eje X.



**Figura 30:** Reducción máxima y mínima de distorsiones, fuerzas internas y velocidades – Módulo II - Eje Y.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 29 y 30 con la incorporación de los disipadores de fluido viscoso se muestra el porcentaje de reducción de las distorsiones, cortantes, momentos, velocidades y aceleraciones para el módulo II en cada eje, para ver mayor detalle de cada valor en los gráficos se cita el anexo 04, ítem ítem (4.4.5.3.5).

### 3.1.2 Descripción 4 - Reforzamiento de los elementos estructurales

#### 3.1.2.1 En la superestructura

**Tabla 23**

*Factor de reducción de fuerza sísmica – ASCE 7-10*

Módulo	Amortiguamiento viscoso	Coefficiente de amortiguación	Reducción de Fza basal	Reducción de Fza basal máxima	Coefficiente de reducción de fuerza sísmica	
	$\beta_{eff}$	$B_{v+1}$	$V_d=V/(B_{v+1})$	$V_{mín}=0.75V$	$R_0$ inicial	$R_0$ reducido
I y III	18.00%	1.44	$V_d=0.69V$	$V_{mín}=0.75V$	6.00	8.00
	19.00%	1.47	$V_d=0.68V$	$V_{mín}=0.75V$	6.00	8.00
	22.00%	1.50	$V_d=0.67V$	$V_{mín}=0.75V$	8.00	10.67
II	21.00%	1.53	$V_d=0.65V$	$V_{mín}=0.75V$	8.00	10.67

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 de acuerdo a la norma ASCE en el capítulo 18 se permite modificar la respuesta amortiguada de la estructura en la cortante de diseño basal, esta reducción está en función del amortiguamiento efectivo proporcionado por los disipadores de fluido viscoso, adicionalmente a esto se menciona que la fuerza sísmica de diseño puede ser reducida como máximo en un 25% ( $V_{mín}=0.75V$ ), con estos resultados se crean espectros con  $R_0=8$  y  $R_0=10.67$ , revisar anexo 05 ítem (5.5.5.4).

**Tabla 24**

*Reducción de área de acero longitudinal en columnas – Módulo II*

Ejes	Luz libre	Columna		<b>R=8</b>	<b>R=10.67</b>	Reducción
	(m)	b (cm)	d(cm)	As (cm <sup>2</sup> )	As (cm <sup>2</sup> )	%
A y 2	3.25	40	60	60.62	33.95	<b>44.00%</b>
B y 2	3.25	40	60	90.20	55.85	<b>38.08%</b>
C y 2	3.25	40	60	90.20	55.85	<b>38.08%</b>
D y 2	3.25	40	60	60.62	33.95	<b>44.00%</b>
A y 1	3.25	40	60	60.62	33.95	<b>44.00%</b>
A y 2	3.25	40	60	90.20	55.85	<b>38.08%</b>
A y 3	3.25	40	60	90.20	55.85	<b>38.08%</b>
A y 4	3.25	40	60	60.62	33.95	<b>44.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se muestra el porcentaje de reducción de acero con el nuevo “Ro”, para llegar a estos resultados se consideró la cortante mínima en la base al igual que en los otros análisis, este módulo es el más flexible puesto que está constituido únicamente de pórticos de concreto armado dando valores muy altos en cuanto a reducción de acero en columnas se refiere, revisar el anexo 04 ítems (4.4.5.4 y 4.4.10), en estos anexos se muestran los diseños de acero para cada eje por cada columna.

**Tabla 25***Reducción de área de acero longitudinal en columnas – Módulo I y III*

Ejes	Luz libre	Columna	R=6	R=8	Reducción
	(m)	D (cm)	As (cm <sup>2</sup> )	As (cm <sup>2</sup> )	%
C y 3	3.20	50.00	163.86	148.45	<b>9.40%</b>
D y 3	3.20	50.00	152.61	138.24	<b>9.42%</b>
E y 3	3.20	50.00	151.75	137.85	<b>9.16%</b>
F y 3	3.20	50.00	152.61	138.24	<b>9.42%</b>
G y 3	3.20	50.00	163.86	148.45	<b>9.40%</b>
C y 2	3.20	50.00	126.51	109.86	<b>13.16%</b>
D y 2	3.20	50.00	116.42	101.88	<b>12.49%</b>
E y 2	3.20	50.00	114.98	100.80	<b>12.33%</b>
F y 2	3.20	50.00	116.42	101.88	<b>12.49%</b>
G y 2	3.20	50.00	126.51	109.86	<b>13.16%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se muestra el porcentaje de reducción de acero con el nuevo “Ro”, estos módulos son más rígidos puesto que están constituidos por pórticos y muros estructurales de concreto armado dando valores moderados en cuanto a reducción de acero en columnas se refiere, mientras más flexible sea la estructura mayor será la reducción del acero calculado, revisar el anexo 04 ítems (4.4.5.4 y 4.4.10).

**Tabla 26***Reducción de área de acero longitudinal en vigas – Módulo II*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	R=8		R=10.67		% Reducción	
		b (cm)	h (cm)		As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>j</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>j</sub> (cm <sup>2</sup> )		
A entre 1 y 2	8.1	30	75	-	15.90	15.90	13.19	13.19	<b>17.04%</b>	<b>17.04%</b>
				+	7.55	7.55	6.90	6.90	<b>8.61%</b>	<b>8.61%</b>
B entre 1 y 2	8.1	30	75	-	24.17	24.17	21.32	21.32	<b>11.79%</b>	<b>11.79%</b>
				+	11.12	11.12	9.93	9.93	<b>10.70%</b>	<b>10.70%</b>
C entre 1 y 2	8.1	30	75	-	24.17	24.17	21.32	21.32	<b>11.79%</b>	<b>11.79%</b>
				+	11.12	11.12	9.93	9.93	<b>10.70%</b>	<b>10.70%</b>
D entre 1 y 2	8.1	30	75	-	15.90	15.90	13.19	13.19	<b>17.04%</b>	<b>17.04%</b>
				+	7.55	7.55	6.90	6.90	<b>8.61%</b>	<b>8.61%</b>
2 entre A y B	5.37	25	50	-	16.03	13.32	11.91	9.86	<b>25.70%</b>	<b>25.98%</b>
				+	13.19	11.66	9.31	8.33	<b>29.42%</b>	<b>28.56%</b>
2 entre B y C	5.07	25	50	-	12.61	12.61	9.45	9.46	<b>25.06%</b>	<b>24.98%</b>
				+	10.46	10.46	7.45	7.45	<b>28.78%</b>	<b>28.78%</b>
2 entre C y D	5.37	25	50	-	13.32	16.03	9.86	11.91	<b>25.98%</b>	<b>25.70%</b>
				+	11.66	13.19	8.33	9.31	<b>28.56%</b>	<b>29.42%</b>
1 entre A y B	5.37	25	50	-	16.03	13.32	11.91	9.86	<b>25.70%</b>	<b>25.98%</b>
				+	13.19	11.66	9.31	8.33	<b>29.42%</b>	<b>28.56%</b>
1 entre B y C	5.07	25	50	-	12.61	12.61	9.45	9.46	<b>25.06%</b>	<b>24.98%</b>
				+	10.46	10.46	7.45	7.45	<b>28.78%</b>	<b>28.78%</b>
1 entre C y D	5.37	25	50	-	13.32	16.03	9.86	11.91	<b>25.98%</b>	<b>25.70%</b>
				+	11.66	13.19	8.33	9.31	<b>28.56%</b>	<b>29.42%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27***Reducción de área de acero longitudinal en vigas – Módulo I y III*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	R=6		R=8		% Reducción	
		b (cm)	h (cm)		As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>j</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>j</sub> (cm <sup>2</sup> )		
B entre 2 y 3	9.8	30	80	-	26.69	24.49	22.56	20.42	<b>15.47%</b>	<b>16.62%</b>
				+	12.25	11.33	10.51	9.59	<b>14.20%</b>	<b>15.36%</b>
C entre 2 y 3	9.8	30	80	-	31.20	27.82	27.67	24.08	<b>11.31%</b>	<b>13.44%</b>
				+	14.24	12.71	12.65	11.16	<b>11.17%</b>	<b>12.20%</b>
D entre 2 y 3	9.8	30	80	-	29.61	26.25	25.97	22.74	<b>12.29%</b>	<b>13.37%</b>
				+	13.44	12.07	11.95	10.59	<b>11.09%</b>	<b>12.26%</b>
E entre 2 y 3	9.8	30	80	-	29.20	25.75	25.69	22.41	<b>12.02%</b>	<b>12.97%</b>
				+	13.27	11.86	11.83	10.45	<b>10.85%</b>	<b>11.89%</b>
F entre 2 y 3	9.8	30	80	-	29.61	26.25	25.97	22.74	<b>12.29%</b>	<b>13.37%</b>
				+	13.44	12.07	11.95	10.59	<b>11.09%</b>	<b>12.26%</b>
G entre 2 y 3	9.8	30	80	-	31.20	27.82	27.67	24.08	<b>11.31%</b>	<b>13.44%</b>
				+	14.24	12.71	12.65	11.16	<b>11.17%</b>	<b>12.20%</b>
H entre 2 y 3	9.8	30	80	-	26.69	24.49	22.56	20.42	<b>15.47%</b>	<b>16.62%</b>
				+	12.25	11.33	10.51	9.59	<b>14.20%</b>	<b>15.36%</b>
3 entre B y C	4.7	25	50	-	13.96	10.78	10.48	7.94	<b>24.93%</b>	<b>26.35%</b>
				+	10.38	10.03	7.16	7.25	<b>31.02%</b>	<b>27.72%</b>
3 entre C y D	4.7	25	50	-	8.72	9.09	6.73	7.03	<b>22.82%</b>	<b>22.66%</b>
				+	6.55	6.69	4.67	4.75	<b>28.70%</b>	<b>29.00%</b>
3 entre D y E	4.7	25	50	-	9.18	9.17	7.1	7.09	<b>22.66%</b>	<b>22.68%</b>
				+	6.78	6.77	4.81	4.81	<b>29.06%</b>	<b>28.95%</b>
3 entre E y F	4.7	25	50	-	9.17	9.18	7.09	7.1	<b>22.68%</b>	<b>22.66%</b>
				+	6.77	6.78	4.81	4.81	<b>28.95%</b>	<b>29.06%</b>
3 entre F y G	4.7	25	50	-	9.09	8.72	7.03	6.73	<b>22.66%</b>	<b>22.82%</b>
				+	6.69	6.55	4.75	4.67	<b>29.00%</b>	<b>28.70%</b>
3 entre G y H	4.7	25	50	-	10.78	13.96	7.94	10.48	<b>26.35%</b>	<b>24.93%</b>
				+	10.03	10.38	7.25	7.16	<b>27.72%</b>	<b>31.02%</b>
2 entre B y C	4.7	25	50	-	12.65	10.39	9.22	7.7	<b>27.11%</b>	<b>25.89%</b>
				+	9.86	9.46	6.82	6.84	<b>30.83%</b>	<b>27.70%</b>
2 entre C y D	4.7	25	50	-	8.38	8.72	6.50	6.77	<b>22.43%</b>	<b>22.36%</b>
				+	6.23	6.37	4.44	4.52	<b>28.73%</b>	<b>29.04%</b>
2 entre D y E	4.7	25	50	-	8.82	8.81	6.84	6.84	<b>22.45%</b>	<b>22.36%</b>
				+	6.45	6.44	4.58	4.58	<b>28.99%</b>	<b>28.88%</b>
2 entre E y F	4.7	25	50	-	8.81	8.82	6.84	6.84	<b>22.36%</b>	<b>22.45%</b>
				+	6.44	6.45	4.58	4.58	<b>28.88%</b>	<b>28.99%</b>
2 entre F y G	4.7	25	50	-	8.72	8.38	6.77	6.5	<b>22.36%</b>	<b>22.43%</b>
				+	6.37	6.23	4.52	4.44	<b>29.04%</b>	<b>28.73%</b>
2 entre G y H	4.7	25	50	-	10.39	12.65	7.70	9.22	<b>25.89%</b>	<b>27.11%</b>
				+	9.46	9.86	6.84	6.82	<b>27.70%</b>	<b>30.83%</b>

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 26 y 27 se observa el porcentaje de reducción de acero a flexión en vigas, se tomaron los valores de acero en la región de rótulas plásticas donde la demanda es mayor, se observa que la reducción es muy similar en los 3 módulos independientemente del sistema estructural, en las vigas de mayor longitud esa reducción es menor, mientras que en las de menor luz es mayor, y esto es propio de la carga lateral (carga de sismo) que se manifiesta más en luces cortas, revisar anexo 04 ítem (4.4.7).

### 3.1.2.1.1 Encamisado de Vigas

Las vigas del módulo I y III considerando el espectro reducido se logra controlar las áreas de acero longitudinal y transversal de tal manera que estas no requieren reforzamiento local por ninguna técnica, revisar anexo 04 ítem (4.4.8).

**Tabla 28**

*Área de acero adicional por flexión en viga 30x85 – Módulo II*

Viga	As <sub>axis</sub> (cm <sup>2</sup> )	Viga Sección 30x75cm					Viga Sección 30x85cm			
		a(cm)	c=a/β <sub>1</sub> (cm)	ε <sub>s</sub> =(d-c)/c)*ε <sub>c</sub>	Φ	ΦMn (t - m)	Mu (t-m)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As(Nuevo)	
Eje B	-	19.30	15.14	17.81	0.0087	0.9	45.00	49.07	17.98	-
entre	-	9.10	7.14	8.40	0.0217	0.9	22.59	16.20	5.56	-
1-2, C	-	19.30	15.14	17.81	0.0087	0.9	45.00	49.07	17.98	-
entre	+	7.94	6.23	7.33	0.0254	0.9	19.85	24.53	8.55	2Φ5/8"+2Φ3/4"
1 y 2	+	13.04	10.23	12.03	0.0143	0.9	31.62	25.16	8.78	2Φ5/8"+2Φ3/4"
	+	7.94	6.23	7.33	0.0254	0.9	19.85	24.53	8.55	2Φ5/8"+2Φ3/4"

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29**

*Área de acero adicional por flexión en viga de 25x65 – Módulo II*

Viga	As <sub>axis</sub> (cm <sup>2</sup> )	Viga 25x50cm					Viga 25x65cm			
		a(cm)	c=a/β <sub>1</sub> (cm)	ε <sub>s</sub> =(d-c)/c)*ε <sub>c</sub>	Φ	ΦMn (t - m)	Mu (t-m)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As(Nuevo)	
Eje 2	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	17.77	8.51	-
entre	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	7.71	3.54	-
A-B,	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	15.02	7.11	-
1	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	14.27	6.73	1Φ5/8"+2Φ3/4"
entre	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	8.29	3.82	1Φ5/8"+2Φ3/4"
A y B	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	12.87	6.04	1Φ5/8"+2Φ3/4"
Eje 2	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	14.46	6.83	-
entre	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	4.16	1.89	-
C-D,	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	14.46	6.83	-
1	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	11.61	5.42	1Φ5/8"+2Φ3/4"
entre	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	5.16	2.35	1Φ5/8"+2Φ3/4"
C y D	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	11.61	5.42	1Φ5/8"+2Φ3/4"
Eje 2	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	15.02	7.11	-
entre	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	7.71	3.54	-
B-C,	-	8.52	8.02	9.43	0.0110	0.9	12.91	17.77	8.51	-
1	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	12.87	6.04	1Φ5/8"+2Φ3/4"
entre	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	8.29	3.82	1Φ5/8"+2Φ3/4"
B y C	+	6.84	6.44	7.57	0.0145	0.9	10.57	14.27	6.73	1Φ5/8"+2Φ3/4"

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 28 y 29 se muestra un aumento del peralte, como es más complicado agregar acero negativo se aumenta el peralte y se controla el acero negativo y como consecuencia de ello se agrega el nuevo acero positivo en dicho peralte, con respecto al acero transversal el

requerimiento es mínimo y se hará en base al capítulo 21 de la norma E060, revisar anexo 04 ítem (4.4.8).

### 3.1.2.1.2 Encamisado de columnas

En los módulos I, II y III si bien es cierto hay una reducción del área de acero esta no es suficiente, por lo tanto, se hará un encamisado de estas haciendo un recrecido de la sección.

**Tabla 30**

*Área de acero adicional por flexocompresión en columnas – Módulo I y III*

Ejes	Luz libre (m)	Columna D=50cm			Columna D=70cm		
		Columna D (cm)	As existente (cm <sup>2</sup> )	As calculado (cm <sup>2</sup> )	Columna D (cm)	As calculado (cm <sup>2</sup> )	As(Adicional) ρ <sub>mín</sub>
C y 3	3.2	50	36.12	148.45	70	<b>50.10</b>	16Φ3/4"
D y 3	3.2	50	36.12	138.24	70	<b>44.75</b>	16Φ3/4"
E y 3	3.2	50	36.12	137.85	70	<b>43.30</b>	16Φ3/4"
F y 3	3.2	50	36.12	138.24	70	<b>44.75</b>	16Φ3/4"
G y 3	3.2	50	36.12	148.45	70	<b>50.10</b>	16Φ3/4"
C y 2	3.2	50	36.12	109.86	70	<b>38.48</b>	16Φ3/4"
D y 2	3.2	50	36.12	101.88	70	<b>38.48</b>	16Φ3/4"
E y 2	3.2	50	36.12	100.80	70	<b>38.48</b>	16Φ3/4"
F y 2	3.2	50	36.12	101.88	70	<b>38.48</b>	16Φ3/4"
G y 2	3.2	50	36.12	109.86	70	<b>38.48</b>	16Φ3/4"

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31**

*Área de acero adicional por flexocompresión en columnas – Módulo II*

Ejes	Luz libre (m)	Columna 40x60cm			Columna reforzada		
		Columna bxh (cm)	As existente (cm <sup>2</sup> )	As calculado (cm <sup>2</sup> )	Columna bxh (cm)	As calculado (cm <sup>2</sup> )	As(Adicional) ρ <sub>mín</sub>
A y 2	3.25	40x60	38.60	33.95	40x60	<b>36.59</b>	-
B y 2	3.25	40x60	38.60	55.85	60x80	<b>48.00</b>	18Φ3/4"
C y 2	3.25	40x60	38.60	55.85	60x80	<b>48.00</b>	18Φ3/4"
D y 2	3.25	40x60	38.60	33.95	40x60	<b>36.59</b>	-
A y 1	3.25	40x60	38.60	33.95	40x60	<b>36.59</b>	-
A y 2	3.25	40x60	38.60	55.85	60x80	<b>48.00</b>	18Φ3/4"
A y 3	3.25	40x60	38.60	55.85	60x80	<b>48.00</b>	18Φ3/4"
A y 4	3.25	40x60	38.60	33.95	40x60	<b>36.59</b>	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30 y 31 se muestran las secciones nuevas, como mínimo se incrementa 10 cm la sección, con eso es suficiente para cumplir con todo lo solicitado en base a la norma E060, con respecto al área de acero transversal se hará de acuerdo al capítulo 21 de la norma

mencionada, para ver los detalles completos y considerandos empleados revisar anexo 04 ítem (4.4.11).

### 3.1.3 Otros resultados

#### 3.1.3.1 En la superestructura

##### 3.1.3.1.1 Estructura propuesta

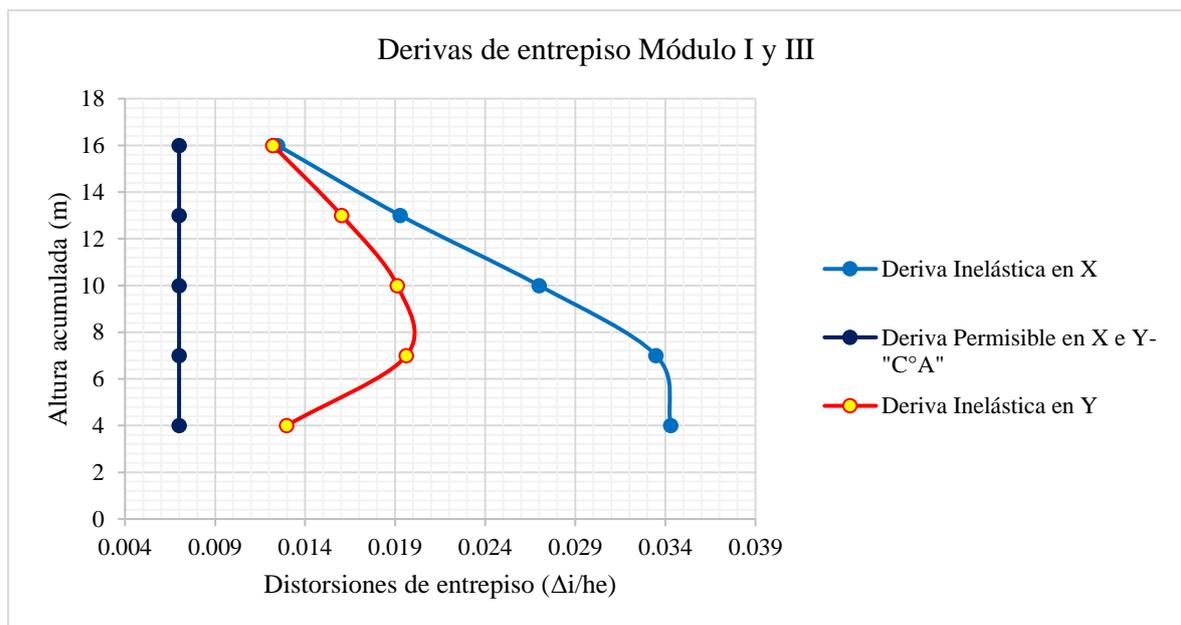
**Tabla 32**

*Levantamiento estructural – Módulos propuestos – Edificio Centro Cultural de la uss*

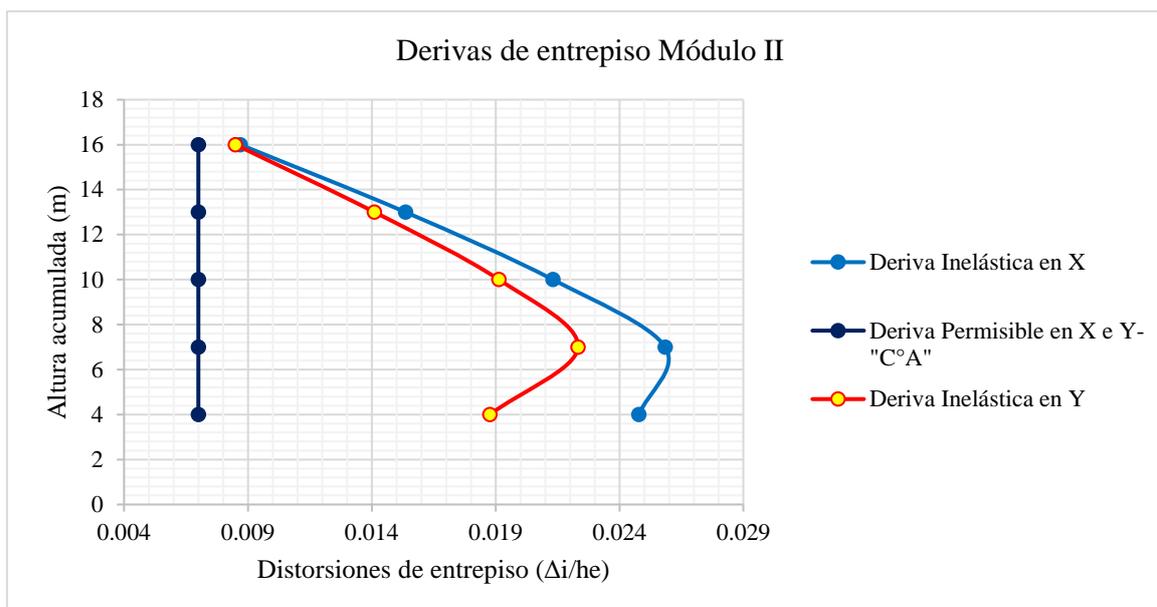
Módulo	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	N° niveles	Sistema Estructural	
				Eje "x-x"	Eje "y-y"
I	95.80	492.00	5	Muros Estructurales	Muros Estructurales
II	53.00	160.45	5	Pórticos de C°A	Pórticos de C°A
III	95.80	492.00	5	Muros Estructurales	Muros Estructurales

Fuente: Elaboración propia

Se propone una nueva estructura en la que no se contemplan los muros de albañilería es decir se proponen inicialmente como sistemas aportricados, esto ayudará sin lugar a duda a disminuir la fuerza de diseño basal debido a que al ya no ser sistemas mixtos aumenta la ductilidad en los módulos, en el módulo I y III en el eje 3 entre (A-B y H-I), así como en el eje 2 entre (A-B y H-I), se puede observar una distancia muy corta para introducir una viga puesto que no existe en los planos, es por ello que se incorpora una placa en "L" de tal manera que los periodos sean algo similares en ambas direcciones y además trabajar como sistemas de muros estructurales, y esto a su vez ayudará a controlar el tema de diseño a cortante tanto en vigas y columnas ya que los requerimientos serán menores, el módulo II se trabajará exclusivamente como sistema aportricado, se verifica la condición actual de la estructura nueva propuesta para posteriormente incorporar los disipadores de fluido viscoso, anexo 04 ítem (4.4.3).



**Figura 31:** Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo I y III



**Figura 32:** Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo II

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 31 y 32 se observa que al hacer el cambio de sistema estructural no se cumple con la deriva objetiva al igual que en los sistemas iniciales existentes, revisar anexo 04 ítem (4.4.5).

**Tabla 33**

*Factores de irregularidad – Estructura propuesta – Módulo I, II, III*

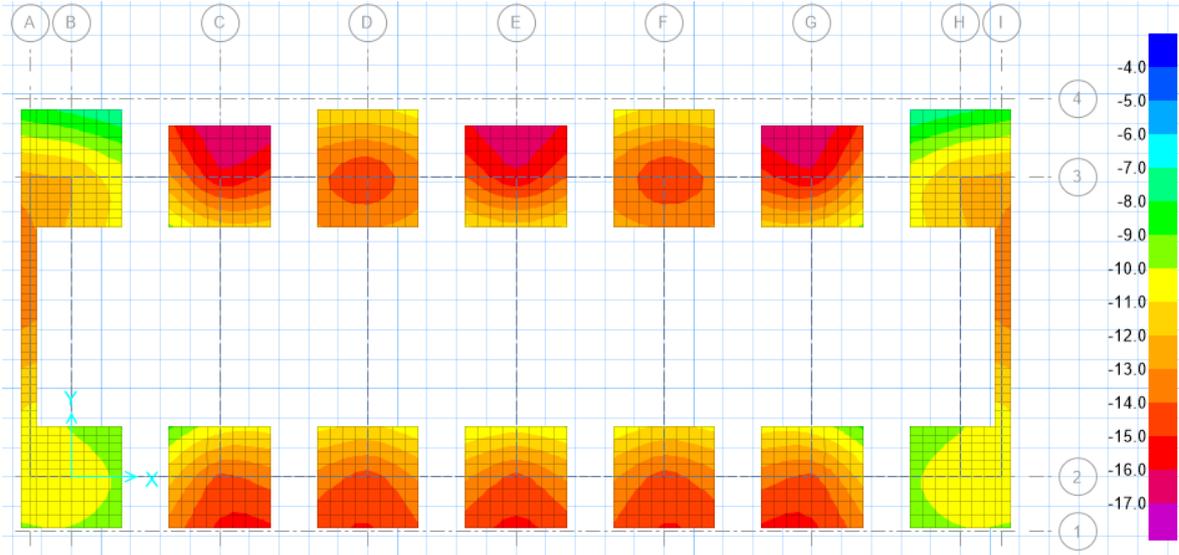
Factores de Irregularidad	Módulo I y III		Módulo II	
	X	Y	X	Y
<b>1. Irregularidad en Altura</b>				
1.1 I. de Rigidez - Piso Blando	1	1	1	1
1.2 I. de Resistencia - Piso Débil	1	1	1	1
1.3 I. Extrema de Rigidez	1	1	1	1
1.4 I. Extrema de Resistencia	1	1	1	1
1.5 I. Masa o Peso	1	1	1	1
1.6 I. Geométrica Vertical	1	1	1	1
1.7 Discontinuidad de los S. Resistentes	1	1	1	1
1.8 Discontinuidad Ext de los S. Resistentes	1	1	1	1
<b>2. Irregularidad en Planta</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
2.1 Irregularidad Torsional	1	1	1	1
2.2 Irregularidad Torsional Extrema	1	1	1	1
2.3 Esquina Entrantes	1	1	1	1
2.4 Discontinuidad del Diafragma	1	1	1	1
2.5 Sistemas no Paralelos	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 se muestra los factores de irregularidad encontrados para estos nuevos módulos propuestos, siendo muy favorable puesto que ya no existe la famosa irregularidad torsional en planta, esto debido a la simetría.

### 3.1.3.2 En la subestructura

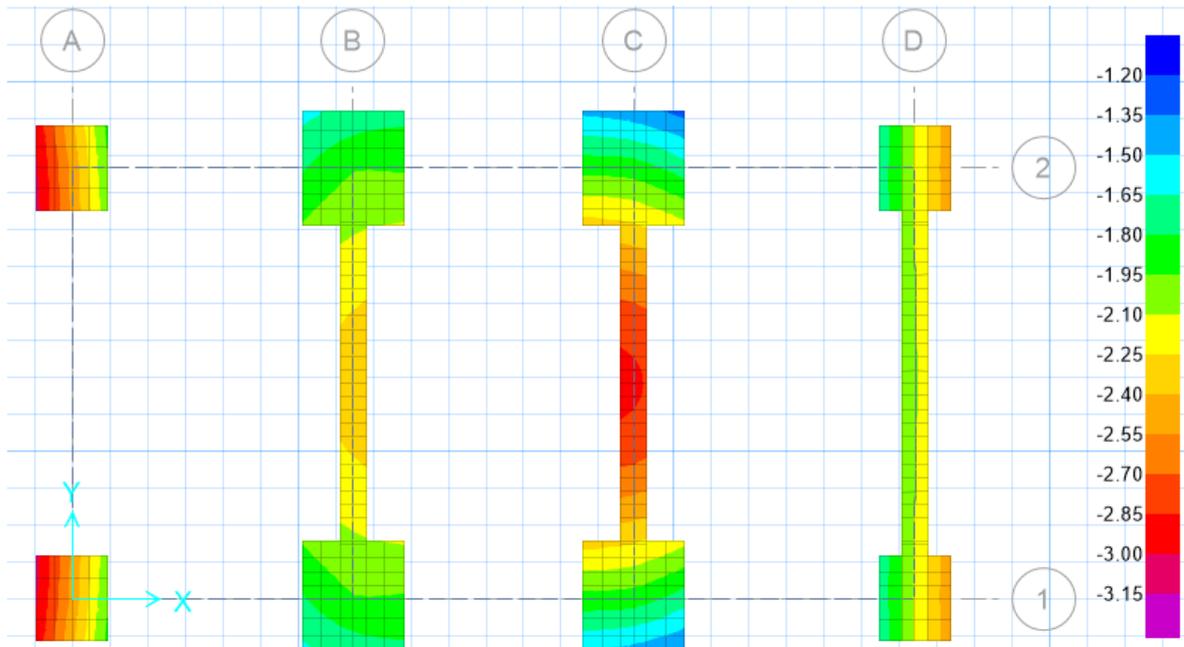
#### 3.1.3.2.1 Cimentación actual



**Figura 33:** Presiones admisibles en el terreno – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33 la cimentación encontrada fue de zapatas conectadas y cimientos corridos para los muros de albañilería, las presiones superan a la capacidad portante del terreno debido a la carga de servicio, obteniéndose una presión máxima de  $1.692 \text{ kg/cm}^2$ , la cual es mayor a  $0.85 \text{ kg/cm}^2$  según el EMS, ver anexo 04 ítem (4.4.3) subítem (4.4.3.2).



**Figura 34:** Presiones admisibles en el terreno – Módulo II

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34 la cimentación encontrada fue de zapatas conectadas y cimientos corridos para los muros de albañilería, las presiones superan a la capacidad portante del terreno, obteniéndose una presión máxima de 3.045kg/cm<sup>2</sup>, la cual es mayor a 0.85kg/cm<sup>2</sup> según el EMS, ver anexo 04 ítem (4.4.3) subítem (4.4.3.2).

**Tabla 34**  
*Diseño de zapatas - Módulo I, II y III*

Zapata	Altura de Zap.	As (cm <sup>2</sup> )	As (cm <sup>2</sup> ) Calculado		Punzonamiento	Cortante
	h <sub>z</sub> (m)	Existente	X	Y	V <sub>up</sub> /ΦV <sub>cp</sub> ≤1	ΦV <sub>c</sub> ≥ V <sub>u</sub>
<b>Módulo I y III</b>						
B-3	0.5	5/8 @17.5cm	5/8 @20cm	3/4@10cm	ok	ok
C-3	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
D-3	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
E-3	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
F-3	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
G-3	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
H-3	0.5	5/8 @17.5cm	5/8 @20cm	3/4@10cm	ok	ok
B-2	0.5	5/8 @17.5cm	5/8 @20cm	3/4@10cm	ok	ok
C-2	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
D-2	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
E-2	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
F-2	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
G-2	0.5	5/8 @17.5cm	3/4@15cm	3/4@10cm	ok	5/8@15cm
H-2	0.5	5/8 @17.5cm	5/8 @20cm	3/4@10cm	ok	ok
<b>Módulo II</b>						
A-2	0.45	1/2@15cm	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
B-2	0.45	1/2@15cm	3/4 @17.5cm	3/4 @17.5cm	ok	1/2@15cm
C-2	0.45	1/2@15cm	3/4 @17.5cm	3/4 @17.5cm	ok	1/2@15cm
D-2	0.45	1/2@15cm	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
A-1	0.45	1/2@15cm	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	1/2@15cm
B-1	0.45	1/2@15cm	3/4 @17.5cm	3/4 @17.5cm	ok	1/2@15cm
C-1	0.45	1/2@15cm	3/4 @17.5cm	3/4 @17.5cm	ok	ok
D-1	0.45	1/2@15cm	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34 se observa un resumen del diseño de la cimentación, por un lado el acero a flexión calculado (1.4CM+1.7CV) es muy superior al existente en todos los módulos, con esas secciones de la cimentación se requiere refuerzo por cortante también, revisa anexo 04 ítem (4.4.13).

**Tabla 35***Asentamiento diferencial – Módulo I, II y III*

Eje	Luz (m)	$\delta_A$ (cm)	$\delta_B$ (cm)	$\delta/L$	$\alpha=\delta/L$ (1/750)
Módulo I y III					
Eje B	10.3	0.62	0.56	0.00005825	0.00133
Eje C	10.3	0.88	0.8	0.00007767	0.00133
Eje D	10.3	0.77	0.76	0.00000971	0.00133
Eje E	10.3	0.89	0.77	0.0001165	0.00133
Eje F	10.3	0.77	0.76	0.00000971	0.00133
Eje G	10.3	0.88	0.8	0.00007767	0.00133
Eje H	10.3	0.62	0.56	0.00005825	0.00133
Módulo II					
Eje A	8.7	1.57	1.55	0.00002299	0.00133
Eje B	8.7	1.072	1.071	0.00000115	0.00133
Eje C	8.7	1.072	1.071	0.00000115	0.00133
Eje D	8.7	1.57	1.55	0.00002299	0.00133

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35 los asentamientos diferenciales cumplen sin mayores problemas gracias a las vigas de cimentación.

**Tabla 36***Diseño a flexión en vigas de cimentación – Módulo I, II y III*

Eje	Sección		Acero existente			Acero calculado			$\Phi R_u \geq R_n$
	b(cm)	h(cm)	$As_A$ (cm <sup>2</sup> )	$As_{AB}$ (cm <sup>2</sup> )	$As_B$ (cm <sup>2</sup> )	$As_A$ (cm <sup>2</sup> )	$As_{AB}$ (cm <sup>2</sup> )	$As_B$ (cm <sup>2</sup> )	
Módulo I y III									
B entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	9.77	3.81	6.39	No
C entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	12.32	7.14	10.45	No
D entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	15.13	6.63	10.44	No
E entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	12.2	7.19	10.45	No
F entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	15.13	6.63	10.44	No
G entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	12.32	7.14	10.45	No
H entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	9.77	3.81	6.39	No
Módulo II									
B entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	2.26	1.31	2.26	Ok
C entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	4.58	4.08	4.58	Ok
D entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	4.58	4.08	4.58	Ok
E entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	2.26	1.31	2.26	Ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 36 las vigas de cimentación no satisfacen las áreas de acero a flexión, es decir su sección necesita el incremento de acero, para este caso en particular se tomó como combinación de diseño la carga amplificada (1.4CM+1.7CV).

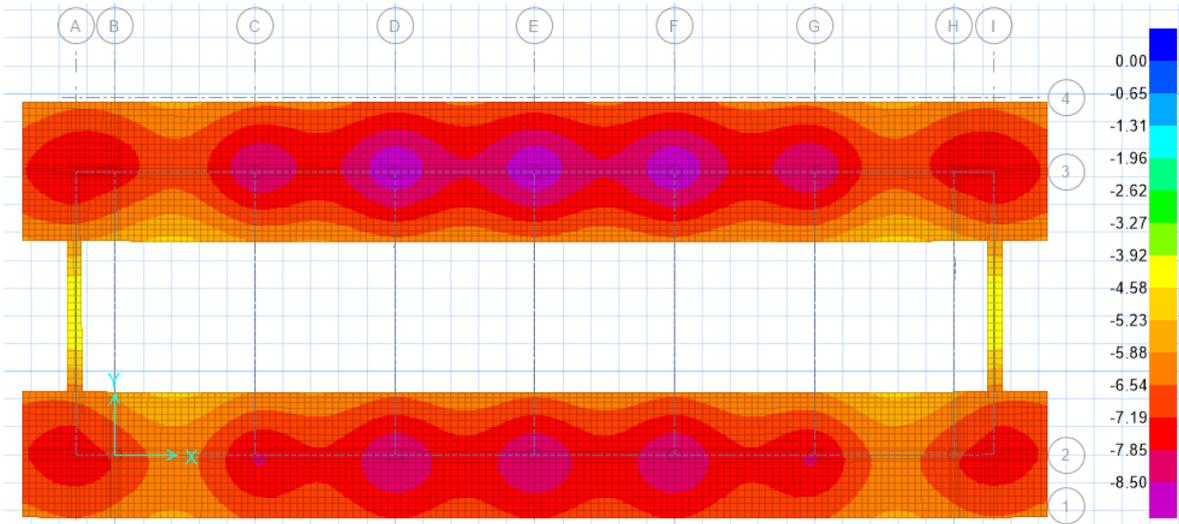
**Tabla 37***Diseño a cortante en vigas de cimentación – Módulo I, II y III*

Eje	Sección			Acero existente	Cortantes		Acero calculado	$\Phi R_u \geq R_n$
	b (cm)	h (cm)	d (cm)		V (t)	$\Phi V_c$		
<b>Módulo I y III</b>								
B entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	24.5	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
C entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	26	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
D entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	26.2	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
E entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	26.2	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
F entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	26.2	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
G entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	26	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
H entre 2y3	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	24.5	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
<b>Módulo II</b>								
B entre 2y1	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	19	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	Ok
C entre 2y1	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	33	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @21	Ok
D entre 2y1	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	33	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @22	Ok
E entre 2y1	30	80	71	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20	19	13.9	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @23	Ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37 las vigas de cimentación satisfacen las áreas de acero a cortante calculado, la mayor exigencia es en los nudos, se consideró de una manera conservadora la distribución de acero estribos en zona de confinamiento a 2 veces el peralte, no se consideró la acción sísmica.

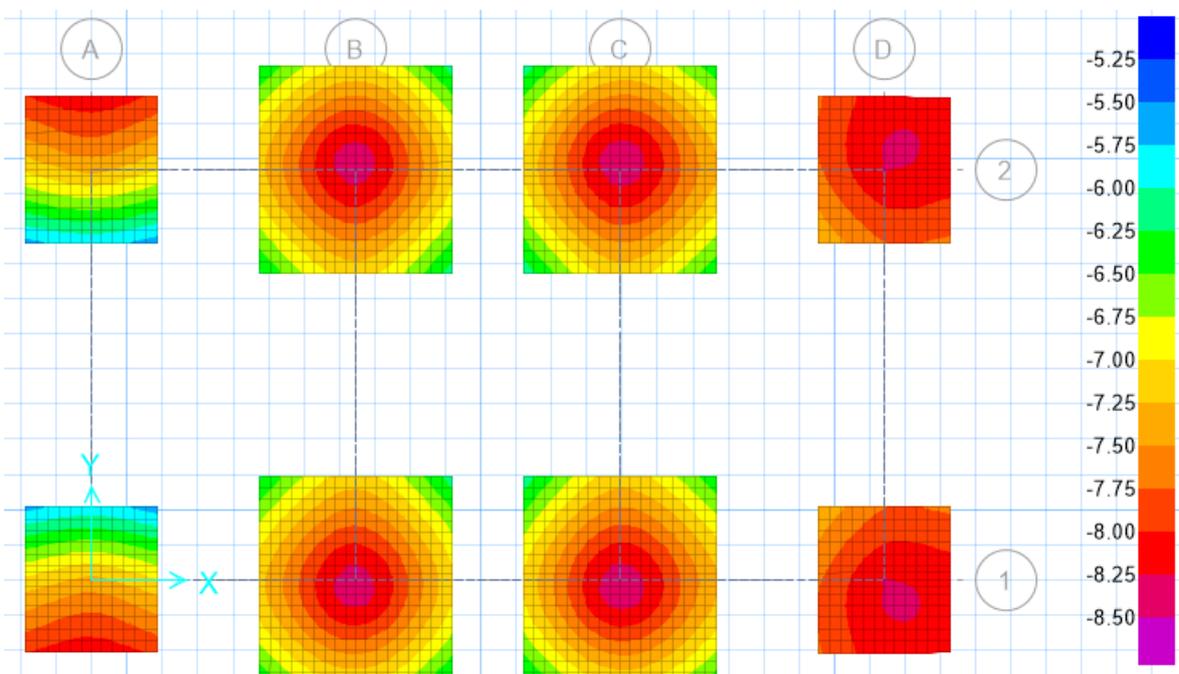
### 3.1.3.2.2 Cimentación reforzada



**Figura 35:** Presiones admisibles controladas en el terreno – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35 la cimentación reforzada consistió en combinar las zapatas, las presiones cumplen con la capacidad portante del terreno debido a la carga de servicio, obteniéndose una presión máxima de  $0.845 \text{ kg/cm}^2$ , la cual es menor a  $0.85 \text{ kg/cm}^2$  según el EMS, ver anexo 04 ítem (4.4.3) subítem (4.4.3.2).



**Figura 36:** Presiones admisibles controladas en el terreno – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia

En la figura 36 la cimentación reforzada consistió en incrementar el área de zapata, las presiones cumplen con la capacidad portante del terreno debido a la carga de servicio, obteniéndose una presión máxima de 0.84kg/cm<sup>2</sup>, la cual es menor a 0.85kg/cm<sup>2</sup> según el EMS, ver anexo 04 ítem (4.4.3) subítem (4.4.3.2).

**Tabla 38**  
*Diseño y verificación de zapatas - Módulo I, II y III*

Zapata	Altura de Zap.	As (cm <sup>2</sup> ) Existente	Altura de Zap.			Punzonamiento V <sub>up</sub> /φV <sub>c</sub> ≤1	Cortante
	h <sub>z</sub> (m)		h <sub>z</sub> nuevo (m)	X	Y		
<b>Módulo I y III</b>							
B-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
C-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
D-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
E-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
F-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
G-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
H-3	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
B-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
C-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
D-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
E-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
F-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
G-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
H-2	0.5	5/8 @17.5cm	0.85	5/8 @25cm	5/8 @17.5cm	ok	ok
<b>Módulo II</b>							
A-2	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
B-2	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
C-2	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
D-2	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
A-1	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
B-1	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
C-1	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok
D-1	0.45	1/2@15cm	0.8	1/2@15cm	1/2@15cm	ok	ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 38 se observa un resumen del diseño de la cimentación, por un lado, el acero a flexión calculado (1.4CM+1.7CV) al incrementar el peralte de las zapatas se logra cumplir con el existente en todos los módulos, se puede adicionar el acero nuevo superior y de los laterales a través de anclajes químicos, se hace esto con el fin de evitar colocar acero inferior

ya que es mucho más complicado, con esas secciones de la cimentación ya no se requiere refuerzo por cortante también, revisa anexo 04 ítem (4.4.13).

**Tabla 39**

*Diseño y verificación a flexión en vigas de cimentación – Módulo I, II y III*

Eje	Sección		Acero existente			Acero calculado			$\Phi R_u \geq R_n$
	b(cm)	h(cm)	$A_{S_A}(\text{cm}^2)$	$A_{S_{AB}}(\text{cm}^2)$	$A_{S_B}(\text{cm}^2)$	$A_{S_A}(\text{cm}^2)$	$A_{S_{AB}}(\text{cm}^2)$	$A_{S_B}(\text{cm}^2)$	
<b>Módulo I y III</b>									
B entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	2.65	2.52	2.23	Ok
C entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	6.08	2.80	4.66	Ok
D entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	6.27	3.00	5.06	Ok
E entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	6.52	3.05	5.10	Ok
F entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	6.27	3.00	5.06	Ok
G entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	6.08	2.80	4.66	Ok
H entre 2y3	30	80	7.68	6.00	7.68	2.65	2.52	2.23	Ok
<b>Módulo II</b>									
B entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	1.54	1.50	1.54	Ok
C entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	3.96	1.54	3.96	Ok
D entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	3.96	1.54	3.96	Ok
E entre 2y1	30	80	7.68	6.00	7.68	1.54	1.50	1.54	Ok

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39 las vigas de cimentación satisfacen las áreas de acero a flexión, es decir su sección no necesita el incremento de acero, al incrementar los peraltes y áreas de la cimentación se reduce la demanda en estas vigas, se tomó como combinación de diseño la carga amplificada (1.4CM+1.7CV).

### 3.2 Discusión de resultados

#### 3.2.1 Discusión 1

De acuerdo al EMS realizado en la zona de los Sauces en Pimentel se encontró un suelo del tipo CL (Arcillas inorgánicas de mediana plasticidad) obteniéndose una capacidad portante de 0.85 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 1.50m. Estos resultados coinciden con (Damian, 2016) en su tesis “Diseño del edificio multifamiliar las Orquideas para mejorar la calidad de vivienda del distrito de Pimentel, Lambayeque-2016” el cual obtiene en su calicata realizada para la misma zona un suelo CL y una capacidad portante de 0.85kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 1.70m.

#### 3.2.2 Discusión 2

Con el respecto al desempeño sísmico y estructural de todos los módulos actuales que conforman al edificio Centro Cultural de la USS, se confirma que no cumplen con los requisitos establecidos por las normas E030 de diseño sismorresistente, E060 de concreto

armado y E070 de albañilería confinada, debido a que los sistemas encontrados corresponden a sistemas de pórticos de concreto armado en el eje “X” y mixtos compuestos por pórticos de concreto armado y muros albañilería en el eje “Y”, siendo esto último determinante en el diseño puesto que al no cumplir con los parámetros establecidos en la norma E070 la fuerza sísmica de diseño sería  $R_o=3$  conforme a la norma E030 en el artículo 15 para los elementos de concreto armado en esa dirección dando lugar a áreas de acero muy grandes y por supuesto no cumpliendo con las derivas permisibles debido a la poca densidad de muros y la flexibilidad de los pórticos, contrario a (Mezones, 2018) en su tesis “Estudio comparativo entre diseño de Concreto armado y Albañilería confinada para edificaciones comerciales de 2 a 3 niveles en la ciudad de Piura” quien demuestra en su investigación la eficiencia de los sistemas de albañilería confinada bien diseñados de acuerdo a la norma E070 cumpliendo con estos requisitos se permite que los elementos de concreto armado en esa dirección sean diseñados con  $R_o=6$  cumpliendo las derivas sin mayor problemas y ahorrando grandes cantidades de acero con respecto al sistema dual de concreto armado, a su vez demuestra concorde a la presente investigación que los sistemas de pórticos son muy flexibles por lo tanto las derivas son más difíciles de controlar y por lo cual el investigador añadió placas de concreto armado.

### 3.2.3 Discusión 3

La incorporación de los disipadores de fluido viscoso a través de un análisis no lineal tiempo-historia, permitió cumplir la deriva objetiva siendo inferior a la reglamentaria (0.007), reduciéndose hasta un máximo de 81.49%, esto se consigue gracias a las propiedades del disipador de fluido viscoso, como el incremento del amortiguamiento de la estructura mediante un proceso iterativo en la ubicación, cantidad, disposición de los ejemplares, aumento del coeficiente de amortiguamiento “Cj” y el factor  $\alpha$  que depende de la velocidad, además ahora los disipadores toman más del 80% de la energía sísmica de entrada dejando una porción muy baja a los elementos estructurales y por lo tanto las fuerzas internas se ven reducidas en estos, coincidiendo con el antecedente (Enriquez & Sánchez 2016) los cuales manifiestan la reducción de derivas de entrepiso y de las fuerzas internas axiales en los elementos estructurales, por otro lado (Alarcón & Asto 2017) indican que gracias al amortiguamiento adicionado en la estructura se reducen las distorsiones de entrepiso en un orden del 65% - 75% y por lo tanto las fuerzas internas, Casana (2018) afirma que la implementación de estos dispositivos reduce la sección geométrica de los miembros estructurales, (Romero *et al.*, 2018) con el fin de mejorar el comportamiento bajo las

acciones sísmicas implementa los dispositivos de fluido viscoso y debido al aumento del amortiguamiento suplementario logra la reducción de la demanda sísmica en los elementos estructurales, (Xu et al., 2020) manifiestan que los disipadores o amortiguadores dependen en gran medida de la ubicación y la cantidad de ejemplares empleados

#### 3.2.4 Discusión 4

Con respecto al reforzamiento estructural local de los componentes estructurales, se puede afirmar que los disipadores de fluido viscoso controlan el desempeño de la estructura nivel sísmico, sin embargo a nivel estructural algunos elementos necesitan intervención mediante técnicas de reforzamiento, para esta edificación en particular debido a la configuración estructural y al ser un tipo de edificación esencial las derivas son muy elevadas y por lo tanto la demanda sísmica es muy grande, sin embargo en otro tipo de configuración estructural es muy probable que solo la implementación de estos dispositivos satisfaga la demanda a nivel sísmico y estructural, el reforzamiento de los elementos estructurales de manera local se hizo a través de encamisados mediante el recrecido de las secciones por diversos motivos conforme a los resultados, en un inicio se pensó en fibras de carbono sin embargo según la norma ACI 440 que rige el diseño de estas indica que en la región de rotulas plásticas no es recomendable usar este tipo de reforzamiento y se debería usar solo en las zonas que se flexionan debido a las carga de gravedad, como el objetivo es aumentar la ductilidad en estas zonas se propone encamisados, de acuerdo a (Belizario, 2017) en su tesis “Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de pisos con fines de ampliación” emplea encamisados en todos los miembros estructurales con el fin de aumentar la rigidez de la estructura y reducir la demanda estructural cumpliendo con tal fin, en la presente investigación no se requiere aumentar rigidez puesto que son los disipadores quienes controlan las distorsiones a través de su amortiguamiento y el recrecido de las secciones es mínimo.

### 3.3 Conclusiones y recomendaciones

#### 3.3.1 Conclusiones

Las características geotécnicas para el tipo de suelo encontrado a una profundidad de 1.50m fueron: un suelo CL (Arcillas inorgánicas de mediana plasticidad), un peso específico de 1.488 t/m<sup>3</sup>, ángulo de fricción 10.2° y cohesión de 0.4t/m<sup>2</sup>, con esos datos se obtuvo una capacidad portante de 0.85kg/cm<sup>2</sup>, el contenido de sales varía entre (2045-1887) ppm alrededor del 0.20%.

En relación al desempeño sísmico y estructural de la edificación actual que comprende los módulos I,II y III, se concluye que presenta grandes problemas en su comportamiento ante las cargas laterales, puesto que en estos 3 módulos los sistemas estructurales corresponden a sistemas mixtos compuestos por pórticos de concreto armado y muros de albañilería confinada, siendo esto último lo que amplifica en gran medida la fuerza sísmica de diseño al no cumplir con los requisitos mínimos de la norma E070, además de ello en el módulo II se presenta irregularidad extrema torsional la cual no es aceptada para estructuras del tipo esencial como el edificio en estudio, las distorsiones máximas de entrepiso en el módulo I y III sobrepasan en un 253.84% y 186% las derivas permisibles para el eje “X” e “Y” respectivamente, en el módulo II entre 390.02% y 75.66% para el eje “X” e “Y” respectivamente, con relación a los muros de albañilería lo más resaltante es la poca densidad de estos en áreas tan grandes y como causa de ello el porcentaje que absorben del 100% de la fuerza sísmica oscila entre un  $\approx 14.5\%$  para los módulos I y III, y un  $\approx 35\%$  para el módulo II, con respecto a las áreas de acero longitudinales en las vigas y columnas estas no cumplen en ningún caso con el acero calculado y más aún en todas las vigas y columnas se superan las cuantías máximas permisibles de acuerdo a la norma E060.

Se concluye que lo más seguro y para garantizar un comportamiento sísmico y estructural adecuado de la edificación con los disipadores de fluido viscoso es aislar los muros de albañilería dejando a los módulos únicamente como sistemas de concreto armado, siendo así de muros estructurales para los módulos (I-III) y de pórticos para el módulo II, con esto se reduce la fuerzas sísmicas de diseño puesto que la ductilidad de los sistemas aumenta, además ahora ya no existe la irregularidad torsional extrema en el módulo II, las derivas no cumplen al igual que en los módulos existentes siendo las máximas en 121.86% y 180.30% en “X” e “Y” mayores a la permisible en los módulos I y III, y de 269.19% y 218.96% en “X” e “Y” para el módulo II, la reducción de estas en los módulos I y III con respecto a los existentes tiene que ver por la incorporación de las pequeñas placas como se explicó en el capítulo referente, mientras que en el módulo II esta reducción en comparación con el existente para el eje “X” tiene que ver con el factor de irregularidad puesto que para estructuras irregulares se multiplica por  $0.85R$  y en regulares por  $0.75R$ , mientras que para el eje “Y” estas distorsiones aumentan debido a que ya no se contemplan los muros de albañilería; con respecto a las áreas de acero longitudinales en las vigas y columnas hay una reducción muy significativa, en las vigas ya no se superan las cuantías máximas de acero, pero las existentes no cumplen con el calculado, en las columnas del módulo I y III las

cuantía máximas superan en la mayoría de estas la permisible, mientras que en el módulo II el área de acero calculado en todas las columnas no supera a la cuantía máxima, sin embargo el área de acero existente es insuficiente.

Al incorporar los disipadores de fluido viscoso en el edificio centro cultural de la universidad señor de Sipán a través de un análisis no lineal tiempo historia, se mejora notablemente el comportamiento sísmico y estructural de la edificación, por lo tanto las derivas llegan a cumplir y ser inferiores a la permisible (0.007) reduciéndose desde (52.85% - 61.41%) y (61.13%-70.26%) en los módulos I y III, (71.80%-81.49%) y (59.45-71.63%) en el módulo II, para los ejes (“X”) e (“Y”) respectivamente, los periodos no cambian con su implementación, como se mencionó en los capítulos de resultados se hizo una modificación de los sistemas estructurales dejándolos como de muros estructurales para los módulo I y III y de pórticos para el módulo II, en estos sistemas ajustando las propiedades del disipadore como los coeficientes de amortiguamiento “Cj” y el factor que depende de la velocidad ( $\alpha$ ) según los requerimientos, se consigue un amortiguamiento viscoso cercano al 20% para todos los módulos, en ese sentido se puede decir que mientras más rígido sea el sistema estructural el coeficiente de amortiguamiento deberá ser mayor para conseguir el amortiguamiento viscoso objetivo, sin embargo esto también dependerá de la configuración estructural, las distancias entre apoyos, la ubicación de los elementos estructurales, la disposición, el número y la ubicación de los disipadores de fluido viscoso, es decir cada estructura es única, bajo esto se obtiene una disipación de energía debido a los disipadores de fluido viscoso superior al 80% en todos los módulos, finalmente para los módulos (I -III) y (II) en los ejes (“X”) e (“Y”) respectivamente, los desplazamiento del centro de masas se reducen entre (58.67%-59.17%) y (59.15%-64.12%), (71.88%-74.32%) y (59.42%-62.39%), las fuerzas internas en las columnas en relación a cortantes se reducen desde (58.51%-64.49%) y (58.25%-64.87%), (71.55%-82.37%) y (49.97%-60.90%), con relación a los momentos flectores (58.48% - 65.15%) y (60.24%-65.63%), (71.69%-81.75%) y (53.87%-60.70%).

En relación al reforzamiento estructural local de los componentes estructurales, se concluye que con la implementación de los disipadores de fluido viscoso se obtienen resultados muy favorables y gracias a estos como indica la norma E030 se puede aplicar en la medida que se pueda la norma ASCE que contempla lo referente a los disipadores de fluido viscoso, en esta norma en relación al amortiguamiento viscoso obtenido se puede hacer una

modificación de la respuesta de la estructura con el fin de hacer el diseño de los elementos estructurales, reduciendo la fuerza de diseño hasta un máximo del 25%, obteniéndose un  $R_o=8$  y  $R=10.67$  para los módulos (I-III) y (II) respectivamente, con este espectro se reducen las áreas de acero en relación a los  $R_o$  iniciales ( $R_o=6$  y  $R_o=8$ ), en las vigas varía desde (10.85%-16.62%) para las vigas de 30x80 y (22.36%-31.02%) para las vigas de 25x50 en los módulos I y III, (8.61%-17.04%) para las vigas de 30x75 y (24.98%-29.42%) para las vigas de 25x50 en el módulo II, en este caso independientemente del sistema estructural la reducción es muy similar pero también dependerá de la configuración estructural y de la luz libre de la viga, en las columnas es más notoria dicha reducción puesto que estas son las encargadas principalmente de oponerse ante la fuerza lateral y sí influye el sistema estructural, entre (9.16%-13.16%) para los muros estructurales y (38.08%-44.00%) para pórticos de concreto armado, con estas reducciones muy significativas todas las vigas del módulo (I-III) no requieren ningún tipo de reforzamiento, mientras que las vigas del módulo II si las requieren y se hizo a través de encamisados, todas las columnas de módulo (I-III) requieren encamisados y las del módulo II solo las internas puesto que las externas se logran controlar con la reducción de la fuerza cortante de diseño.

Como parte de la investigación se analizó la cimentación de la edificación, siendo que esta no cumple con las presiones admisibles en ninguno de los módulos, pues estas superan a la capacidad portante del terreno, además las áreas de acero en estas son insuficientes para cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la norma E060, por lo tanto se hace un recrido e incremento del peralte en las zapatas cumpliendo con las presiones admisibles y el acero existente, la implementación de este nuevo acero se puede incorporar a través de anclajes químicos.

Finalmente habiéndose analizado todos los resultados obtenidos con la implementación de los disipadores de fluido viscoso, se concluye que son totalmente aptos para el reforzamiento estructural, además debido a su fácil implementación los hace más viables.

### 3.3.2 Recomendaciones

Se recomienda para el EMS emplear la normativa peruana (NTP), puesto que es muy clara y concisa, pudiéndose obtener resultados confiables.

Para evaluar el desempeño sísmico y estructural de una edificación existen diversos métodos, se recomienda emplear análisis lineales estáticos, dinámicos, o una combinación de ambos,

puesto que se pueden ejecutar de manera rápida y segura de acuerdo a la normativa nacional e internacional.

Con respecto a la incorporación de los disipadores de fluido viscoso se recomienda realizar el escalado de los registros sísmicos en el software Etabs, puesto que las gráficas de los registros sísmicos se asemejan mucho al espectro de diseño en comparación a otros a otros softwares, el amortiguamiento añadido a la estructura debe ser verificado a través de una carga instantánea mediante las fórmulas de decremento logarítmico.

En relación al reforzamiento estructural de los componentes estructurales se recomienda que, para evitar mucho trabajo en el reforzamiento local de estos, se puede incrementar los peraltes, principalmente en las vigas y zapatas de tal manera que ya no se toque el acero negativo en las vigas y el acero positivo en las zapatas, añadiendo el nuevo acero requerido en dicho elemento.

### **Bibliografía**

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (Diciembre de 2014). Peligro Sísmico. *Diseño Sismorresistente*. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).
- Adhikari, B., Dahal, S., Karki, M., Mishra, R., Dahal, R., Sasmal, S., & Klausner, V. (2020). Application of wavelet for seismic wave analysis in Kathmandu Valley after the 2015 Gorkha earthquake, Nepal. *Geoenvironmental Disasters*.
- Alarcón, J. C., & Asto, J. N. (2017). *Proyecto de Reforzamiento Estructural del edificio multifamiliar los Rosales de 10 niveles con Disipadores de Fluido Viscoso*. Trujillo : Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil - Universidad Privada Antenor Orrego.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2010). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. Reston, Virginia, Estados Unidos: Published by American Society of Civil Engineers.
- Anelli, A., Vona, M., & Santa Cruz, S. (2020). Comparison of Different Intervention Options for Massive Seismic Upgrading of Essential Facilities. *Buildings*.
- Atehortua, N., Echeverry, J., & Varona, R. (2019). Characterization of the Subsoil using Computational Techniques for Seismic Microzonation Studies. *2019 XXII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA)*.
- Barbat, A., Cardona, O., Carreño, M., & Salgado, M. (2016). Evaluación probabilista del riesgo sísmico en Lorca mediante simulaciones de escenarios. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 70-78.

- Belizario, C. (2017). *Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de pisos con fines de ampliación*. Huancayo: Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil - Universidad Nacional del centro del Perú.
- Bozzo, L., & Barbat, A. (2000). *Diseño Sismorresistente de Edificios*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Bozzo, L., Nuzzo, I., Losanno, D., Caterino, N., & Serino, G. (2018). Experimental and analytical characterization of steel shear links for seismic energy dissipation. *Engineering Structures*, 405-418.
- Casana, G. M. (2018). *Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes - 2018*. Trujillo : Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil - Universidad Privada del Norte .
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). (2021). *CEOIS*. Obtenido de REDACIS: <http://www.cismid.uni.edu.pe/ceois/red/>
- Chalarca, B., Filiatrault, A., & Perrone, D. (2020). Seismic Demand on Acceleration-Sensitive Nonstructural. *Journal of Structural Engineering (United States)*.
- Chilón, E. A. (2017). *Diseño y Análisis sísmico comparativo entre un sistema con Aisladores de Núcleo de Plomo y un sistema con Disipadores de Fluido Viscoso en una edificación de 4 niveles, Chiclayo, 2017*. Chiclayo: Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil Ambiental - Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo .
- Chopra, A. (2014). *Dinámica de Estructuras*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación, México, 2014.
- Damian, J. (2016). *Diseño del edificio multifamiliar las Orquideas para mejorar la calidad de vivienda del distrito de Pimentel, Lambayeque-2016*. Chiclayo: Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil - Universidad Cesar Vallejo.
- Das, R., Gonzalez, G., de la Llera, J., Saez, E., Salazar, P., Gonzalez, J., & Meneses, C. (2020). A probabilistic seismic hazard assessment of southern Peru and Northern Chile. *Engineering Geology*.
- De Domenico, D., Ricciardi, G., & Takewaki, I. (2019). Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 144-165.
- Desikachari, V. (2014). Natural hazards, disasters and their mitigation: An overview with reference to Indian scenario. *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 7: Education, Professional Ethics and Public Recognition of Engineering Geology*.
- Enriquez, M. A., & Sánchez, C. F. (2016). *Evaluación Sísmica y Propuesta de Reforzamiento con Disipadores de Energía al Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo - Región Lambayeque, actualizado a la norma E 030 2016*. Chiclayo: Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo - Escuela de ingeniería Civil - Universidad Señor de Sipan.

- Fernandez, V., & Mendo, A. (2020). Damping modification factors for the design of seismic isolation systems in Peru. *Earthquake Spectra*.
- Ferreira, T., Rodriguez, H., & Vicente, R. (2020). Seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in urban centers. *Sustainability (Switzerland)*.
- Granda, T., Vela, A., & Borja, M. (2014). Evaluación de la calidad del hormigón en viviendas autoconstruidas en el distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo - Lambayeque - Perú. *REHABEND*, 1086-1093.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ingeniería Antisísmica (CDV). (2018). *Aisladores de Caucho Natural y Disipadores Viscosos*. Lima: Ingeniería Antisísmica (CDV).
- Instituto Geofísico del Perú. (2017). *Memoria Institucional 2016*. Lima: Geofísica y Sociedad.
- Kariniotakis, K., & Karavasilis, T. (2019). Limits for the interstorey drift sensitivity coefficient  $\theta$  of steel MRFs with viscous dampers designed according to Eurocode 8. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Pages 203-215.
- Kumar, S., & Chakraborty, S. (2020). Reduction of seismic vibration in multistorey structures retrofitted with nonlinear viscous dampers using mode summation method. *Applied Mathematical Modelling*, 294-310.
- Lagomarsino, S., Marino, S., & Cattari, S. (2020). Linear static procedures for the seismic assessment of masonry buildings: Open issues in the new generation of European codes. *Structures*, 427- 440.
- Marinilli, A., Fernández, N., López, O., & Coronel, G. (2015). Inspección de edificaciones escolares en áreas sísmicas de Venezuela. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*.
- Matsuoka, M., Mito, S., Midorikawa, S., Miura, H., Quiroz, L., Maruyama, Y., & Estrada, M. (2014). Development of building inventory data and earthquake damage estimation in Lima, Peru for future earthquakes. *Journal of Disaster Research*, 1032-1041.
- Matsuzaki, S., Pulido, N., Maruyama, Y., Estrada, M., Zavala, C., & Yamazaki, F. (2014). Evaluation of seismic vulnerability of buildings based on damage survey data from the 2007 Pisco, Peru earthquake. *Journal of Disaster Research*, 1050-1058.
- Meroni, F., Squarcina, T., Pessina, V., Locati, M., Modica, M., & Zoboli, R. (2017). A Damage Scenario for the 2012 Northern Italy Earthquakes and Estimation of the Economic Losses to Residential Buildings. *International Journal of Disaster Risk Science*.
- Mezones, R. (2018). *Estudio comparativo entre diseño de Concreto armado y Albañilería confinada para edificaciones comerciales de 2 a 3 niveles en la ciudad de Piura*.

- Piura: Facultad de Ingeniería - Escuela profesional de Ingeniería civil - Universidad Nacional de Piura.
- Moslehi, A., & De Domenico, D. (2020). Nonlinear response spectrum analysis of structures equipped with nonlinear power law viscous dampers. *Engineering Structures*.
- Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS). (2006). *Análisis y Diseño Sismorresistente*. La Paz: Ministerio de Obras Públicas Servicios y Vivienda.
- Norma Chilena Oficial (NCh). (2009). Diseño Sísmico de Edificios. Santiago, Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización - INN.
- Norma E 030 Diseño Sismorresistente. (22 de Octubre de 2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Lima, Perú: Sencico.
- Otiniano, J. B. (2019). *Desempeño sísmico de un edificio de concreto Armado con Disipadores de Energía Viscosos, Trujillo 2019*. Trujillo: Facultad de Ingeniería - Carrera de Ingeniería Civil - Universidad Privada del Norte .
- Quispe, M. (2016). *Evaluación Estructural de los C.E.S estatales entre el tiempo de Servicio versus el Riesgo de su Infraestructura actual en la Ciudad de Juliaca*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca: Facultad de Ingeniería - Escuela de Postgrado - Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR-10). (Enero de 2010). Bogotá, Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Romero, L., Casabonne, C., & Olivares, E. (2018). Performance based engineering for the “Banco de la Nación” tallest tower in Lima, Peru. *11th National Conference on Earthquake Engineering 2018, NCEE 2018: Integrating Science, Engineering, and Policy*, 5919-5928.
- Salgado, M., Bernal, G., & Cardona, O. (2016). Evaluación probabilista de la amenaza sísmica de Colombia con fines de actualización de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 230-239.
- Samadian, D., Eghbali, M., Raissi, M., & Ghafory, M. (2020). Recovery and reconstruction of schools after M 7.3 Ezgeleh-Sarpole-Zahab earthquake of Nov. 2017; part I: Structural and nonstructural damages after the earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*.
- Sika. (2017). *Reforzamiento de estructuras de concreto*. Barranquilla: Sika Colombia S.A.S.
- Su, C., Li, B., Chen, T., & Dai, X. (2018). Stochastic optimal design of nonlinear viscous dampers for large-scale structures subjected to non-stationary seismic excitations based on dimension-reduced explicit method. *Engineering Structures*, 217-230.
- Tavera, H. (2017). *Actualización del escenario por sismo, tsunami y esposición en la región central del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

- Tavera, H., Bernal, I., Condor, C., Ordaz, M., Zevallos, A., & Ishizawa, O. (2014). *Re-Evaluación del Peligro Sísmico Probabilístico para el Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Tena, A., Hernández, H., Godínez, E., Pérez, L., Grande, A., & Urbina, L. (2020). Performance of the built environment in Mexico City during the September 19, 2017 Earthquake. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Trombetti, T., Palermo, M., Dib, A., Gasparini, G., Silvestri, S., & Landi, L. (2015). Application of a direct procedure for the seismic retrofit of a R/C school building equipped with viscous dampers. *Frontiers in Built Environment*.
- Vargas, Y., Pujades, L., Barbat, A., & Hurtado, J. (2013). Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 63-78.
- Villarreal, C., & Oviedo, R. (2009). *Edificaciones con Disipadores de Energía*. Lima: Premio Nacional ANR.
- Villarreal, G., & Diaz, M. (2016). *Edificaciones con Disipadores Viscosos*. Lima: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- Xu, J., Xu, S., & Yuan, Z. (2020). Probabilistic seismic analysis of single-layer reticulated shell structures controlled by viscoelastic dampers with an effective placement. *Engineering Structures*.
- Zora, F., & Acevedo, A. (2019). Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del Área Metropolitana de Medellín, Colombia. *Revista EIA*.

#### IV. ANEXOS

##### 4.1 Anexo 01 - Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b><u>Problema general:</u></b></p> <p>¿Cuál es la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán?</p>	<p><b><u>Objetivo General:</u></b></p> <p>Determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento estructural del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán</p> <p><b><u>Objetivos Específicos:</u></b></p> <p>Identificar los elementos estructurales en el edificio Centro Cultural de la USS</p> <p>Identificar las características geotécnicas del suelo en el edificio Centro Cultural de la USS</p> <p>Evaluar el desempeño sísmico a través del análisis estático, análisis dinámico.</p>	<p><b><u>Antecedentes</u></b></p> <p>(Xu et al., 2020)</p> <p>(De Domenico <i>et al.</i>, 2019)</p> <p>(Su <i>et al.</i>, 2018)</p> <p>(Trombetti <i>et al.</i>, 2015)</p> <p>(Kumar &amp; Chakraborty, 2020)</p> <p>(Romero <i>et al.</i>, 2018)</p> <p>(Fernandez &amp; Mendo, 2020)</p> <p>Casana (2018)</p> <p>(Alarcón &amp; Asto 2017)</p> <p>Otiniano (2019)</p> <p>(Enriquez &amp; Sánchez 2016)</p> <p>Chilón (2017)</p> <p><b><u>Marco Referencial</u></b></p> <p>Amenaza sísmica.</p>	<p><b><u>Hipótesis General:</u></b></p> <p>El reforzamiento estructural en el edificio centro cultural de la Universidad Señor de Sipán incorporando disipadores de fluido viscoso conlleva a un comportamiento sismorresistente eficiente y seguro.</p> <p><b><u>Variables:</u></b></p>	<p><b><u>Método de Investigación</u></b></p> <p>Descriptiva</p> <p><b><u>Tipo de Investigación</u></b></p> <p>Evaluativa</p> <p><b><u>Diseño de investigación</u></b></p> <p>O1 → O2</p> <p>O1: Edificio sin disipadores de energía</p> <p>O2: Edificio con disipadores de energía</p> <p><b><u>Población:</u></b> Edificio Centro Cultural de la USS.</p> <p><b><u>Muestra:</u></b> Edificio Centro Cultural de la USS.</p> <p><b><u>Técnicas de Recolección:</u></b></p> <p>Observación y revisión documentaria.</p>

	<p>Incorporar los disipadores de Fluido Viscoso mediante un análisis no lineal tiempo-historia</p> <p>Calcular y diseñar las propiedades del Disipador de Fluido Viscoso cumpliendo la deriva objetivo.</p> <p>Realizar el reforzamiento de los elementos estructurales</p>	<p>Análisis sísmico: Análisis estático, Análisis dinámico, Análisis tiempo – historia.</p> <p>Diseño sismorresistente</p> <p>Sistemas de protección sísmica</p> <p>Disipadores de energía: Disipadores de fluido viscoso</p> <p>Reforzamiento estructural local: Espectro reducido de diseño, técnicas de reforzamiento.</p>	<p><b><u>Variable independiente:</u></b></p> <p>Disipadores de Fluido Viscoso</p> <p><b><u>Variable dependiente:</u></b></p> <p>Reforzamiento Estructural</p>	<p><b><u>Técnicas de Análisis y Proc.:</u></b></p> <p>Por los diversos resultados obtenidos de todos los análisis en el desarrollo de la investigación, se utilizaron softwares para procesar los datos como Etabs V.2018, Safe V.2016,Sismosignal,Sismomatch, Excel, Microsoft office Word y otros programas que nos faciliten el procesamiento de datos.</p>
--	---	--	---	--

## 4.2 Anexo 02 – Instrumentos

### A. Elementos Estructurales (Ficha Técnica)

#### I) Datos Informativos

Edificio:

Ubicación:

Uso:

Número de Pisos

Sistema Estructural

Área total

Área Construida

Área libre


#### II) Objetivo:

Recoger información de todos los elementos estructurales que conforman la estructura

#### III) Ítems:

A.1	Columnas
A.2	Placas
A.3	Vigas
A.4	Losas

	A.1 Columnas				
	n° Nivel	Denominación	b (m)	h (m)	Altura de columna (m)
Edificio Centro Cultural (1 - 5 nivel)	PISO 1	C1			
		C2			
		C3			
		C4			
		C5			
		C6			
	PISO 2	C1			
		C2			
		C3			
		C4			
		C5			
		C6			
	PISO 3	C1			
		C2			
		C3			
		C4			
		C5			
		C6			
	PISO 4	C1			
		C2			
		C3			
		C4			
		C5			
		C6			
	PISO 5	C1			
		C2			
		C3			
		C4			
		C5			
		C6			

Resistencia a la compreción f'c	
Resistencia a la fluencia del acero fy	

	A.2 Placas				
	n° Nivel	Denominación	b (m)	t (m)	Altura de Placa (m)
Edificio Centro Cultural (1 - 5 nivel)	PISO 1	P1			
		P2			
		P3			
		P4			
		P5			
		P6			
	PISO 2	P1			
		P2			
		P3			
		P4			
		P5			
		P6			
	PISO 3	P1			
		P2			
		P3			
		P4			
		P5			
		P6			
	PISO 4	P1			
		P2			
		P3			
		P4			
		P5			
		P6			
	PISO 5	P1			
		P2			
		P3			
		P4			
		P5			
		P6			

Resistencia a la compreción $f_c$	
Resistencia a la fluencia del acero $f_y$	

	Vigas				
	n° Nivel	Denominación	b (m)	h (m)	Longitud de Viga (m)
DIFICIO CENTRO CULTURAL (1 - 5 Nivel)	PISO 1	V1			
		V2			
		V3			
		V4			
		V5			
		V6			
	PISO 2	V1			
		V2			
		V3			
		V4			
		V5			
		V6			
	PISO 3	V1			
		V2			
		V3			
		V4			
		V5			
		V6			
	PISO 4	V1			
		V2			
		V3			
		V4			
		V5			
		V6			
	PISO 5	V1			
		V2			
		V3			
		V4			
		V5			
		V6			

Resistencia a la compreción f'c	
Resistencia a la fluencia del acero fy	

	Losas						
	n° nivel	Denominación	1 Dirección (x)	2 Direcciones (x)	Sentido	Espesor (m)	Área (m2)
Edificio Centro Cultural (1 - 5 nivel)	PISO 1	Losa Aligerada					
		Losa Maciza					
	PISO 2	Losa Aligerada					
		Losa Maciza					
	PISO 3	Losa Aligerada					
		Losa Maciza					
	PISO 4	Losa Aligerada					
		Losa Maciza					
	PISO 5	Losa Aligerada					
		Losa Maciza					

Resistencia a la compresión $f_c$	
Resistencia a la fluencia del acero $f_y$	

## B. Análisis Estático (Ficha Técnica)

Edificio:  
 Ubicación:  
 Uso:  
 Número de Pisos:  
 Sistema Estructural:  
 Área total:  
 Área Construida:  
 Área libre:

### II) Objetivo:

Recoger información de los parámetros sísmicos de la edificación, identificar las sollicitaciones sísmicas plasmadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones “E030” de la estructura.

#### B.1 Periodo fundamental de vibración

Altura total de la edificación en metros	$h_n =$	
Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio	$C_T =$	
Periodo de Vibración de la estructura.	$T = \frac{h_n}{C_T}$	

#### B.2 Fuerza cortante en la base

Factor de Amplificación Sísmica		
Periodo de vibracion de la estructura	$T =$	
Período que define la plataforma del factor C	$TP =$	
Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.	$TL =$	
Factor de Amplificación Sísmica	$C =$	

Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas		
Factor de irregularidad en altura	$I_a =$	
Factor de irregularidad en planta	$I_p =$	
Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	$R_o =$	
Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	$R = R_o * I_a * I_p$	

<b>Fuerza cortante en la base</b>		
Factor de Zona	Z=	
Factor de uso o importancia	U=	
Factor de Amplificación Sísmica	C=	
Factor de amplificación del Suelo	S=	
Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	R=	
Peso total de la edificación	P=	
Fuerza cortante en la base	$V = \frac{ZUCS}{R} * P$	

### B.3 Distribución de la fuerza sísmica en altura

<b>Coeficiente <math>\alpha</math></b>		
Número de pisos	N=	
Exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura	K=	
Peso del nivel "i"	Pi=	
Altura del nivel "i" con relación al nivel del terreno	hi=	
Coeficiente $\alpha$	$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$	

<b>Distribucion de la fuerza sísmica en altura</b>		
Coeficiente $\alpha$	$\alpha =$	
Fuerza cortante en la base	V=	
Distribucion de la fuerza sísmica en altura	$F_i = \alpha_i * V$	

### B.4 Excentricidad accidental

<b>Excentricidad accidental</b>		
Dimensión en la dirección x de la edificación	Lx=	
Dimensión en la dirección y de la edificación	Ly=	
Excentricidad accidental en la dirección x	ei=0.05Lx	
Excentricidad accidental en la dirección y	ei=0.05Ly	

### C. Análisis Dinámico modal espectral (Ficha Técnica)

Edificio:  
 Ubicación:  
 Uso:  
 Número de Pisos:  
 Sistema Estructural:  
 Área total:  
 Área Construida:  
 Área libre:

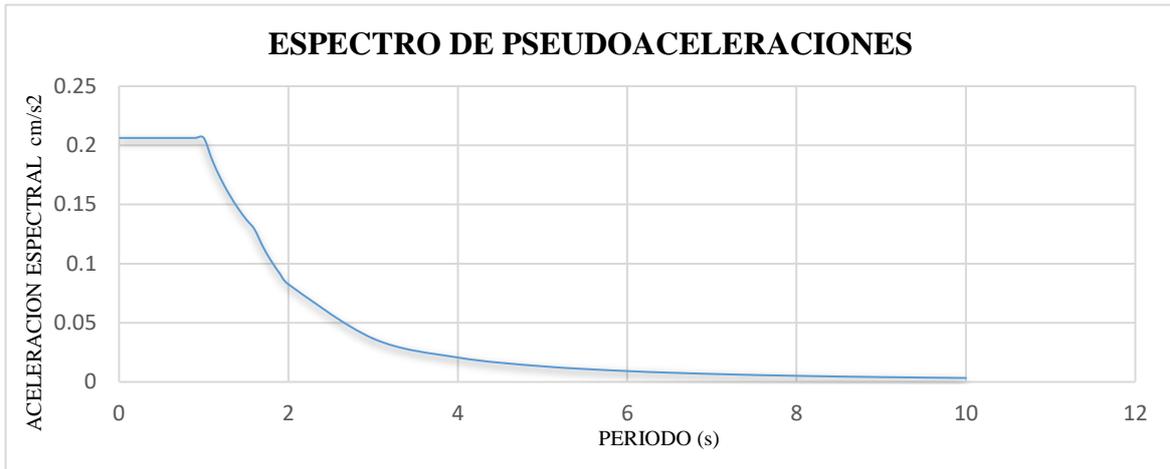
#### II) Objetivo:

Recoger información de los parámetros sísmicos de la edificación, identificar las sollicitaciones sísmicas plasmadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones “E030” de la estructura.

#### C.1 Modos de vibración

Caso	Item Type	Item	Estático	Dinámico	Tipo de estructura	OBS>90%
Modal	Aceleración	Ux				
Modal	Aceleración	Uy				
Modal	Aceleración	Uz				

Aceleración espectral		
Factor de Zona	Z=	
Factor de uso o importancia	U=	
Factor de Amplificación Sísmica	C=	
Factor de amplificación del Suelo	S=	
Coficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	R=	
Aceleración de la gravedad	P=	
Aceleración espectral	$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * g$	



**C.3 Fuerza cortante mínima en la base**

**Análisis en la dirección x**

Story	Load Case/Combo	Location	VX tonf	VY tonf
PISO 1	SxE Máx	Bottom		
PISO 1	SxD Máx	Bottom		

**Análisis en la dirección y**

Story	Load Case/Combo	Location	VY tonf	VY tonf
PISO 1	SyE Máx	Bottom		
PISO 1	SyD Máx	Bottom		

**Factor de Escala**

Estático X	Estático X *0.8	Factor de Escala	
Dinámico X Máx	VERIFICACIÓN		
Estático Y	Estático Y *0.8	Factor de Escala	
Dinámico Y Máx	VERIFICACIÓN		

**C.4 Excentricidad Accidental - Momento torsor**

Fuerza sísmica horizontal en el nivel "i	$F_i =$	
Dimensión en la dirección y de la edificación	$e_i =$	
Momento torsor accidental	$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$	

## D. Análisis Tiempo - Historia (Ficha Técnica)

### I) Datos Informativos

Edificio:	
Ubicación:	
Uso:	
Número de Pisos	
Sistema Estructural	
Área total	
Área Construida	
Área libre	

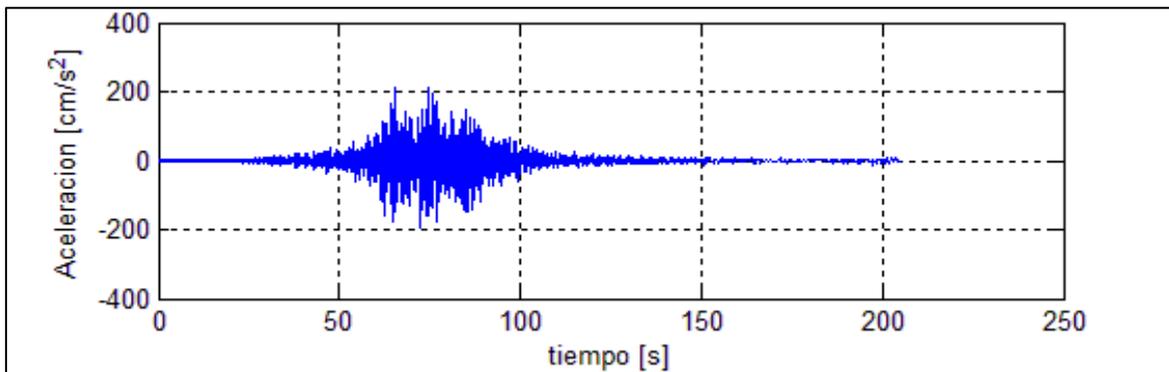
### II) Objetivo:

Recoger información de los parámetros sísmicos de la edificación, identificar las sollicitaciones sísmicas plasmadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones “E030” de la estructura existente e incorporando los disipadores de fluido viscoso.

#### D.1 Registros de Aceleración

Registros de Aceleración	Lugar	Año	Estación	Intensidad
Registros 1				
Registros 2				
Registros 3				

#### Acelerograma



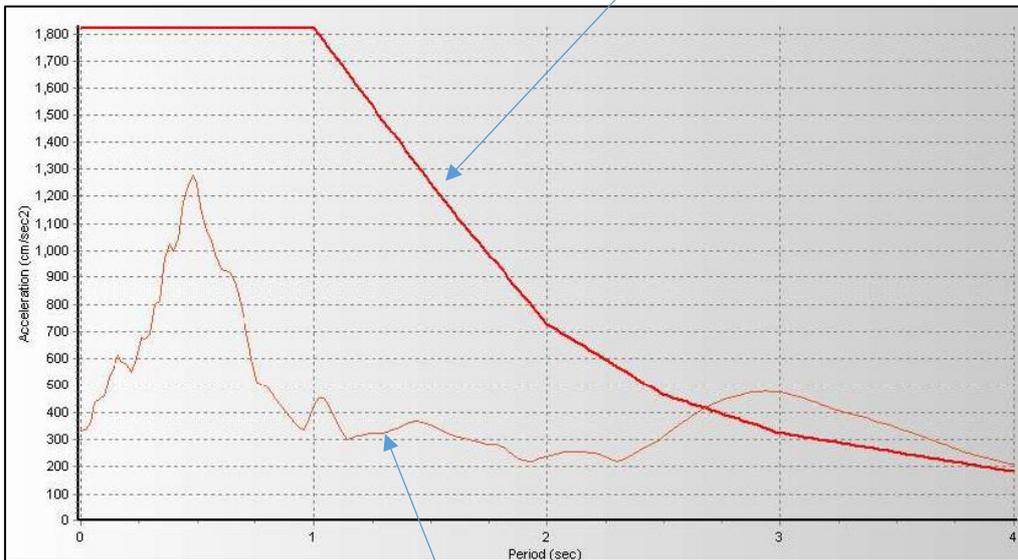
#### D.2 Componentes de Aceleración Horizontal

Localización de la estación	Fecha	Componentes	Aceleración Máxima (cm/s <sup>2</sup> )

### D.3 Factor de Escalamiento

Parámetro	Valor
Z	
U	
S	
Tp	
TL	
R	

R=1



Acelerograma

## E. Elementos Geotécnicos (Ficha Técnica)

### I) Datos Informativos

Edificio:	
Ubicación:	
Uso:	
Número de Pisos	
Sistema Estructural	
Área total	
Área Construida	
Área libre	

### II) Objetivo:

Recoger información para determinar las características geotécnicas del suelo

#### E.1 SUCS

Mallas		Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa acumulado
Pulgadas	Milímetros				
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.300				
Nº4	4.750				
Nº10	2.000				
Nº20	0.850				
Nº40	0.425				
Nº60	0.250				
Nº140	0.106				
Nº200	0.075				
FONDO					

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso inicial 01}} \times 100$$

$$\% \text{ RETENIDO (Metod. Frac.)} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso Inicial 02}} \times \% \text{ F.A.}$$

Ejemplo Tamiz 1"

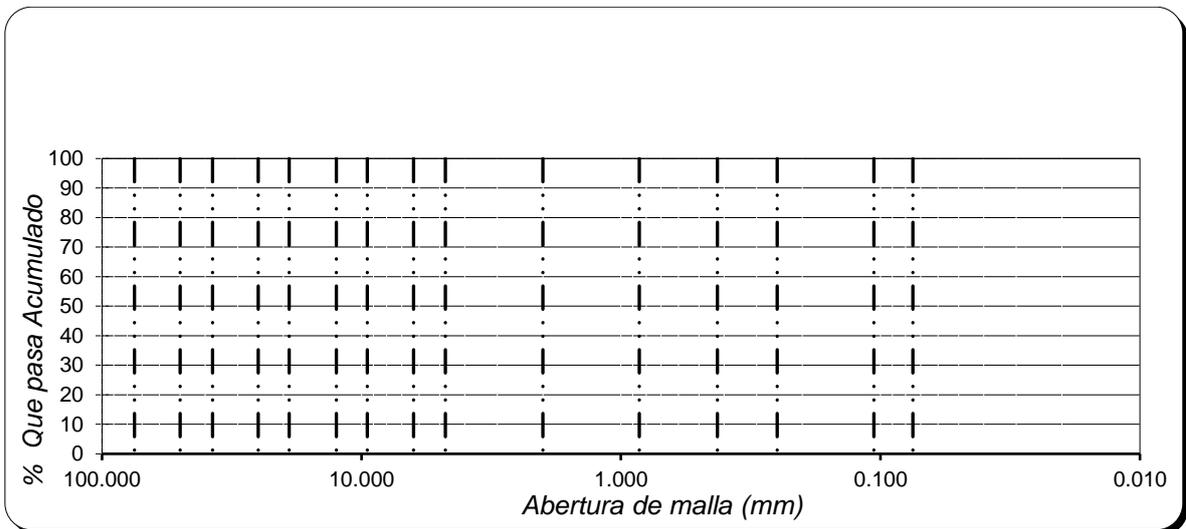
$$\% \text{ RETENIDO ACU. (tamiz 1")} = \text{La suma \% retenidos (tamices 3" + 2" + 1 1/2" + 1")}$$

$$\% \text{ QUE PASA ACUMULADO} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Peso inicial 01} - \% \text{ F.G.}$$

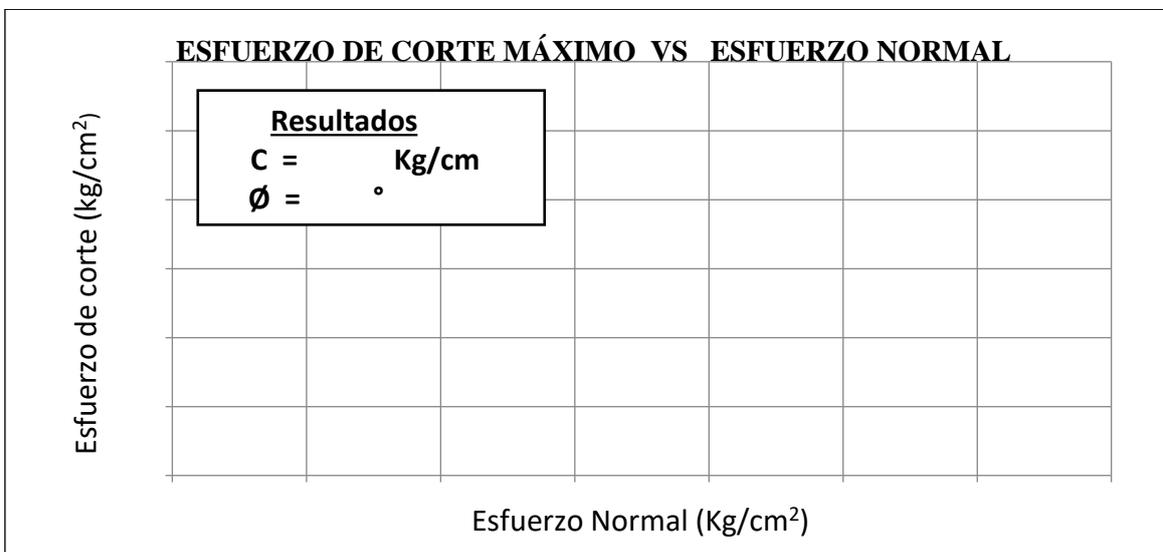
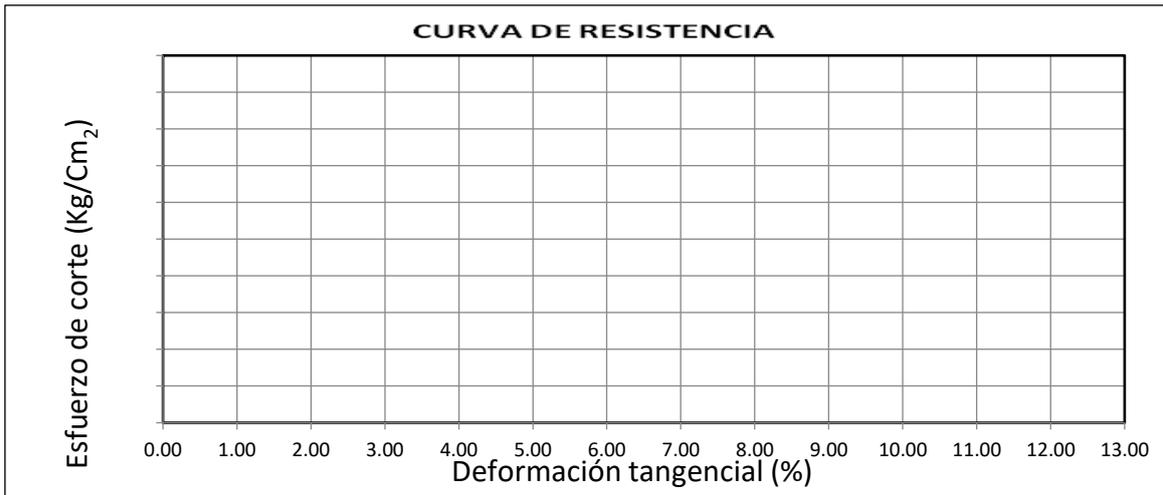
% F.A. = % Fracción que pasa la malla N° 4

% F.G. = % Fracción que retenidos la malla N°4



## E.2 Corte Directo

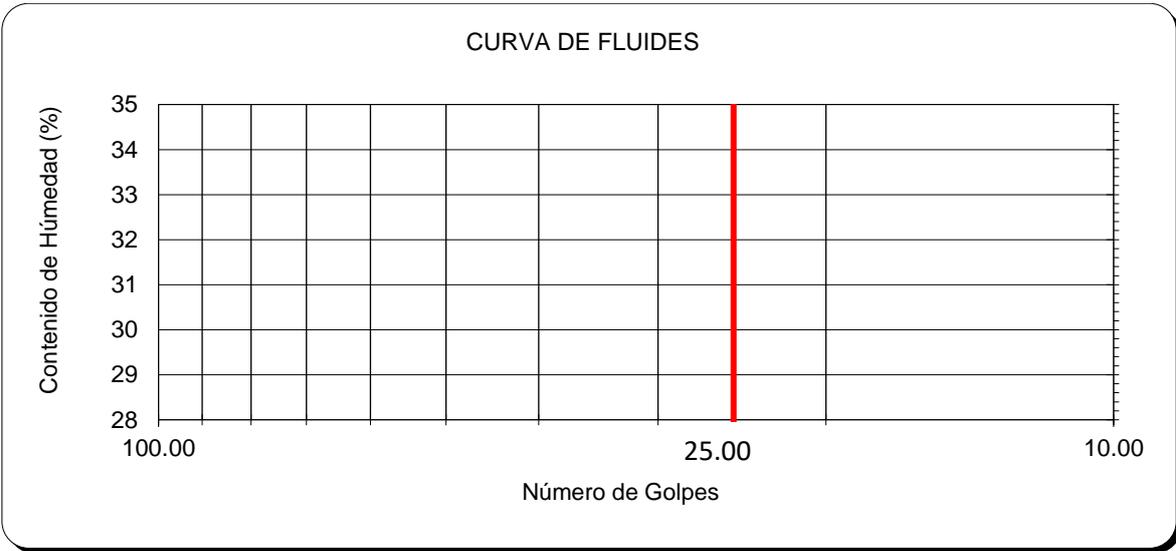
NUMERO DE ENSAYO		ENSAYO N° 01		ENSAYO N° 02		ENSAYO N° 03	
1	Esfuerzo Normal		Kg/cm2		Kg/cm2		Kg/cm2
2	Número del tallador						
3	Peso del tallador		g.		g.		g.
4	Lado o Diametro del tallador		cm		cm		cm
5	Altura del tallador (muestra de ensayo)		cm		cm		cm
6	Area del tallador (muestra de ensayo)						
7	Volumen del tallador		cm3		cm3		cm3
8	<b>Peso del tallador + muestra hum. Natural</b>		g.		g.		g.
9	Número de Tara						
10	Peso de tara + muestra humedad		g.		g.		g.
11	Peso de tara + muestra seca		g.		g.		g.
12	Peso de la tara		g.		g.		g.
13	Contenido de humedad Natural		%		%		%
14	<b>Peso del tallador + muestra hum. Saturada</b>		g.		g.		g.
15	Número de Tara						
16	Peso de tara + muestra Saturada		g.		g.		g.
17	Peso de tara + muestra seca		g.		g.		g.
18	Peso de la tara		g.		g.		g.
19	Contenido de humedad Natural		%		%		%



### E.3 Límites de Atterberg

Datos de Ensayo		Límite Líquido			Límite Plástico
1.-	Nº de Tara				
2.-	Nº de Golpes	g.			
3.-	Peso de muestra humedad + tara	g.			
4.-	Peso de muestra seca + tara	g.			
5.-	Peso del agua	g.			
6.-	Peso de tara	g.			
7.-	Peso de muestra seca	g.			
8.-	Contenido de humedad	%			

F O R M U L A S	M E T O D O	U N P U N T O	$LL = \% \text{ Humedad} \times \left[ \frac{\text{N}^\circ \text{ Golpe}}{25} \right]^{0.121}$
		M U L T I P U N T O	$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$



Límite Líquido	%	
Límite Plástico	%	
Índice de Plasticidad	%	

## F. Disipador de Fluido Viscoso (Ficha Técnica)

### I) Datos Informativos

Edificio:	
Ubicación:	
Uso:	
Número de Pisos	
Sistema Estructural	
Área total	
Área Construida	
Área libre	

### II) Objetivo:

Recoger información para determinar las características del dispositivo de Fluido Viscoso

F.1 Fuerza en el Disipador		
Constante de Amortiguamiento	C=	
Velocidad Relativa en el Amortiguador	V=	
Coeficiente de Edificación	$\alpha$ =	
Fuerza del Disipador	$F = C * V^\alpha$	

F.2 Amortiguamiento		
F.2.1 Factor de Reducción de Respuesta		
Distorsión Máxima	$D_{m\acute{a}x}$ =	
Distorsión Objetivo	$D_{objetivo}$ =	
Factor de reducción de respuesta	$B = \frac{D_{m\acute{a}x}}{D_{objetivo}}$	

F.2.2 Amortiguamiento Viscoso		
Amortiguamiento Inherente 5%	$\beta_0$ =	
Factor de reducción de respuesta	B=	
Amortiguamiento Efectivo	$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$	
Amortiguamiento Viscoso	$B_H = \beta_{eff} - \beta_0$	

F.2.3 Coeficiente de Amortiguamiento		
Amortiguamiento Viscoso	$B_H =$	
Parámetro lambda	$\lambda =$	
Coeficiente de amortiguamiento del disipador j	$C_j =$	
Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador	$\phi_{rj}$	
Ángulo de inclinación del disipador	$\theta_j$	
Amplitud de desplazamiento del modo fundamental	A	
Frecuencia Angular	$\omega$	
Masa del nivel	$m_i$	
Desplazamiento del nivel	$\phi_i$	
Coeficiente de Amortiguamiento	$\sum C_j = \frac{\beta_H - 2\pi \cdot A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \cdot \phi_i^2)}{\lambda (\sum_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \cdot \theta_j)}$	

F.3 Rigidez del Brazo Metálico			
Propiedades del Perfil			
D ext (in)	D int (in)	Espesor (in)	Inercia (in <sup>2</sup> )

Módulo de Elasticidad del Acero	E=	
Área de la sección del brazo metálico	A=	
Longitud del brazo metálico	L=	
Rigidez del brazo metálico	K=E.A/L	

### 4.3 Anexo 03 - Informes de laboratorio

#### 4.3.1 Ensayo para análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de Atterberg – Muestra 1

Solicitante : CUYAN BARBOZA ARLINTON EDWIN

Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de apertura : Miércoles, 2 de junio del 2021.

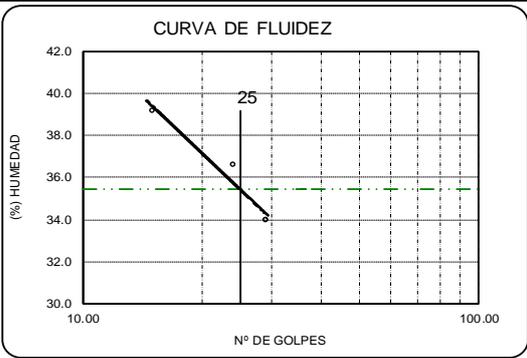
Ensayo : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

Norma de referencia : N.T.P. 399.128 : 1999  
: N.T.P. 399.131  
: N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-1

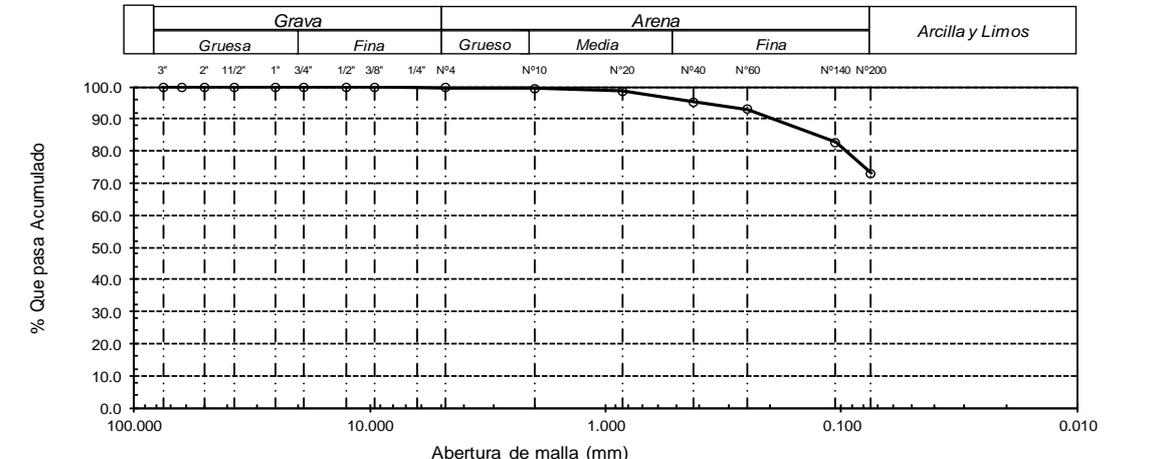
Muestra: M - 1

Profundidad: 0.20 - 0.90m

Análisis Granulométrico por tamizado					Ensayo de Límite de Atterberg		
N° Tamiz	Abertura (mm)	Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico			
3"	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL)	35.44 (%)	
2"	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP)	18.37 (%)	
1 1/2"	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP)	17.07 (%)	
1"	25.000	0.0	100.0				
3/4"	19.000	0.0	100.0				
1/2"	12.500	0.0	100.0				
3/8"	9.500	0.0	100.0				
Nª 4	4.750	0.3	99.7				
Nª 10	2.000	0.6	99.4				
Nª 20	0.850	1.3	98.7				
Nª 40	0.425	4.7	95.3				
Nª 60	0.250	7.0	93.0				
Nª 140	0.106	17.3	82.7				
Nª 200	0.075	27.0	73.0				
Distribución granulométrico					Clasificación (S.U.C.S.)		CL
% Grava	G.G. %	0.0		0.3	Descripción del suelo		Arcilla de baja plasticidad con arena
	G.F. %	0.3			Clasificación (AASHTO)		A-6 (11)
% Arena	A.G. %	0.3		26.7	Descripción		MALO
	A.M. %	4.1					
	A.F. %	22.3					
% Arcilla y Limo		73.0		73.0			
<b>Total</b>				100.0			
<b>Contenido de Humedad</b>				18.37			

CURVA GRANULOMETRICA						
Grava			Arena			Arcilla y Limos
Gruesa	Fina		Grueso	Medía	Fina	
3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"
1/2"	3/8"	1/4"	Nª 4	Nª 10	Nª 20	Nª 40
Nª 60	Nª 140	Nª 200				



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.

### 4.3.2 Ensayo para análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de Atterberg – Muestra 2

Solicitante : CUYAN BARBOZA ARLINTON EDWIN

Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de apertura : Miércoles, 2 de junio del 2021.

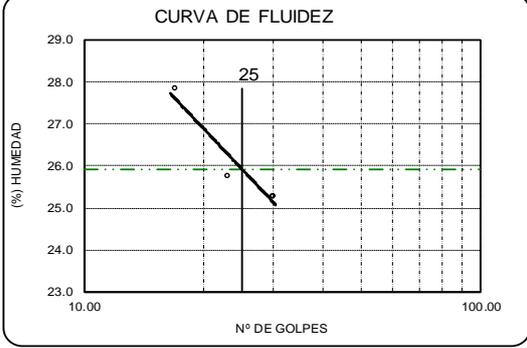
Ensayo : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

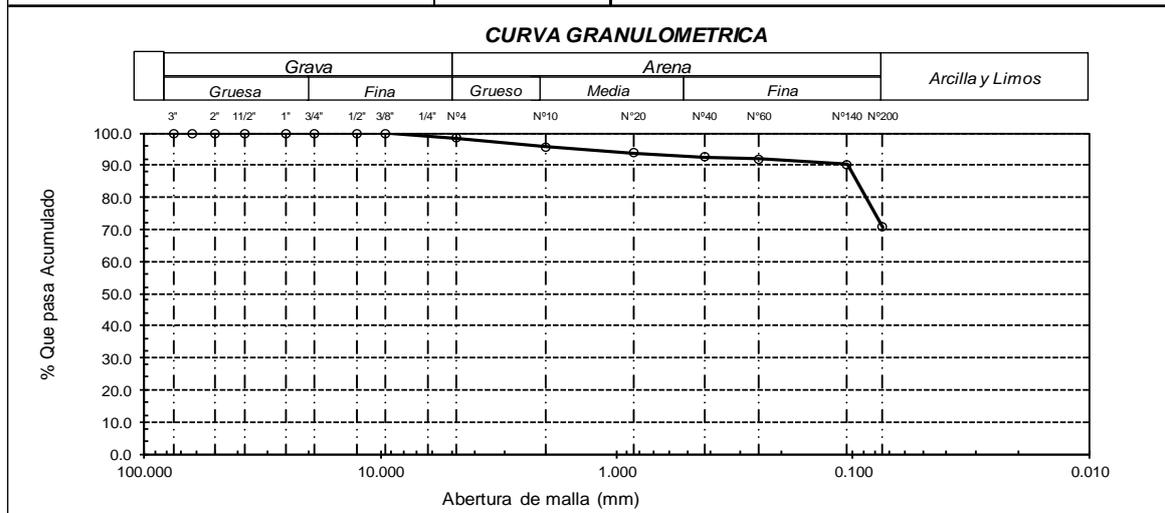
Norma de referencia : N.T.P. 399.128 : 1999  
: N.T.P. 399.131  
: N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 2

Profundidad: 0.90 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
N° Tamiz	Abertura (mm)	Retenido que pasa	Requerimiento Granulométrico				
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	25.93 (%)		
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	17.70 (%)		
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	8.23 (%)		
1"	25.000	0.0	100.0				
3/4"	19.000	0.0	100.0				
1/2"	12.500	0.0	100.0				
3/8"	9.500	0.0	100.0				
N° 4	4.750	1.6	98.4				
N° 10	2.000	4.3	95.7				
N° 20	0.850	6.1	93.9				
N° 40	0.425	7.5	92.5				
N° 60	0.250	8.0	92.0				
N° 140	0.106	9.8	90.2				
N° 200	0.075	29.2	70.8				
Distribución granulométrico						Clasificación (S.U.C.S.)	
% Grava	G.G. %	0.0	1.6			CL	
	G.F. %	1.6					
% Arena	A.G. %	2.7	27.6				
	A.M. %	3.2				Arcilla de baja plasticidad con arena	
	A.F. %	21.7		Clasificación (AASHTO)			
% Arcilla y Limo		70.8	70.8	A-4 (8)			
Total		100.0	100.0	Descripción			
Contenido de Humedad		18.59		REGULAR-MALO			



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.

### 4.3.3 Ensayo de corte directo a una profundidad (Z=1.50m)

Solicitante : CUYAN BARBOZA ARLINTON EDWIN

Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de apertura : Miércoles, 2 de junio del 2021.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo desuelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición

Norma de referencia : NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

*Calicata: C-1 Muestra: M-2 Profundidad: 1.50m.*

ESPECIMEN	DENSIDAD NATURAL	DENSIDAD SECA	ESFUERZO NORMAL	HUMEDAD NATURAL	HUMEDAD SATURADA	ESFUERZO CORTE MÁX.
Nº	g/ cm <sup>3</sup>	g/ cm <sup>3</sup>	kg/ cm <sup>2</sup>	%	%	kg/ cm <sup>2</sup>
Nº 01	1.757	1.489	0.50	17.99	21.58	0.489
Nº 02	1.756	1.488	1.00	18.02	20.66	0.578
Nº 03	1.751	1.485	1.50	17.89	21.46	0.668

ESPECIMEN Nº01			ESPECIMEN Nº02			ESPECIMEN Nº03		
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.10	0.124	0.248	0.10	0.192	0.192	0.10	0.217	0.145
0.20	0.160	0.321	0.20	0.212	0.212	0.20	0.248	0.166
0.35	0.212	0.424	0.35	0.274	0.274	0.35	0.321	0.214
0.50	0.248	0.497	0.50	0.295	0.295	0.50	0.347	0.231
0.75	0.300	0.600	0.75	0.342	0.342	0.75	0.404	0.269
1.00	0.321	0.642	1.00	0.373	0.373	1.00	0.440	0.293
1.25	0.357	0.714	1.25	0.399	0.399	1.25	0.466	0.311
1.50	0.388	0.776	1.50	0.435	0.435	1.50	0.507	0.338
1.75	0.404	0.807	1.75	0.455	0.455	1.75	0.528	0.352
2.00	0.419	0.839	2.00	0.461	0.461	2.00	0.533	0.355
2.50	0.450	0.901	2.50	0.507	0.507	2.50	0.590	0.393
3.00	0.466	0.932	3.00	0.538	0.538	3.00	0.631	0.421
3.50	0.481	0.963	3.50	0.554	0.554	3.50	0.642	0.428
4.00	0.489	0.977	4.00	0.559	0.559	4.00	0.647	0.431
4.50	0.489	0.977	4.50	0.564	0.564	4.50	0.663	0.442
5.00	0.489	0.977	5.00	0.578	0.578	5.00	0.668	0.445
5.50	0.489	0.977	5.50	0.578	0.578	5.50	0.668	0.445
6.00	0.489	0.977	6.00	0.578	0.578	6.00	0.668	0.445
6.50	0.489	0.977	6.50	0.578	0.578	6.50	0.668	0.445
7.00	0.489	0.977	7.00	0.578	0.578	7.00	0.668	0.445
7.50	0.489	0.977	7.50	0.578	0.578	7.50	0.668	0.445
8.00	0.489	0.977	8.00	0.578	0.578	8.00	0.668	0.445
8.50	0.489	0.977	8.50	0.578	0.578	8.50	0.668	0.445
9.00	0.489	0.977	9.00	0.578	0.578	9.00	0.668	0.445
9.50	0.489	0.977	9.50	0.578	0.578	9.50	0.668	0.445
10.00	0.489	0.977	10.00	0.578	0.578	10.00	0.668	0.445
11.00	0.489	0.977	11.00	0.578	0.578	11.00	0.668	0.445
12.00	0.489	0.977	12.00	0.578	0.578	12.00	0.668	0.445

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los tesisistas.

Solicitante : CUYAN BARBOZA ARLINTON EDWIN

Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN".

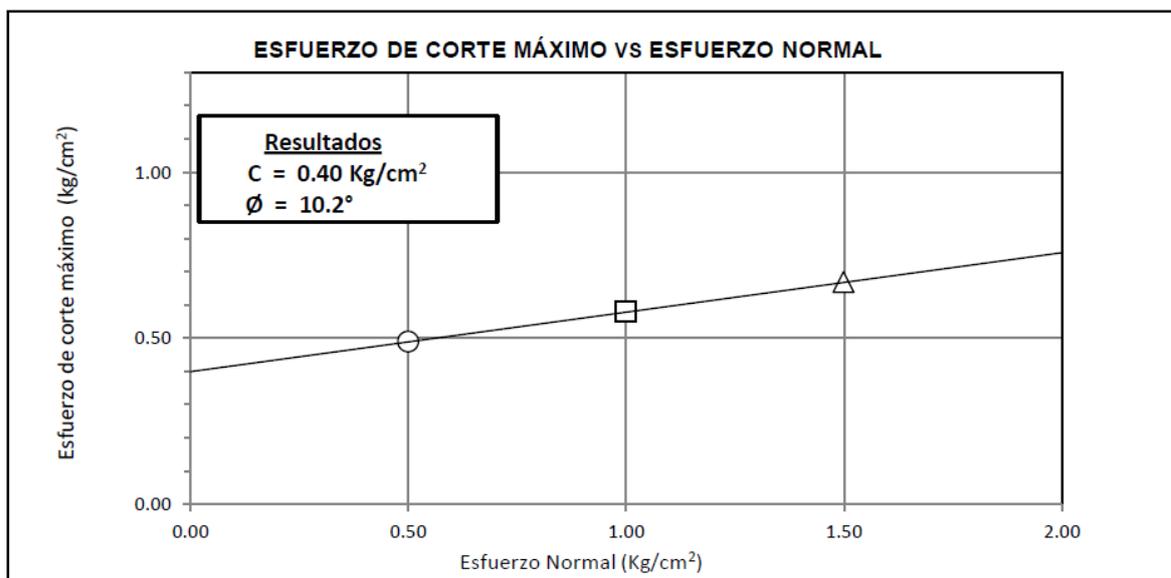
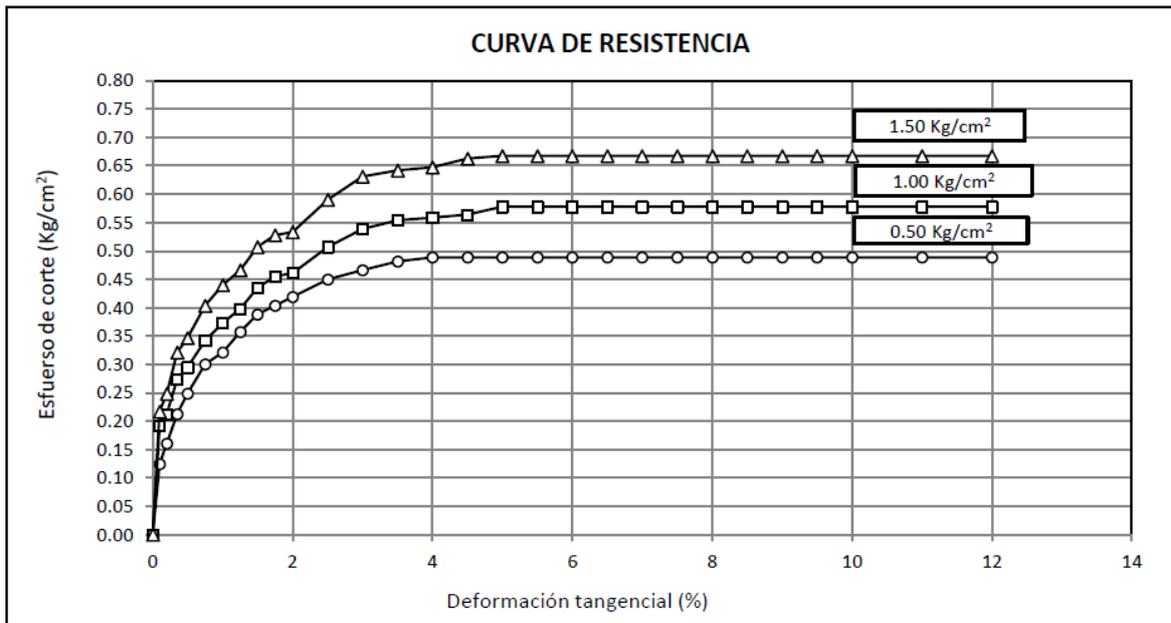
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de apertura : Miércoles, 2 de junio del 2021.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo desuelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición

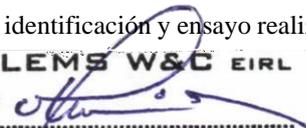
Norma de referencia : NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

*Calicata: C-1 Muestra: M-2 Profundidad: 1.50m.*



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

#### 4.3.4 Ensayo para determinar el contenido de sales

Solicitante : CUYAN BARBOZA ARLINTON EDWIN

Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de apertura : Miércoles, 2 de junio del 2021.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

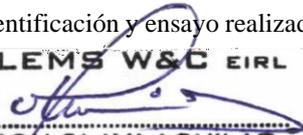
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

<u>Calicata</u> : C - 1	
<u>Muestra</u> : M - 1	
<u>Profundidad</u> : 0.20 m. - 0.90 m	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm   2045

<u>Calicata</u> : C - 1	
<u>Muestra</u> : M - 2	
<u>Profundidad</u> : 0.90 m. - 1.50 m	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm   1887

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

#### 4.4 Anexo 04 - Desarrollo de resultados

##### 4.4.1 Croquis de ubicación



*Figura 37:* Croquis de Ubicación

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Cálculo de capacidad portante

**Tabla 40**

*Datos para cálculo de capacidad portante en cimentación continua*

Cimentación Continua						
$\Phi$	=	10.20°	-	Coef. Factor de carga	Falla General	Falla Local
C	=	0.400	kg/cm <sup>2</sup>			
$\gamma$	=	1.488	g/cm <sup>3</sup>	$N_c$	8.39	7.06
$D_f$	=	1.500	m	$N_q$	2.49	1.83
B	=	2.000	m	$N_\gamma$	1.24	0.67

Fuente: Elaboración propia

**Falla General**

$$q_d = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

$$q_d = 40.96 \text{ t/m}^2$$

$$q_d = 4.10 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fs = 3.00$$

$$q_{adm} = 1.37 \text{ kg/cm}^2$$

**Falla Local**

$$q_d = (2/3) * C * N'_c + \gamma * D_f * N'_q + 0.5 * \gamma * B * N'_\gamma$$

$$q_d = 23.91 \text{ t/m}^2$$

$$q_d = 2.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fs = 3.00$$

$$q_{adm} = 0.85 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 41**

*Datos para cálculo de capacidad portante en cimentación aislada*

Cimentación Aislada						
$\Phi$	=	10.20°	-	Coef. Factor de carga	Falla General	Falla Local
C	=	0.400	kg/cm <sup>2</sup>			
$\gamma$	=	1.488	g/cm <sup>3</sup>	$N_c$	8.39	7.06
$D_f$	=	1.500	m	$N_q$	2.49	1.83
B	=	2.000	m	$N_\gamma$	1.24	0.67

Fuente: Elaboración propia

**Falla General**

$$q_d = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

$$\begin{aligned}
 q_d &= 50.66 \text{ t/m}^2 \\
 q_d &= 5.07 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_s &= 3.00 \\
 q_{adm} &= \mathbf{1.69} \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### Falla Local

$$q_d = 1.3 * (2/3) * C * N'_c + \gamma * D_f * N'_q + 0.4 * \gamma * B * N'_\gamma$$

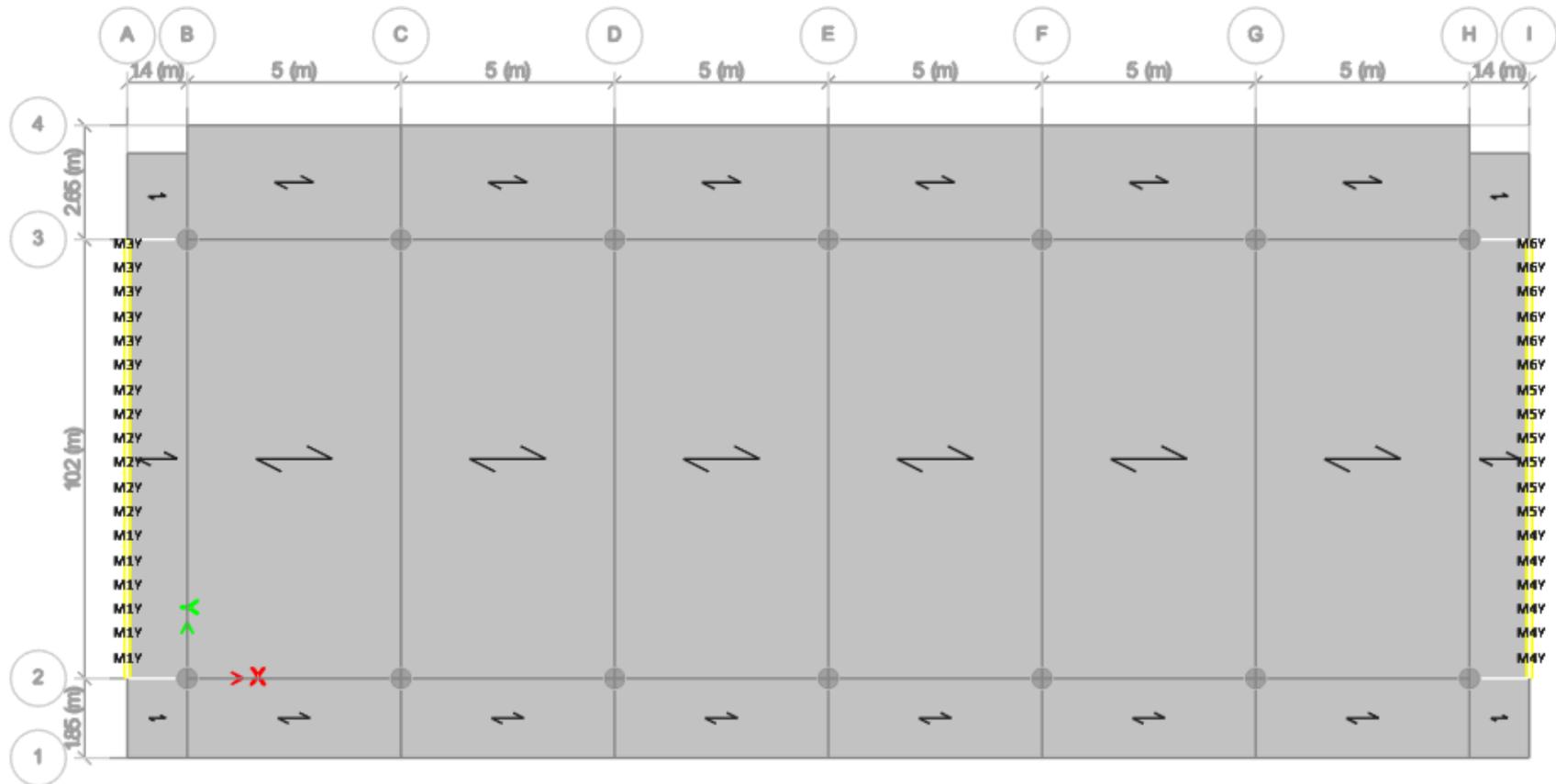
$$\begin{aligned}
 q_d &= 29.36 \text{ t/m}^2 \\
 q_d &= 2.94 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_s &= 3.00 \\
 q_{adm} &= \mathbf{0.98} \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Donde:

- $q_d$  : Capacidad de Carga límite
- $\Phi$  : Ángulo de fricción del suelo
- $C$  : Cohesión del suelo en t/m<sup>2</sup>
- $\gamma$  : Densidad del suelo t/m<sup>3</sup>
- $D_f$  : Profundidad de desplante de cimentación
- $B$  : Ancho de Zapata
- $N_c, N_q, N_\gamma$  : Factores de Carga

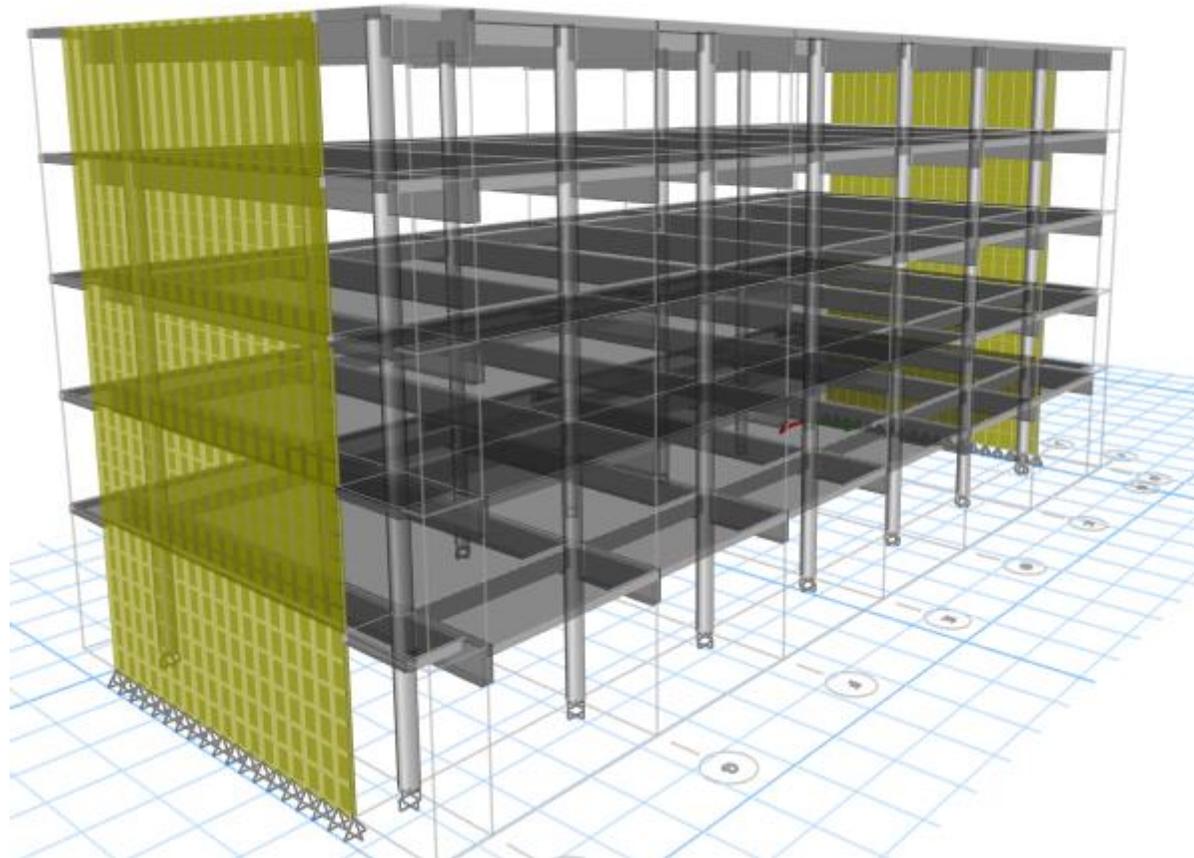
#### 4.4.3 Modelos estructurales

##### 4.4.3.1 En la superestructura



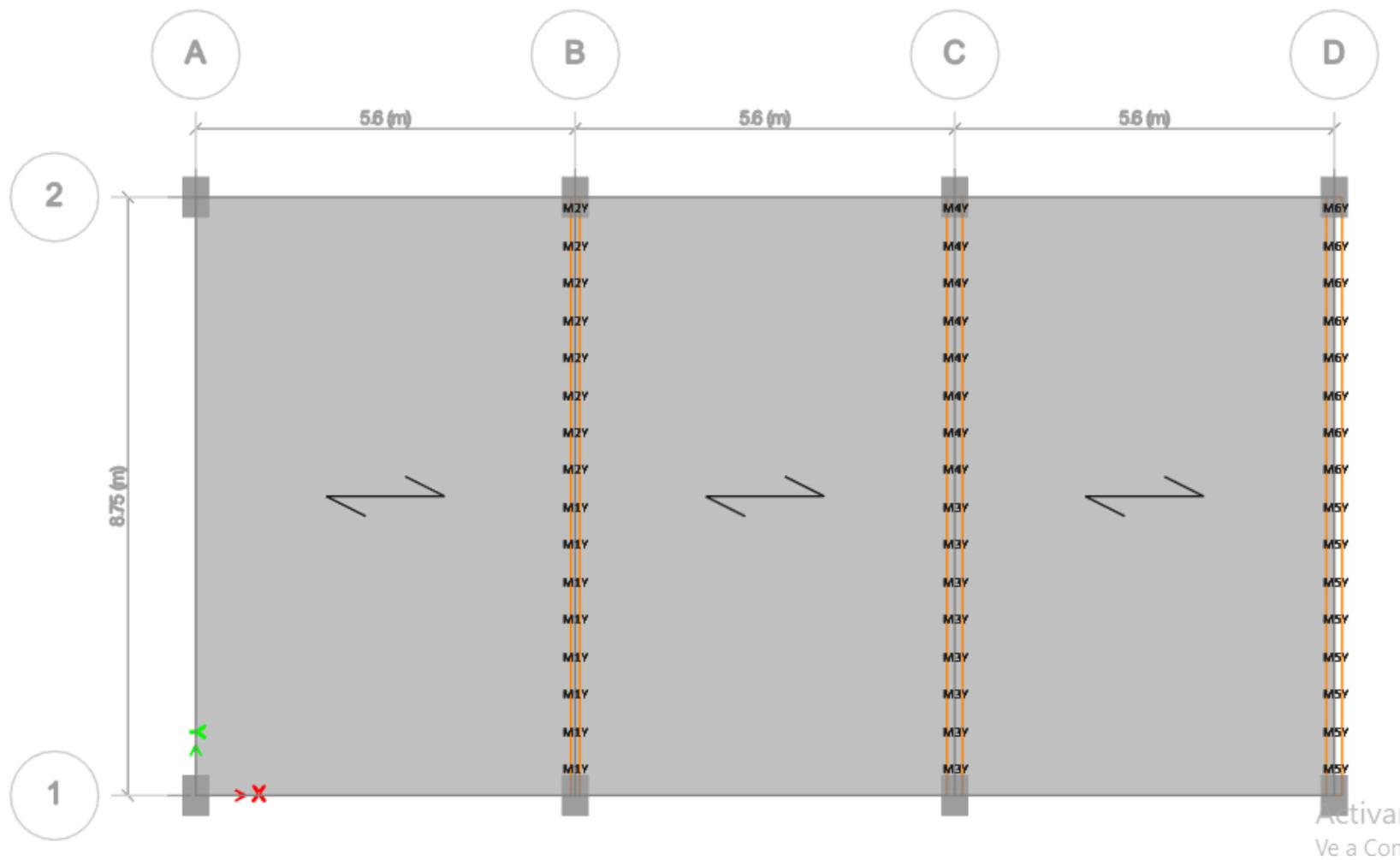
**Figura 38:** Estructura actual- módulo I y III (Planta típica)

Fuente: Elaboración propia



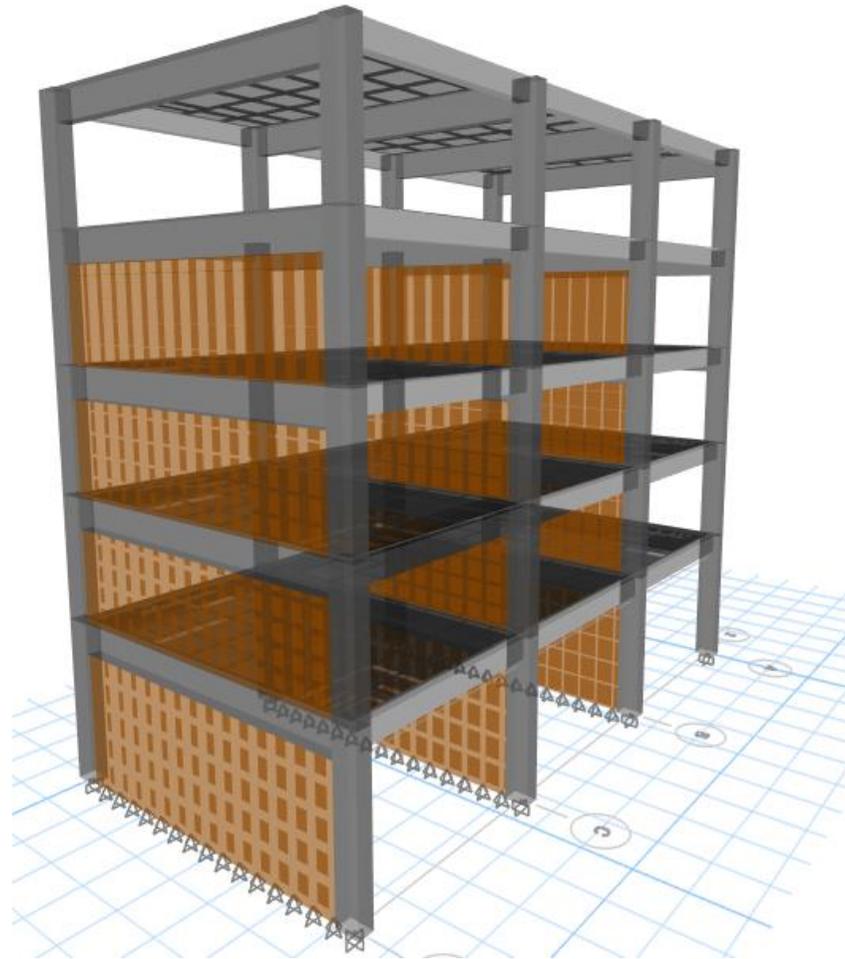
**Figura 39:** Modelo 3D – Estructura actual- módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



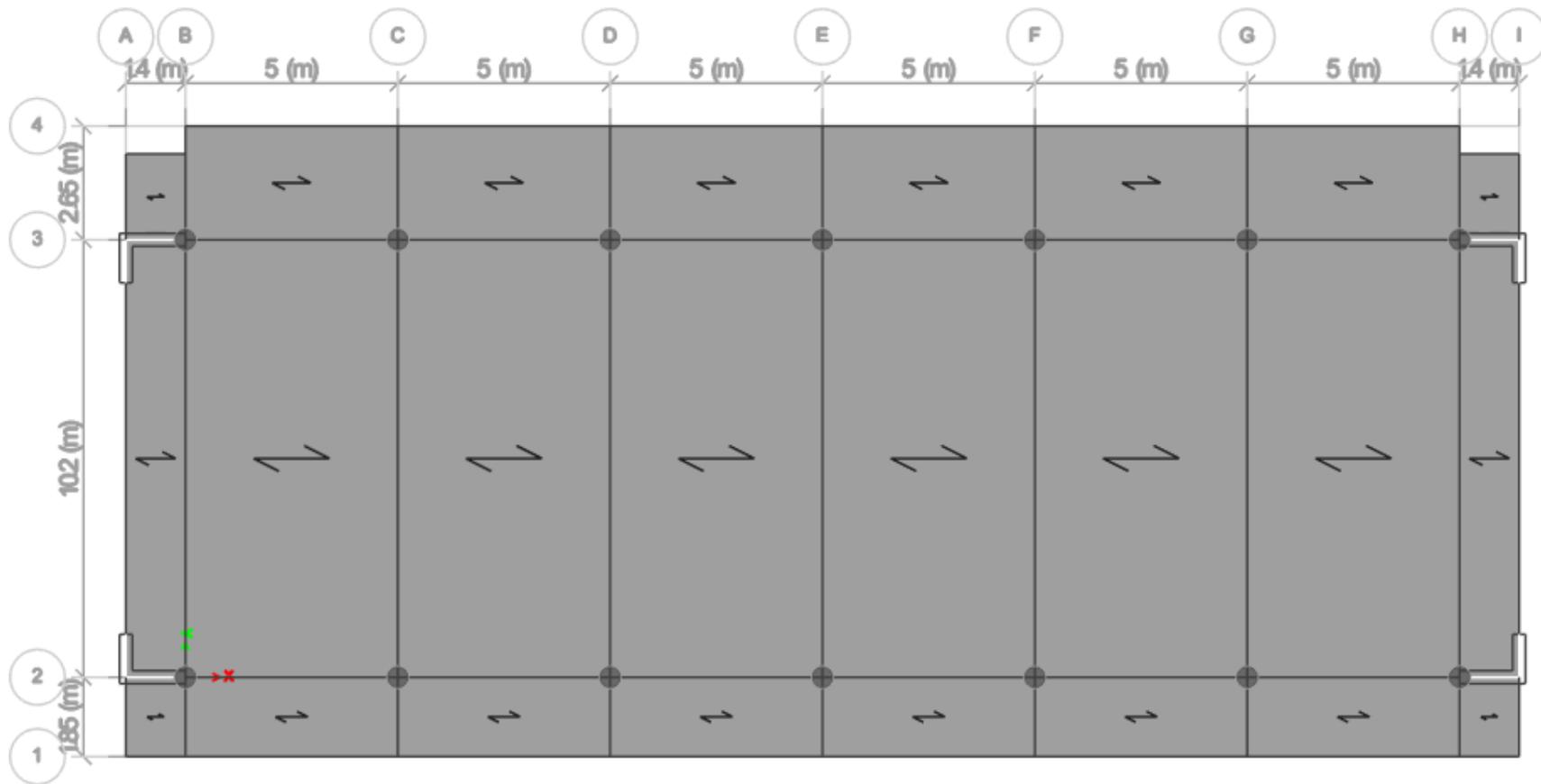
**Figura 40:** Estructura actual- módulo II (Planta típica)

Fuente: Elaboración propia



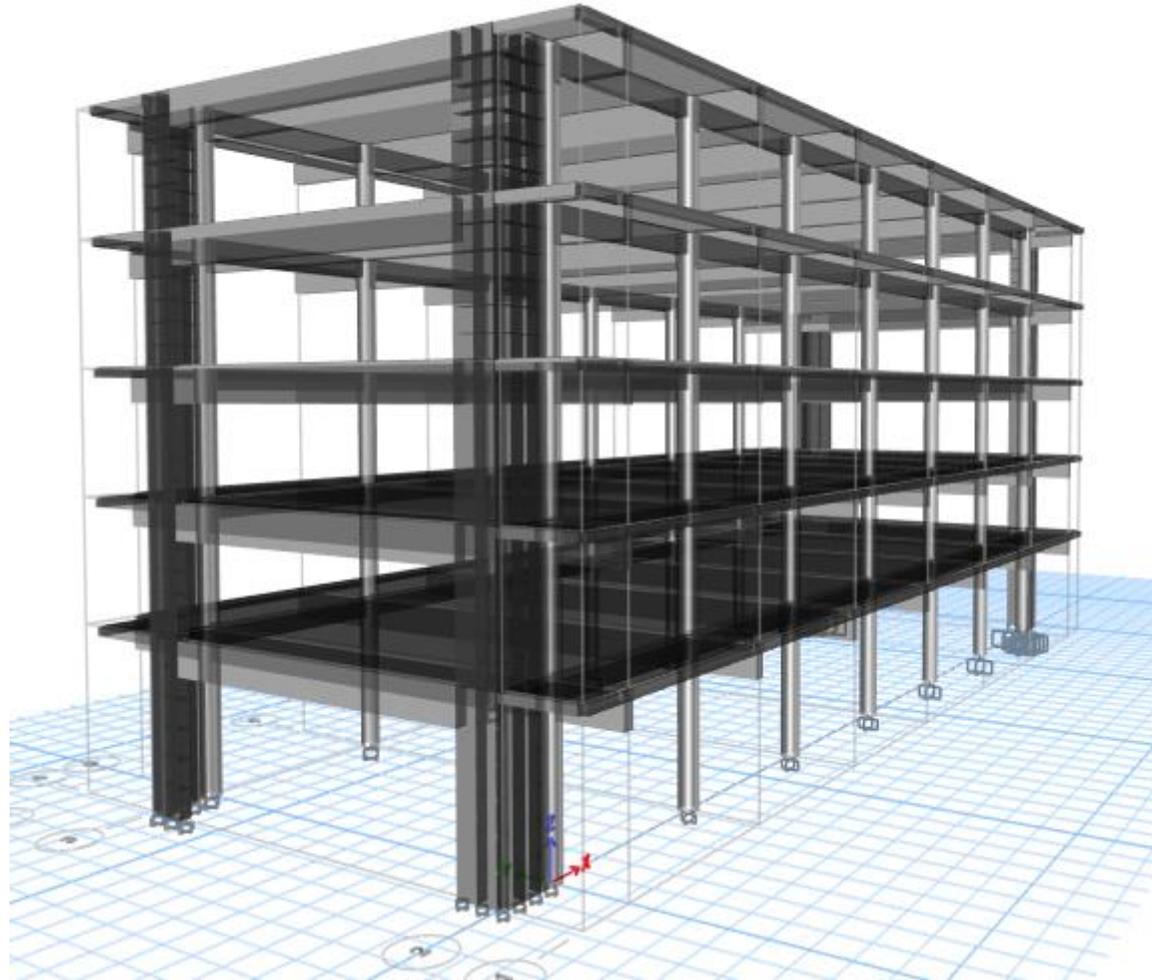
**Figura 41:** Modelo 3D – Estructura actual- módulo II

Fuente: Elaboración propia



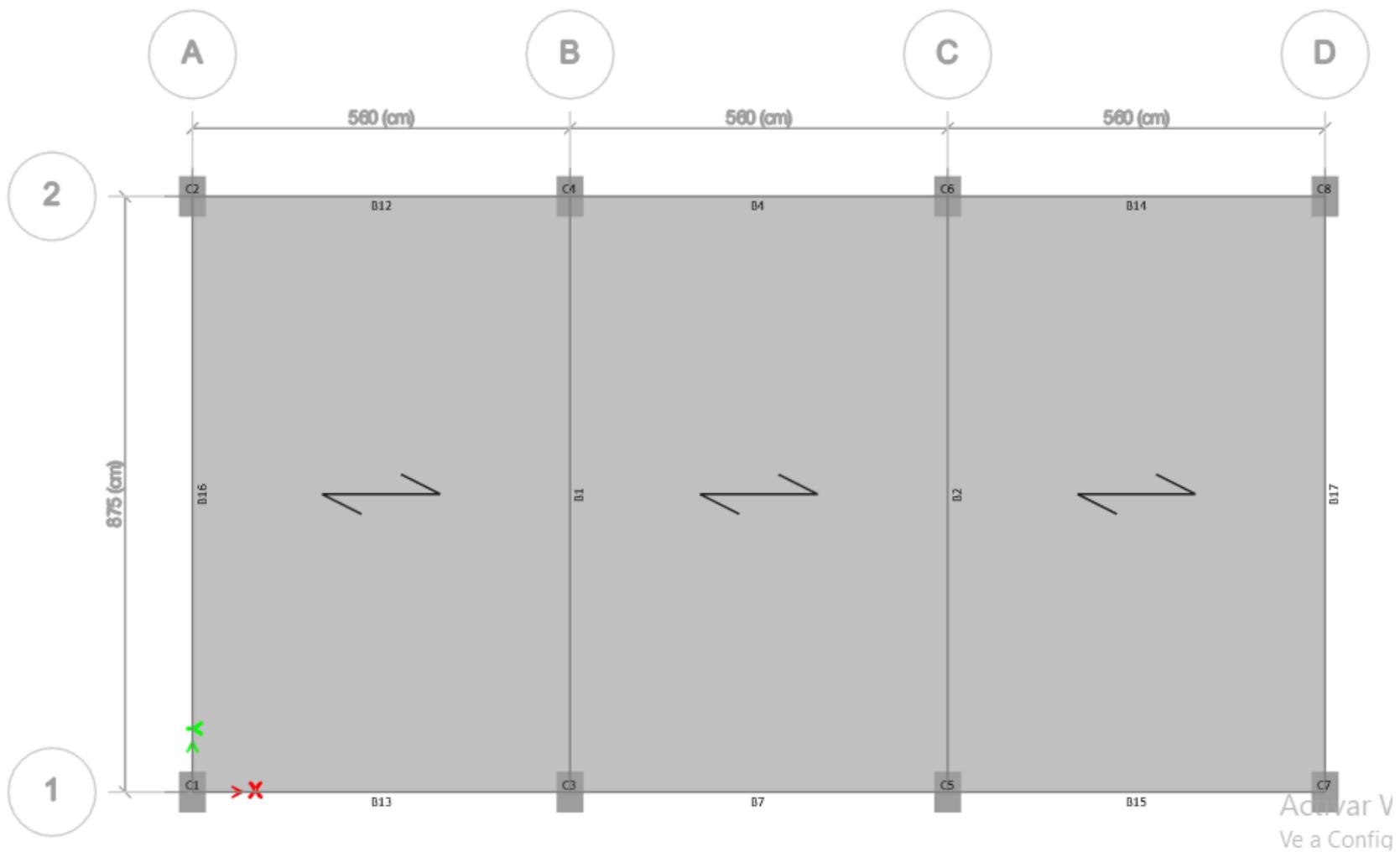
**Figura 42:** Estructura propuesta – módulo I y III (Planta típica)

Fuente: Elaboración propia



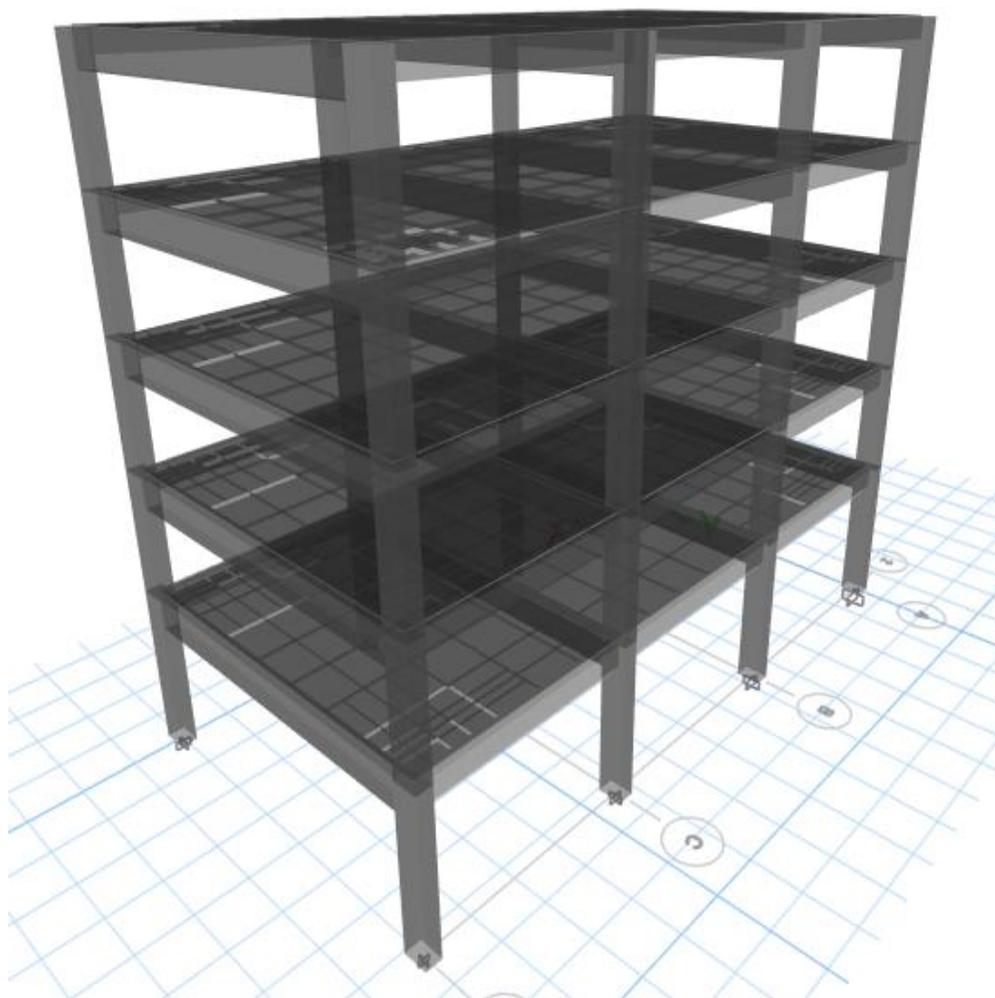
**Figura 43:** Modelo 3D – Estructura propuesta - módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



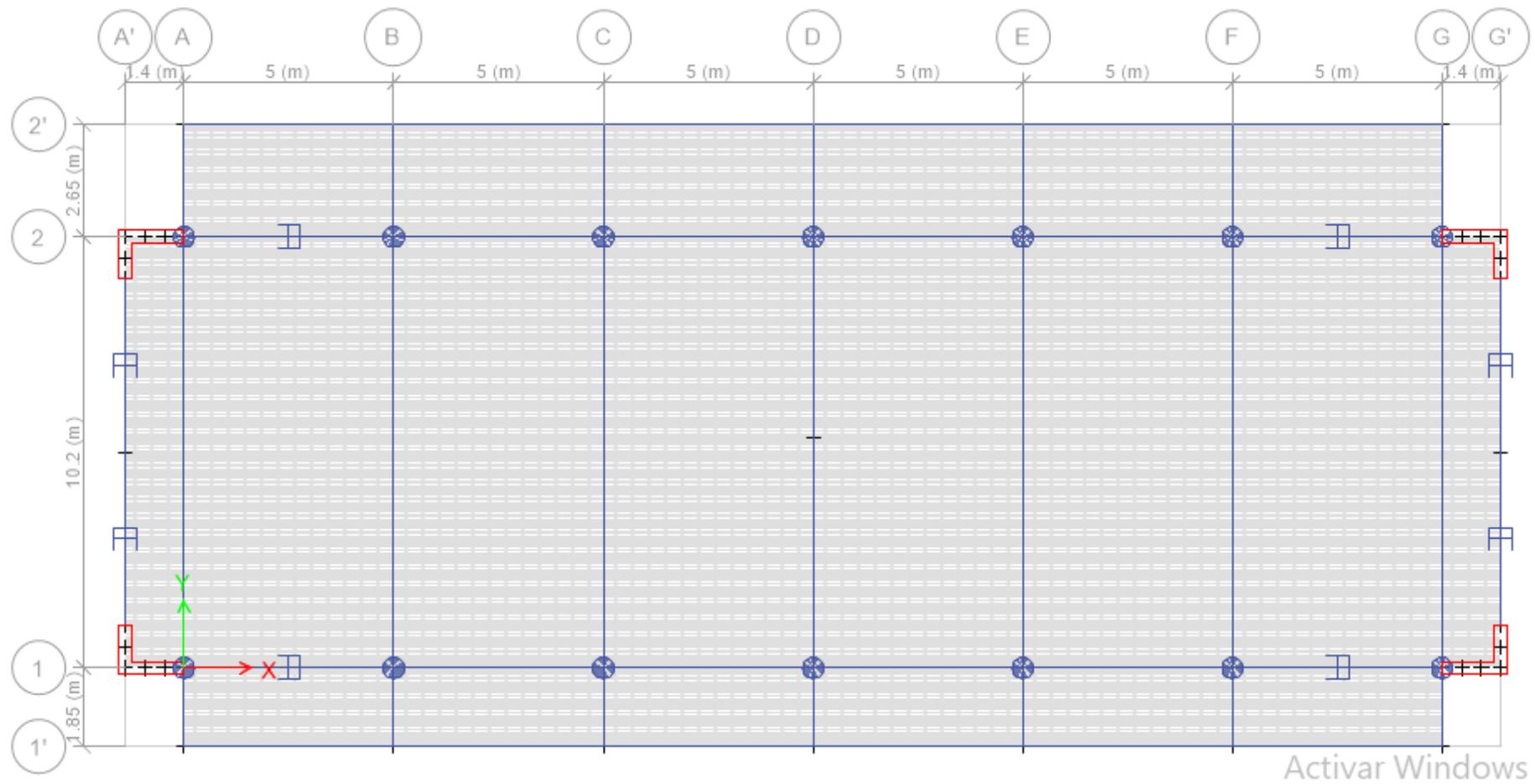
**Figura 44:** Estructura propuesta - módulo II (Planta típica)

Fuente: Elaboración propia



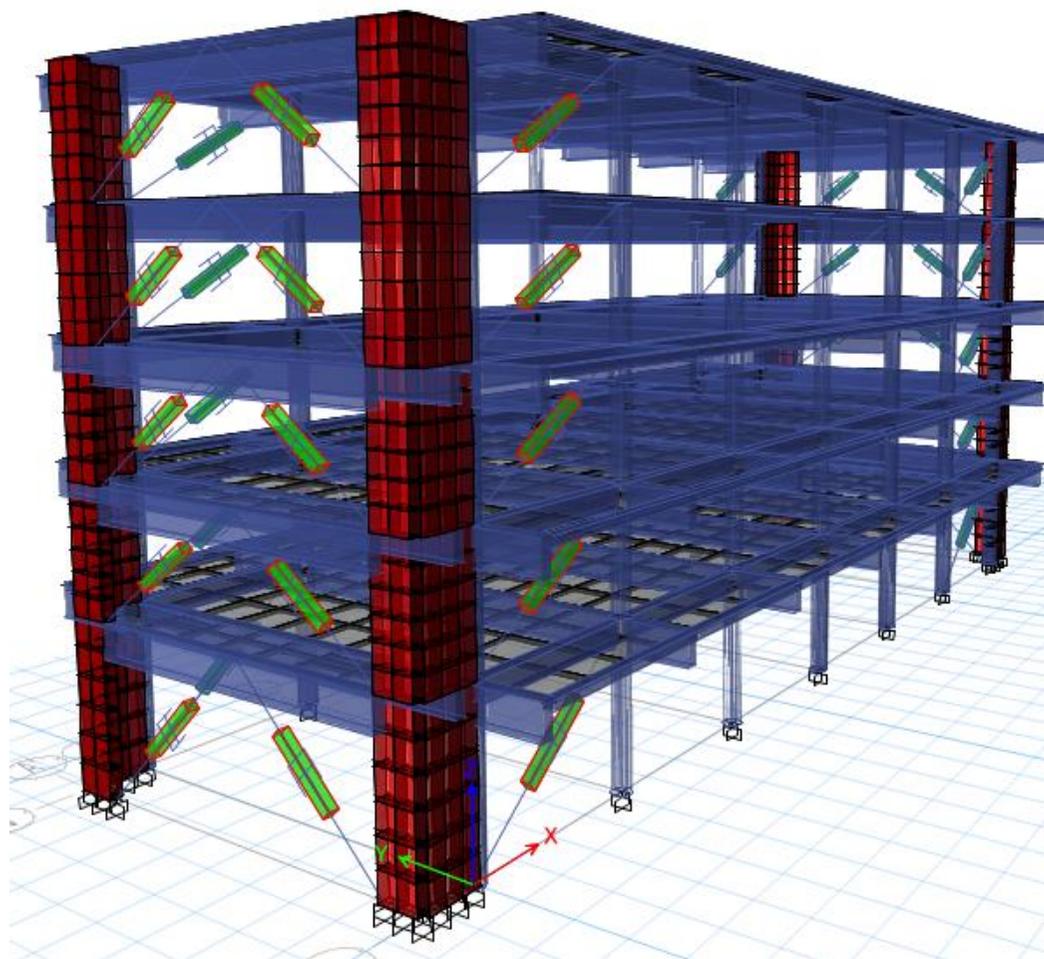
**Figura 45:** Modelo 3D – Estructura propuesta- módulo II

Fuente: Elaboración propia



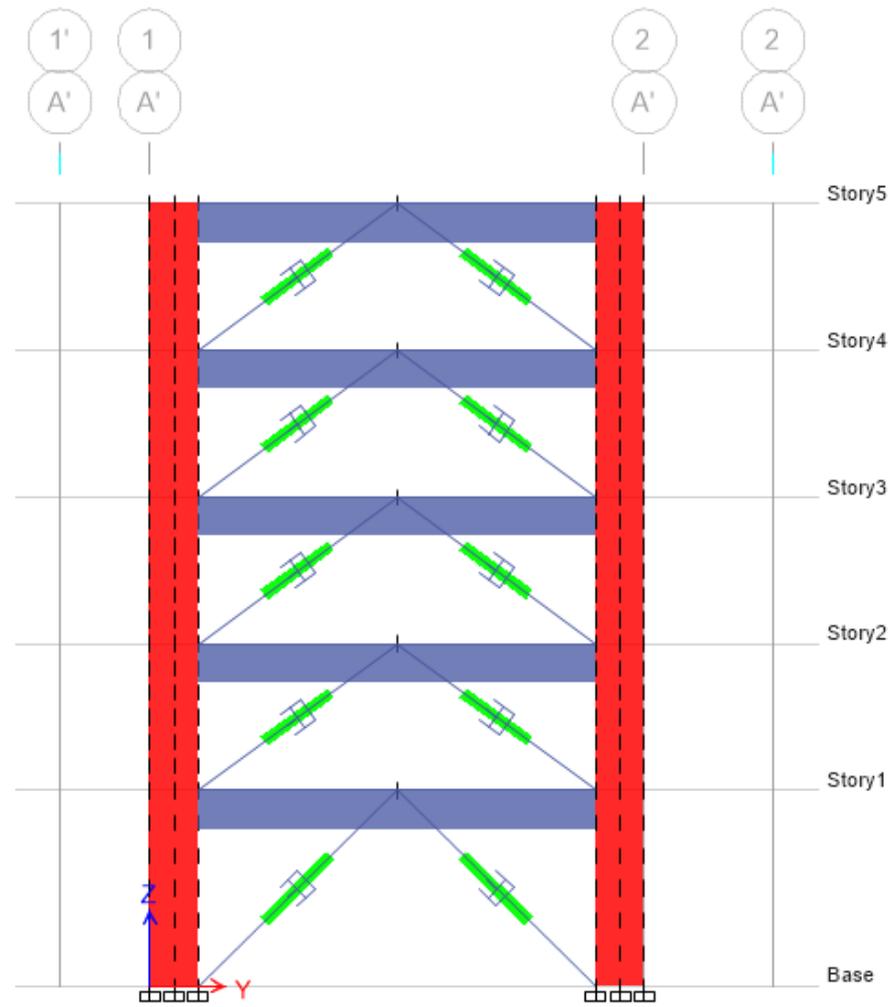
**Figura 46:** Estructura con disipadores de fluido viscoso – módulo I y III (Planta típica)

Fuente: Elaboración propia



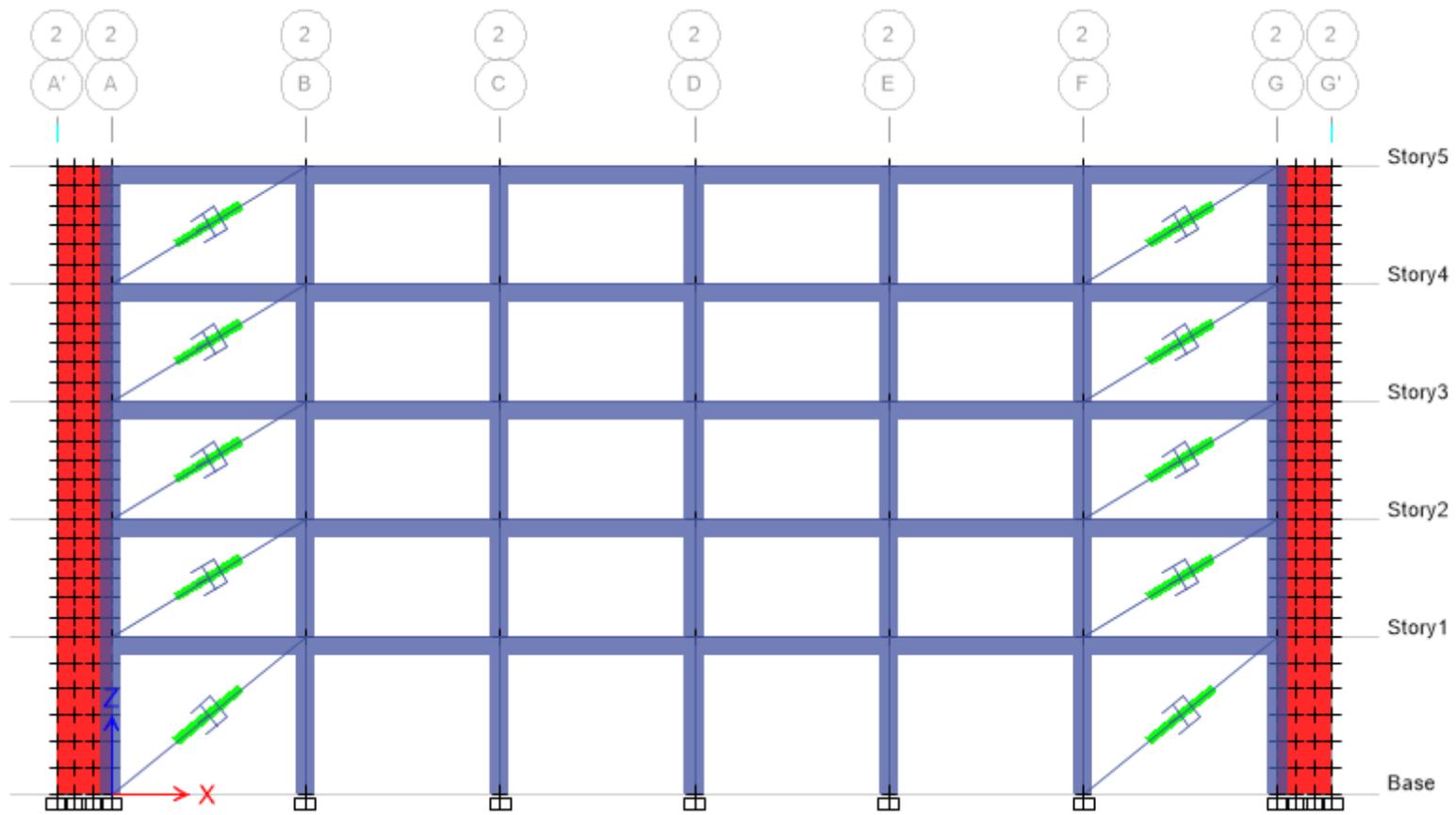
**Figura 47:** Modelo 3D - Estructura con Disipadores de fluido viscoso - módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



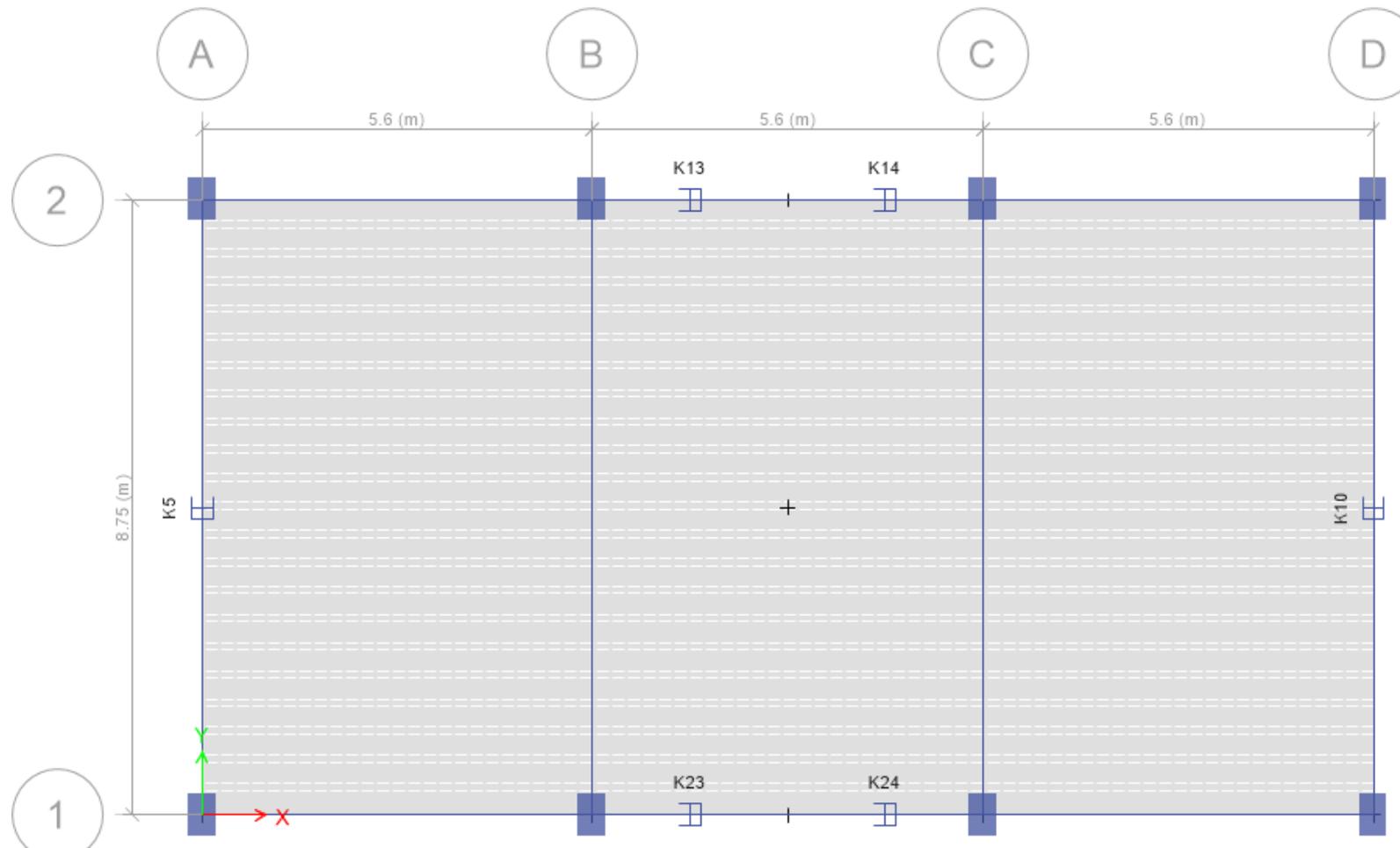
**Figura 48:** Vista lateral – Eje A' – Estructura con DFV – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



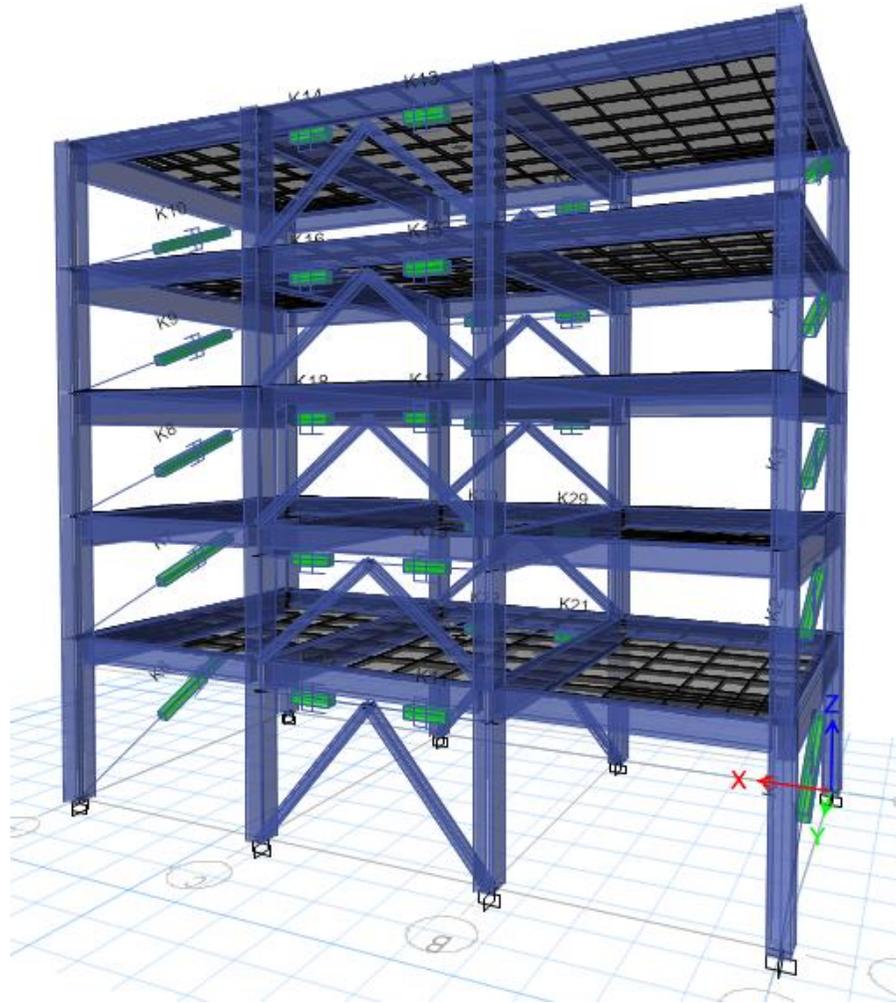
**Figura 49:** Vista lateral – Eje 2 – Estructura con DFV – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



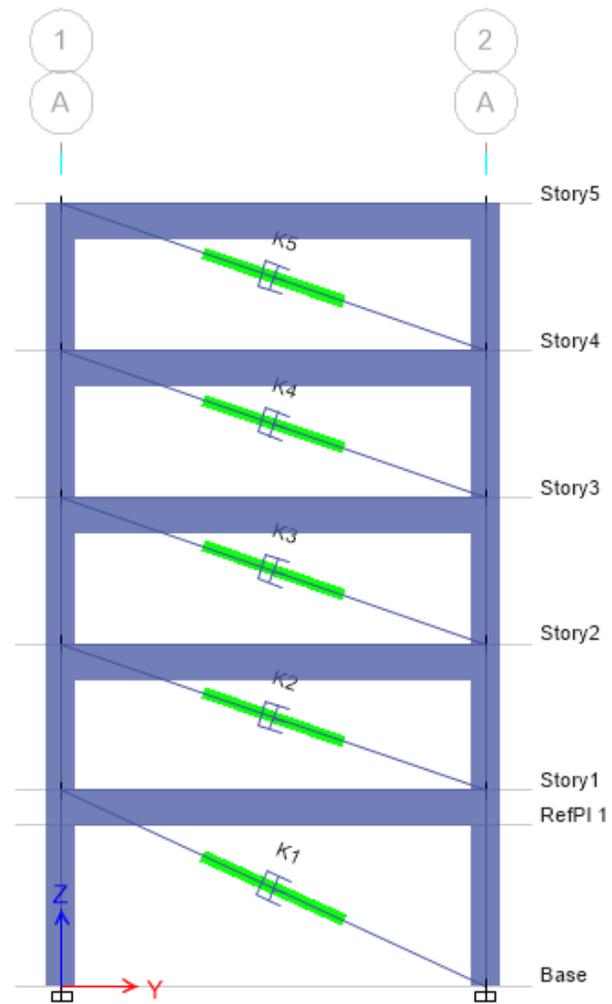
**Figura 50:** Estructura con disipadores de fluido viscoso – módulo II (Planta típica)

Fuente: Elaboración propia



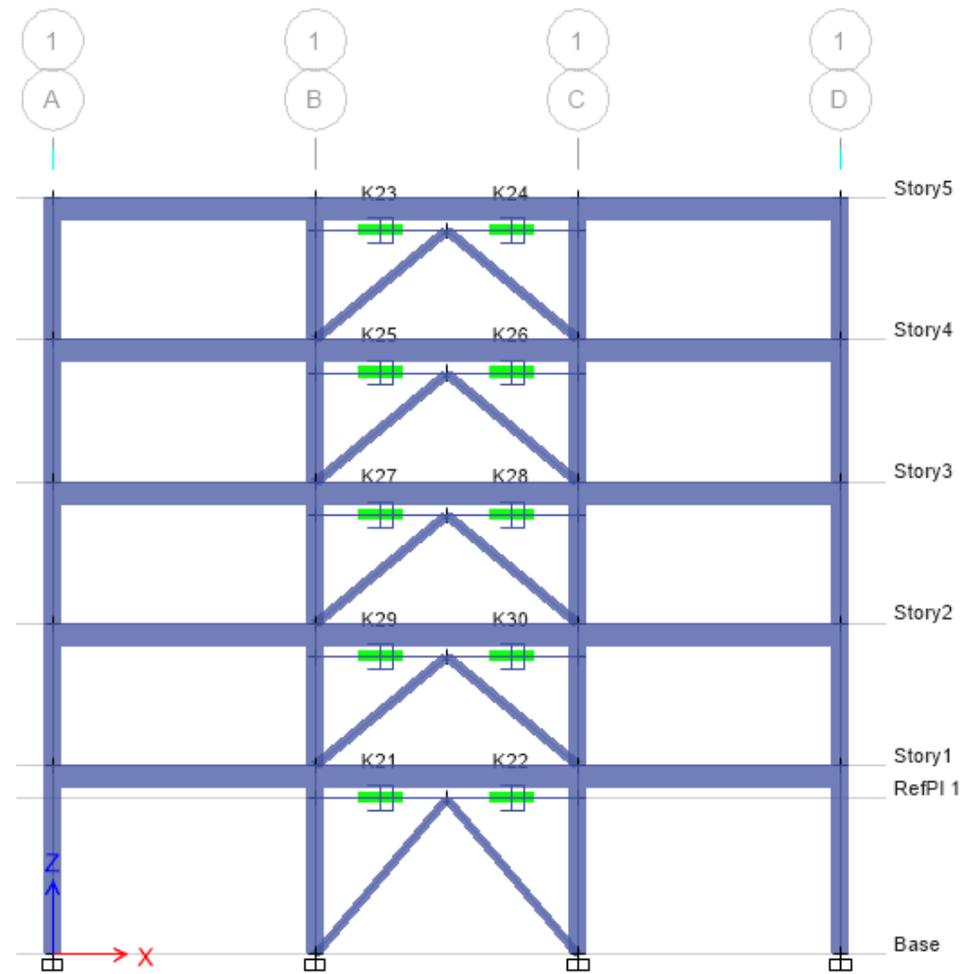
**Figura 51:** Modelo 3D - Estructura con Disipadores de fluido viscoso - módulo II

Fuente: Elaboración propia



**Figura 52:** Vista lateral – Eje A – Estructura con DFV – Módulo II

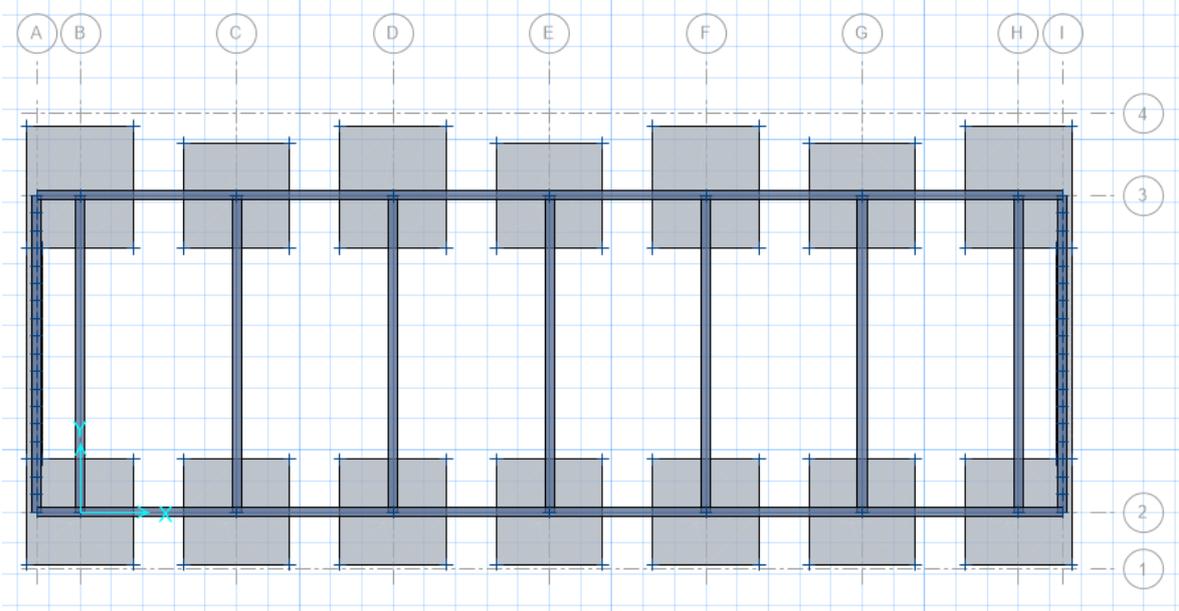
Fuente: Elaboración propia



**Figura 53:** Vista lateral – Eje 1 – Estructura con DFV – Módulo II

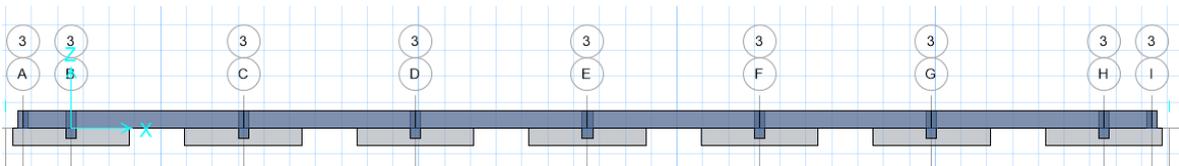
Fuente: Elaboración propia

4.4.3.2 En la subestructura



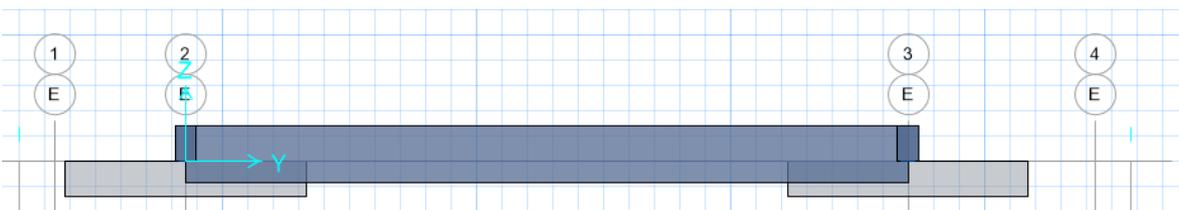
**Figura 54:** Cimentación actual -Módulo I y III – Planta típica

Fuente: Elaboración propia



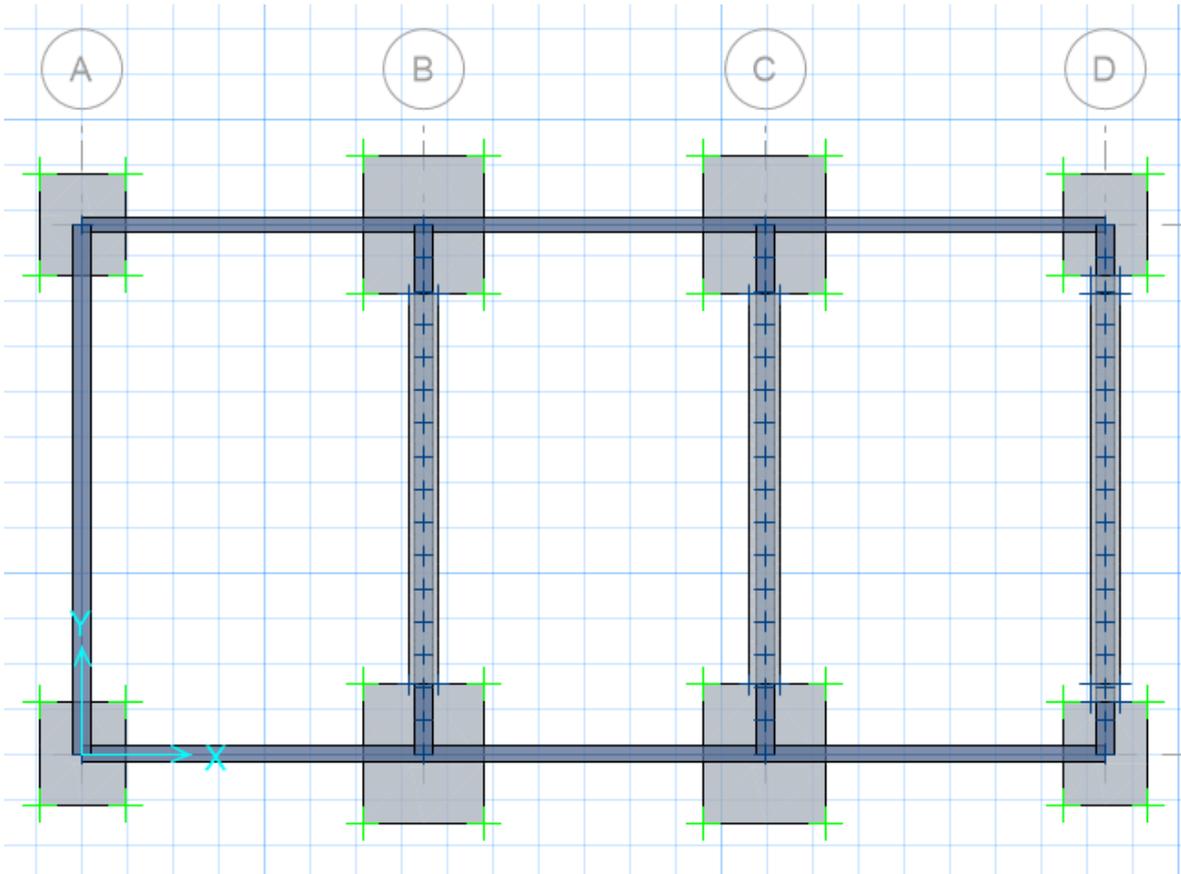
**Figura 55:** Cimentación actual -Módulo I y III – Vista lateral eje 3

Fuente: Elaboración propia



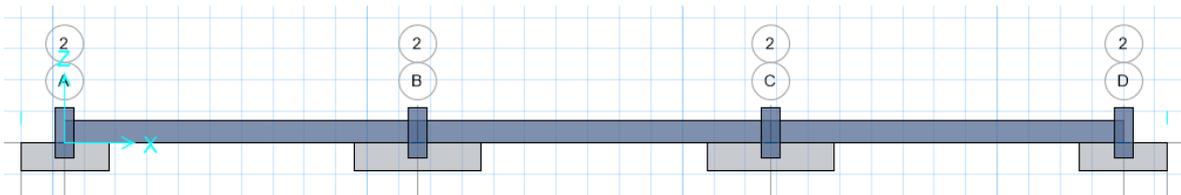
**Figura 56:** Cimentación actual -Módulo I y III – Vista lateral eje E

Fuente: Elaboración propia



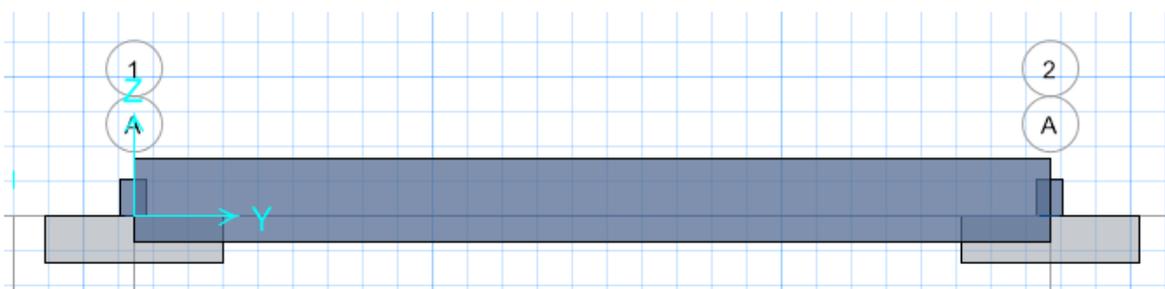
**Figura 57:** Cimentación actual -Módulo II- Planta típica

Fuente: Elaboración propia



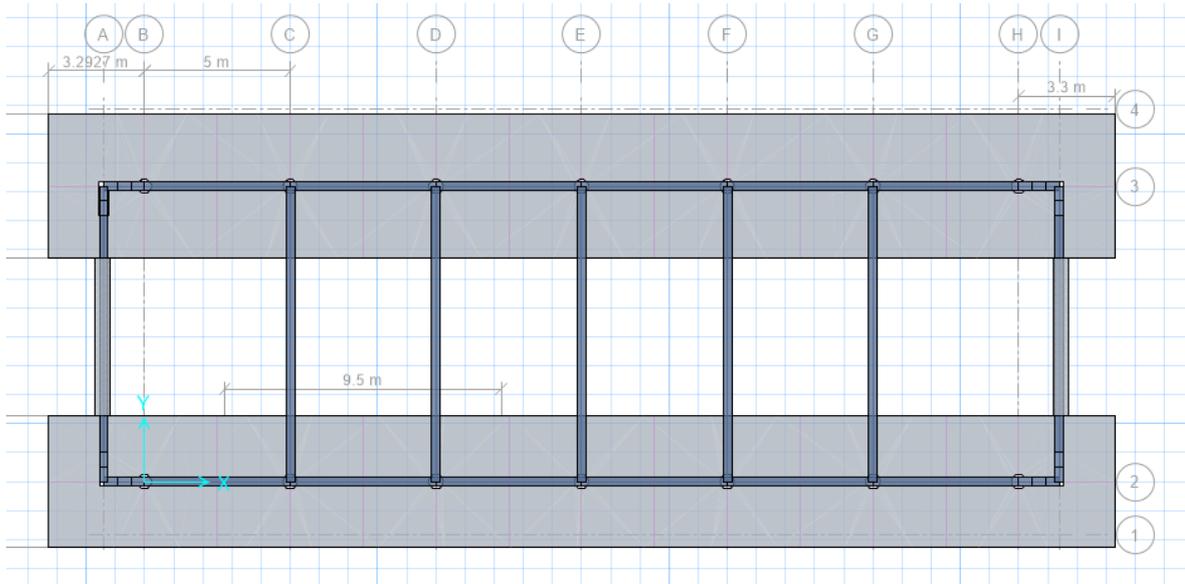
**Figura 58:** Cimentación actual -Módulo II - Vista lateral eje 2

Fuente: Elaboración propia



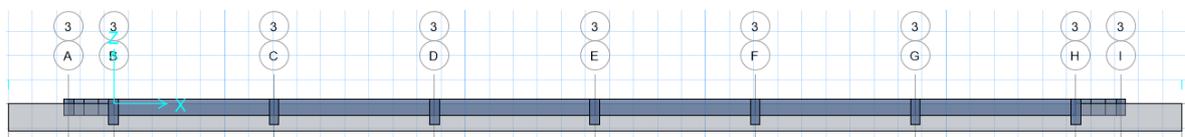
**Figura 59:** Cimentación actual -Módulo II - Vista lateral eje A

Fuente: Elaboración propia



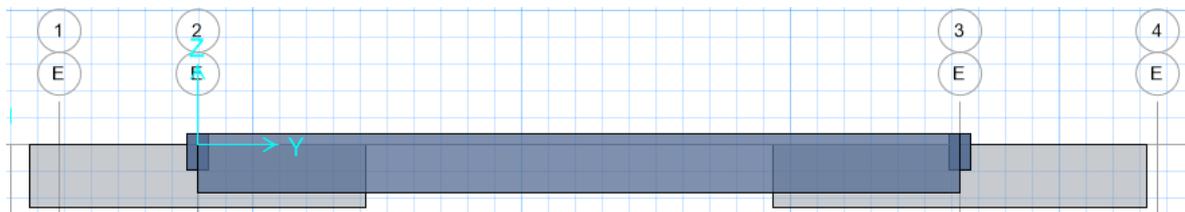
**Figura 60:** Cimentación reforzada -Módulo I y III – Planta típica

Fuente: Elaboración propia



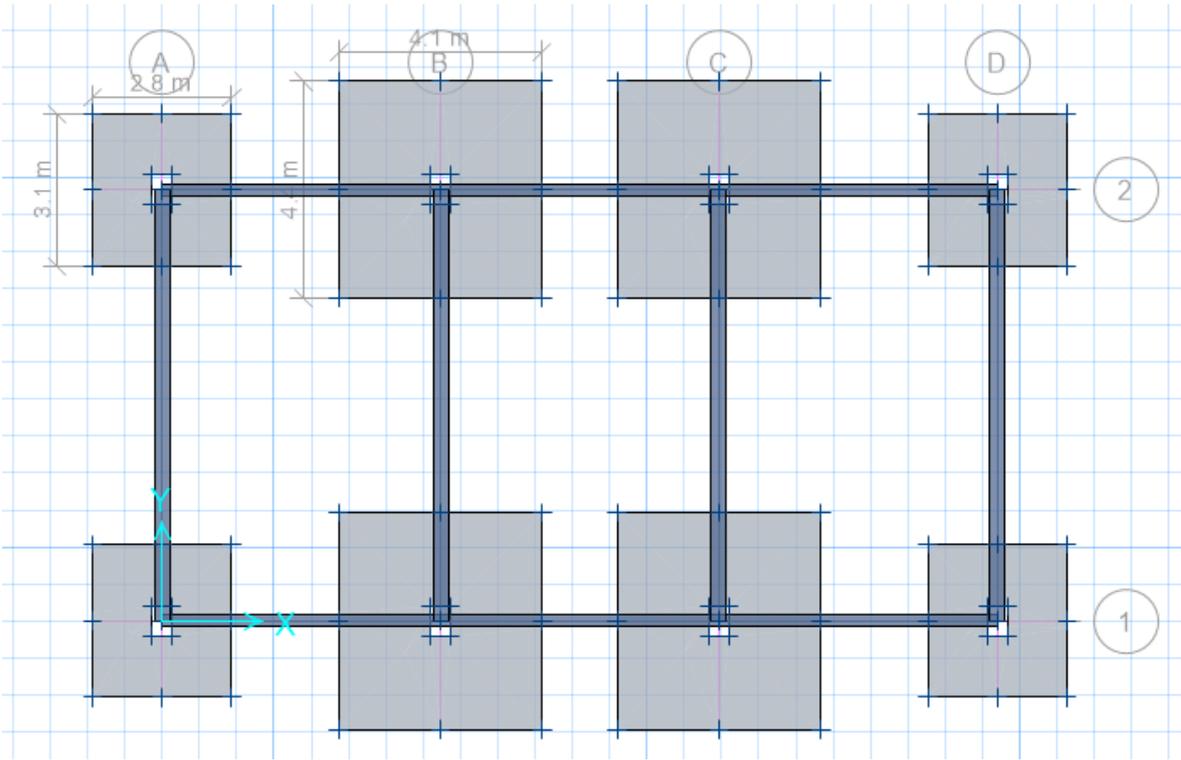
**Figura 61:** Cimentación reforzada -Módulo I y III – Vista lateral eje 3

Fuente: Elaboración propia



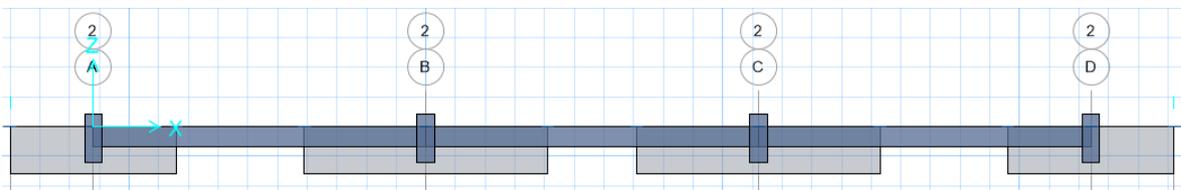
**Figura 62:** Cimentación reforzada -Módulo I y III – Vista lateral eje E

Fuente: Elaboración propia



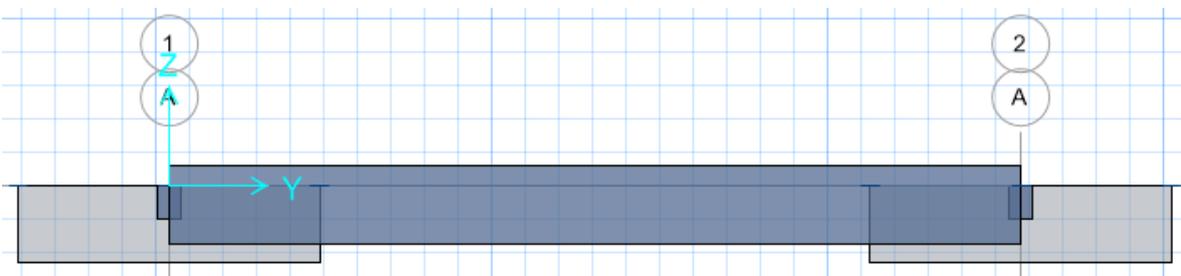
**Figura 63:** Cimentación reforzada -Módulo II- Planta típica

Fuente: Elaboración propia



**Figura 64:** Cimentación reforzada -Módulo II - Vista lateral eje 2

Fuente: Elaboración propia



**Figura 65:** Cimentación reforzada -Módulo II - Vista lateral eje A

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4 Análisis sísmico – Estructura actual

##### 4.4.4.1 Análisis sísmico dinámico – Estructura actual

De acuerdo a la norma E030 se construye un espectro de pseudo-aceleraciones, considerando como mínimo 3 modos por nivel y alcanzando un 90% de masa efectiva, además se consideró la zona de periodos cortos ( $T < 0.2T_p$ ), debido a las luces grandes y a los volados de las vigas se hace uso de un sismo vertical tomándolo como las 2/3 del espectro horizontal.

Como inicio de partida para el análisis se consideran que las estructuras son regulares, posteriormente se verificó si tal condición asumida fue la correcta, dando como resultado que la estructura del módulo II presenta irregularidad torsional extrema, y esto se evidencia en la planta de la estructura, para edificaciones esenciales y en la zona 4 no se aceptan este tipo de irregularidades.

Se analizaron la estructuras como sistemas de pórticos de C°A en la dirección “X” y albañilería confinada en la dirección “Y”, es lógico suponer que las edificaciones no cumplen con la densidad mínima de muros, sin embargo en la norma E030 en el artículo 15 en el ítem 15.2 se menciona que de haber más de un sistema estructural en un solo eje se toma el menor valor de  $R_0$ , por lo que la fuerza sísmica de diseño para esos elementos de C°A sería muy alta, a continuación se muestra un detalle del análisis sísmico.

Dirección “X-X”

$$100\%S_{xD}+30\%S_{yD}+2/3*S_{xD}$$

Dirección “Y-Y”

$$100\%S_{yD}+30\%S_{xD}+2/3*S_{yD}$$

**S<sub>x</sub>D**: Espectro de pseudo-aceleraciones en X

**S<sub>y</sub>D**: Espectro de pseudo-aceleraciones en Y

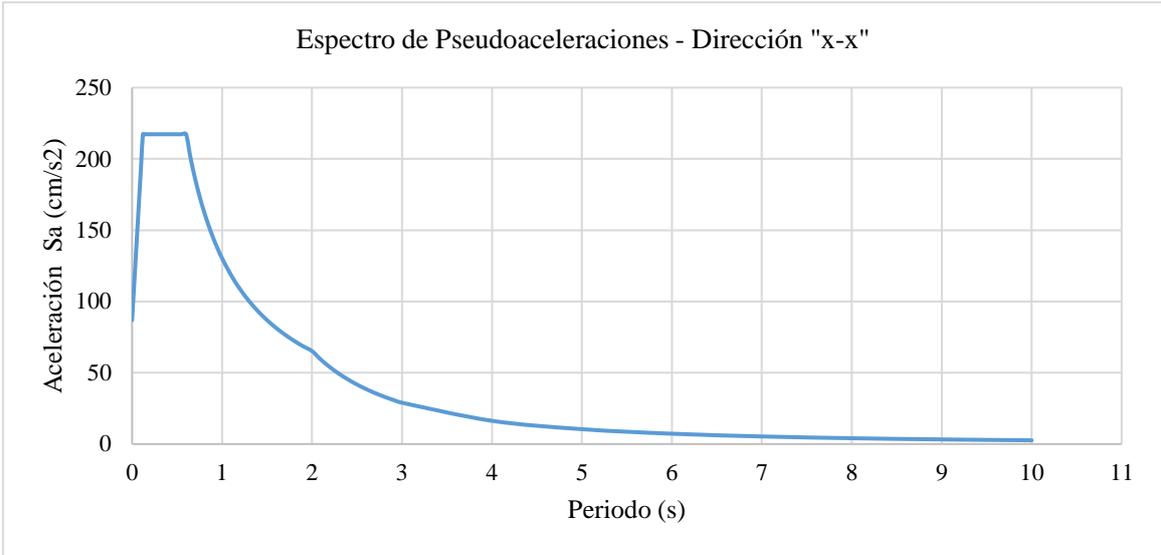
Factor de amplificación sísmica

$$T < 0.2T_p \quad C=1+7.5*(T/T_p)$$

$$T < T_p \quad C=2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C =2.5*(T_p/T_L)$$

$$T > T_L \quad C =2.5*(T_p.T_L/T^2)$$



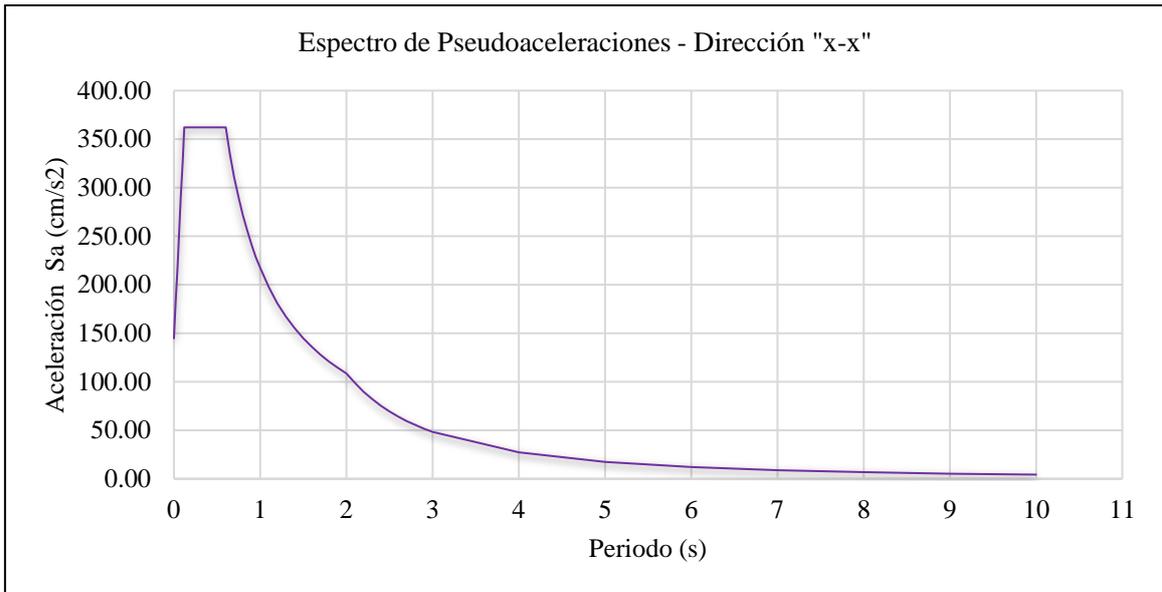
**Figura 66:** Espectro en X – Estructura actual – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



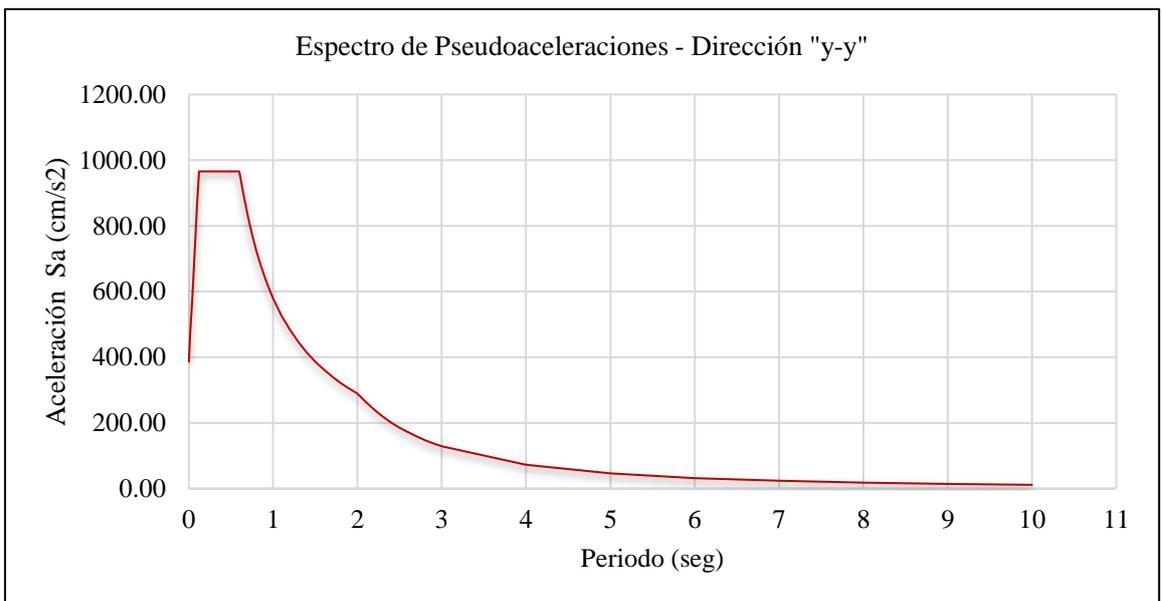
**Figura 67:** Espectro en Y – Estructura actual – Módulo I y III

Fuente: Elaboración propia



**Figura 68:** Espectro en X – Estructura actual – Módulo II

Fuente: Elaboración propia



**Figura 69:** Espectro en Y – Estructura actual – Módulo II

Fuente: Elaboración propia

Como es de suponer debido a la irregularidad torsional extrema en el módulo II  $I_p=0.6$  las aceleraciones aumentan y por ende la demanda, con estos espectros se verifican las distorsiones de entrepiso.

**Tabla 42***Resumen análisis dinámico – Estructura actual – Módulo I, II, III*

Parámetros	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"
Sistema Estructural	Aporticado de C°A	Albañilería confinada	Aporticado de C°A	Albañilería confinada
T	1.124	0.64	0.957	0.34
T <sub>p</sub>	0.60s	0.60s	0.60s	0.60s
T <sub>L</sub>	2.00s	2.00s	2.00s	2.00s
Z	0.45	0.45	0.45	0.45
U	1.50	1.50	1.50	1.50
S	1.05	1.05	1.05	1.05
I <sub>a</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
I <sub>p</sub>	1.00	1.00	0.60	0.60
R <sub>o</sub>	8.00	3.00	8.00	3.00
R=R <sub>o</sub> .I <sub>a</sub> . I <sub>p</sub>	8.00	3.00	4.80	1.80
V	<b>222.18t</b>	<b>942.11t</b>	<b>167.79t</b>	<b>423.32t</b>

Fuente: Elaboración propia

**Leyenda:**

T : Periodo Fundamental de la estructura

T<sub>p</sub> : Periodo que define la plataforma del factor CT<sub>L</sub>: Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante

Z: Factor de Zona

U: Factor de Uso

C: Factor de amplificación Sísmica

S: Factor de Suelo

R<sub>0</sub>: coeficiente básico de reducciónI<sub>p</sub>: Irregularidad en plantaI<sub>a</sub>: Irregularidad en altura

R: coeficiente de reducción de fuerza sísmica.

k: Exponente relacionado al periodo fundamental

C: Coeficiente de Cortante basal

P: Peso de la edificación

V: Fuerza Cortante en la base

**Tabla 43***Distorsiones de entrepiso -Estructura actual-Módulo I y III*

Nivel	Altura (h <sub>i</sub> ) m	Altura (h <sub>e</sub> ) m	Deriva Inelást.	Deriva Permis.	Verificación
Dirección "X-X"					
Nivel 5	3	16	<b>0.00794</b>	0.007	No Cumple
Nivel 4	3	13	<b>0.014051</b>	0.007	No Cumple
Nivel 3	3	10	<b>0.019361</b>	0.007	No Cumple
Nivel 2	3	7	<b>0.023743</b>	0.007	No Cumple
Nivel 1	4	4	<b>0.024769</b>	0.007	No Cumple
Dirección "Y-Y"					
Nivel 5	3	16	<b>0.011555</b>	0.005	No Cumple
Nivel 4	3	13	<b>0.013637</b>	0.005	No Cumple
Nivel 3	3	10	<b>0.0143</b>	0.005	No Cumple
Nivel 2	3	7	<b>0.013432</b>	0.005	No Cumple
Nivel 1	4	4	<b>0.009973</b>	0.005	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44***Distorsiones de entrepiso -Estructura actual-Módulo II*

Nivel	Altura (h <sub>i</sub> ) m	Altura (h <sub>e</sub> ) m	Deriva Inelást.	Deriva Permis.	Verificación
Dirección "X-X"					
Nivel 5	3	16	<b>0.012472</b>	0.007	No Cumple
Nivel 4	3	13	<b>0.019278</b>	0.007	No Cumple
Nivel 3	3	10	<b>0.026986</b>	0.007	No Cumple
Nivel 2	3	7	<b>0.033481</b>	0.007	No Cumple
Nivel 1	4	4	<b>0.034302</b>	0.007	No Cumple
Dirección "Y-Y"					
Nivel 5	3	16	<b>0.008783</b>	0.005	No Cumple
Nivel 4	3	13	<b>0.007019</b>	0.005	No Cumple
Nivel 3	3	10	<b>0.007712</b>	0.005	No Cumple
Nivel 2	3	7	<b>0.008227</b>	0.005	No Cumple
Nivel 1	4	4	<b>0.007256</b>	0.005	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4.2 Análisis estático-Estructura actual

Del análisis sísmico estático se determina la fuerza cortante basal, la cual es comparada con la fuerza cortante del análisis modal espectral, esta fuerza debe ser por lo menos del 80% o 90% si es regular o irregular, recordando a su vez que se escalan todos los valores del análisis dinámico excepto los desplazamientos, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 45**

*Resumen análisis estático – Estructura actual – Módulo I, II, III*

Parámetros	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"
Sistema Estructural	Aporticado de C°A	Albañilería confinada	Aporticado de C°A	Albañilería confinada
T	1.12s	0.64s	0.96s	0.34s
T <sub>p</sub>		0.60s		0.60s
T <sub>L</sub>		2.00s		2.00s
Z		0.45		0.45
U		1.50		1.50
C	1.33	2.34	1.57	2.50
S	1.05	1.05	1.05	1.05
I <sub>a</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
I <sub>p</sub>	1.00	1.00	0.60	0.60
R <sub>o</sub>	8.00	3.00	8.00	3.00
R=R <sub>o</sub> .I <sub>a</sub> .I <sub>p</sub>	8.00	3.00	4.80	1.80
C/R ≥ 0.11	0.17	0.78	0.33	1.39
k	1.31	1.07	1.23	1.00
C	0.12	0.55	0.14	0.98
P	<b>2,070.98t</b>	<b>2,070.98t</b>	<b>780.88t</b>	<b>780.88t</b>
V= (ZUCS).P	<b>244.85t</b>	<b>1,146.72t</b>	<b>180.72t</b>	<b>768.67t</b>
R				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5 Análisis sísmico – Estructura propuesta

##### 4.4.5.1 Análisis sísmico dinámico

Se propone una nueva estructura en la que no se contemplan los muros de albañilería es decir se proponen inicialmente como sistemas aporticados, sin embargo en el módulo I y III en el eje 3 entre (A-B y H-I), así como en el eje 2 entre (A-B y H-I), se puede observar una distancia muy corta para introducir una viga puesto que no existe en los planos, es por ello que se incorpora una placa en “L” de tal manera que los periodos sean algo similares en ambas direcciones y además trabajar como sistemas de muros estructurales, y esto a su vez ayudará a controlar el tema de diseño a cortante tanto en vigas y columnas ya que los requerimientos serán menores, el módulo II se trabajará exclusivamente como sistema aporticado, se verifica la condición actual de la estructura nueva propuesta para posteriormente incorporar los disipadores de fluido viscoso.

Como inicio de partida para el análisis se consideran que las estructuras son regulares, posteriormente se verificó si tal condición asumida fue la correcta, dando como resultado que todos los módulos no presentan irregularidades esto debido a la simetría, siendo esto lo más óptimo, al contrario de la estructura actual del módulo II la cual presentaba irregularidad torsional extrema.

Se analizaron las estructuras como sistemas de muros estructurales de concreto armado en la dirección “X” e “Y” del módulo I y III, y el módulo II como sistema de pórticos de concreto armado en ambas direcciones.

Dirección “X-X”

$$100\%S_{xD}+30\%S_{yD}+2/3*S_{xD}$$

Dirección “Y-Y”

$$100\%S_{yD}+30\%S_{xD}+2/3*S_{yD}$$

**S<sub>x</sub>D**: Espectro de pseudo-aceleraciones en X

**S<sub>y</sub>D**: Espectro de pseudo-aceleraciones en Y

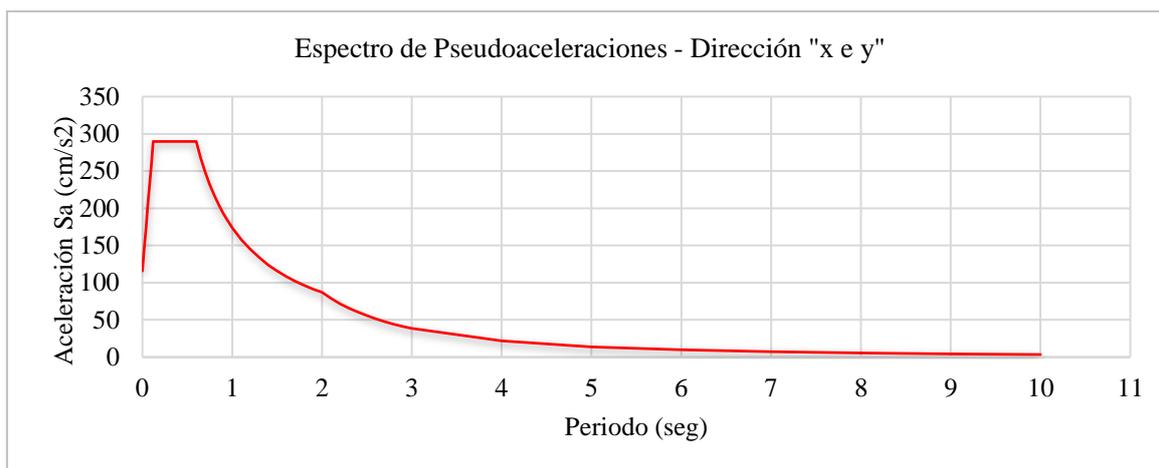
Factor de amplificación sísmica

$$T < 0.2T_p \quad C=1+7.5*(T/T_p)$$

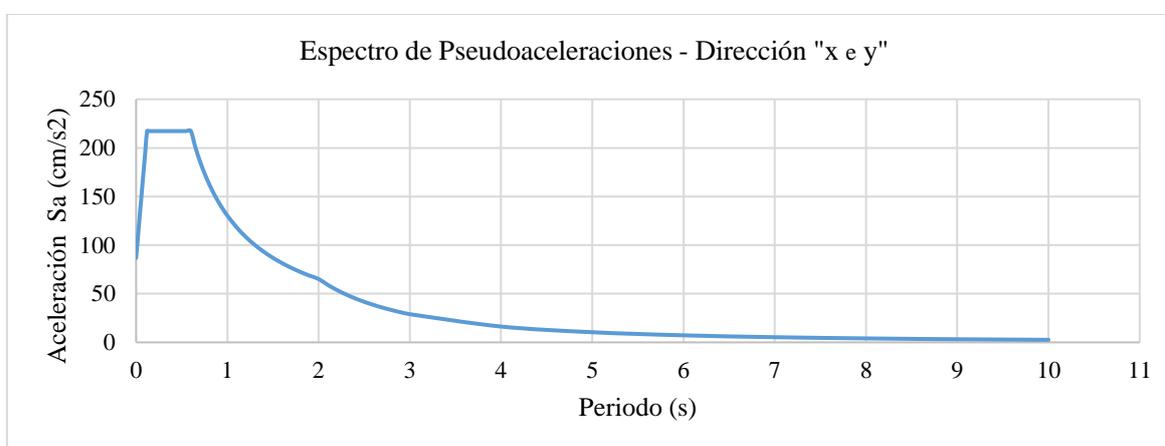
$$T < T_p \quad C=2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C =2.5*(T_p/T_L)$$

$$T > T_L \quad C =2.5*(T_p.T_L/T^2)$$



**Figura 70:** Espectro en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo I y III  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 71:** Espectro en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo II  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46**

*Resumen análisis dinámico – Estructura propuesta – Módulo I, II, III*

Parámetros	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección "x"	Dirección "y "	Dirección "x"	Dirección "y"
Sistema Estructural	Muros estructurales	Muros estructurales	Aporticado de C°A	Aporticado de C°A
T	0.705	0.8121	0.899	0.704
Tp		0.60s		0.60s
TL		2.00s		2.00s
Z		0.45		0.45
U		1.5		1.5
S		1.05		1.05
Ia		1		1
Ip		1		1
Ro		6		8
R=Ro.Ia.Ip		6		8
<b>V</b>	<b>427.71t</b>	<b>396.24t</b>	<b>86.88t</b>	<b>108.56t</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47***Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo I y III*

Nivel	Altura (h <sub>i</sub> ) m	Altura (h <sub>e</sub> ) m	Deriva Inelást.	Deriva Permis.	Verificación
<b>Dirección "X-X"</b>					
Nivel 5	3	16	0.013612	0.007	No Cumple
Nivel 4	3	13	0.015067	0.007	No Cumple
Nivel 3	3	10	0.01553	0.007	No Cumple
Nivel 2	3	7	0.013899	0.007	No Cumple
Nivel 1	4	4	0.007585	0.007	No Cumple
<b>Dirección "Y-Y"</b>					
Nivel 5	3	16	0.012207	0.007	No Cumple
Nivel 4	3	13	0.016021	0.007	No Cumple
Nivel 3	3	10	0.019117	0.007	No Cumple
Nivel 2	3	7	0.019621	0.007	No Cumple
Nivel 1	4	4	0.012974	0.007	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 48***Distorsiones de entrepiso – Estructura propuesta – Módulo II*

Nivel	Altura (h <sub>i</sub> ) m	Altura (h <sub>e</sub> ) m	Deriva Inelást.	Deriva Permis.	Verificación
<b>Dirección "X-X"</b>					
Nivel 5	3	16	0.008696	0.007	No Cumple
Nivel 4	3	13	0.015363	0.007	No Cumple
Nivel 3	3	10	0.021313	0.007	No Cumple
Nivel 2	3	7	0.025843	0.007	No Cumple
Nivel 1	4	4	0.024787	0.007	No Cumple
<b>Dirección "Y-Y"</b>					
Nivel	Altura (h <sub>i</sub> ) m	Altura (h <sub>e</sub> ) m	Deriva Inelást.	Deriva Permis.	Verificación
Nivel 5	3	16	0.008498	0.007	No Cumple
Nivel 4	3	13	0.014113	0.007	No Cumple
Nivel 3	3	10	0.019133	0.007	No Cumple
Nivel 2	3	7	0.022327	0.007	No Cumple
Nivel 1	4	4	0.018769	0.007	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

Observación: Las estructuras nuevas analizadas del módulo I, II y III no cumplen la deriva reglamentaria de la norma E030, sin embargo, ya se puede ver una mejora notable, las estructuras ya no presentan irregularidades, además la estructura tiende a tener más ductilidad y por ende la fuerza sísmica de diseño disminuye.

#### 4.4.5.2 Análisis estático-Estructura propuesta

Se verifica si la cortante del análisis dinámico es por lo menos el 80% de la producida por el análisis sísmico estático para estructuras regulares.

**Tabla 49**

*Resumen análisis estático – Estructura propuesta – Módulo I, II y III*

Parámetros	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"
Sistema Estructural	Muros estructurales	Muros estructurales	Aporticado de C°A	Aporticado de C°A
T	0.71s	0.81s	0.899s	0.70s
T <sub>p</sub>	0.60s	0.60s	0.60s	0.60s
T <sub>L</sub>	2.00s	2.00s	2.00s	2.00s
Z	0.45	0.45	0.45	0.45
U	1.5	1.5	1.5	1.5
C	2.13	1.85	1.67	2.13
S		1.05		1.05
I <sub>a</sub>		1		1
I <sub>p</sub>		1		1
R <sub>o</sub>		6		8
R=R <sub>o</sub> .I <sub>a</sub> .I <sub>p</sub>		6		8
C/R ≥ 0.11	0.35	0.31	0.21	0.27
k	1.1	1.16	1.2	1.1
C	0.25	0.22	0.15	0.19
P	2,154.86t	2,154.86t	660.07t	660.07t
V= $\frac{(ZUCS).P}{R}$	<b>541.58t</b>	<b>470.16t</b>	<b>97.57t</b>	<b>124.60t</b>

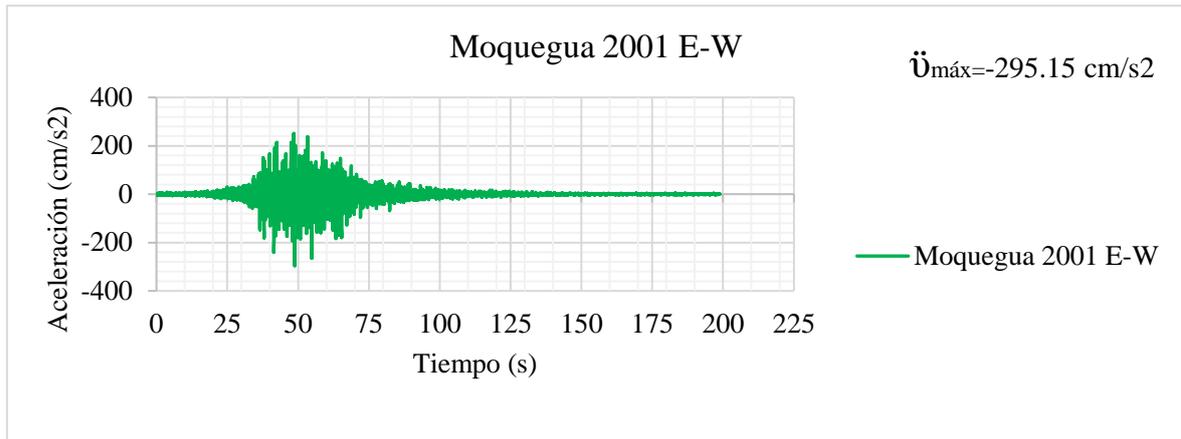
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5.3 Análisis Sísmico Dinámico – Tiempo – Historia

##### 4.4.5.3.1 Tratamiento de registros sísmicos

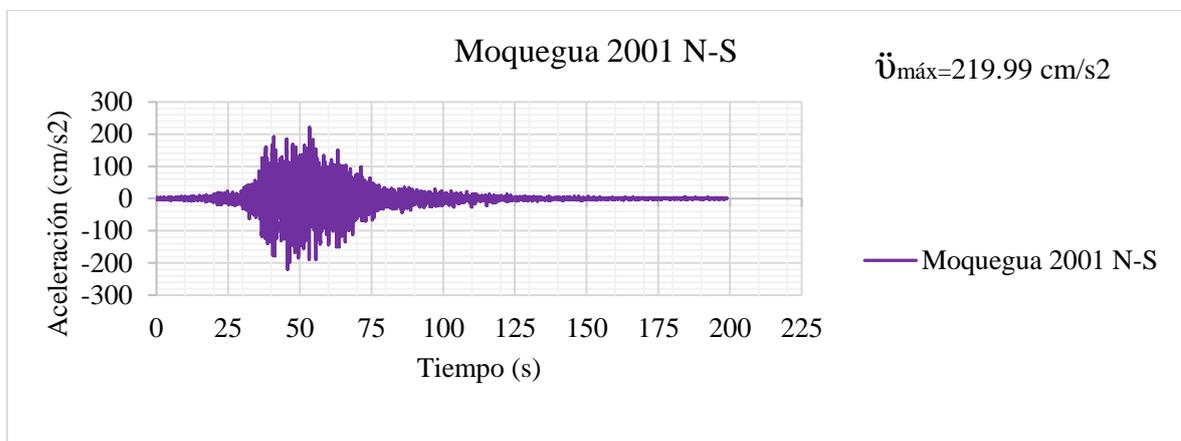
Para el tratamiento de registros sísmicos se seleccionaron 3 registros de aceleraciones del terreno (Ica 2007, Moquegua 2001, Piura 2021), el reglamento indica que las aceleraciones deben ser consistentes con el máximo sismo esperado, cada uno con sus 2 componentes horizontales de acuerdo a la norma E030, por otro lado antes del proceso de escalamiento se hizo un filtrado de las señales a través del programa sismosignal con línea base, esto con el objetivo de corregir las oscilaciones que tienden a desviarse del eje de coordenadas, además también la corrección por ruido que pudiera alterar el acelerograma, posteriormente se escalan los registros sísmicos a un R=1 entre los periodos (0.2T y 1.5T), para cada par de componentes se construye un espectro de pseudoaceleraciones tomando la raíz de la suma de los cuadraros SRSS, de tal manera que el promedio SRSS no sea menor a la ordenada del espectro de pseudoaceleraciones con R=1 entre el rango del periodos citados, si se hiciera el

escalamiento manual de estos, los factores de escala suelen ser muy altos sobre todo para este caso en el que es una edificación de uso esencial y es amplificado con ( $U=1.5$ ), otra manera de hacer el escalamiento al espectro de diseño es a través del programa sismo match, aun así el ajuste no es tan aproximado, finalmente se hace una comparativo con el escalamiento que proporciona el software etabs a través de un escalamiento del dominio en el tiempo, el cual se aproxima mucho al espectro de diseño.



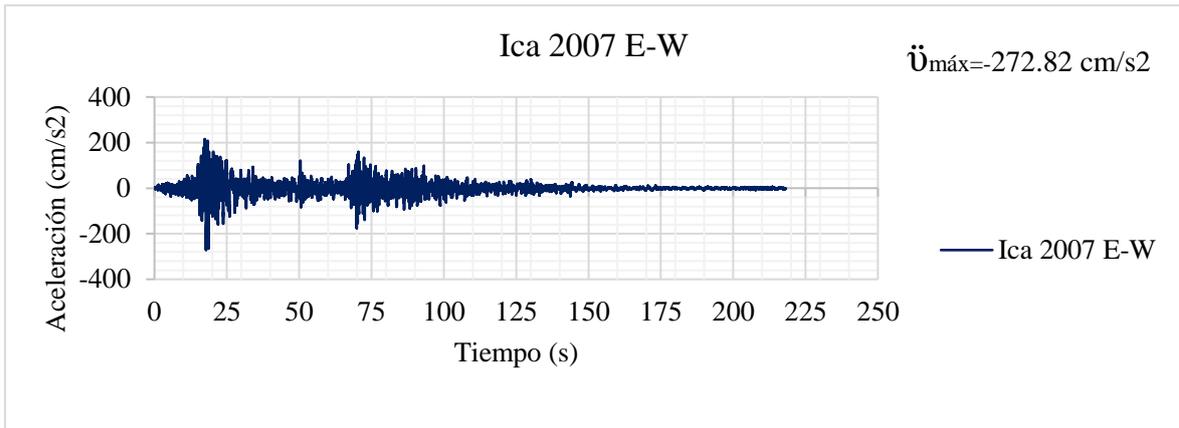
**Figura 72:** Componente de aceleración E-W, Moquegua 2001

Fuente: Adaptado de REDACIS, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID, 2001)



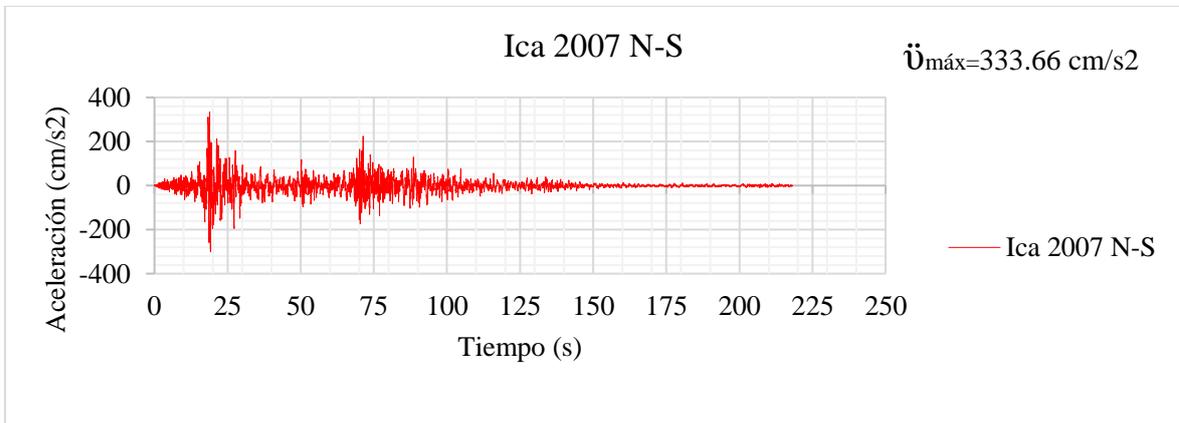
**Figura 73:** Componente de aceleración N-S, Moquegua 2001

Fuente: Adaptado de REDACIS, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID, 2001)



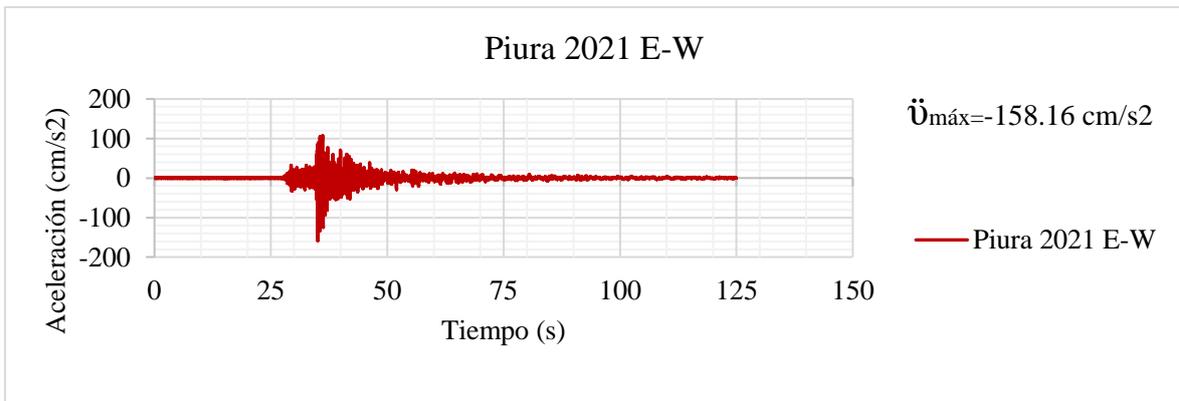
**Figura 74:** Componente de aceleración E-W, Ica 2007

Fuente: Adaptado de REDACIS, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID, 2007)



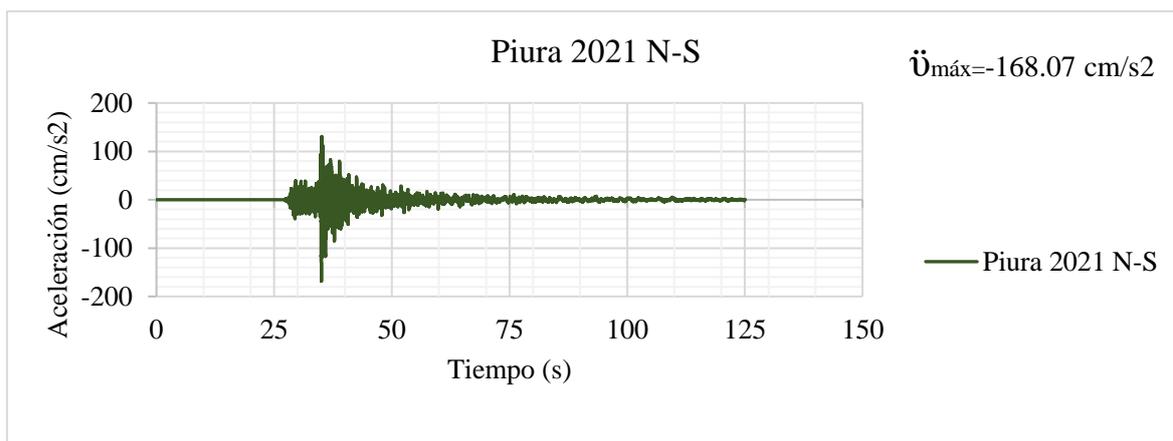
**Figura 75:** Componente de aceleración N-S, Ica 2007

Fuente: Adaptado de REDACIS, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID, 2007)



**Figura 76:** Componente de aceleración E-W, Piura 2021

Fuente: Adaptado de REDACIS, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID, 2021)



**Figura 77:** Componente de aceleración E-W, Piura 2021

Fuente: Adaptado de REDACIS, Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID, 2021)

**Tabla 50**

*Aceleraciones máximas – Registros sísmicos originales*

Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima
Ica 2007	15/08/2007	E-W	-272.82 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	333.66 cm/s <sup>2</sup>
Moquegua 2001	23/06/2001	E-W	-295.15 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	219.99 cm/s <sup>2</sup>
Piura 2021	30(07/2021	E-W	-158.16 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	-168.07 cm/s <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51**

*Aceleraciones máximas – Registros sísmicos filtrados (Sismosignal)*

Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima
Ica 2007	15/08/2007	E-W	-291.97 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	-364.51 cm/s <sup>2</sup>
Moquegua 2001	23/06/2001	E-W	-288.59 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	-228.53 cm/s <sup>2</sup>
Piura 2021	30(07/2021	E-W	-154.94 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	-159.3 cm/s <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 52**

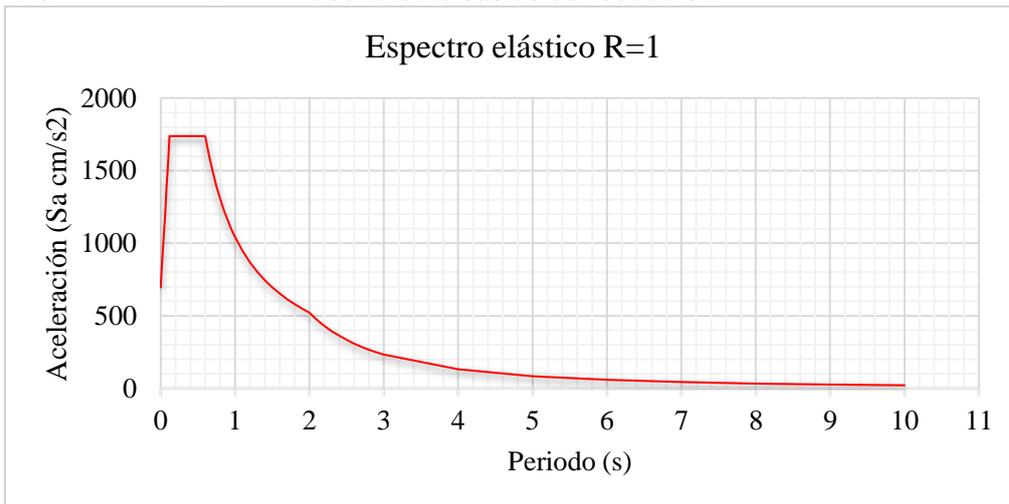
*Aceleraciones máximas – Registros sísmicos escalados (R=1)*

Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima
Ica 2007	15/08/2007	E-W	-764.68 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	675.1 cm/s <sup>2</sup>
Moquegua 2001	23/06/2001	E-W	682.6 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	715.21 cm/s <sup>2</sup>
Piura 2021	30(07/2021	E-W	704.21 cm/s <sup>2</sup>
		N-S	807.16 cm/s <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5.3.2 Espectro elástico R=1

Factor de Zona	4	
Tipo de Suelo	S2	
Categoría y Factor de Uso	Esencial - A	
Factor de Reducción	Sistema Elástico (R=1)	
Irregularidad Estructural		
En Planta	1	
En Elevación	1	
Z	0.45	Factor de Zona
U	1.5	Factor de Uso
S	1.05	Factor de Suelo
Tp	0.6	Periodo que define la plataforma del factor C
Tl	2	Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante
Ro	1	coeficiente básico de reducción



**Figura 78:** Espectro de pseudo-aceleraciones elástico R=1

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5.3.3 Escalamiento de registros sísmicos

Como se mencionó al inicio de este capítulo el escalamiento de los acelerogramas se hicieron en el software “etabs” a través de la opción “Match Response”, el cual hace un escalamiento en el dominio del tiempo, el objetivo de los cuadros adjuntos es demostrar que todos los valores SRSS en el rango de 0.2T y 1.5T son mayores a la ordenada del espectro elástico.

Rango de Periodos		Factor de Escala	
T	0.899	FE Ica	1.00
0.2T	0.180	FE Moquegua	1.00
1.5T	1.349	FE Piura	1.00

**Tabla 53***Escalamiento de registros sísmicos*

Norma E030		ICA 2007				MOQUEGUA 2001				PIURA 2021				SRSS <sub>prom</sub>
T	Sa	Psa (EW)	Psa (NS)	SRSS	0.75	Psa (EW)	Psa (NS)	SRSS	0.75	Psa (EW)	Psa (NS)	SRSS	0.73	
0.00	695.28	764.68	675.10	1020.05	0.00	682.60	715.21	988.67	0.00	704.21	807.16	1071.18	0.00	1026.63
0.02	869.10	867.62	866.67	1226.33	0.00	855.06	862.40	1214.44	0.00	873.88	878.30	1238.98	0.00	1226.58
0.04	1042.93	1042.01	1055.69	1483.33	0.00	1022.87	1076.90	1485.26	0.00	1040.21	1030.87	1464.49	0.00	1477.69
0.06	1216.75	1225.84	1245.43	1747.50	0.00	1252.21	1132.13	1688.12	0.00	1243.10	1235.72	1752.80	0.00	1729.47
0.08	1390.57	1398.48	1390.13	1971.86	0.00	1415.11	1393.17	1985.81	0.00	1391.71	1391.18	1967.81	0.00	1975.16
0.10	1564.39	1565.82	1563.86	2213.02	0.00	1560.23	1561.54	2207.42	0.00	1565.54	1566.24	2214.50	0.00	2211.65
0.12	1738.21	1709.25	1659.54	2382.36	0.00	1778.71	1710.20	2467.51	0.00	1612.93	1739.53	2372.24	0.00	2407.37
9.68	22.26	21.98	21.85	30.99	0.00	22.75	22.21	31.79	0.00	20.60	21.29	29.62	0.00	30.80
9.80	21.72	21.03	21.55	30.11	0.00	21.77	21.52	30.61	0.00	20.14	20.92	29.04	0.00	29.92
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9.82	21.63	20.85	21.49	29.94	0.00	21.60	21.40	30.41	0.00	20.09	20.86	28.96	0.00	29.77
9.84	21.54	20.82	21.42	29.87	0.00	21.43	21.29	30.20	0.00	20.04	20.79	28.88	0.00	29.65
9.86	21.46	20.82	21.35	29.82	0.00	21.25	21.17	30.00	0.00	19.98	20.73	28.79	0.00	29.54
9.88	21.37	20.82	21.27	29.76	0.00	21.08	21.06	29.79	0.00	19.93	20.66	28.71	0.00	29.42
9.90	21.28	20.82	21.19	29.70	0.00	20.90	20.94	29.59	0.00	19.86	20.60	28.62	0.00	29.30
9.92	21.20	20.82	21.10	29.64	0.00	20.72	20.83	29.38	0.00	19.80	20.54	28.52	0.00	29.18
9.94	21.11	20.81	21.01	29.58	0.00	20.54	20.71	29.17	0.00	19.73	20.47	28.43	0.00	29.06
9.96	21.03	20.81	20.92	29.51	0.00	20.36	20.60	28.96	0.00	19.66	20.40	28.33	0.00	28.93
9.98	20.94	20.81	20.82	29.44	0.00	20.18	20.48	28.75	0.00	19.58	20.34	28.23	0.00	28.81
10.00	20.86	20.81	20.72	29.36	0.00	20.00	20.37	28.54	0.00	19.51	20.27	28.13	0.00	28.68

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.3.4 Distorsiones

**Tabla 54**

*Distorsiones de entrepiso en X – Módulo I y III - Análisis tiempo historia lineal*

Nivel	R=1	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	<b>0.01732</b>	0.01779	0.01757	0.01719	0.01712	0.01745	0.01736	<b>0.01779</b>	0.01423	0.007	No Cumple
4	<b>0.01936</b>	0.01970	0.01932	0.01896	0.01905	0.01928	0.01888	<b>0.01970</b>	0.01576	0.007	No Cumple
3	<b>0.02015</b>	0.02021	0.01954	0.01924	0.01980	0.01966	0.01965	<b>0.02021</b>	0.01617	0.007	No Cumple
2	<b>0.01820</b>	0.01790	0.01767	0.01686	0.01785	0.01739	0.01857	<b>0.01857</b>	0.01486	0.007	No Cumple
1	<b>0.01005</b>	0.00978	0.00978	0.00903	0.00976	0.00948	0.01077	<b>0.01077</b>	0.00862	0.007	No Cumple

**Tabla 55**

*Distorsiones de entrepiso en Y – Módulo I y III - Análisis tiempo historia lineal*

Nivel	R=1	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	<b>0.01630</b>	0.01363	0.01446	0.01595	0.01586	0.01433	0.01214	<b>0.01595</b>	0.01276	0.007	No Cumple
4	<b>0.02140</b>	0.01874	0.01894	0.02036	0.02037	0.01887	0.01641	<b>0.02037</b>	0.01629	0.007	No Cumple
3	<b>0.02554</b>	0.02311	0.02208	0.02281	0.02303	0.02357	0.02072	<b>0.02357</b>	0.01886	0.007	No Cumple
2	<b>0.02622</b>	0.02418	0.02219	0.02335	0.02381	0.02578	0.02344	<b>0.02578</b>	0.02063	0.007	No Cumple
1	<b>0.01732</b>	0.01624	0.01457	0.01611	0.01595	0.01795	0.01674	<b>0.01795</b>	0.01436	0.007	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 56***Distorsiones de entrepiso en X – Módulo II- Análisis tiempo historia lineal*

Nivel	R=1	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	<b>0.00859</b>	0.00943	0.00773	0.00929	0.00841	0.00795	0.00919	<b>0.00943</b>	0.00754	0.007	No Cumple
4	<b>0.01522</b>	0.01643	0.01425	0.01571	0.01522	0.01438	0.01529	<b>0.01643</b>	0.01314	0.007	No Cumple
3	<b>0.02114</b>	0.02197	0.02054	0.02078	0.02123	0.02001	0.02054	<b>0.02197</b>	0.01758	0.007	No Cumple
2	<b>0.02567</b>	0.02516	0.02529	0.02462	0.02526	0.02532	0.02543	<b>0.02543</b>	0.02035	0.007	No Cumple
1	<b>0.02471</b>	0.02286	0.02429	0.02341	0.02363	0.02504	0.02475	<b>0.02504</b>	0.02003	0.007	No Cumple

**Tabla 57***Distorsiones de entrepiso en X – Módulo II- Análisis tiempo historia lineal*

Nivel	R=1	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	<b>0.00864</b>	0.00846	0.00770	0.00771	0.00819	0.00808	0.00773	<b>0.00846</b>	0.00677	0.007	OK
4	<b>0.01437</b>	0.01310	0.01282	0.01248	0.01326	0.01283	0.01275	<b>0.01326</b>	0.01060	0.007	No Cumple
3	<b>0.01949</b>	0.01735	0.01749	0.01742	0.01779	0.01745	0.01736	<b>0.01779</b>	0.01423	0.007	No Cumple
2	<b>0.02275</b>	0.02031	0.01987	0.02081	0.02043	0.02013	0.02018	<b>0.02081</b>	0.01665	0.007	No Cumple
1	<b>0.01912</b>	0.01728	0.01622	0.01778	0.01667	0.01651	0.01690	<b>0.01778</b>	0.01422	0.007	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 58***Distorsiones de entrepiso en X – Módulo I y III - Análisis tiempo historia no lineal*

Nivel	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	0.00539	0.00577	0.00458	0.00622	0.00458	0.00687	0.00687	<b>0.00549</b>	0.00700	OK
4	0.00626	0.00682	0.00545	0.00734	0.00550	0.00801	0.00801	<b>0.00641</b>	0.00700	OK
3	0.00678	0.00752	0.00594	0.00800	0.00612	0.00873	0.00873	<b>0.00698</b>	0.00700	OK
2	0.00653	0.00718	0.00570	0.00750	0.00589	0.00840	0.00840	<b>0.00672</b>	0.00700	OK
1	0.00399	0.00426	0.00351	0.00433	0.00351	0.00508	0.00508	<b>0.00406</b>	0.00700	OK

**Tabla 59***Distorsiones de entrepiso en Y – Módulo I y III - Análisis tiempo historia no lineal*

Nivel	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	0.00405	0.00377	0.00415	0.00313	0.00474	0.00295	0.00474	<b>0.00380</b>	0.00700	OK
4	0.00584	0.00526	0.00594	0.00460	0.00670	0.00442	0.00670	<b>0.00536</b>	0.00700	OK
3	0.00699	0.00629	0.00695	0.00562	0.00810	0.00537	0.00810	<b>0.00648</b>	0.00700	OK
2	0.00787	0.00712	0.00776	0.00649	0.00866	0.00612	0.00866	<b>0.00693</b>	0.00700	OK
1	0.00600	0.00561	0.00606	0.00526	0.00698	0.00487	0.00698	<b>0.00558</b>	0.00700	OK

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 60***Distorsiones de entrepiso en X – Módulo II - Análisis tiempo historia no lineal*

Nivel	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	<b>0.00150</b>	0.00150	0.00114	0.00174	0.00123	0.00155	0.00174	<b>0.00140</b>	0.00700	OK
4	<b>0.00287</b>	0.00286	0.00217	0.00333	0.00235	0.00295	0.00333	<b>0.00266</b>	0.00700	OK
3	<b>0.00435</b>	0.00433	0.00329	0.00504	0.00357	0.00448	0.00504	<b>0.00403</b>	0.00700	OK
2	<b>0.00580</b>	0.00578	0.00439	0.00673	0.00476	0.00597	0.00673	<b>0.00538</b>	0.00700	OK
1	<b>0.00608</b>	0.00606	0.00460	0.00705	0.00499	0.00626	0.00705	<b>0.00564</b>	0.00700	OK

**Tabla 61***Distorsiones de entrepiso en Y – Módulo II - Análisis tiempo historia no lineal*

Nivel	ICA CASO 1	ICA CASO 2	MOQ CASO 1	MOQ CASO 2	PIURA CASO 1	PIURA CASO 2	Deriva máx			
	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	Máx/Mín	$\phi_{Max}$	$\phi_{Max}/1.25$	E030	$\phi_{Max}/1.25 < E030$
5	<b>0.00204</b>	0.00183	0.00218	0.00162	0.00240	0.00169	0.00240	<b>0.00192</b>	0.00700	OK
4	<b>0.00396</b>	0.00352	0.00420	0.00311	0.00455	0.00329	0.00455	<b>0.00364</b>	0.00700	OK
3	<b>0.00570</b>	0.00507	0.00596	0.00447	0.00652	0.00471	0.00652	<b>0.00522</b>	0.00700	OK
2	<b>0.00705</b>	0.00631	0.00720	0.00562	0.00812	0.00584	0.00812	<b>0.00650</b>	0.00700	OK
1	<b>0.00617</b>	0.00560	0.00621	0.00505	0.00721	0.00514	0.00721	<b>0.00577</b>	0.00700	OK

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.3.5 Comparativa

**Tabla 62**

*Comparativa de distorsiones de entrepiso – Módulo I y III*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores		Estructura con Disipadores		% de Reducción
		$\Phi_{Max}$	$\Phi_{Max}/1.25$	$\Phi_{Max}$	$\Phi_{Max}/1.25$	
Dirección "X-X"						
5	16	0.01779	0.01423	0.006865	0.00549	<b>61.41%</b>
4	13	0.0197	0.01576	0.008009	0.00641	<b>59.35%</b>
3	10	0.020213	0.01617	0.008730	0.00698	<b>56.81%</b>
2	7	0.01857	0.01486	0.008402	0.00672	<b>54.75%</b>
1	4	0.010769	0.00862	0.005078	0.00406	<b>52.85%</b>
Dirección "Y-Y"						
5	16	0.015953	0.01276	0.004744	0.00380	<b>70.26%</b>
4	13	0.020367	0.01629	0.006704	0.00536	<b>67.08%</b>
3	10	0.02357	0.01886	0.008101	0.00648	<b>65.63%</b>
2	7	0.025782	0.02063	0.008663	0.00693	<b>66.40%</b>
1	4	0.017948	0.01436	0.006977	0.00558	<b>61.13%</b>

**Tabla 63**

*Comparativa de distorsiones de entrepiso – Módulo II*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores		Estructura con Disipadores		% de Reducción
		$\Phi_{Max}$	$\Phi_{Max}/1.25$	$\Phi_{Max}$	$\Phi_{Max}/1.25$	
Dirección "X-X"						
5	16	0.0094	0.00752	0.00174	0.00139	<b>81.49%</b>
4	13	0.0164	0.01312	0.00333	0.00266	<b>79.70%</b>
3	10	0.022	0.01760	0.00504	0.00403	<b>77.09%</b>
2	7	0.0254	0.02032	0.00673	0.00538	<b>73.50%</b>
1	4	0.025	0.02000	0.00705	0.00564	<b>71.80%</b>
Dirección "Y-Y"						
5	16	0.00846	0.00677	0.0024	0.00192	<b>71.63%</b>
4	13	0.01326	0.01061	0.00455	0.00364	<b>65.69%</b>
3	10	0.01779	0.01423	0.00652	0.00522	<b>63.35%</b>
2	7	0.02081	0.01665	0.00812	0.00650	<b>60.98%</b>
1	4	0.01778	0.01422	0.00721	0.00577	<b>59.45%</b>

**Tabla 64**

*Comparativa desplazamiento del centro de masa – Módulo I y III*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores		Estructura con Disipadores		% de Reducción
		Desp. C <sub>masa</sub> (m)		Desp. C <sub>masa</sub> (m)		
Dirección "X-X"						
5	16	0.260		0.104		<b>59.89%</b>
4	13	0.207		0.086		<b>58.73%</b>
3	10	0.154		0.064		<b>58.67%</b>
2	7	0.097		0.040		<b>58.97%</b>
1	4	0.042		0.017		<b>59.17%</b>
Dirección "Y-Y"						
5	16	0.300		0.107		<b>64.12%</b>
4	13	0.260		0.095		<b>63.31%</b>
3	10	0.205		0.077		<b>62.40%</b>
2	7	0.140		0.054		<b>61.32%</b>
1	4	0.068		0.028		<b>59.15%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 65***Comparativa desplazamiento del centro de masa – Módulo II*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores	Estructura con Disipadores	% de Reducción
		Desp. C <sub>masa</sub> (m)	Desp. C <sub>masa</sub> (m)	
Dirección "X-X"				
5	16	0.306161	0.078631	<b>74.32%</b>
4	13	0.279541	0.073403	<b>73.74%</b>
3	10	0.23604	0.063433	<b>73.13%</b>
2	7	0.176117	0.048318	<b>72.56%</b>
1	4	0.100159	0.028162	<b>71.88%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	0.244161	0.091837	<b>62.39%</b>
4	13	0.222473	0.085106	<b>61.75%</b>
3	10	0.185489	0.072101	<b>61.13%</b>
2	7	0.133508	0.053015	<b>60.29%</b>
1	4	0.0711	0.028852	<b>59.42%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 66***Comparativa fuerzas cortantes en columnas – Módulo I y III*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores	Estructura con Disipadores	% de Reducción
		V (t)	V (t)	
Dirección "X-X"				
5	16	89.88	31.92	<b>64.49%</b>
4	13	81.11	31.61	<b>61.03%</b>
3	10	86.93	35.73	<b>58.90%</b>
2	7	87.25	36.18	<b>58.53%</b>
1	4	34.95	14.5	<b>58.51%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	63.37	22.26	<b>64.87%</b>
4	13	72.92	27.05	<b>62.90%</b>
3	10	90.72	32.66	<b>64.00%</b>
2	7	106.28	41.09	<b>61.34%</b>
1	4	59.45	24.82	<b>58.25%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 67***Comparativa fuerzas cortantes en columnas – Módulo II*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores	Estructura con Disipadores	% de Reducción
		V (t)	V (t)	
Dirección "X-X"				
5	16	37.32	6.58	<b>82.37%</b>
4	13	67.17	12.97	<b>80.69%</b>
3	10	90.10	19.79	<b>78.04%</b>
2	7	107.57	27.88	<b>74.08%</b>
1	4	101.89	28.99	<b>71.55%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	34.46	17.24	<b>49.97%</b>
4	13	62.79	26.92	<b>57.13%</b>
3	10	85.76	34.92	<b>59.28%</b>
2	7	102.44	44.57	<b>56.49%</b>
1	4	116.41	45.52	<b>60.90%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 68***Comparativa de momentos en columnas – Módulo I y III*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores	Estructura con Disipadores	% de Reducción
		M (t-m)	M (t-m)	
Dirección "X-X"				
5	16	106.7	37.19	<b>65.15%</b>
4	13	101.86	39.94	<b>60.79%</b>
3	10	111.76	46.11	<b>58.74%</b>
2	7	122.19	50.73	<b>58.48%</b>
1	4	79.81	33.12	<b>58.50%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	70.93	24.38	<b>65.63%</b>
4	13	90.13	32.85	<b>63.55%</b>
3	10	112.35	40.07	<b>64.33%</b>
2	7	143.39	55.06	<b>61.60%</b>
1	4	133.99	53.28	<b>60.24%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 69***Comparativa de momentos en columnas – Módulo II*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores	Estructura con Disipadores	% de Reducción
		M (t-m)	M (t-m)	
Dirección "X-X"				
5	16	47.28	8.63	<b>81.75%</b>
4	13	77.28	15.16	<b>80.38%</b>
3	10	110.34	22.74	<b>79.39%</b>
2	7	139.31	34.94	<b>74.92%</b>
1	4	219.77	62.21	<b>71.69%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	55.17	25.45	<b>53.87%</b>
4	13	81.81	33.71	<b>58.79%</b>
3	10	98.82	40.93	<b>58.58%</b>
2	7	129.06	55.84	<b>56.73%</b>
1	4	288.47	113.38	<b>60.70%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 70***Comparativa de velocidades – Módulo I y III*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores	Estructura con Disipadores	% de Reducción
		V (m/s)	V (m/s)	
Dirección "X-X"				
5	16	2.56	1.43	<b>44.04%</b>
4	13	2.17	1.30	<b>39.97%</b>
3	10	1.75	1.13	<b>35.20%</b>
2	7	1.36	0.95	<b>30.00%</b>
1	4	1.06	0.90	<b>15.57%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	2.71	1.35	<b>50.29%</b>
4	13	2.41	1.24	<b>48.73%</b>
3	10	2.00	1.09	<b>45.60%</b>
2	7	1.49	0.96	<b>35.56%</b>
1	4	1.15	0.90	<b>21.68%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 71***Comparativa de velocidades – Módulo II*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores V (m/s)	Estructura con Disipadores V (m/s)	% de Reducción
Dirección "X-X"				
5	16	2.43	1.05	<b>57.01%</b>
4	13	2.35	1.02	<b>56.68%</b>
3	10	2.12	0.97	<b>54.23%</b>
2	7	1.66	0.92	<b>44.35%</b>
1	4	1.25	0.70	<b>44.00%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	2.47	1.32	<b>46.66%</b>
4	13	2.24	1.23	<b>45.29%</b>
3	10	1.93	1.11	<b>42.37%</b>
2	7	1.66	0.97	<b>41.48%</b>
1	4	1.30	0.89	<b>31.34%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 72***Comparativa de aceleraciones – Módulo I y III*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores a (m/s <sup>2</sup> )	Estructura con Disipadores a (m/s <sup>2</sup> )	% de Reducción
Dirección "X-X"				
5	16	31.27	15.08	<b>51.78%</b>
4	13	20.20	11.40	<b>43.57%</b>
3	10	17.94	10.33	<b>42.42%</b>
2	7	15.43	9.33	<b>39.52%</b>
1	4	11.35	8.77	<b>22.71%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	23.65	11.02	<b>53.42%</b>
4	13	16.46	9.69	<b>41.16%</b>
3	10	16.91	9.01	<b>46.73%</b>
2	7	13.15	8.80	<b>33.05%</b>
1	4	10.58	8.13	<b>23.13%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 73***Comparativa de aceleraciones – Módulo II*

Nivel	Altura (hi) m	Estructura Sin Disipadores a (m/s <sup>2</sup> )	Estructura con Disipadores a (m/s <sup>2</sup> )	% de Reducción
Dirección "X-X"				
5	16	18.71	8.09	<b>56.74%</b>
4	13	15.12	7.48	<b>50.56%</b>
3	10	13.08	6.54	<b>50.01%</b>
2	7	12.65	6.09	<b>51.87%</b>
1	4	13.40	6.62	<b>50.55%</b>
Dirección "Y-Y"				
5	16	24.17	11.21	<b>53.64%</b>
4	13	18.81	9.96	<b>47.06%</b>
3	10	16.94	9.20	<b>45.72%</b>
2	7	13.50	8.80	<b>34.81%</b>
1	4	11.14	7.98	<b>28.40%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5.4 Análisis sísmico Dinámico – Espectro reducido

Después de haber ejecutado un análisis no lineal tiempo – historia se controló las derivas objetivas menores al 0.007, de acuerdo a la norma ASCE en el capítulo 18 se permite reducir la respuesta de la estructura, considerando una reducción de la cortante de diseño basal, esta reducción está en función del amortiguamiento efectivo según la tabla 3, adicionalmente a esto se menciona que la fuerza sísmica de diseño puede ser reducida como máximo en un 25% ( $V_{\min}=0.75V$ ).

De acuerdo a la norma ASCE se obtiene una reducción del 25% en la cortante basal, si eso se traduce en un factor de reducción de la fuerza sísmica se obtiene un  $R_0=8$  para los módulos I y III, y para el módulo II un  $R_0=10.67$ .

Dirección “X-X”

$$100\%S_{xD}+30\%S_{yD}+2/3*S_{xD}$$

Dirección “Y-Y”

$$100\%S_{yD}+30\%S_{xD}+2/3*S_{yD}$$

**S<sub>xD</sub>**: Espectro de pseudo-aceleraciones en X

**S<sub>yD</sub>**: Espectro de pseudo-aceleraciones en Y

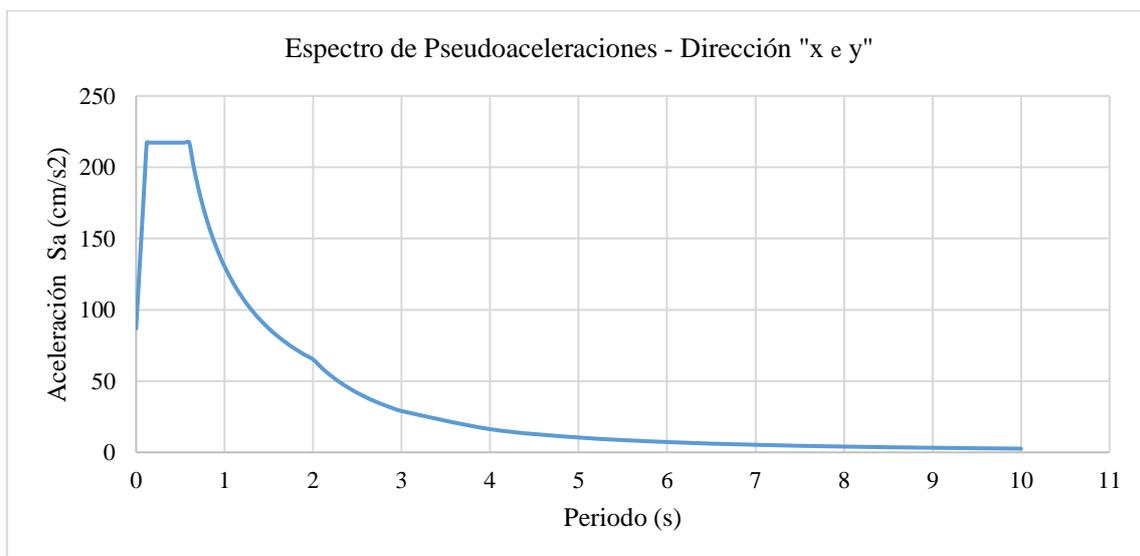
Factor de amplificación sísmica

$$T < 0.2T_p \quad C=1+7.5*(T/T_p)$$

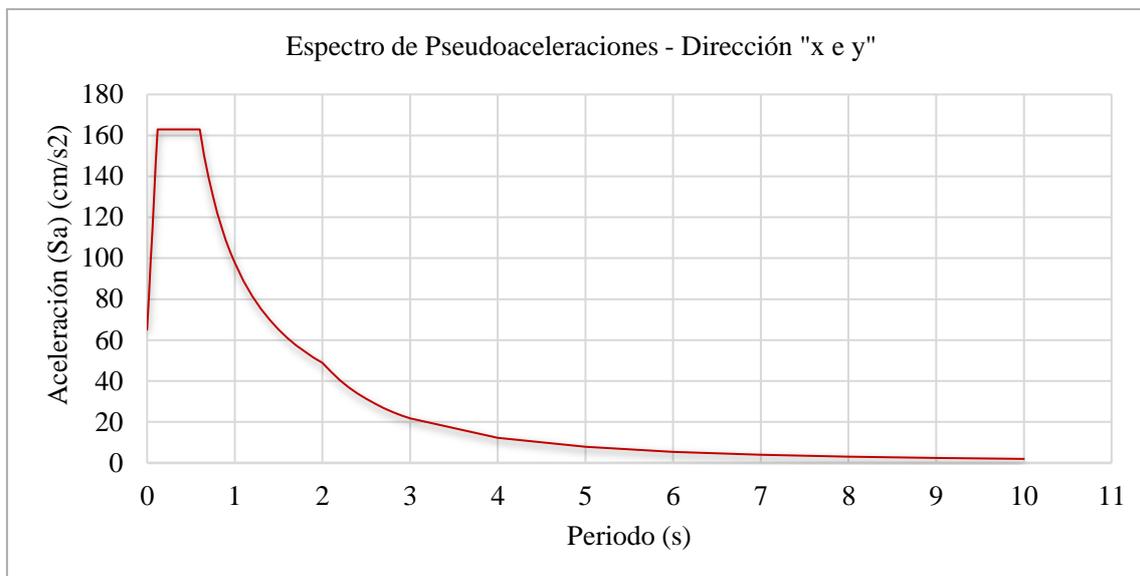
$$T < T_p \quad C=2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C=2.5*(T_p/T_L)$$

$$T > T_L \quad C=2.5*(T_p \cdot T_L/T^2)$$



**Figura 79:** Espectro reducido ( $R_0=8$ ) en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo I y III  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 80.** Espectro reducido ( $R_o=10.67$ ) en “X e Y” – Estructura propuesta - Módulo II  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 74**

*Resumen análisis dinámico – Espectro reducido – Módulo I, II, III*

Parámetros	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"
T	<b>0.705</b>	<b>0.8121</b>	<b>0.899</b>	<b>0.704</b>
$T_p$		0.60s		0.60s
$T_L$		2.00s		2.00s
Z		0.45		0.45
U		1.5		1.5
S		1.05		1.05
$I_a$		1		1
$I_p$		1		1
$R_o$		<b>8</b>		<b>10.67</b>
$R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$		<b>8</b>		<b>10.67</b>
V	<b>350.3304</b>	<b>301.2707</b>	<b>65.14t</b>	<b>81.41t</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.1.1 Análisis estático-Estructura propuesta - ( $R_o=ASCE 7-10$ )

Se verifica si la cortante del análisis dinámico es por lo menos el 80% de la producida por el análisis sísmico estático para estructuras regulares, se consideran los  $R_o=8$  y 10.67.

**Tabla 75***Resumen análisis estático – (Ro=ASCE 7-10) – Módulo I, II y III*

Parámetros	Módulo I y III		Módulo II	
	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"	Dirección "x-x"	Dirección "y-y"
T	0.71s	0.81s	0.899s	0.70s
T <sub>p</sub>	0.60s	0.60s	0.60s	0.60s
T <sub>L</sub>	2.00s	2.00s	2.00s	2.00s
Z	0.45	0.45	0.45	0.45
U	1.5	1.5	1.5	1.5
C	2.13	1.85	1.67	2.13
S		1.05		1.05
I <sub>a</sub>		1		1
I <sub>p</sub>		1		1
R <sub>o</sub>		8		10.67
R=R <sub>o</sub> .I <sub>a</sub> .I <sub>p</sub>		8		10.67
C/R ≥ 0.11	0.27	0.23	0.16	0.2
k	1.1	1.16	1.2	1.1
C	0.1885	0.1636	0.1108	0.1415
P	2,154.86t	2,154.86t	660.07t	660.07t
V= $\frac{(ZUCS).P}{R}$	<b>406.18t</b>	<b>352.62t</b>	<b>73.16t</b>	<b>93.42t</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.6 Diseño de muros de albañilería

Como primer paso se verifican los muros de albañilería y se analizan para ver si cumplen con los requisitos mínimos según lo especificado en la norma E070, y como era de esperar la poca cantidad de muros en un área tan grande hace que no se cumpla con la densidad mínima, y mucho menos que la resistencia al corte que proporcionan estos sea mayor a la cortante debido al sismo severo, como criterio adicional se puede decir que la densidad mínima de muros no garantiza que la estructura esté funcionando en condiciones óptimas, lo que “garantiza” que la estructura se comporte adecuadamente en estos sistemas estructurales es que la resistencia al corte que proporcionan estos sea mayor a la cortante provocada por el sismo severo, la densidad mínima de muros es como una cuantía, la cual puede ir cambiando hasta cumplir con el objetivo.

#### **Módulo I,II,III**

##### **Parámetros sísmicos**

Z	0.45		gal
U	1.50		Factor de uso
S	1.05		Factor de suelo
N	5.00		Número de niveles
Ap1	<b>492.00</b>	m <sup>2</sup>	Área en planta Módulo IyIII
Ap2	<b>160.45</b>	m <sup>2</sup>	Área en planta Módulo II

##### **Datos de albañilería**

f'm	65	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a compresión
E <sub>alb</sub>	32500	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad

**Tabla 76**

*Densidad mínima de muros – Estructura actual*

MÓDULO	MURO	MATERIA L	L (m)	t ( m)	A= L.t (m2)
I y III	M1Y	Albañilería	3.50	0.13	0.46
	M2Y	Albañilería	3.50	0.13	0.46
	M3Y	Albañilería	3.50	0.13	0.46
	M4Y	Albañilería	3.50	0.13	0.46
	M5Y	Albañilería	3.50	0.13	0.46
	M6Y	Albañilería	3.50	0.13	0.46
Total				$\Sigma =$	2.73
II	MURO	MATERIAL	L (m)	t ( m)	A= L.t (m2)
	M1Y	Albañilería	4.375	0.13	0.57
	M2Y	Albañilería	4.375	0.13	0.57
	M3Y	Albañilería	4.375	0.23	1.01
	M4Y	Albañilería	4.375	0.23	1.01
	M5Y	Albañilería	4.375	0.23	1.01
	M6Y	Albañilería	4.375	0.23	1.01
Total				$\Sigma =$	5.16

Fuente: Elaboración propia

Módulo I y III

Verificación

$$\sum \frac{L \cdot t}{A_p} \quad \boxed{0.0055}$$

$$\sum \frac{L \cdot t}{A_p} > \frac{ZUSN}{56} \quad \boxed{\text{ERROR}}$$

$$\frac{ZUSN}{56} \quad \boxed{0.0633}$$

Módulo II

Verificación

$$\sum \frac{L \cdot t}{A_p} \quad \boxed{0.0322}$$

$$\sum \frac{L \cdot t}{A_p} > \frac{ZUSN}{56} \quad \boxed{\text{ERROR}}$$

$$\frac{ZUSN}{56} \quad \boxed{0.0633}$$

**Tabla 77**

*Diseño de muros de albañilería - Módulo I y III - Nivel 1*

DISEÑO POR CARGA VERTICAL								
MURO	L (m)	t ( m)	h (m)	Pm (ton)	$\sigma_m$ (ton/m <sup>2</sup> )	$0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ ton/m <sup>2</sup>	0.15*f'm (ton/m <sup>2</sup> )	Verificación
M1Y	3.50	0.13	3.50	12.46	27.39	53.08	97.50	Ok
M2Y	3.50	0.13	3.50	21.87	48.07	53.08	97.50	Ok
M3Y	3.50	0.13	3.50	30.92	67.96	53.08	97.50	REVISAR
M4Y	3.50	0.13	3.50	15.33	33.69	53.08	97.50	Ok
M5Y	3.50	0.13	3.50	22.85	50.23	53.08	97.50	Ok
M6Y	3.50	0.13	3.50	30.37	66.74	53.08	97.50	REVISAR
CONTROL DE FISURACIÓN								
MURO	Ve (ton)	Me (ton-m)	Pg (ton)	Vm (ton/m <sup>2</sup> )	Ve*L/Me	$\alpha$	Vm (ton)	Ve ≤ 0.55Vm
M1Y	64.76	114.70	12.37	81.00	1.98	1.00	21.27	REVISAR
M2Y	65.24	67.60	20.27	81.00	3.38	1.00	23.09	REVISAR
M3Y	64.77	114.76	27.89	81.00	1.98	1.00	24.84	REVISAR
M4Y	65.06	115.64	14.83	81.00	1.97	1.00	21.84	REVISAR
M5Y	65.44	68.22	21.12	81.00	3.36	1.00	23.28	REVISAR
M6Y	65.06	115.62	27.42	81.00	1.97	1.00	24.73	REVISAR
RESISTENCIA AL CORTE				REFUERZO HORIZONTAL				
VEI ( ton)	$\sum V_{mi}$ (ton)	$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	Vu (ton)	Mu (ton-m)	0.05f'm	VERIFICAR
			0.33	2.00	129.51	229.40	32.50	REFORZAR
			0.35	2.00	130.48	135.20	32.50	REFORZAR
942.11	139.06294	REVISAR	0.38	2.00	129.54	229.51	32.50	REFORZAR
			0.34	2.00	130.12	231.29	32.50	REFORZAR
			0.36	2.00	130.87	136.45	32.50	REFORZAR
			0.38	2.00	130.12	231.24	32.50	REFORZAR

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 78**

*Diseño de muros de albañilería - Módulo I y III - Nivel 2-5*

DISEÑO POR CARGA VERTICAL								
MURO	L (m)	t ( m)	h (m)	Pm (ton)	$\sigma_m$ (ton/m <sup>2</sup> )	$0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ ton/m <sup>2</sup>	0.15*f'm (ton/m <sup>2</sup> )	Verificación
M1Y	3.50	0.13	3.00	9.18	20.17	73.49	97.50	Ok
M2Y	3.50	0.13	3.00	16.82	36.98	73.49	97.50	Ok
M3Y	3.50	0.13	3.00	24.34	53.50	73.49	97.50	Ok
M4Y	3.50	0.13	3.00	11.26	24.76	73.49	97.50	Ok
M5Y	3.50	0.13	3.00	17.69	38.89	73.49	97.50	Ok
M6Y	3.50	0.13	3.00	23.90	52.53	73.49	97.50	Ok
CONTROL DE FISURACIÓN								
MURO	Ve (ton)	Me (ton-m)	Pg (ton)	V'm (ton/m <sup>2</sup> )	Ve*L/Me	$\alpha$	Vm (ton)	Ve ≤ 0.55Vm
M1Y	43.11	45.39	9.12	81.00	3.32	1.00	20.52	REVISAR
M2Y	63.09	50.38	15.57	81.00	4.38	1.00	22.01	REVISAR
M3Y	42.87	45.07	21.89	81.00	3.33	1.00	23.46	REVISAR
M4Y	43.00	45.46	10.92	81.00	3.31	1.00	20.94	REVISAR
M5Y	63.36	50.92	16.32	81.00	4.35	1.00	22.18	REVISAR
M6Y	43.12	45.61	21.51	81.00	3.31	1.00	23.38	REVISAR
RESISTENCIA AL CORTE				REFUERZO HORIZONTAL				
VEI ( ton)	$\sum V_{mi}$ (ton)	$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	Vu (ton)	Mu (ton-m)	0.05f'm	VERIFICAR
			0.48	2.00	86.22	90.77	32.50	REFORZAR
			0.35	2.00	126.19	100.76	32.50	REFORZAR
862.41	132.4903	REVISAR	0.55	2.00	85.74	90.15	32.50	REFORZAR
			0.49	2.00	86.01	90.91	32.50	REFORZAR
			0.35	2.00	126.72	101.84	32.50	REFORZAR
			0.54	2.00	86.25	91.23	32.50	REFORZAR

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 79**

*Diseño de muros de albañilería - Módulo II - Nivel 1*

DISEÑO POR CARGA VERTICAL									
MURO	L (m)	t ( m)	h (m)	Pm (ton)	$\sigma_m$	(ton/m <sup>2</sup> )	$0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ ton/m <sup>2</sup>	0.15*f'm (ton/m <sup>2</sup> )	Verificación
M1Y	4.38	0.13	3.50	45.33	79.71		53.08	97.50	REVISAR
M2Y	4.38	0.13	3.50	45.34	79.71		53.08	97.50	REVISAR
M3Y	4.38	0.23	3.50	62.77	62.38		105.43	97.50	Ok
M4Y	4.38	0.23	3.50	62.76	62.37		105.43	97.50	Ok
M5Y	4.38	0.23	3.50	39.70	39.45		105.43	97.50	Ok
M6Y	4.38	0.23	3.50	39.69	39.45		105.43	97.50	Ok
CONTROL DE FISURACIÓN									
MURO	Ve (ton)	Me (ton-m)	Pg (ton)	V'm (ton/m <sup>2</sup> )	Ve*L/Me	$\alpha$	Vm (ton)	Ve ≤ 0.55Vm	
M1Y	77.65	51.71	39.41	81.00	6.57	1.00	32.10	REVISAR	
M2Y	77.65	51.71	39.41	81.00	6.57	1.00	32.10	REVISAR	
M3Y	55.73	47.08	55.47	81.00	5.18	1.00	53.51	REVISAR	
M4Y	55.73	47.08	55.46	81.00	5.18	1.00	53.51	REVISAR	
M5Y	80.59	67.74	36.30	81.00	5.20	1.00	49.10	REVISAR	
M6Y	80.59	67.74	36.29	81.00	5.20	1.00	49.10	REVISAR	
RESISTENCIA AL CORTE					REFUERZO HORIZONTAL				
VEI ( ton)	$\sum V_{mi}$ (ton)	$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	Vu (ton)	Mu (ton-m)	0.05f'm	VERIFICAR	
			0.41	2.00	155.30	103.43	32.50	REFORZAR	
			0.41	2.00	155.30	103.43	32.50	REFORZAR	
691.81	269.42216	REVISAR	0.96	2.00	111.47	94.16	32.50	REFORZAR	
			0.96	2.00	111.47	94.16	32.50	REFORZAR	
			0.61	2.00	161.19	135.49	32.50	REFORZAR	
			0.61	2.00	161.19	135.49	32.50	REFORZAR	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 80**

*Diseño de muros de albañilería - Módulo II - Nivel 2-5*

DISEÑO POR CARGA VERTICAL									
MURO	L (m)	t ( m)	h (m)	Pm (ton)	$\sigma_m$	(ton/m <sup>2</sup> )	$0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ ton/m <sup>2</sup>	0.15*f'm (ton/m <sup>2</sup> )	Verificación
M1Y	4.38	0.13	3.00	30.51	53.64		73.49	97.50	Ok
M2Y	4.38	0.13	3.00	30.51	53.65		73.49	97.50	Ok
M3Y	4.38	0.23	3.00	44.80	44.52		111.95	97.50	Ok
M4Y	4.38	0.23	3.00	44.80	44.52		111.95	97.50	Ok
M5Y	4.38	0.23	3.00	27.82	27.65		111.95	97.50	Ok
M6Y	4.38	0.23	3.00	27.81	27.64		111.95	97.50	Ok
CONTROL DE FISURACIÓN									
MURO	Ve (ton)	Me (ton-m)	Pg (ton)	V'm (ton/m <sup>2</sup> )	Ve*L/Me	$\alpha$	Vm (ton)	Ve ≤ 0.55Vm	
M1Y	83.81	47.31	26.35	81.00	7.75	1.00	29.10	REVISAR	
M2Y	83.80	47.32	26.35	81.00	7.75	1.00	29.10	REVISAR	
M3Y	55.11	37.46	38.90	81.00	6.44	1.00	49.70	REVISAR	
M4Y	55.11	37.46	38.89	81.00	6.44	1.00	49.70	REVISAR	
M5Y	81.42	54.83	24.85	81.00	6.50	1.00	46.47	REVISAR	
M6Y	81.42	54.83	24.85	81.00	6.50	1.00	46.47	REVISAR	
RESISTENCIA AL CORTE					REFUERZO HORIZONTAL				
VEI ( ton)	$\sum V_{mi}$ (ton)	$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	Vu (ton)	Mu (ton-m)	0.05f'm	VERIFICAR	
			0.35	2.00	167.61	94.63	32.50	REFORZAR	
			0.35	2.00	167.61	94.63	32.50	REFORZAR	
617.54	269.42216	REVISAR	0.90	2.00	110.22	74.92	32.50	REFORZAR	
			0.90	2.00	110.21	74.92	32.50	REFORZAR	
			0.57	2.00	162.84	109.66	32.50	REFORZAR	
			0.57	2.00	162.84	109.66	32.50	REFORZAR	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.7 Procedimiento de diseño de Vigas

##### 4.4.7.1 Diseño a flexión

###### 1.0 Datos del Material

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del Concreto
$f_y$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del Acero
$\beta_1$	=	0.85	-	Factor de bloque rectangular equivalente

**Tabla 81**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a flexión*

Geometría		Viga 1	Viga 2	Viga 3	Leyenda
b (cm)	=	30	30	25	Base de la viga
h (cm)	=	80	75	50	Peralte de la viga
r (cm)	=	4	4	4	Recubrimiento
$\varnothing_L$	=	5/8"	5/8"	5/8"	Diámetro de prueba
$\varnothing_e$	=	3/8"	3/8"	3/8"	Diámetro de Estribo
d (cm)	=	74.26	69.26	44.26	Peralte efectivo
$\rho_{min}$	=	0.0024	0.0024	0.0024	Cuantía mínima de acero
$\rho_b$	=	0.0213	0.0213	0.0213	Cuantía balanceada de acero
$\rho_{max}$	=	0.0159	0.0159	0.0159	Cuantía máxima de acero
$A_s \text{ mín (cm}^2\text{)}$	=	5.38	5.02	2.67	Área de acero mínimo
$A_s \text{ máx (cm}^2\text{)}$	=	35.50	33.11	17.63	Área de acero máximo
$\varnothing$	=	0.90	0.90	0.90	Factor de Reducción a flexión
$I_g$	=	1280000	1054688	260417	M. de inercia de la sección bruta
fr	=	28.98	28.98	28.98	Módulo de rotura del concreto
$M_{cr}$	=	9.27	8.15	3.02	Momento de agrietamiento

Fuente: Elaboración propia

## Formulario

$$\rho_{min} = 0.7 * \frac{\sqrt{f'c}}{fy} \quad \rho_{m\acute{a}x} = 0.75 * \rho_b \quad \rho_b = \left(0.85 * \beta_1 * \frac{fc}{fy}\right) * \left(\frac{6000}{6000 + fy}\right)$$

$$M_{cr} = \frac{fr * I_g}{yt} \quad fr = 2 * \sqrt{f'c} \quad As = \frac{Mu}{\phi fy \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

$$As = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} - \sqrt{\frac{1.7 * f'c * b}{fy^2} * \left(\frac{0.85 * f'c * b * d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi}\right)}$$

**Tabla 82**

Área de acero existente en vigas

Tipo de viga	Vigas P.		+/-	As en flexión existente			As en corte existente
	b (cm)	h (cm)		As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>ij</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )	S (cm)
Módulo I y III							
Extrema	30	80	-	25.50	10.20	25.50	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	7.94	15.68	7.94	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Interna	30	80	-	30.60	15.30	30.60	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	15.30	25.50	15.30	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Extrema	25	50	-	10.52	4.84	10.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	10.52	10.52	10.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Interna	25	50	-	10.52	4.84	10.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	10.52	10.52	10.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Módulo II							
Extrema	30	75	-	15.88	10.78	15.88	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	8.52	8.52	8.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Interna	30	75	-	19.30	9.10	19.30	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	7.94	13.04	7.94	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Extrema	25	50	-	8.52	8.52	8.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	6.84	6.84	6.84	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
Interna	25	50	-	8.52	8.52	8.52	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20
			+	6.84	6.84	6.84	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, 5 Ø3/8"@15, rto @20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 83***Resumen diseño a flexión módulo I y III – Estructura actual*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	(1.4CM+1.7CV)		Carga lateral (sismo)			
		b (cm)	h (cm)		As calculado (cm <sup>2</sup> )		As calculado (cm <sup>2</sup> )			
Módulo I y III										
B entre 2 y 3	9.8	30	80	-	11.24	9.20	35.64	7.89	33.53	
				+	9.65		16.94	11.52	17.68	
C entre 2 y 3	9.8	30	80	-	19.70	16.15	41.55	9.43	38.42	
				+	17.47		20.06	18.10	18.26	
D entre 2 y 3	9.8	30	80	-	18.22	15.03	40.40	9.14	37.54	
				+	16.18		19.39	16.72	17.75	
E entre 2 y 3	9.8	30	80	-	18.48	15.30	40.26	9.10	37.34	
				+	16.37		19.31	16.85	17.64	
F entre 2 y 3	9.8	30	80	-	18.22	15.03	40.40	9.14	37.54	
				+	16.18		19.39	16.72	17.75	
G entre 2 y 3	9.8	30	80	-	19.70	16.15	41.55	9.43	38.42	
				+	17.47		20.06	18.10	18.26	
H entre 2 y 3	9.8	30	80	-	11.24	9.20	35.64	7.89	33.53	
				+	9.65		16.94	11.52	17.68	
3 entre B y C	4.7	25	50	-	3.00	1.70	21.60	5.97	18.25	
				+	2.45		18.08	7.10	15.79	
3 entre C y D	4.7	25	50	-	2.08	2.41	17.35	4.65	18.14	
				+	2.04		14.32	5.55	14.68	
3 entre D y E	4.7	25	50	-	2.35	2.29	18.14	4.65	18.08	
				+	2.07		14.77	5.61	14.77	
3 entre E y F	4.7	25	50	-	2.29	2.35	18.08	4.65	18.14	
				+	2.07		14.77	5.61	14.77	
3 entre F y G	4.7	25	50	-	2.41	2.08	18.14	4.65	17.35	
				+	2.04		14.68	5.55	14.32	
3 entre G y H	4.7	25	50	-	1.70	3.00	18.25	5.97	21.60	
				+	2.45		15.79	7.10	18.08	
2 entre B y C	4.7	25	50	-	2.90	1.80	21.42	5.95	18.50	
				+	2.49		18.03	7.17	15.96	
2 entre C y D	4.7	25	50	-	2.12	2.35	17.59	4.66	17.98	
				+	2.02		14.53	5.55	14.79	
2 entre D y E	4.7	25	50	-	2.31	2.27	18.03	4.65	17.08	
				+	2.05		14.72	5.58	14.71	
2 entre E y F	4.7	25	50	-	2.27	2.31	17.08	4.65	18.03	
				+	2.05		14.71	5.58	14.72	
2 entre F y G	4.7	25	50	-	2.35	2.12	17.98	4.66	17.59	
				+	2.02		14.79	5.55	14.53	
2 entre G y H	4.7	25	50	-	1.80	2.90	18.50	5.95	21.42	
				+	2.49		15.96	7.17	18.03	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 84***Resumen diseño a flexión módulo II– Estructura actual*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	(1.4CM+1.7CV)		Carga lateral (sismo)			
		b (cm)	h (cm)		As calculado (cm <sup>2</sup> )		As calculado (cm <sup>2</sup> )			
<b>Módulo II</b>										
A entre 1 y 2	8.1	30	75	-	6.90	6.90	37.04	11.38	21.28	
				+		6.90	28.87	11.53	20.27	
B entre 1 y 2	8.1	30	75	-	10.20	10.20	28.01	6.90	28.01	
				+		10.03	12.70	12.15	12.70	
C entre 1 y 2	8.1	30	75	-	10.20	10.20	28.01	6.90	28.01	
				+		10.03	12.70	12.15	12.70	
D entre 1 y 2	8.1	30	75	-	6.90	6.90	29.61	7.97	29.61	
				+		6.90	21.52	12.02	21.52	
2 entre A y B	5.37	25	50	-	2.51	0.79	25.12	11.39	21.28	
				+		1.35	22.40	11.53	20.27	
2 entre B y C	5.07	25	50	-	2.19	1.15	21.38	6.28	20.58	
				+		1.18	18.95	6.97	19.20	
2 entre C y D	5.37	25	50	-	0.79	2.51	21.28	11.39	25.12	
				+		1.35	20.27	11.53	22.40	
1 entre A y B	5.37	25	50	-	2.51	0.79	25.12	11.39	21.28	
				+		1.35	22.40	11.53	20.27	
1 entre B y C	5.07	25	50	-	2.19	1.15	21.38	6.28	20.58	
				+		1.18	18.95	6.97	19.20	
1 entre C y D	5.37	25	50	-	0.79	2.51	21.28	11.39	25.12	
				+		1.35	20.27	11.53	22.40	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 85***Resumen diseño a flexión módulo I y III – Estructura propuesta*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	Carga lateral (sismo)		
		b (cm)	h (cm)		As calculado (cm <sup>2</sup> )		
Módulo I y III							
B entre 2 y 3	9.8	30	80	-	26.69	7.40	24.49
				+	12.25	9.79	11.33
C entre 2 y 3	9.8	30	80	-	31.20	7.40	27.82
				+	14.24	11.93	12.71
D entre 2 y 3	9.8	30	80	-	29.61	7.40	26.25
				+	13.44	11.31	12.07
E entre 2 y 3	9.8	30	80	-	29.20	7.40	25.75
				+	13.27	11.36	11.86
F entre 2 y 3	9.8	30	80	-	29.61	7.40	26.25
				+	13.44	11.31	12.07
G entre 2 y 3	9.8	30	80	-	31.20	7.40	27.82
				+	14.24	11.93	12.71
H entre 2 y 3	9.8	30	80	-	26.69	7.40	24.49
				+	12.25	9.79	11.33
3 entre B y C	4.7	25	50	-	13.96	4.24	10.78
				+	10.38	4.56	10.03
3 entre C y D	4.7	25	50	-	8.72	3.03	9.09
				+	6.55	3.67	6.69
3 entre D y E	4.7	25	50	-	9.18	2.95	9.17
				+	6.78	3.67	6.77
3 entre E y F	4.7	25	50	-	9.17	2.95	9.18
				+	6.77	3.67	6.78
3 entre F y G	4.7	25	50	-	9.09	3.03	8.72
				+	6.69	3.67	6.55
3 entre G y H	4.7	25	50	-	10.78	4.24	13.96
				+	10.03	4.56	10.38
2 entre B y C	4.7	25	50	-	12.65	4.02	10.39
				+	9.86	4.41	9.46
2 entre C y D	4.7	25	50	-	8.38	2.89	8.72
				+	6.23	3.67	6.37
2 entre D y E	4.7	25	50	-	8.82	2.82	8.81
				+	6.45	3.67	6.44
2 entre E y F	4.7	25	50	-	8.81	2.82	8.82
				+	6.44	3.67	6.45
2 entre F y G	4.7	25	50	-	8.72	2.89	8.38
				+	6.37	3.67	6.23
2 entre G y H	4.7	25	50	-	10.39	4.02	12.65
				+	9.46	4.41	9.86

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 86***Resumen diseño a flexión módulo II– Estructura propuesta*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	Carga lateral (sismo)		
		b (cm)	h (cm)		As calculado (cm <sup>2</sup> )		
Módulo II							
A entre 1 y 2	8.1	30	75	-	15.90	4.92	15.90
				+	7.55	6.90	7.55
B entre 1 y 2	8.1	30	75	-	24.17	6.90	24.17
				+	11.12	10.20	11.12
C entre 1 y 2	8.1	30	75	-	24.17	6.90	24.17
				+	11.12	10.20	11.12
D entre 1 y 2	8.1	30	75	-	15.90	4.92	15.90
				+	7.55	6.90	7.55
2 entre A y B	5.37	25	50	-	16.03	6.59	13.32
				+	13.19	6.98	11.66
2 entre B y C	5.07	25	50	-	12.61	4.40	12.61
				+	10.46	4.40	10.46
2 entre C y D	5.37	25	50	-	13.32	6.59	16.03
				+	11.66	6.98	13.19
1 entre A y B	5.37	25	50	-	16.03	6.59	13.32
				+	13.19	6.98	11.66
1 entre B y C	5.07	25	50	-	12.61	4.40	12.61
				+	10.46	4.40	10.46
1 entre C y D	5.37	25	50	-	13.32	6.59	16.03
				+	11.66	6.98	13.19

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 87***Resumen diseño a flexión módulo I y III – Espectro reducido*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	Carga lateral (sismo)		
		b (cm)	h (cm)		As calculado (cm <sup>2</sup> )		
B entre 2 y 3	9.8	30	80	-	22.56	6.80	20.42
				+	10.51	8.50	9.59
C entre 2 y 3	9.8	30	80	-	27.67	7.40	24.08
				+	12.65	11.93	11.16
D entre 2 y 3	9.8	30	80	-	25.97	7.40	22.74
				+	11.95	11.31	10.59
E entre 2 y 3	9.8	30	80	-	25.69	7.40	22.41
				+	11.83	11.36	10.45
F entre 2 y 3	9.8	30	80	-	25.97	7.40	22.74
				+	11.95	11.31	10.59
G entre 2 y 3	9.8	30	80	-	27.67	7.40	24.08
				+	12.65	11.93	11.16
H entre 2 y 3	9.8	30	80	-	22.56	6.80	20.42
				+	10.51	8.50	9.59
3 entre B y C	4.7	25	50	-	10.48	3.67	7.94
				+	7.16	3.67	7.25
3 entre C y D	4.7	25	50	-	6.73	2.21	7.03
				+	4.67	3.21	4.75
3 entre D y E	4.7	25	50	-	7.10	2.23	7.09
				+	4.81	3.13	4.81
3 entre E y F	4.7	25	50	-	7.09	2.23	7.10
				+	4.81	3.13	4.81
3 entre F y G	4.7	25	50	-	7.03	2.21	6.73
				+	4.75	3.21	4.67
3 entre G y H	4.7	25	50	-	7.94	3.67	10.48
				+	7.25	3.67	7.16
2 entre B y C	4.7	25	50	-	9.22	3.67	7.70
				+	6.82	3.67	6.84
2 entre C y D	4.7	25	50	-	6.50	2.13	6.77
				+	4.44	3.09	4.52
2 entre D y E	4.7	25	50	-	6.84	2.15	6.84
				+	4.58	3.02	4.58
2 entre E y F	4.7	25	50	-	6.84	2.15	6.84
				+	4.58	3.02	4.58
2 entre F y G	4.7	25	50	-	6.77	2.13	6.50
				+	4.52	3.09	4.44
2 entre G y H	4.7	25	50	-	7.70	3.67	9.22
				+	6.84	3.67	6.82

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 88***Resumen diseño a flexión módulo II– Espectro reducido*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		+/-	Carga lateral (sismo)		
		b (cm)	h (cm)		As calculado (cm <sup>2</sup> )		
A entre 1 y 2	8.1	30	75	-	13.19	4.14	13.19
				+	6.90	6.90	6.90
B entre 1 y 2	8.1	30	75	-	21.32	6.42	21.32
				+	9.93	10.20	9.93
C entre 1 y 2	8.1	30	75	-	21.32	6.42	21.32
				+	9.93	10.20	9.93
D entre 1 y 2	8.1	30	75	-	13.19	4.14	13.19
				+	6.90	6.90	6.90
2 entre A y B	5.37	25	50	-	11.91	4.82	9.86
				+	9.31	5.20	8.33
2 entre B y C	5.07	25	50	-	9.45	3.40	9.46
				+	7.45	4.24	7.45
2 entre C y D	5.37	25	50	-	9.86	4.82	11.91
				+	8.33	5.20	9.31
1 entre A y B	5.37	25	50	-	11.91	4.82	9.86
				+	9.31	5.20	8.33
1 entre B y C	5.07	25	50	-	9.45	3.40	9.46
				+	7.45	4.24	7.45
1 entre C y D	5.37	25	50	-	9.86	4.82	11.91
				+	8.33	5.20	9.31

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.7.2 Diseño a cortante

##### 1.0 Datos del Material

$f'_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del Concreto
$f_y = f_{yt}$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del Acero

**Tabla 89**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante*

Geometría		Viga 1	Viga 2	Viga 3	Leyenda
Norma E060 Capítulo 11					
b (cm)	=	30.00	30.00	25.00	Base de la viga
h (cm)	=	80.00	75.00	50.00	Peralte de la viga
r (cm)	=	4.00	4.00	4.00	Recubrimiento
$\emptyset_L$	=	5/8"	5/8"	5/8"	Diámetro de prueba
$\emptyset_e$	=	3/8"	3/8"	3/8"	Diámetro de Estribo
d (cm)	=	74.26	69.26	44.26	Peralte efectivo
$\phi$	=	0.85	0.85	0.85	Factor de Reducción a corte
$\phi V_c$ (t)	=	14.54	13.56	8.50	Resistencia nominal del C°
$4\phi V_c$ (t)		58.17	54.25	33.99	Límite de diseño a corte
$A_{v_{min}}/S'$ (cm <sup>2</sup> /cm)	=	0.03	0.03	0.02	Área de refuerzo mínimo a Corte
$S'$ (cm)	=	56.80	56.80	68.16	Esp. Del refuerzo mínimo-2 ramas
Norma E060 Capítulo 21					
Sistemas aporticados					
S conf (cm)	=	12.72	15.28	11.06	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	37.13	34.63	22.13	Esp. fuera de zona de confin.
Sistemas de muros estructurales					
S conf (cm)	=	15.00	17.31	15.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	37.13	34.63	22.13	Esp. fuera de zona de confin.

Fuente: Elaboración propia

##### Formulario

$$A_{v \text{ mín}} = 0.2 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_w * s}{f_y} \quad A_{v \text{ mín}} = 3.5 * \frac{b_w * s}{f_y}$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} \quad \phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

**Tabla 90***Resumen diseño a cortante módulo I y III– Estructura actual*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		(1.4CM+1.7CV) Cortante actuante		Carga Lateral Cortante actuante		AS <sub>calc</sub>
		b (cm)	h (cm)	V <sub>i</sub> (t)	V (t)	V <sub>i</sub>	V <sub>j</sub>	
B entre 2 y 3	9.8	30	80	20.00	18.50	40.59	39.05	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
C entre 2 y 3	9.8	30	80	31.21	29.60	40.81	39.20	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
D entre 2 y 3	9.8	30	80	29.43	27.90	40.37	38.86	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
E entre 2 y 3	9.8	30	80	31.21	29.60	40.14	38.60	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
F entre 2 y 3	9.8	30	80	29.70	28.16	40.37	38.86	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
G entre 2 y 3	9.8	30	80	31.21	29.60	40.81	39.20	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
H entre 2 y 3	9.8	30	80	20.00	18.50	40.59	39.05	1Ø3/8"@5,12 Ø3/8"@12.5, rto a 35
3 entre B y C	4.7	25	50	4.31	3.40	16.76	13.66	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
3 entre C y D	4.7	25	50	3.32	3.53	13.66	14.30	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
3 entre D y E	4.7	25	50	3.51	3.48	14.31	14.27	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
3 entre E y F	4.7	25	50	3.48	3.51	14.27	14.31	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
3 entre F y G	4.7	25	50	3.53	3.32	14.30	13.66	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
3 entre G y H	4.7	25	50	3.40	4.31	13.66	16.76	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre B y C	4.7	25	50	4.31	3.35	16.66	15.28	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre C y D	4.7	25	50	3.48	3.30	13.96	14.10	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre D y E	4.7	25	50	3.47	3.35	14.21	14.19	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre E y F	4.7	25	50	3.35	3.47	14.19	14.21	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre F y G	4.7	25	50	3.30	3.47	14.10	13.96	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre G y H	4.7	25	50	3.35	4.31	15.28	16.66	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 91***Resumen diseño a cortante módulo II– Estructura actual*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		(1.4CM+1.7CV) Cortante actuante		Carga Lateral Cortante actuante		AS <sub>calc</sub>
		b (cm)	h (cm)	V <sub>i</sub> (t)	V (t)	V <sub>i</sub>	V <sub>j</sub>	
A entre 1 y 2	8.1	30	75	13.13	13.13	26.65	26.65	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
B entre 1 y 2	8.1	30	75	22.19	22.19	27.29	27.29	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
C entre 1 y 2	8.1	30	75	22.19	22.19	28.29	28.29	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
D entre 1 y 2	8.1	30	75	13.13	13.13	21.40	21.40	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
2 entre A y B	5.37	25	50	3.21	2.00	16.12	13.03	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre B y C	5.07	25	50	2.19	2.66	13.03	13.03	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre C y D	5.37	25	50	2.00	3.21	13.03	16.12	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre A y B	5.37	25	50	3.21	2.00	16.12	13.03	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre B y C	5.07	25	50	2.19	2.66	13.03	13.03	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre C y D	5.37	25	50	2.00	3.21	13.03	16.12	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 92***Resumen diseño a cortante módulo I y III– Estructura propuesta*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		Carga Lateral		AS calc
		b (cm)	h (cm)	Cortante actuante		
				V <sub>i</sub>	V <sub>j</sub>	
B entre 2 y 3	9.8	30	80	25.99	24.81	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
C entre 2 y 3	9.8	30	80	30.37	28.64	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
D entre 2 y 3	9.8	30	80	30.00	28.39	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
E entre 2 y 3	9.8	30	80	29.73	28.07	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
F entre 2 y 3	9.8	30	80	30.00	28.39	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
G entre 2 y 3	9.8	30	80	30.37	28.64	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
H entre 2 y 3	9.8	30	80	25.99	24.81	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
3 entre B y C	4.7	25	50	15.88	13.96	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre C y D	4.7	25	50	11.99	12.18	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre D y E	4.7	25	50	12.30	12.27	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre E y F	4.7	25	50	12.27	12.30	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre F y G	4.7	25	50	12.18	11.99	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre G y H	4.7	25	50	13.96	15.88	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre B y C	4.7	25	50	14.70	12.98	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre C y D	4.7	25	50	11.11	11.27	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre D y E	4.7	25	50	11.38	11.36	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre E y F	4.7	25	50	11.36	11.38	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre F y G	4.7	25	50	11.27	11.11	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre G y H	4.7	25	50	12.98	14.70	1Ø3/8"@5,6 Ø3/8"@15, rto a 20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 93***Resumen diseño a cortante módulo II– Estructura propuesta*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		Carga Lateral		AS calc
		b (cm)	h (cm)	Cortante actuante		
				V <sub>i</sub>	V <sub>j</sub>	
A entre 1 y 2	8.1	30	75	20.65	20.65	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
B entre 1 y 2	8.1	30	75	33.90	33.90	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
C entre 1 y 2	8.1	30	75	33.90	33.90	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
D entre 1 y 2	8.1	30	75	20.65	20.65	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
2 entre A y B	5.37	25	50	10.82	9.25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre B y C	5.07	25	50	8.57	8.57	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre C y D	5.37	25	50	9.25	10.82	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre A y B	5.37	25	50	10.82	9.25	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre B y C	5.07	25	50	8.57	8.57	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre C y D	5.37	25	50	9.25	10.82	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 94***Resumen diseño a cortante módulo I y III– Espectro reducido*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		Carga Lateral		As <sub>calc</sub>
		b (cm)	h (cm)	Cortante actuante		
				V <sub>i</sub>	V <sub>j</sub>	
B entre 2 y 3	9.8	30	80	23.50	22.32	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
C entre 2 y 3	9.8	30	80	28.32	26.59	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
D entre 2 y 3	9.8	30	80	28.04	26.42	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
E entre 2 y 3	9.8	30	80	27.82	26.18	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
F entre 2 y 3	9.8	30	80	28.04	26.42	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
G entre 2 y 3	9.8	30	80	28.32	26.59	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
H entre 2 y 3	9.8	30	80	23.50	22.32	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 35
3 entre B y C	4.7	25	50	13.77	11.94	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre C y D	4.7	25	50	10.58	10.77	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre D y E	4.7	25	50	10.84	10.81	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre E y F	4.7	25	50	10.81	10.84	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre F y G	4.7	25	50	10.77	10.58	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
3 entre G y H	4.7	25	50	11.94	13.77	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre B y C	4.7	25	50	12.70	10.99	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre C y D	4.7	25	50	9.78	9.94	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre D y E	4.7	25	50	10.00	9.98	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre E y F	4.7	25	50	9.98	10.00	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre F y G	4.7	25	50	9.94	9.78	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20
2 entre G y H	4.7	25	50	10.99	12.70	1Ø3/8"@5,10 Ø3/8"@15, rto a 20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 95***Resumen diseño a cortante módulo II– Espectro reducido*

Eje	Luz libre (m)	Vigas P.		Carga Lateral		As <sub>calc</sub>
		b (cm)	h (cm)	Cortante actuante		
				V <sub>i</sub>	V <sub>j</sub>	
A entre 1 y 2	8.1	30	75	18.31	18.31	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
B entre 1 y 2	8.1	30	75	31.70	31.70	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
C entre 1 y 2	8.1	30	75	31.70	31.70	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
D entre 1 y 2	8.1	30	75	18.31	18.31	1Ø3/8"@5,9 Ø3/8"@15, rto a 30
2 entre A y B	5.37	25	50	8.76	7.40	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre B y C	5.07	25	50	6.92	6.92	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
2 entre C y D	5.37	25	50	7.40	8.76	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre A y B	5.37	25	50	8.76	7.40	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre B y C	5.07	25	50	6.92	6.92	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20
1 entre C y D	5.37	25	50	7.40	8.76	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@10, rto a 20

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.8 Reforzamiento de vigas

##### 4.4.8.1 Cálculo de deflexiones

###### 1.0 Datos de material

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del Concreto
$E_c$	=	217371	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del concreto
$E_s$	=	2000000	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del acero
$n$	=	9.20087		Relación modular

###### 2.0 Geometría

$h$	=	80.00	cm	Peralte de viga
$b$	=	30.00	cm	Base de la viga
$r$	=	4.00	cm	Recubrimiento
$\varnothing_e$	=	3/8"	Pulg	Diámetro de Estribo
$\varnothing_L$	=	5/8"	Pulg	Diámetro Longitudinal
$d$	=	74.26	cm	Peralte efectivo en tracción
$d'$	=	5.75	cm	Peralte efectivo en compresión

###### 3.0 Momento de Agretamiento

$I_g$	=	1280000	cm <sup>4</sup>	Inercia de la sección bruta
$f_r$	=	28.98	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de rotura del concreto
$y$	=	40.00	cm	Distancia al eje neutro
$M_{cr}$	=	9.274	t-m	Momento de agretamiento

Tipo de Apoyo →

Ambos extremos continuos

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$B = \frac{b}{(nA_s)}$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$

$$kd = (\sqrt{2dB + 1} - 1)/B$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

**Tabla 96**

Cálculo de deflexiones en vigas de 30x80 cm

4.0 Deflexión inmediata por Carga Muerta											
Apoyo	As (c)	As (t)	T. Armadura	B (cm)	Kd (cm)	Icr (cm <sup>4</sup> )	Ma (t-m)	Ie (cm <sup>4</sup> )	Ie promedio	Factor	$\Delta'_{iD}$ (cm)
A	0	30.60	S.Compresión	0.10655424	29.0705798	816426.1873	16.82	894142.07			
B	0	25.50	S.Compresión	0.12786509	27.1094721	717195.3884	11.8	990458.173	934290.4	0.72991436	0.40
C	0	30.60	S.Compresión	0.10655424	29.0705798	816426.1873	20.08	862103.089			
5.0 Deflexión inmediata por Carga Muerta + Carga Viva											
Apoyo	As (c)	As (t)	T. Armadura	B (cm)	Kd (cm)	Icr (cm <sup>4</sup> )	Ma (t-m)	Ie (cm <sup>4</sup> )	Ie promedio	Factor	$\Delta_{iD+L}$ (cm)
A	0	30.6	S.Compresión	0.10655424	29.0705798	816426.1873	25.37	839074.005			
B	0	25.5	S.Compresión	0.12786509	27.1094721	717195.3884	18.15	792287.899	813248.9	0.6353507	0.72
C	0	30.6	S.Compresión	0.10655424	29.0705798	816426.1873	30.59	829345.795			
6.0 Deflexión inmediata por Carga Viva											
Luz (m)	L. Defl.	$\Delta_{max-L}$ (cm)	$\Delta_D$ (cm)	$\Delta_{iD+L}$ (cm)	$\Delta_L$ (cm)	$\Delta_{max-L} > \Delta_L$					
10	L/360	2.78	0.459534776	0.72	0.260465224	Ok					
7.0 Deflexión Diferida Total											
Luz (m)	L. Defl.	$\Delta_{max}$ (cm)	$\rho'$	$\xi D$	$\xi L$	$\lambda'D$	$\lambda'L$	$\Delta_{dD}$ (cm)	$\Delta_{dL}$ (cm)	$\Delta_{dt}$ (cm)	$\Delta_{max} > \Delta_{dt}$
10	L/480	2.08	0	2	1	2	1	0.92	0.26	1.18	Ok

Fuente: Elaboración propia

Todas las vigas de todos los módulos cumplen con las deflexiones máximas permisibles, no se requiere refuerzo por deflexiones.

### 1.0 Datos de material

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del Concreto
$E_c$	=	217371	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del concreto
$E_s$	=	2000000	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del acero
$n$	=	9.20087		Relación modular

### 2.0 Geometría

$h$	=	75.00	cm	Peralte de viga
$b$	=	30.00	cm	Base de la viga
$r$	=	4.00	cm	Recubrimiento
$\varnothing_e$	=	3/8"	Pulg	Diámetro de Estribo
$\varnothing_L$	=	5/8"	Pulg	Diámetro Longitudinal
$d$	=	69.26	cm	Peralte efectivo en tracción
$d'$	=	5.75	cm	Peralte efectivo en compresión

### 3.0 Momento de Agrietamiento

$I_g$	=	1054688	cm <sup>4</sup>	Inercia de la sección bruta
$f_r$	=	28.98	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de rotura del concreto
$y$	=	37.50	cm	Distancia al eje neutro
$M_{cr}$	=	8.151	t-m	Momento de agrietamiento

Tipo de Apoyo →

Ambos extremos continuos

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$B = \frac{b}{(nA_s)}$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$

$$kd = (\sqrt{2dB + 1} - 1)/B$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

**Tabla 97**

Cálculo de deflexiones en vigas de 30x75 cm

4.0 Deflexión inmediata por Carga Muerta											
Apoyo	As (c)	As (t)	T. Armadura	B (cm)	Kd (cm)	Icr (cm <sup>4</sup> )	Ma (t-m)	le (cm <sup>4</sup> )	le promedio	Factor	$\Delta'_{iD}$ (cm)
A	0	19.30	S.Compresión	0.16894092	23.2872006	498904.2475	16.25	569056.542			
B	0	13.04	S.Compresión	0.25004293	19.8472716	369171.904	10	740462.425	654759.5	0.62080899	0.34
C	0	19.30	S.Compresión	0.16894092	23.2872006	498904.2475	16.25	569056.542			
5.0 Deflexión inmediata por Carga Muerta + Carga Viva											
Apoyo	As (c)	As (t)	T. Armadura	B (cm)	Kd (cm)	Icr (cm <sup>4</sup> )	Ma (t-m)	le (cm <sup>4</sup> )	le promedio	Factor	$\Delta_{iD+L}$ (cm)
A	0	19.3	S.Compresión	0.16894092	23.2872006	498904.2475	25.1	517940.472			
B	0	13.04	S.Compresión	0.25004293	19.8472716	369171.904	16	459819.004	488879.7	0.46353042	0.6898
C	0	19.3	S.Compresión	0.16894092	23.2872006	498904.2475	25.1	517940.472			
6.0 Deflexión inmediata por Carga Viva											
Luz (m)	L. Defl.	$\Delta_{\max-L}$ (cm)	$\Delta_D$ (cm)	$\Delta_{iD+L}$ (cm)	$\Delta_L$ (cm)	$\Delta_{\max-L} > \Delta_L$					
8	L/360	2.22	0.460989067	0.6898	0.228810933	Ok					
7.0 Deflexión Diferida Total											
Luz (m)	L. Defl.	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\rho'$	$\xi_D$	$\xi_L$	$\lambda'D$	$\lambda'L$	$\Delta_{dD}$ (cm)	$\Delta_{dL}$ (cm)	$\Delta_{dt}$ (cm)	$\Delta_{\max} > \Delta_{dt}$
8	L/480	1.67	0	2	1	2	1	0.92	0.23	1.15	Ok

Fuente: Elaboración propia

Todas las vigas de todos los módulos cumplen con las deflexiones máximas permisibles, no se requiere refuerzo por deflexiones.

#### 4.4.9 Encamisado de Vigas

##### 4.4.9.1 Diseño por flexión

**Tabla 98**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a flexión en vigas reforzadas*

Geometría		Viga 1	Viga 2	Leyenda
b (cm)	=	30	25	Base de la viga
h (cm)	=	85	65	Peralte de la viga
r (cm)	=	4	4	Recubrimiento
$\emptyset_L$	=	5/8"	5/8"	Diámetro de prueba
$\emptyset_e$	=	3/8"	3/8"	Diámetro de Estribo
d (cm)	=	79.26	59.26	Peralte efectivo
$\rho_{min}$	=	0.0024	0.0024	Cuantía mínima de acero
$\rho_b$	=	0.0213	0.0213	Cuantía balanceada de acero
$\rho_{max}$	=	0.0159	0.0159	Cuantía máxima de acero
$As_{min}$ (cm <sup>2</sup> )	=	5.74	3.58	Área de acero mínimo
$As_{máx}$ (cm <sup>2</sup> )	=	37.89	23.61	Área de acero máximo
$\phi$	=	0.90	0.90	Factor de Reducción a flexión
$I_g$	=	1535313	572135	M. de inercia de la sección bruta
fr	=	28.98	28.98	Módulo de roptura del concreto
Mcr	=	10.47	5.10	Momento de agrietamiento

Fuente: Elaboración propia

#### Formulario

$$\rho_{min} = 0.7 * \frac{\sqrt{f'c}}{fy} \quad \rho_{máx} = 0.75 * \rho_b \quad \rho_b = \left(0.85 * \beta_1 * \frac{fc}{fy}\right) * \left(\frac{6000}{6000 + fy}\right)$$

$$Mcr = \frac{fr * I_g}{yt} \quad fr = 2 * \sqrt{f'c} \quad As = \frac{Mu}{\phi fy \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

$$As = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} - \sqrt{\frac{1.7 * f'c * b}{fy^2} * \left(\frac{0.85 * f'c * b * d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi}\right)}$$

4.4.9.2 Verificación por cortante

**Tabla 99**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en vigas reforzadas*

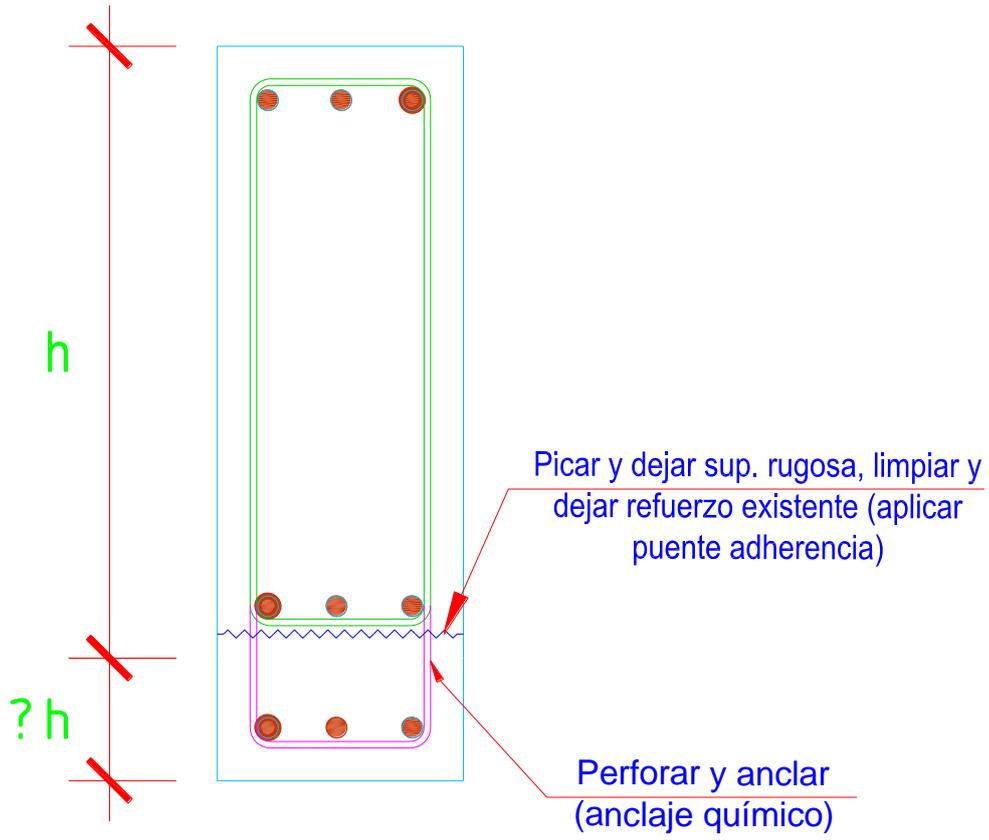
Geometría		Viga 1	Viga 2	Leyenda
Norma E060 Capítulo 11				
b (cm)	=	30.00	25.00	Base de la viga
h (cm)	=	85.00	65.00	Peralte de la viga
r (cm)	=	4.00	4.00	Recubrimiento
$\phi_L$	=	5/8"	5/8"	Diámetro de prueba
$\phi_e$	=	3/8"	3/8"	Diámetro de Estribo
d (cm)	=	79.26	59.26	Peralte efectivo
$\phi$	=	0.85	0.85	Factor de Reducción a corte
$\phi V_c$ (t)	=	15.52	9.67	Resistencia nominal del C°
$4\phi V_c$ (t)		62.09	38.68	Límite de diseño a corte
$A_{v\min}/S'$ (cm <sup>2</sup> /cm)	=	0.025	0.021	Área de refuerzo mínimo a Corte
S' (cm)	=	56.80	68.16	Esp. Del refuerzo mínimo-2 ramas
Norma E060 Capítulo 21				
Sistemas aporticados				
S conf (cm)	=	12.72	12.72	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	39.63	29.63	Esp. fuera de zona de confin.

Fuente: Elaboración propia

**Formulario**

$$A_{v\min} = 0.2 * \sqrt{f'c} * \frac{b_w * s}{f_y} \quad A_{v\min} = 3.5 * \frac{b_w * s}{f_y}$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} \quad \phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$



**Figura 81:** Sección reforzada de vigas

Fuente elaboración propia

#### 4.4.10 Procedimiento de diseño de Columnas

##### 4.4.10.1 Diseño a flexocompresión

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del Concreto
$f_y$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del Acero

**Tabla 100**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a flexocompresión – columna circular*

Geometría		Col circular	Leyenda
D (cm)	=	50	Diámetro de col
d (0.8D) (cm)	=	40.00	Peralte efectivo
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\rho_{min}$	=	1%	Cuantía mínima de acero
$\rho_{max}$	=	6%	Cuantía máxima de acero
$A_{s\ min}$ (cm <sup>2</sup> )	=	19.63	Área de acero mínimo
$A_{s\ máx}$ (cm <sup>2</sup> )	=	117.81	Área de acero máximo
$\phi$	=	0.75	Factor de Reducción a Comp.

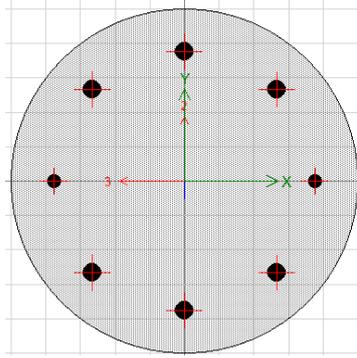
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 101**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a flexocompresión – columna rectangular*

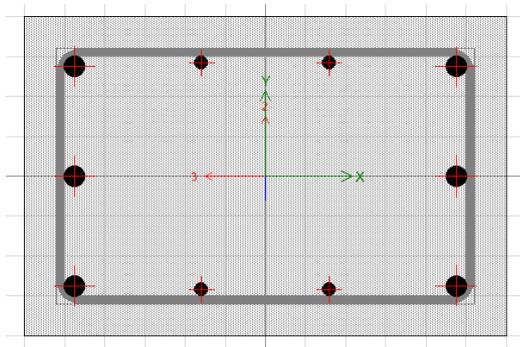
Geometría		Col rectangular	Leyenda
b (cm)	=	40	base de columna
h (cm)	=	60	peralte de columna
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\rho_{min}$	=	1%	Cuantía mínima de acero
$\rho_{max}$	=	6%	Cuantía máxima de acero
$A_{s\ min}$ (cm <sup>2</sup> )	=	24.00	Área de acero mínimo
$A_{s\ máx}$ (cm <sup>2</sup> )	=	144.00	Área de acero máximo
$\phi$	=	0.70	Factor de Reducción a Comp.

Fuente: Elaboración propia



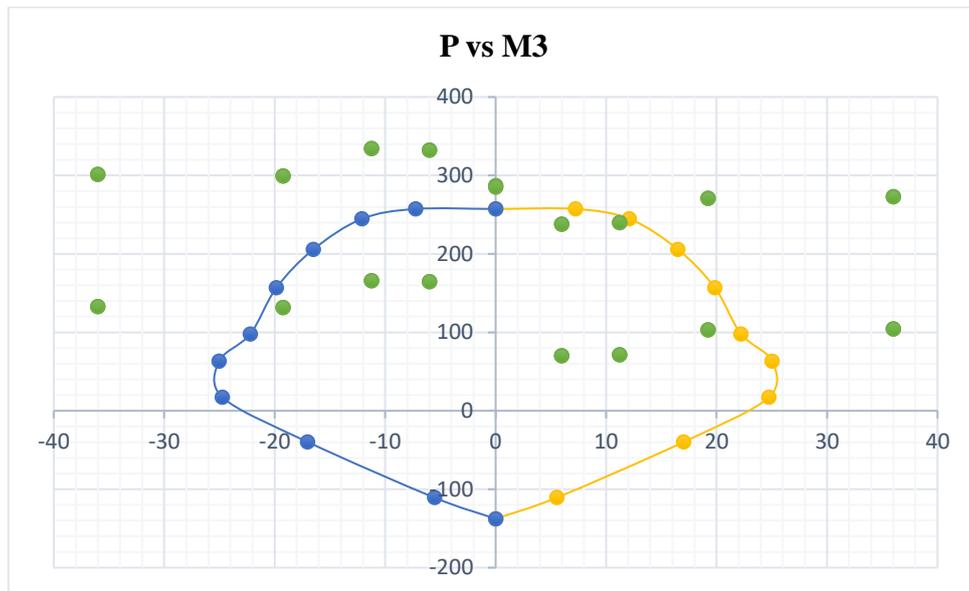
**Figura 82:** Sección de diseño – Columna circular -Etabs 2018

Fuente: Elaboración propia



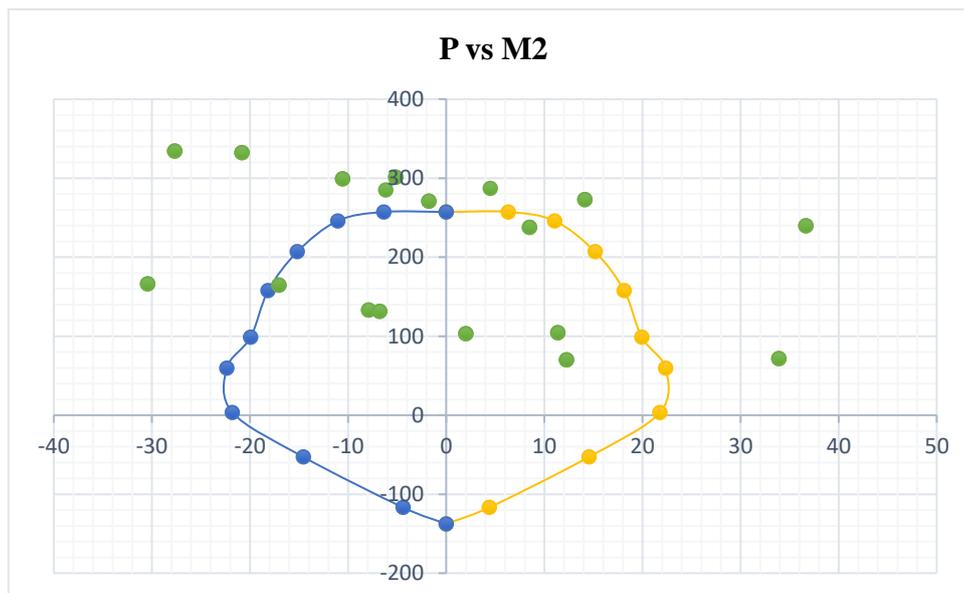
**Figura 83:** Sección de diseño – Columna rectangular -Etabs 2018

Fuente: Elaboración propia



**Figura 84:** Diagrama de interacción columna circular (PvsM3) – Eje 3y E – Estructura actual

Fuente: Elaboración propia



**Figura 85:** Diagrama de interacción columna circular (PvsM2) – Eje 3y E – Estructura actual

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 102**

*Resumen diseño a flexocompresión módulo I y III – Estructura actual*

Ejes	Luz libre (m)	Columna D (cm)	As existente (1.4CM+1.7CV)		$\Phi R_n \geq R_u$	Carga lateral	
			As (cm <sup>2</sup> )	As calc(cm <sup>2</sup> )		As calc(cm <sup>2</sup> )	$\Phi R_u \geq R_n$
B y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	185.25	No
C y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	211.11	No
D y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	203.43	No
E y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	203.79	No
F y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	203.43	No
G y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	35.68	Ok	211.11	No
H y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	185.25	No
B y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	162.71	No
C y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	181.37	No
D y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	174.76	No
E y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	174.47	No
F y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	174.76	No
G y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	28.40	Ok	181.37	No
H y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	22.78	Ok	162.71	No

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 103***Resumen diseño a flexocompresión módulo II – Estructura actual*

Ejes	Luz libre	Columna		As existente (1.4CM+1.7CV)		$\Phi R_n \geq R_u$	Carga lateral	$\Phi R_u \geq R_n$
	(m)	b (cm)	d(cm)	(cm <sup>2</sup> )	As calc(cm <sup>2</sup> )		As calc(cm <sup>2</sup> )	
A y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	232.82	No
B y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	316.62	No
C y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	240.19	No
D y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	300.24	No
A y 1	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	232.82	No
A y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	316.62	No
A y 3	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	240.19	No
A y 4	3.25	40	60	<b>38.60</b>	25.04	Ok	300.24	No

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 104***Resumen diseño a flexocompresión módulo I y III – Estructura propuesta*

Ejes	Luz libre (m)	Columna D (m)	As existente (cm <sup>2</sup> )	Carga lateral As calc(cm <sup>2</sup> )	$\Phi R_u \geq R_n$
C y 3	3.2	0.5	<b>36.12</b>	163.86	No
D y 3	3.2	0.5	<b>36.12</b>	152.61	No
E y 3	3.2	0.5	<b>36.12</b>	151.75	No
F y 3	3.2	0.5	<b>36.12</b>	152.61	No
G y 3	3.2	0.5	<b>36.12</b>	163.86	No
C y 2	3.2	0.5	<b>36.12</b>	126.51	No
D y 2	3.2	0.5	<b>36.12</b>	116.42	No
E y 2	3.2	0.5	<b>36.12</b>	114.98	No
F y 2	3.2	0.5	<b>36.12</b>	116.42	No
G y 2	3.2	0.5	<b>36.12</b>	126.51	No

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 105***Resumen diseño a flexocompresión módulo II – Estructura propuesta*

Ejes	Luz libre	Columna		As existente	Carga lateral	$\Phi R_u \geq R_n$
	(m)	b (cm)	d(cm)	(cm <sup>2</sup> )	As calc(cm <sup>2</sup> )	
A y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	60.62	No
B y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	90.20	No
C y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	90.20	No
D y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	60.62	No
A y 1	3.25	40	60	<b>38.60</b>	60.62	No
A y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	90.20	No
A y 3	3.25	40	60	<b>38.60</b>	90.20	No
A y 4	3.25	40	60	<b>38.60</b>	60.62	No

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 106***Resumen diseño a flexocompresión módulo I y III – Espectro reducido*

Ejes	Luz libre	Columna	As existente	<b>Carga lateral</b>	$\Phi R_u \geq R_n$
	(m)	D (cm)	(cm <sup>2</sup> )	As calc(cm <sup>2</sup> )	
C y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	148.45	No
D y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	138.24	No
E y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	137.85	No
F y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	138.24	No
G y 3	3.2	50	<b>36.12</b>	148.45	No
C y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	109.86	No
D y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	101.88	No
E y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	100.80	No
F y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	101.88	No
G y 2	3.2	50	<b>36.12</b>	109.86	No

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 107***Resumen diseño a flexocompresión módulo II – Espectro reducido*

Ejes	Luz libre	Columna		As existente	<b>Carga lateral</b>	$\Phi R_u \geq R_n$
	(m)	b (cm)	d(cm)	(cm <sup>2</sup> )	As calc(cm <sup>2</sup> )	
A y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	33.95	No
B y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	55.85	No
C y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	55.85	No
D y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	33.95	No
A y 1	3.25	40	60	<b>38.60</b>	33.95	No
A y 2	3.25	40	60	<b>38.60</b>	55.85	No
A y 3	3.25	40	60	<b>38.60</b>	55.85	No
A y 4	3.25	40	60	<b>38.60</b>	33.95	No

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.10.2 Diseño a cortante en columnas

**Tabla 108**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columnas circulares*

Geometría		Col circular	Leyenda
Norma E060 Capítulo 11			
D (cm)	=	50	Diámetro de col
d (0.8D) (cm)	=	40.00	Peralte efectivo
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\phi$	=	0.85	Factor de Reducción a corte
$\phi V_c$ (t)	=	13.06	Resistencia nominal del C°
$4\phi V_c$ (t)	=	52.23	Límite de diseño a corte
N° ramas	=	2.00	N° de ramas existentes
$A_{v_{min}}/S'$ (cm <sup>2</sup> /cm)	=	0.04	Área de refuerzo mínimo a Corte
S' (cm)	=	34.08	Esp. Del refuerzo mínimo-2 ramas
Norma E060 Capítulo 21			
Sistemas aporticados			
S conf (cm)	=	8.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	20.00	Esp. fuera de zona de confin.
Sistemas de muros estructurales			
S conf (cm)	=	10.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	30.00	Esp. fuera de zona de confin.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 109**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columnas rectangulares*

Geometría		Col rectangular	Leyenda
Norma E060 Capítulo 11			
b (cm)	=	40	lado menor
d (cm)	=	60	lado mayor
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\phi$	=	0.85	Factor de Reducción a corte
$\phi V_c$ (t)	=	14.10	Resistencia nominal del C°
$4\phi V_c$ (t)	=	56.41	Límite de diseño a corte
N° ramas	=	6.00	N° de ramas existentes
$A_{v_{min}}/S'$ (cm <sup>2</sup> /cm)	=	0.03	Área de refuerzo mínimo a Corte
S' (cm)	=	127.80	Esp. Del refuerzo mínimo-6 ramas
Norma E060 Capítulo 21			
Sistemas aporticados			
S conf (cm)	=	10.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	25.00	Esp. fuera de zona de confin.
Sistemas de muros estructurales			
S conf (cm)	=	10.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	30.00	Esp. fuera de zona de confin.

Fuente: Elaboración propia

$$V_s = (V_u - \phi V_c) / \phi \quad \phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$A_{v\text{mín}}$  en cualquier sistema – el mayor de:

$$A_{v\text{mín}} = 0.2 * \sqrt{f'c} * \frac{b_w * s}{f_y} \quad A_{v\text{mín}} = 3.5 * \frac{b_w * s}{f_y}$$

$A_{v\text{mín}}$  en sistemas aperticados (sección rectangular) – el mayor de:

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s * bc * f'c}{f_{yh}} * \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad A_{sh} = 0.09 \frac{s * bc * f'c}{f_{yh}}$$

$A_{v\text{mín}}$  en sistemas aperticados (sección circular)

$$\rho_s = 0.12 * \frac{f'c}{f_{yt}} \quad s = \frac{a_s * \pi * (d + db_L + db_t)}{A_{ch} * \rho_s}$$

**Tabla 110**

Resumen diseño a cortante en columnas módulo I y III – Estructura actual

Ejes	Luz libre (m)	Columna (1.4CM+1.7CV) D (cm)	Carga lateral		As calculado
			V t-m)	V(t-m)	
B y 3	3.2	50	2.43	34.80	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
C y 3	3.2	50	3.46	43.17	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25
D y 3	3.2	50	3.36	41.12	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25
E y 3	3.2	50	3.33	41.17	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25
F y 3	3.2	50	3.36	41.12	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25
G y 3	3.2	50	3.46	43.17	1Ø3/8"@5,8 Ø3/8"@6.5, rto a 25
H y 3	3.2	50	2.43	34.80	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
B y 2	3.2	50	2.86	31.78	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
C y 2	3.2	50	4.73	36.11	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
D y 2	3.2	50	4.50	34.89	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
E y 2	3.2	50	4.47	34.85	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
F y 2	3.2	50	4.50	34.89	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
G y 2	3.2	50	4.73	36.11	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25
H y 2	3.2	50	2.86	31.78	1Ø3/8"@5,7 Ø3/8"@8, rto a 25

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 111***Resumen diseño a cortante en columnas módulo II – Estructura actual*

Ejes	Luz libre	Columna		(1.4CM+1.7CV)		Carga lateral	As calculado
	(m)	b (cm)	d(cm)	V (t-m)	V(t-m)		
A y 2	3.25	40	60	3.10	32.00	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
B y 2	3.25	40	60	5.31	23.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
C y 2	3.25	40	60	5.18	26.59	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
D y 2	3.25	40	60	3.17	21.81	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
A y 1	3.25	40	60	3.10	32.00	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
A y 2	3.25	40	60	5.31	23.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
A y 3	3.25	40	60	5.18	26.59	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	
A y 4	3.25	40	60	3.17	21.81	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 112***Resumen diseño a cortante en columnas módulo I y III – Estructura propuesta*

Ejes	Luz libre	Columna	Carga lateral		As calculado
	(m)	D (m)	V(t-m)	(cm <sup>2</sup> )	
C y 3	3.2	0.5	36.42	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
D y 3	3.2	0.5	35.39	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
E y 3	3.2	0.5	35.39	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
F y 3	3.2	0.5	35.39	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
G y 3	3.2	0.5	36.42	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
C y 2	3.2	0.5	30.71	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
D y 2	3.2	0.5	29.51	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
E y 2	3.2	0.5	29.21	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
F y 2	3.2	0.5	29.51	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	
G y 2	3.2	0.5	30.71	1Ø3/8"@5, 5 @10, rto@25	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 113***Resumen diseño a cortante en columnas módulo II – Estructura propuesta*

Ejes	Luz libre	Columna		Carga lateral	As calculado
	(m)	b (cm)	d(cm)	V(t-m)	
A y 2	3.25	40	60	19.49	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
B y 2	3.25	40	60	24.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
C y 2	3.25	40	60	24.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
D y 2	3.25	40	60	19.49	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 1	3.25	40	60	19.49	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 2	3.25	40	60	24.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 3	3.25	40	60	24.22	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 4	3.25	40	60	19.49	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 114***Resumen diseño a cortante en columnas módulo I y III – Espectro reducido*

Ejes	Luz libre (m)	Columna		Carga lateral	As calculado
		D (m)	V(t-m)	(cm <sup>2</sup> )	
C y 3	3.2	0.5	33.66	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
D y 3	3.2	0.5	32.50	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
E y 3	3.2	0.5	32.52	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
F y 3	3.2	0.5	32.50	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
G y 3	3.2	0.5	33.66	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
C y 2	3.2	0.5	27.17	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
D y 2	3.2	0.5	26.09	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
E y 2	3.2	0.5	25.91	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
F y 2	3.2	0.5	26.09	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	
G y 2	3.2	0.5	27.17	1Ø3/8"@5, 5 @10cm, rto@25cm	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 115***Resumen diseño a cortante en columnas módulo II – Espectro reducido*

Ejes	Luz libre (m)	Columna		Carga lateral	As calculado
		b (cm)	d(cm)	V(t-m)	(cm <sup>2</sup> )
A y 2	3.25	40	60	16.02	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
B y 2	3.25	40	60	21.51	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
C y 2	3.25	40	60	21.51	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
D y 2	3.25	40	60	16.02	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 1	3.25	40	60	16.02	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 2	3.25	40	60	21.51	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 3	3.25	40	60	21.51	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25
A y 4	3.25	40	60	16.02	1Ø3/8"@5, 6Ø3/8"@10, rto @25

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.11 Reforzamiento de columnas

##### 4.4.11.1 Encamisado en flexocompresión

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del Concreto
$f_y$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del Acero

**Tabla 116**

*Geometría, condiciones y límite de diseño a flexocompresión – Columna circular reforzada*

Geometría		Col rectangular	Leyenda
b (cm)	=	60	base de columna
h (cm)	=	80	peralte de columna
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\rho_{min}$	=	1%	Cuantía mínima de acero
$\rho_{max}$	=	6%	Cuantía máxima de acero
$As_{min}$ (cm <sup>2</sup> )	=	48.00	Área de acero mínimo
$As_{max}$ (cm <sup>2</sup> )	=	288.00	Área de acero máximo
$\phi$	=	0.70	Factor de Reducción a Comp.

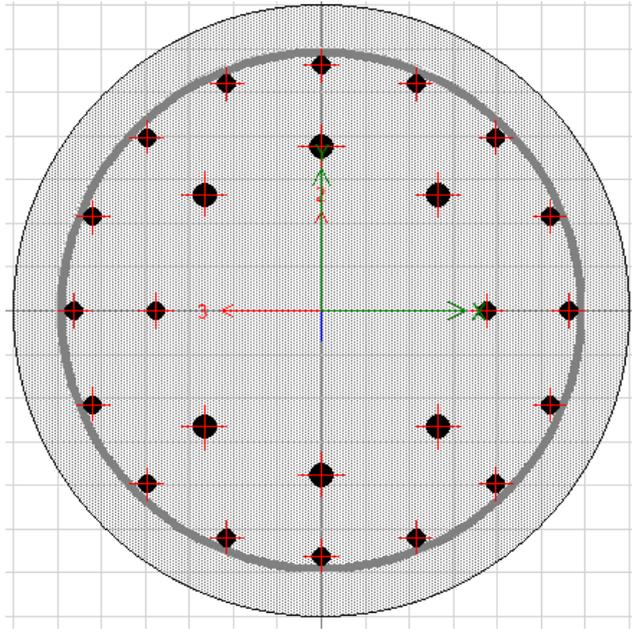
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 117**

*Geometría, condiciones y límite de diseño a flexocompresión – Columna rectangular reforzada*

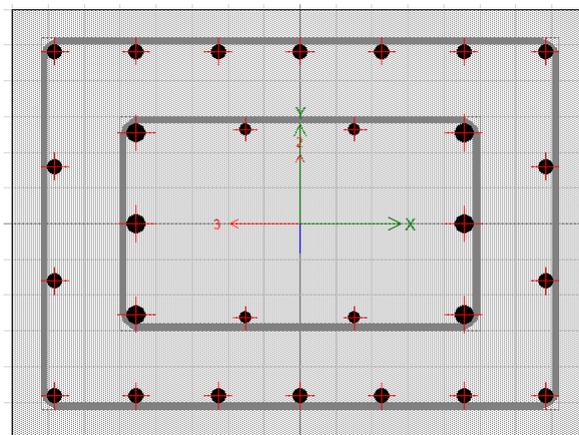
Geometría		Col circular	Leyenda
D (cm)	=	70	Diámetro de col
d (0.8D) (cm)	=	56.00	Peralte efectivo
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\rho_{min}$	=	1%	Cuantía mínima de acero
$\rho_{max}$	=	6%	Cuantía máxima de acero
$As_{min}$ (cm <sup>2</sup> )	=	38.48	Área de acero mínimo
$As_{max}$ (cm <sup>2</sup> )	=	230.91	Área de acero máximo
$\phi$	=	0.75	Factor de Reducción a Comp.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 86:** Sección de diseño – Sección circular reforzada – Etabs 2018

Fuente: Elaboración propia



**Figura 87:** Sección de diseño – Sección rectangular reforzada – Etabs 2018

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.1 Verificación por cortante

**Tabla 118**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columna circular reforzada*

Geometría		Col circular	Leyenda
Norma E060 Capítulo 11			
D (cm)	=	70	Diámetro de col
d (0.8D) (cm)	=	56.00	Peralte efectivo
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\phi$	=	0.85	Factor de Reducción a corte
$\phi V_c$ (t)	=	25.59	Resistencia nominal del C°
4 $\phi V_c$ (t)	=	102.36	Límite de diseño a corte
N°ramas	=	2.00	N° de ramas existentes
$A_{v_{min}}/S'$ (cm <sup>2</sup> /cm)	=	0.06	Área de refuerzo mínimo a Corte
S' (cm)	=	24.34	Esp. Del refuerzo mínimo-2 ramas
Norma E060 Capítulo 21			
Sistemas de muros estructurales			
S conf (cm)	=	10.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	30.00	Esp. fuera de zona de confin.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 119**

*Geometría, condiciones y límites de diseño a cortante en columna rectangular reforzada*

Geometría		Col rectangular	Leyenda
Norma E060 Capítulo 11			
b (cm)	=	60	lado menor
d (cm)	=	80	lado mayor
r (cm)	=	4	Recubrimiento
$\phi$	=	0.85	Factor de Reducción a corte
$\phi V_c$ (t)	=	28.99	Resistencia nominal del C°
4 $\phi V_c$ (t)	=	115.94	Límite de diseño a corte
N°ramas	=	4.00	N° de ramas existentes
$A_{v_{min}}/S'$ (cm <sup>2</sup> /cm)	=	0.05	Área de refuerzo mínimo a Corte
S' (cm)	=	56.80	Esp. Del refuerzo mínimo-6 ramas
Norma E060 Capítulo 21			
Sistemas aperticados			
S conf (cm)	=	10.00	Esp. en zona de confinamiento
S f.conf (cm)	=	25.00	Esp. fuera de zona de confin.

Fuente: Elaboración propia

$$V_s = (V_u - \phi V_c) / \phi \quad \phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$A_{v\text{mín}}$  en cualquier sistema – el mayor de:

$$A_{v\text{mín}} = 0.2 * \sqrt{f'c} * \frac{b_w * s}{f_y} \quad A_{v\text{mín}} = 3.5 * \frac{b_w * s}{f_y}$$

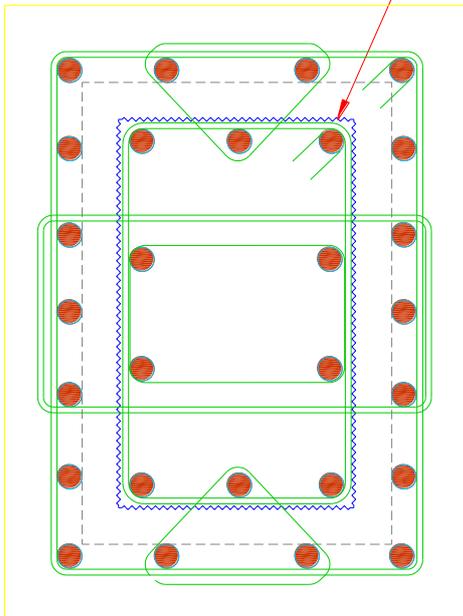
$A_{v\text{mín}}$  en sistemas aperticados (sección rectangular) – el mayor de:

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s * bc * f'c}{f_{yh}} * \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad A_{sh} = 0.09 \frac{s * bc * f'c}{f_{yh}}$$

$A_{v\text{mín}}$  en sistemas aperticados (sección circular)

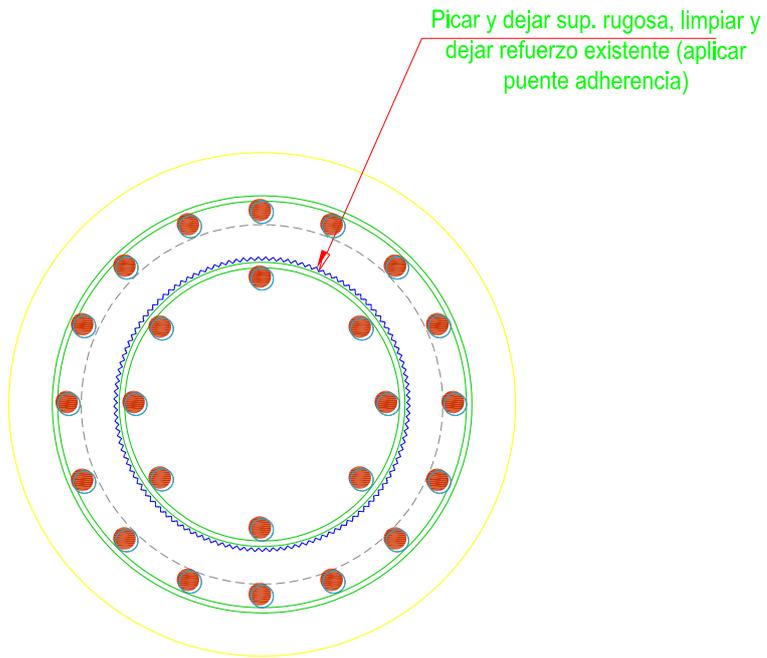
$$\rho_s = 0.12 * \frac{f'c}{f_{yt}} \quad s = \frac{a_s * \pi * (d + db_L + db_t)}{A_{ch} * \rho_s}$$

Picar y dejar sup. rugosa, limpiar y dejar refuerzo existente (aplicar puente adherencia)



**Figura 88:** Sección reforzada – Columna rectangular

Fuente: Elaboración propia



**Figura 89:** Sección reforzada – Columna circular

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.12 Cálculo y diseño del disipador de fluido viscoso

La norma E030 en el artículo 20 indica que para sistemas de disipación de energía tomemos en cuenta la normativa establecida en la norma ASCE 7-10, en esta se indica que para disipadores de fluido viscoso se podrá realizar un análisis no lineal del tipo tiempo – historia en la que se considere el comportamiento histerético de estos, adicionalmente a eso también se menciona que se podrá considerar como máximo un amortiguamiento total del 35% es decir 30% de amortiguamiento viscoso y 5% de amortiguamiento inherente, por otro lado la fuerza sísmica de diseño para los elementos estructurales puede ser reducida en un 25% como máximo al utilizar un análisis estático o dinámico modal espectral lineal, la idea de usar un análisis no lineal tiempo historia en los disipadores de fluido viscoso es que solo estos incurrieren en el rango no lineal y los elementos estructurales de concreto armado estén en el rango elástico.

##### 4.4.12.1 Propiedades del disipador de fluido viscoso – Módulo I y III – Eje X

###### 1. Factor de reducción de respuesta (B)

$$D_{\text{máx}} = 0.02021 \quad \text{Distorsión máxima del análisis T-H}$$

$$D_{\text{objetivo}} = 0.00875 \quad \text{Distorsión límite}$$

$$B = 2.310 \quad B = \frac{D_{\text{máx}}}{D_{\text{objetivo}}}$$

###### 2. Amortiguamiento efectivo de la estructura ( $\beta_{\text{eff}}$ )

$$\beta_{\text{eff}} = 48.99\% \quad \text{Amortiguamiento efectivo de la estructura}$$

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})} \quad \beta_{\text{eff}} = e^{\left[ \frac{2.31 - 2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{0.41} \right]}$$

###### 3.0 Amortiguamiento Viscoso de la estructura ( $B_h$ )

$$B'_h = 43.99\% \quad \text{Amortiguamiento viscoso de la estructura}$$

$$B'_h = \beta_{\text{eff}} - \beta_0$$

###### 4. Cálculo del coeficiente de amortiguamiento "C"

$$\beta_0 = 5.00\% \quad \text{Amortiguamiento inherente de la estructura}$$

$$B_h = 25.00\% \quad \text{Amortiguamiento viscoso}$$

$$B_m D = 1.65 \quad \text{Factor de reducción de respuesta}$$

$$T = 0.7050 \text{ s} \quad \text{Periodo fundamental en la dirección analizada}$$

$$\alpha = 0.5 \quad \text{Coef. que define la reacción del dispositivo ante los impactos de velocidad.}$$

$$S_a = 0.45 \quad \text{Valor de pseudoaceleración}$$

$$\Gamma_i = 1.3924 \text{ m} \quad \text{Parámetro Gamma}$$

$$A = 0.0665 \text{ m} \quad \text{Amplitud del desplaz. del modo fundamental}$$

$\lambda$	=	3.49607674	Parámetro de lambda - tabla 1
f	=	1.418	Frecuencia
$\omega$	=	8.912	Frecuencia angular

$$A = \frac{g * \Gamma i * Sa * T}{4 * \beta m D * \pi^2} \quad \lambda = \frac{2^{2+\alpha} * \Gamma^2 * (1 + \frac{\alpha}{2})}{\Gamma * (2 + \alpha)} \quad \Gamma i = \frac{\sum masa * \phi}{\sum m_i * \phi_i^2}$$

**Tabla 120**

*Parámetros de diseño para el coeficiente de amortiguamiento*

Nivel	Masa (t)	Desplaz $\phi$ (cm)	$\theta$	$\cos(\theta)$	$\phi_j^{(1+\alpha)} * \cos(\theta_j)^{(1+\alpha)}$	$m_i * \phi_i^2$	Masa x $\phi$
1	45.35	0.1389	35.42	0.815	0.03808	0.87	6.298
2	45.51	0.3611	29.05	0.874	0.08562	5.93	16.434
3	45.51	0.5833	29.05	0.874	0.08562	15.49	26.547
4	45.51	0.8056	29.05	0.874	0.08562	29.53	36.660
5	35.11	1.0000	29.05	0.874	0.07008	35.11	35.105
$\Sigma$				=	0.36503	86.93	121.04

Fuente: Elaboración propia

$\Sigma C_j$	=	734.29	Coficiente de amortiguamiento
NºD	=	4	Número de disipadores a utilizar por nivel
$C_j'$	=	183.57 t.s/m	coef calc. de amort. para cada disipador
$C_j$	=	200.00 t.s/m	coef asumido de amort. para cada disipador

$$\Sigma C_j = \frac{\beta_h * 2\pi * A^{1-\alpha} * \omega^{2-\alpha} * (\Sigma_i m_i * \phi_i^2)}{\lambda * [\Sigma \phi_{rj}^{1+\alpha} * \cos(\theta_j)^{1+\alpha}]}$$

### 5. Cálculo de la rigidez

**Tabla 121**

*Propiedades del perfil tubular*

b (cm)	e (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	$E_{acero}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
20.00	0.80	61.44	2000000.00

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 122***Rigidez del perfil metálico por niveles*

Nivel	L (m)	K=EA/L (t/m <sup>2</sup> )
1	5.26	23361.217
2	5.04	24380.952
3	5.04	24380.952
4	5.04	24380.952
5	5.04	24380.952

Fuente: Elaboración propia

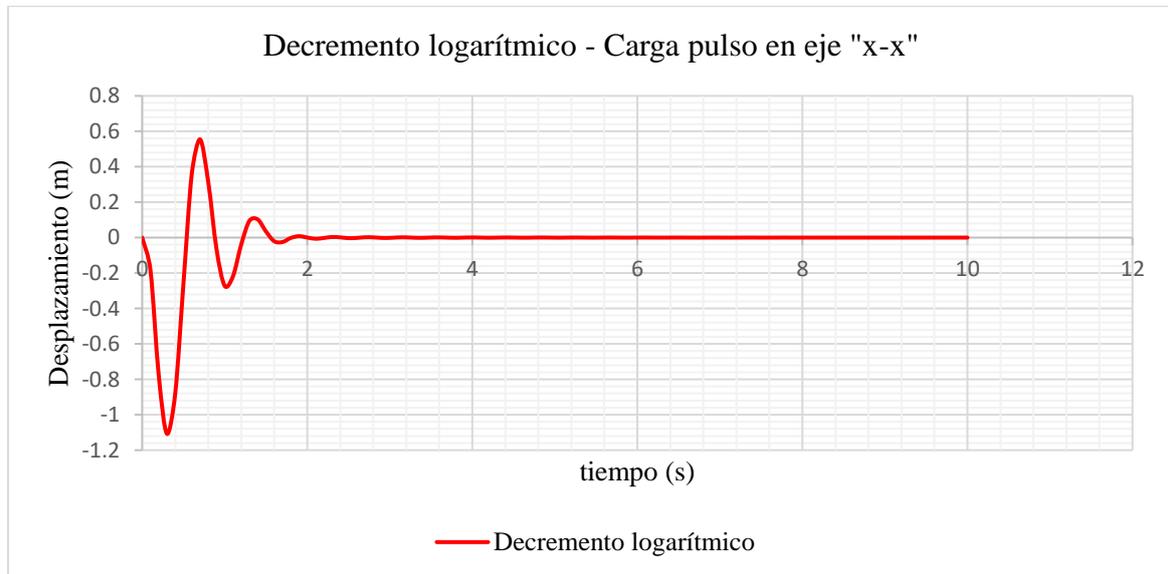
## 6. Resumen

**Tabla 123***Resumen de las propiedades del disipador de fluido viscoso por nivel*

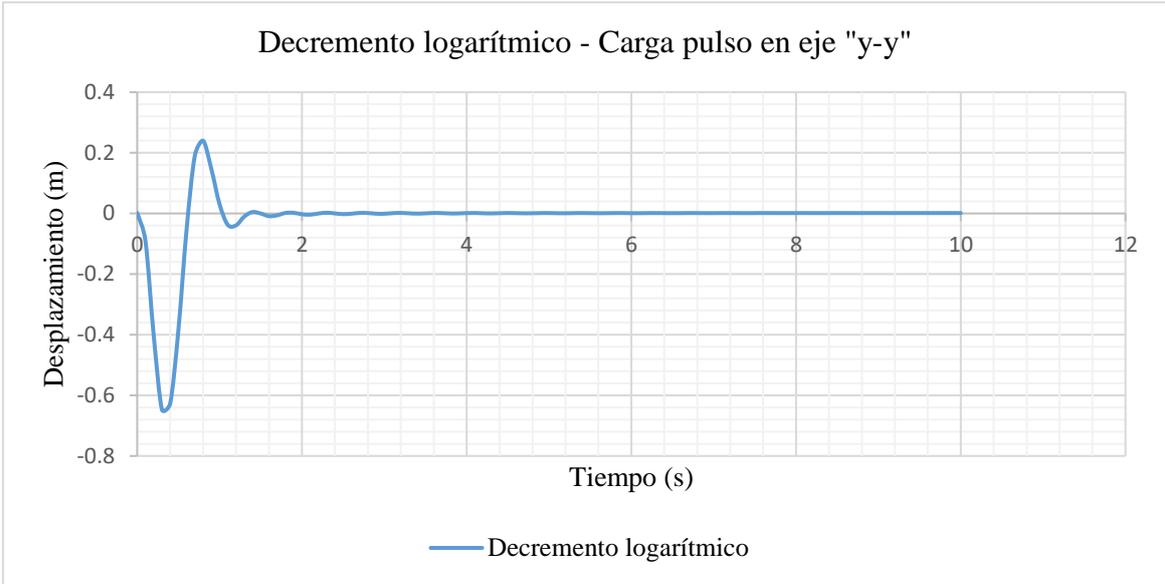
Nivel	C <sub>j</sub> (t.s/m)	K (t)	B <sub>h</sub>	α
1	210	23361.22	0.25	0.50
2	210	24380.95	0.25	0.50
3	210	24380.95	0.25	0.50
4	210	24380.95	0.25	0.50
5	210	24380.95	0.25	0.50

Fuente: Elaboración propia

## 4.4.12.2 Amortiguamiento viscoso

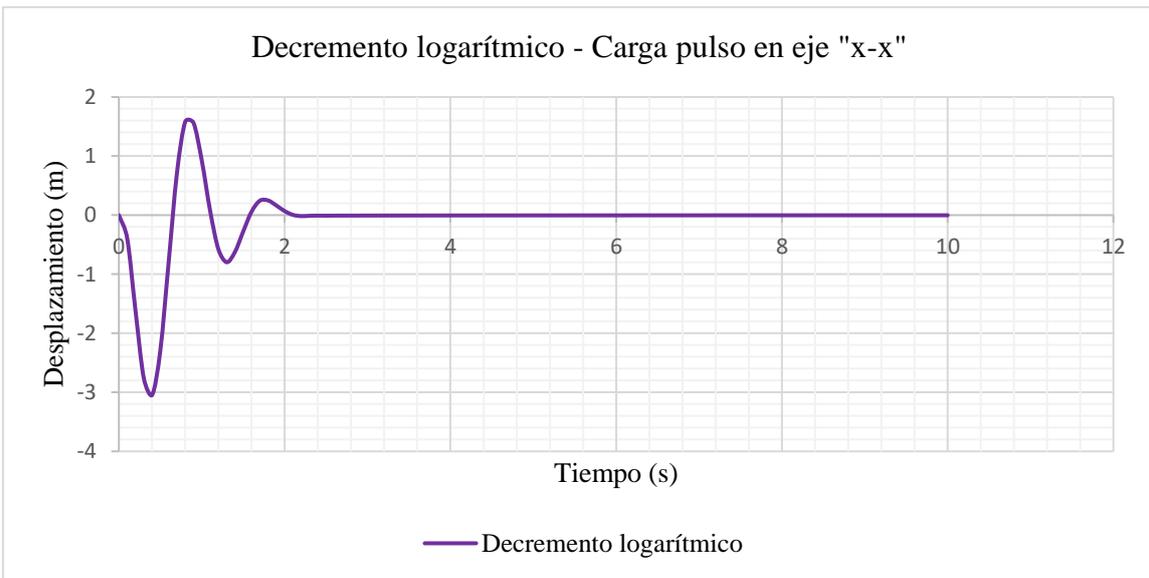
**Figura 90:** Decremento logarítmico – Módulo I y III – Eje x

Fuente: Elaboración propia



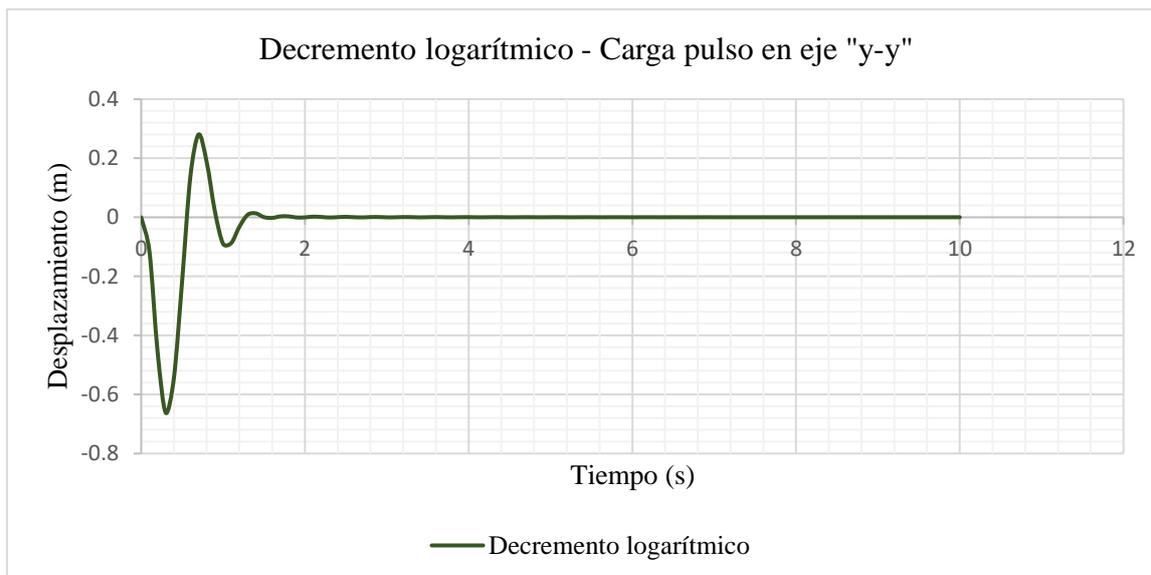
**Figura 91:** Decremento logarítmico – Módulo I y III – Eje y

Fuente: Elaboración propia



**Figura 92:** Decremento logarítmico – Módulo II – Eje x

Fuente: Elaboración propia



**Figura 93:** Decremento logarítmico – Módulo II – Eje y

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 124**

*Amortiguamiento viscoso en X – Módulo I y III*

Vibración Libre		F=(8N/m)	F=(10N/m)	F=12 (N/m)
Número de ciclos	INGRESE n :	3	3	3
Primer ciclo	INGRESE X1 :	0.257200	0.354900	0.456400
Ciclo "n"	INGRESE X2 :	0.003833	0.004068	0.00535
Decremento logaritmico	$\delta = \ln (X1 / X2) :$	4.2062	4.4687	4.4463
Amortiguamiento efectivo	$\zeta =$	21.78%	23.07%	22.96%
Amortiguamiento viscoso	$\beta =$	<b>16.78%</b>	<b>18.07%</b>	<b>17.96%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 125**

*Amortiguamiento viscoso en Y – Módulo I y III*

Vibración Libre		F=(6.5 N/m)	F=(8N/m)	F=10 (N/m)
Número de ciclos	INGRESE n :	3	3	3
Primer ciclo	INGRESE Y1 :	0.237800	0.338600	0.482400
Ciclo "n"	INGRESE Y2 :	0.00309	0.00298	0.005
Decremento logaritmico	$\delta = \ln (Y1 / Y2) :$	4.3433	4.7329	4.5693
Amortiguamiento efectivo	$\zeta =$	22.45%	24.35%	23.56%
Amortiguamiento viscoso	$\beta =$	<b>17.45%</b>	<b>19.35%</b>	<b>18.56%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 126***Amortiguamiento viscoso en X – Módulo II*

Vibración Libre		F=(25N/m)	F=(27N/m)	F=(30N/m)
Número de ciclos	INGRESE n :	1	1	1
Primer ciclo	INGRESE X1 :	1.580300	1.737000	2.000000
Ciclo "n"	INGRESE X2 :	0.249	0.3114	0.4077
Decremento logaritmico	$\delta = \ln (X1 / X2) :$	1.8479	1.7188	1.5904
Amortiguamiento efectivo	$\zeta =$	28.22%	26.39%	24.54%
Amortiguamiento viscoso	$\beta =$	<b>23.22%</b>	<b>21.39%</b>	<b>19.54%</b>

Fuente: Elaboración propia

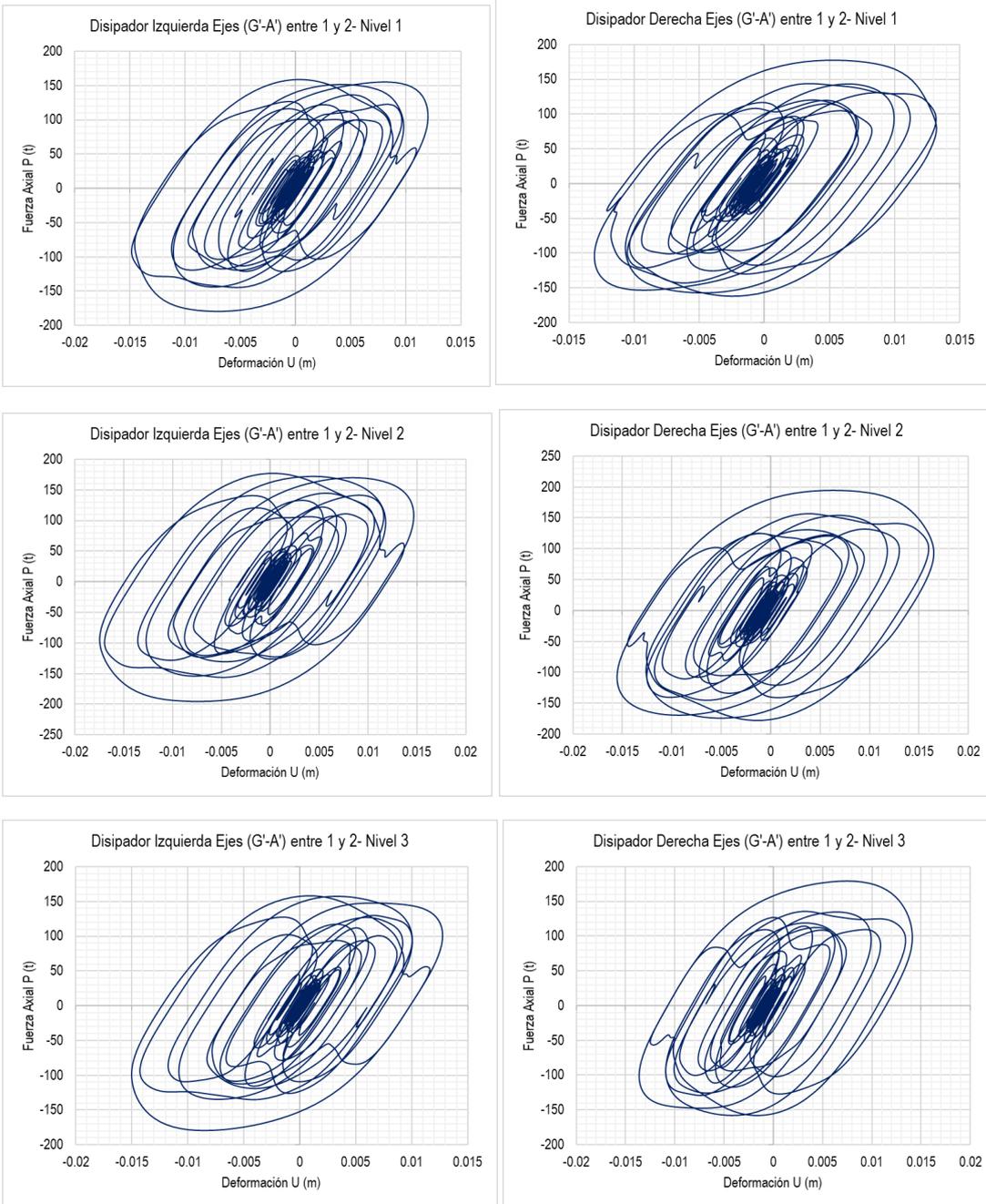
**Tabla 127***Amortiguamiento viscoso en Y – Módulo II*

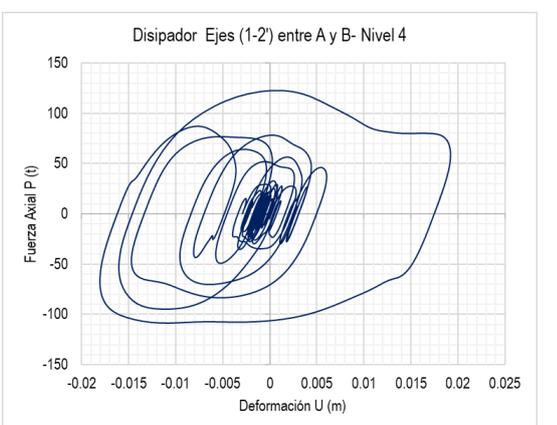
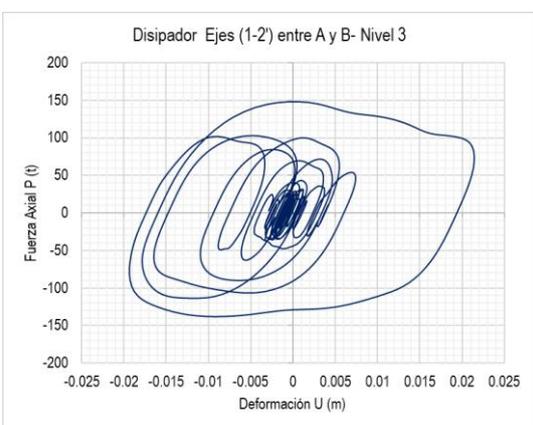
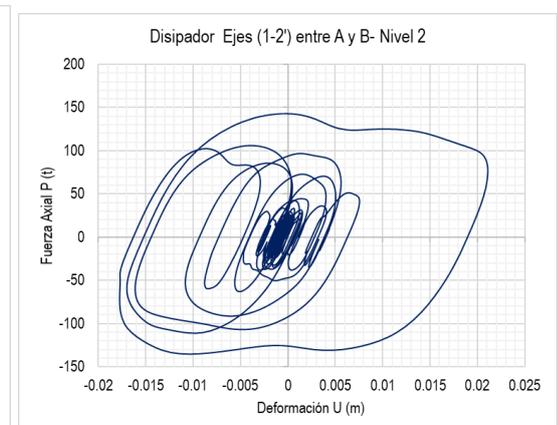
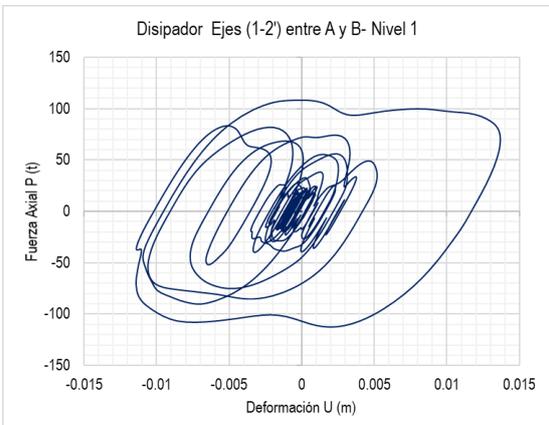
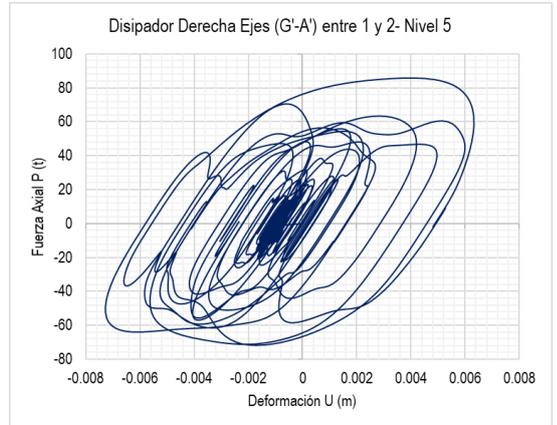
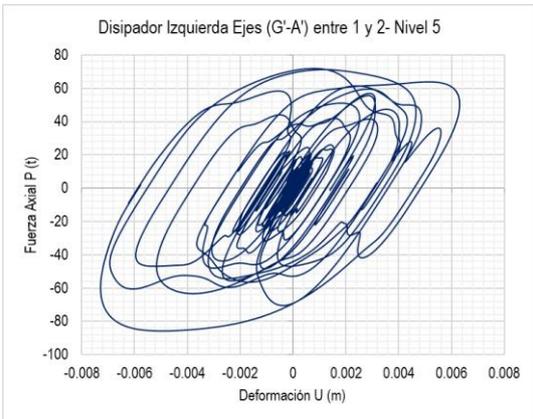
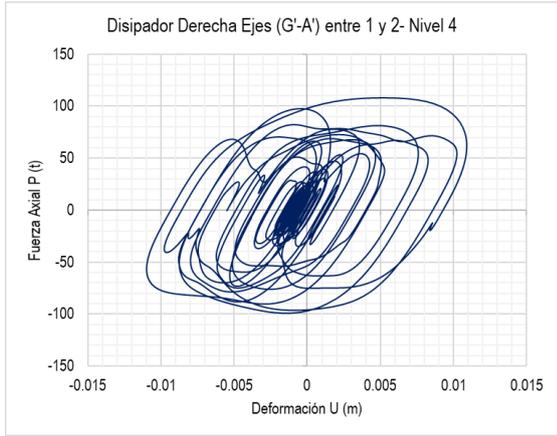
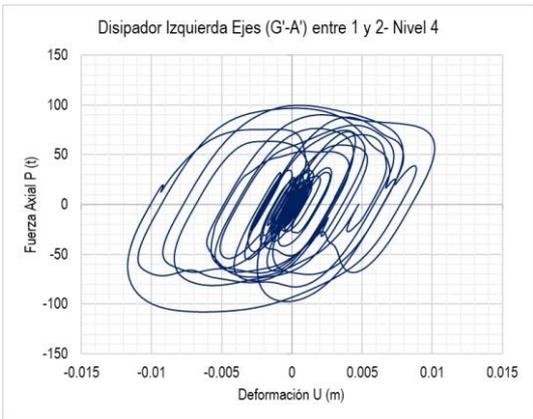
Vibración Libre		F=(7N/m)	F=(8N/m)	F=(9N/m)
Número de ciclos	INGRESE n :	3	3	3
Primer ciclo	INGRESE Y1 :	0.227300	0.280400	0.335300
Ciclo "n"	INGRESE Y2 :	0.001	0.00228	0.003
Decremento logaritmico	$\delta = \ln (Y1 / Y2) :$	5.4263	4.8120	4.7164
Amortiguamiento efectivo	$\zeta =$	27.66%	24.74%	24.27%
Amortiguamiento viscoso	$\beta =$	<b>22.66%</b>	<b>19.74%</b>	<b>19.27%</b>

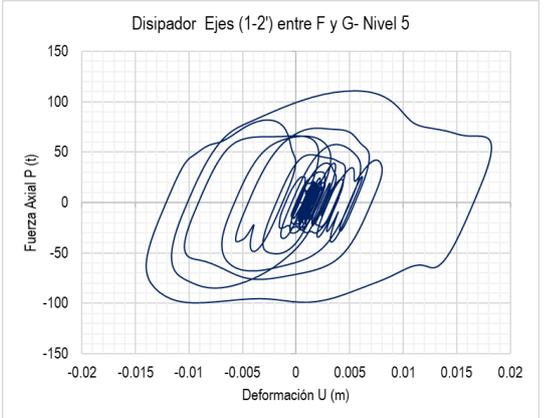
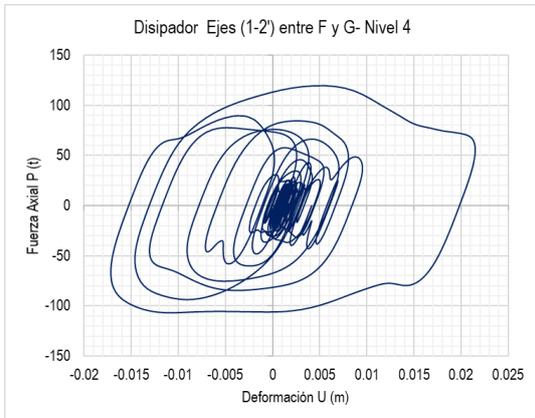
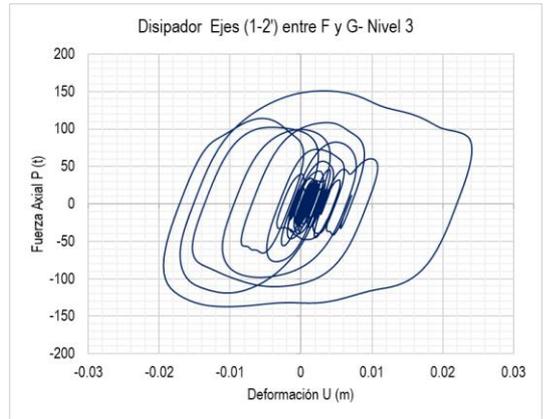
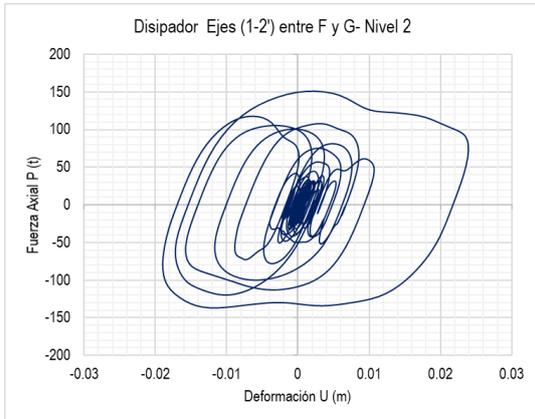
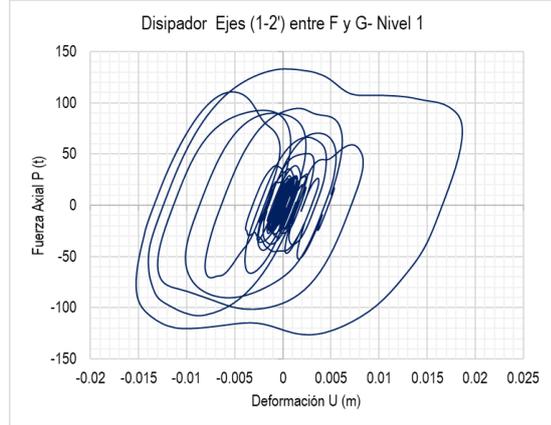
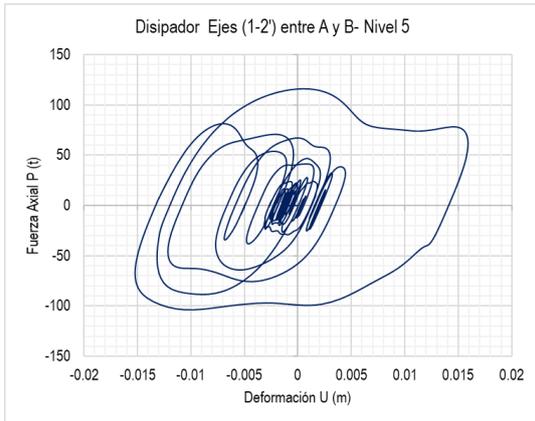
Fuente: Elaboración propia

### 4.4.12.3 Comportamiento histerético

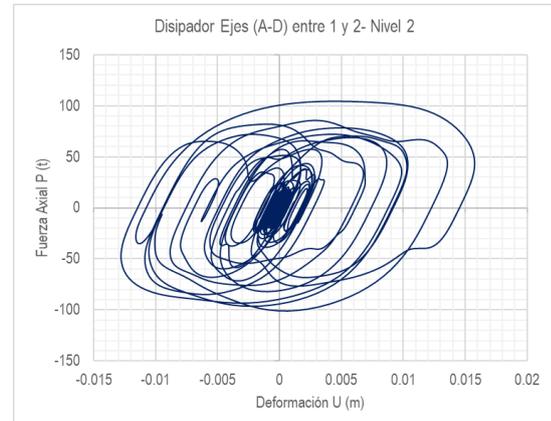
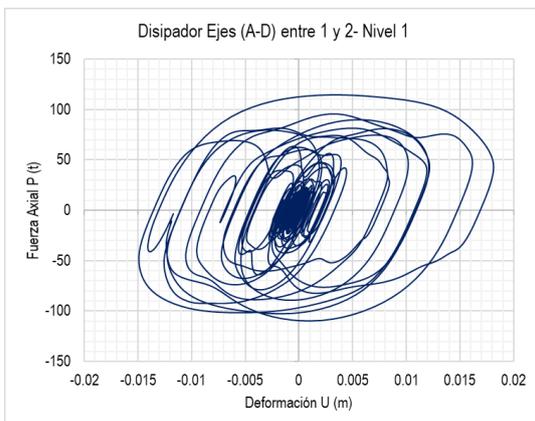
#### 4.4.12.3.1 Módulo I y III

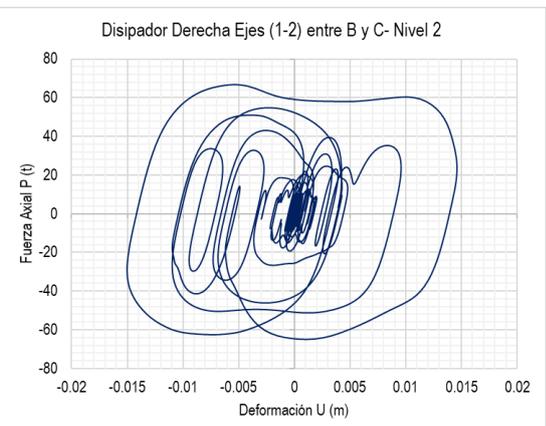
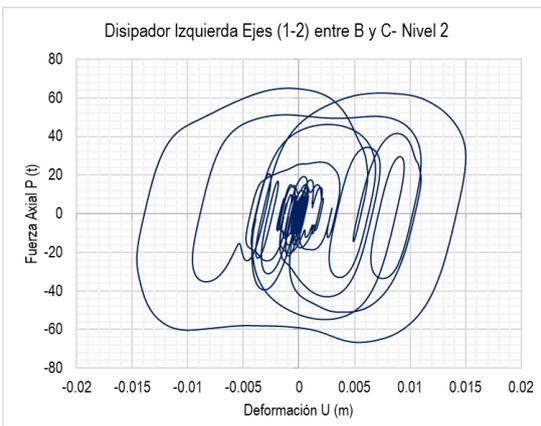
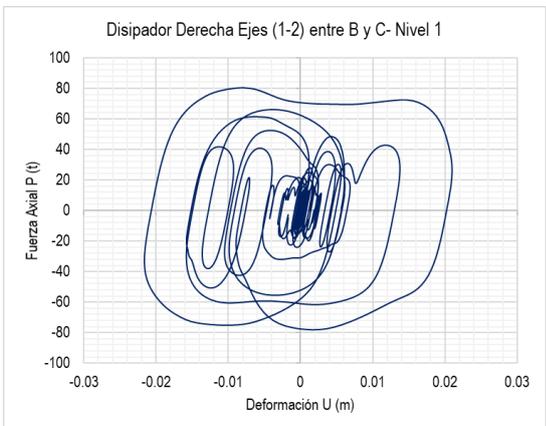
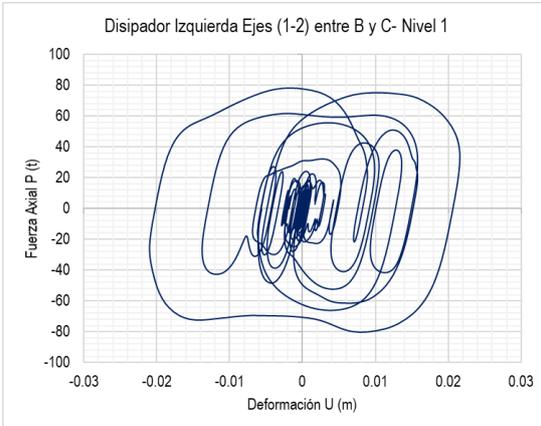
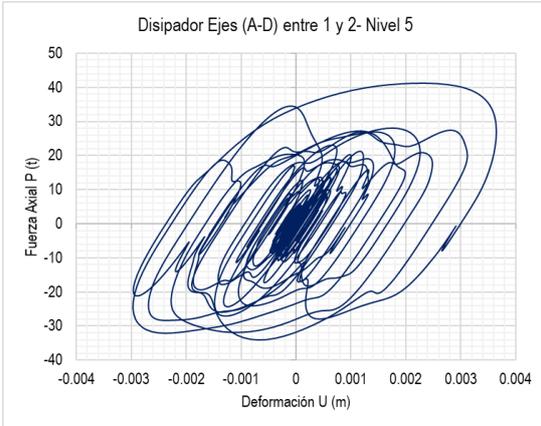
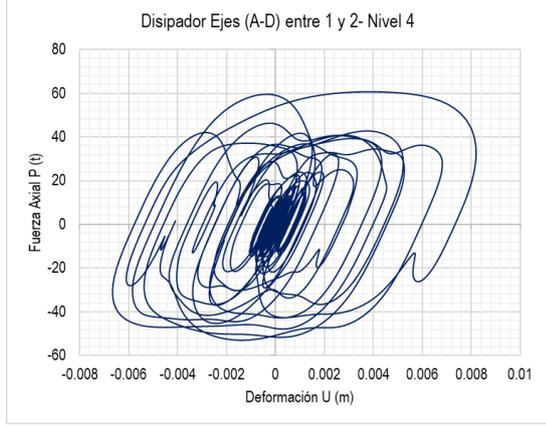
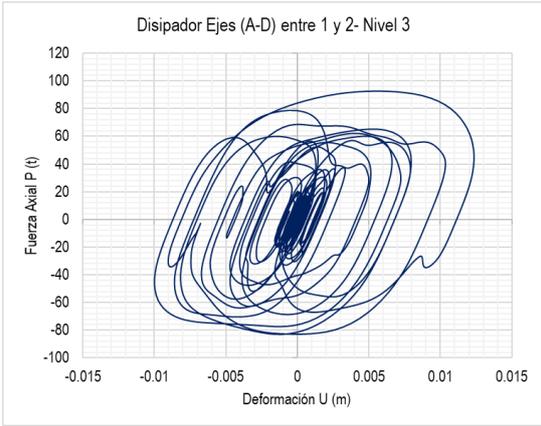


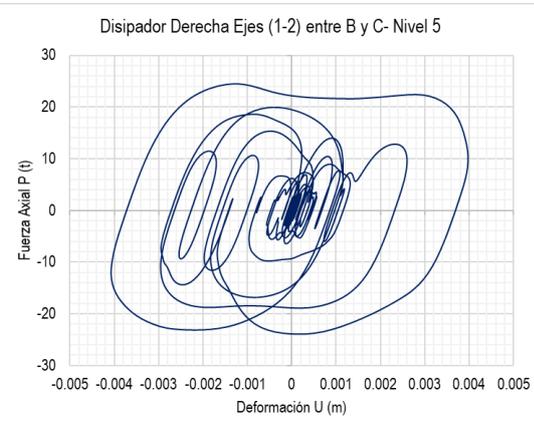
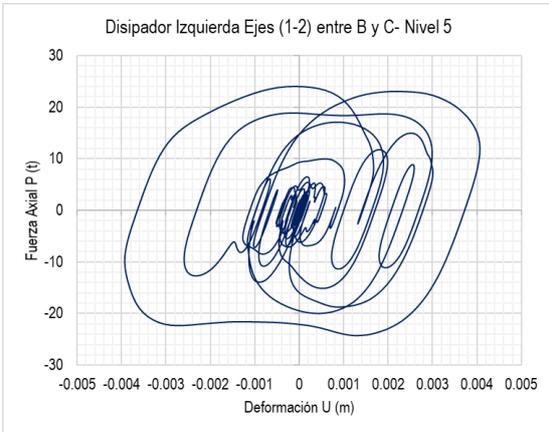
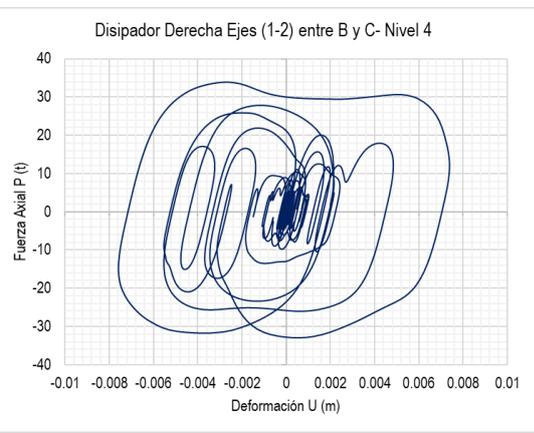
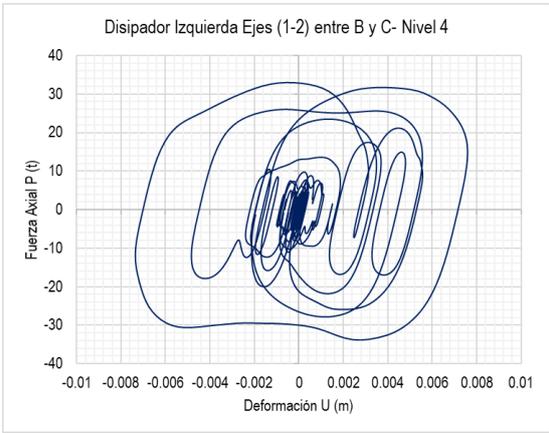
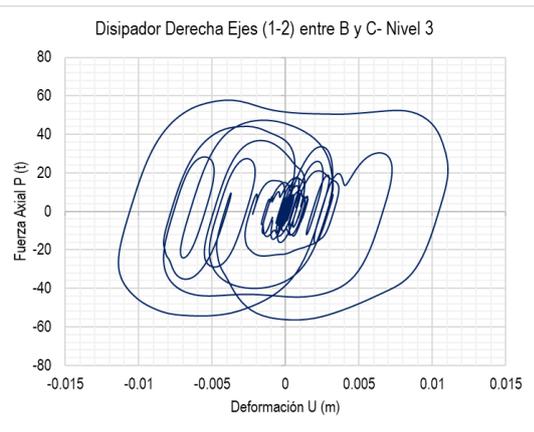
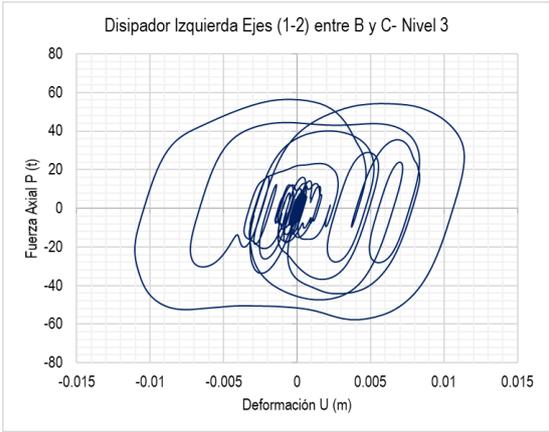




#### 4.4.12.3.2 Módulo II

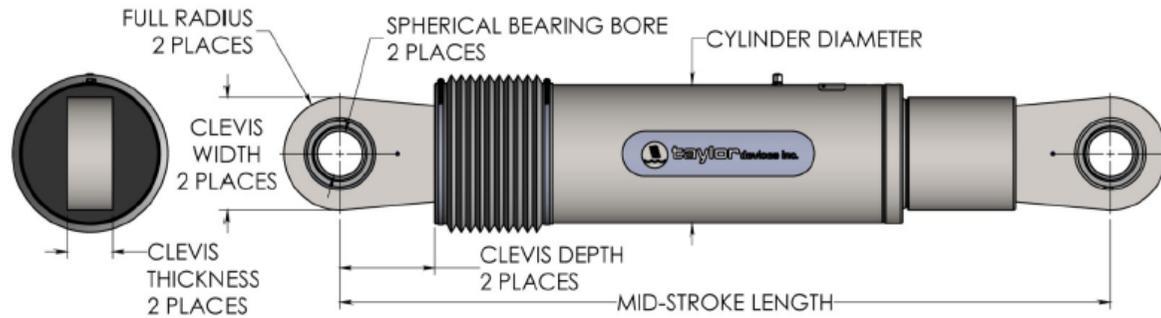








#### 4.4.12.4 Elección del disipador de fluido viscoso

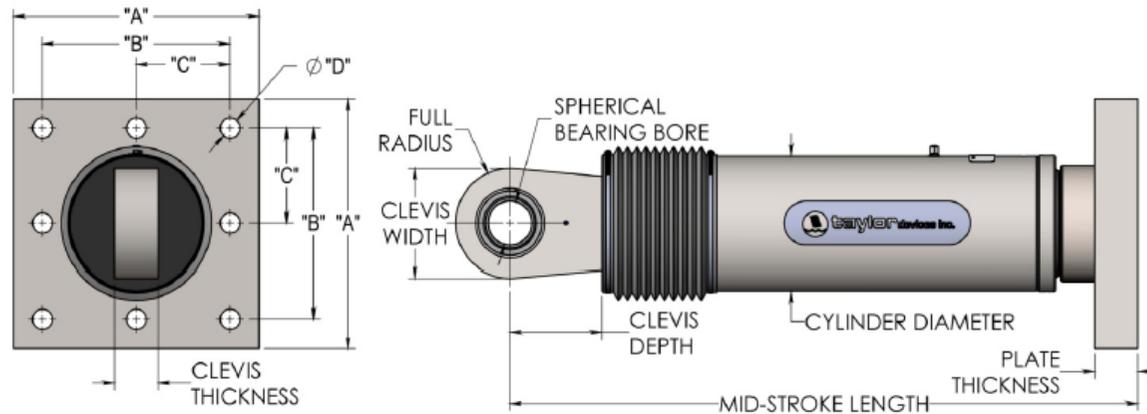


NOTE:  
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE FROM  $\pm 50$  TO  $\pm 900$ mm  
FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER  
THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE  
FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES  
THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER  $\pm 1$  mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000 kN  $\pm 100$ mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm  
1000kN  $\pm 150$ mm STROKE,  $150-100=50$ ,  $50 \times 5=250$   
 $1048+250= 1298$ mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS  
DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR  
DEVICES FOR STROKE OVER  $\pm 300$ mm AND/OR FOR FORCE  
CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

**Figura 94:** Configuración Horquilla - Horquilla



NOTE:  
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM  $\pm 50$  TO  $\pm 900$  mm.  
FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER  
THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE  
FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES  
THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER  $\pm 1$  mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000kN  $\pm 100$ mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm  
1000 kN  $\pm 150$  mm STROKE,  $150-100= 50$ ,  $50 \times 5=250$   
 $1048+250 = 1298$  mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS  
DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR  
DEVICES FOR STROKE OVER  $\pm 300$  mm AND/OR FOR FORCE  
CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

**Figura 95:** Configuración Horquilla – Placa base

Fuente: Taylor Devices (2021)

**Tabla 128***Catálogo de medidas de disipador en configuración Horquilla - Horquilla*

FORCE (KIP)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	BEARING BORE DIAMETER (IN)	MID-STROKE LENGTH (IN)	STROKE (IN)	CLEVIS THICKNESS (IN)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (IN)	CLEVIS DEPTH (IN)	BEARING THICKNESS (IN)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (IN)	WEIGHT (LB)	"A" (IN)	"B" (IN)	"C" (IN)	"D" (IN)	PLATE THICKNESS (IN)
55	17120	1.50	31.00	±3	1.67	4	3.25	1.31	4½	100	7.00±.12	5.00±.01	†	0.81±.01	1.50±.03
110	17130	2.00	39.25	±4	2.16	5	4.00	1.75	5¾	215	11.12±.12	8.00±.01	†	1.25±.01	1.50±.03
165	17140	2.25	40.00	±4	2.31	6	5.10	1.97	7¼	370	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
220	17150	2.75	41.25	±4	2.78	7¼	5.88	2.40	8¾	560	16.50±.12	12.50±.01	6.25±.01	1.25±.01	3.00±.06
330	17160	3.00	43.50	±4	3.03	8	6.38	2.62	9½	675	17.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.01	3.00±.06
440	17170	3.50	53.00	±5	3.56	9	7.50	3.06	11¼	1100	18.00±.12	13.50±.01	6.75±.01	1.50±.01	4.00±.06
675	17180	4.00	56.75	±5	4.60	11¼	8.00	3.50	13¾	1750	20.00±.12	16.00±.01	8.00±.01	1.63±.01	4.00±.06
900	17190	5.00	64.75	±5	5.56	12¾	10.75	4.38	16¾	2400	**	**	**	**	**
1450	17200	6.00	69.00	±5	6.06	13¾	12.00	4.75	20¾	4250	**	**	**	**	**
1800	17210	7.00	73.50	±5	7.00	16¾	12.50	5.25	22¾	5775	**	**	**	**	**

Fuente: Taylor Devices (2021)

**Tabla 129***Catálogo de medidas de disipador en configuración Horquilla – Placa base*

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID- STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)
250	17120	38.10	867	±75	43	33	100	83	114	41
500	17130	50.80	1067	±100	55	44	127	102	150	82
750	17140	57.15	1194	±100	59	50	155	129	184	136
1000	17150	69.85	1238	±100	71	61	185	150	210	193
1500	17160	76.20	1315	±100	77	67	205	162	241	250
2000	17170	88.90	1575	±125	91	78	235	191	285	408
3000	17180	101.60	1575	±125	142/117*	89	325/286*	210	350	705
4000	17190	127.00	1880	±125	142	111	325	210	425	1202
6500	17200	152.40	2134	±125	154	121	350	305	515	1860
8000	17210	177.80	2242	±125	178	135	415	317	565	2495

Fuente: Taylor Devices (2021)

#### 4.4.12.5 Diseño del brazo metálico

##### Acero ASTM A500

F <sub>y</sub>	=	<b>3,100.00</b>	kg/cm <sup>2</sup>	Tensión mínima
F <sub>u</sub>	=	<b>4,078.00</b>	kg/cm <sup>2</sup>	Tensión última
E	=	<b>2,100,000.00</b>	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad
K	=	<b>1.00</b>		Factor de Longitud efectiva
Φ <sub>c</sub>	=	<b>0.90</b>		Factor de resistencia por compresión
Φ <sub>t</sub>	=	<b>0.90</b>		Factor de resistencia por tracción por fluencia
Φ' <sub>t</sub>	=	<b>0.75</b>		Factor de resistencia por tracción por rotura

**Tabla 130**

*Secciones de acero tubular cuadrado*

	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm)														
		1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0				
CUADRADO L.E.	25	1.12	1.33	1.47	1.81											
	30		1.62	1.79												
	38		2.07	2.29	2.83	3.36										
	40		2.18	2.41	2.99	3.55										
	50		2.75	3.04	3.77	4.49			6.57	8.53						
	75			4.61	5.73	6.84	9.03	10.10	13.24							
	80			4.93	6.13	7.31	9.65	10.81								
	100			6.18	7.70	9.20	12.17	13.63	17.95							
	125					11.55		17.16	22.66							
	150					13.91		20.70	27.37	36.10	44.64					
	200					18.62		27.76	36.79	48.66	60.34					
	250							34.83	46.21	61.22	76.04					
	300									73.79	91.74	109.49				
	400											123.14	147.18			

Fuente: Aceros Arequipa

**Tabla 131**

*Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (1-2) entre A y B – Módulo I y III*

Nivel	Pu		Sección tubo			Long L(cm)	Inercia $I_x(\text{cm}^4)$	Radio $r=(I/A)^{0.5}$	Diseño por Compresión			Diseño por tracción			Pandeo Local		Rigidez K=EA/L(t/m)			
	C(t)	T(t)	b(cm)	e(cm)	A(cm <sup>2</sup> )				$F_e(\text{kg/cm}^2)$	$F_{cr}(\text{kg/cm}^2)$	Pn (t)	<b>Pn &gt; Pu</b>	$A_y(\text{cm}^2)$	$A'_y(\text{cm}^2)$	<b>A&gt;Ag</b>	b/t		$1.12*(E/F_y)^{0.5}$	$1.4*(E/F_y)^{0.5}$	Clasificación
1°	109.20	103.73	20.00	0.80	61.44	530	3781.43	7.85	4549.79	2330.83	128.89	<b>OK</b>	37.18	33.92	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	24367.14
2°	140.20	138.77	20.00	1.00	76.00	473	4585.33	7.77	5601.09	2458.99	168.19	<b>OK</b>	49.74	45.37	<b>Ok</b>	20	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	33777.78
3°	147.10	143.64	20.00	1.00	76.00	473	4585.33	7.77	5601.09	2458.99	168.19	<b>OK</b>	51.48	46.96	<b>Ok</b>	20	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	33777.78
4°	122.81	117.69	20.00	0.80	61.44	473	3781.43	7.85	5713.73	2470.24	136.59	<b>OK</b>	42.18	38.48	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	27306.67
5°	117.33	113.97	20.00	0.80	61.44	473	3781.43	7.85	5713.73	2470.24	136.59	<b>OK</b>	40.85	37.26	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	27306.67

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 132**

*Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (G'-A') entre 1 y 2 – Módulo I y III*

Nivel	Pu		Sección tubo			Long L(cm)	Inercia $I_x(\text{cm}^4)$	Radio $r=(I/A)^{0.5}$	Diseño por Compresión			Diseño por tracción			Pandeo Local		Rigidez K=EA/L(t/m)			
	C(t)	T(t)	b(cm)	e(cm)	A(cm <sup>2</sup> )				$F_e(\text{kg/cm}^2)$	$F_{cr}(\text{kg/cm}^2)$	Pn (t)	<b>Pn &gt; Pu</b>	$A_y(\text{cm}^2)$	$A'_y(\text{cm}^2)$	<b>A&gt;Ag</b>	b/t		$1.12*(E/F_y)^{0.5}$	$1.4*(E/F_y)^{0.5}$	Clasificación
1°	174.11	174.11	25.00	1.00	96.00	437	9232.00	9.81	10418.04	2736.99	236.48	<b>OK</b>	62.41	56.93	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	46090.535
2°	195.18	195.18	25.00	1.00	96.00	373	9232.00	9.81	14295.36	2831.02	244.60	<b>OK</b>	69.96	63.82	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	53990.359
3°	180.38	180.38	25.00	1.00	96.00	373	9232.00	9.81	14295.36	2831.02	244.60	<b>OK</b>	64.65	58.98	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	53990.359
4°	93.11	93.11	20.00	0.80	61.44	403	3781.43	7.85	7846.62	2627.53	145.29	<b>OK</b>	33.37	30.44	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	32000
5°	78.96	78.96	20.00	0.80	61.44	403	3781.43	7.85	7846.62	2627.53	145.29	<b>OK</b>	28.30	25.82	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	32000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 133***Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (1-2) entre B y C – Módulo II*

Nivel	Pu		Sección tubo			Long L(cm)	Inercia $I_x(\text{cm}^4)$	Radio $r=(I/A)^{0.5}$	Diseño por Compresión				Diseño por tracción			Pandeo Local		Rigidez K=EAL(t/m)		
	C(t)	T(t)	b(cm)	e(cm)	A(cm <sup>2</sup> )				$F_e(\text{kg/cm}^2)$	$F_{cr}(\text{kg/cm}^2)$	Pn (t)	<b>Pn &gt; Pu</b>	$A_g(\text{cm}^2)$	$A'_g(\text{cm}^2)$	<b>A&gt;Ag</b>	b/t	$1.12*(E/F_y)^{0.5}$		$1.4*(E/F_y)^{0.5}$	<b>Clasificación</b>
1°	76.17	76.17	15.00	0.60	34.56	175	1196.47	5.88	23376.41	2932.62	91.22	<b>OK</b>	27.30	24.90	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	41424.658
2°	63.47	63.47	12.50	0.60	28.56	178	675.78	4.86	15409.01	2849.65	73.25	<b>OK</b>	22.75	20.75	<b>Ok</b>	20.8	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	33618.834
3°	55.20	55.20	12.50	0.60	28.56	178	675.78	4.86	15409.01	2849.65	73.25	<b>OK</b>	19.78	18.05	<b>Ok</b>	20.8	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	33618.834
4°	32.23	32.23	12.50	0.60	28.56	180	675.78	4.86	15085.96	2844.52	73.12	<b>OK</b>	11.55	10.54	<b>Ok</b>	20.8	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	33264.559
5°	23.52	23.52	12.50	0.60	28.56	180	675.78	4.86	15085.96	2844.52	73.12	<b>OK</b>	8.43	7.69	<b>Ok</b>	20.8	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	33264.559

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 134***Diseño completo de la sección tubular cuadrada en el eje (A-D) entre 1 y 2 – Módulo II*

Nivel	Pu		Sección tubo			Long L(cm)	Inercia $I_x(\text{cm}^4)$	Radio $r=(I/A)^{0.5}$	Diseño por Compresión				Diseño por tracción			Pandeo Local		Rigidez K=EAL(t/m)		
	C(t)	T(t)	b(cm)	e(cm)	A(cm <sup>2</sup> )				$F_e(\text{kg/cm}^2)$	$F_{cr}(\text{kg/cm}^2)$	Pn (t)	<b>Pn &gt; Pu</b>	$A_g(\text{cm}^2)$	$A'_g(\text{cm}^2)$	<b>A&gt;Ag</b>	b/t	$1.12*(E/F_y)^{0.5}$		$1.4*(E/F_y)^{0.5}$	<b>Clasificación</b>
1°	129.03	125.63	25.00	1.00	96.00	852	9232.00	9.81	2749.00	1933.65	167.07	<b>OK</b>	45.03	41.08	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	23675.866
2°	120.90	115.83	25.00	1.00	96.00	852	9232.00	9.81	2749.00	1933.65	167.07	<b>OK</b>	41.52	37.87	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	23675.866
3°	105.68	103.66	25.00	1.00	96.00	852	9232.00	9.81	2749.00	1933.65	167.07	<b>OK</b>	37.15	33.89	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	23675.866
4°	69.40	67.32	20.00	0.80	61.44	823	3781.43	7.85	1881.49	1555.48	86.01	<b>OK</b>	24.13	22.01	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	15669.662
5°	55.45	44.75	20.00	0.80	61.44	823	3781.43	7.85	1881.49	1555.48	86.01	<b>OK</b>	16.04	14.63	<b>Ok</b>	25	29.2	36.4	<b>Compacta</b>	15669.662

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

- C : Fuerza de compresión actuante
- T : Fuerza de tracción actuante
- b : Base de tubo estructural
- e : Espesor del tubo estructural
- L : Longitud del tubo estructural
- $I_x$  : Inercia en la dirección x
- r : Radio de giro
- $F_e$  : Tensión de pandeo elástico
- $F_{cr}$  : Tensión crítica
- Pn : Resistencia de compresión nominal
- Ag : Área total en fluencia
- A'g : Área neta en rotura

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2}$$

$$\text{Si: } \frac{K * L}{r} \leq 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}; \text{Entonces: } F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] * F_y$$

$$\text{Si: } \frac{K * L}{r} > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}; \text{Entonces: } F_{cr} = 0.877 * F_e$$

$$Pn = \phi_c * F_{cr} * A$$

$$A_g = \frac{P_u}{(\phi_t * f_y)} \quad A'_g = \frac{P_u}{(\phi'_t * f_u)}$$

#### 4.4.13 Diseño de la cimentación actual

##### 4.4.13.1 Diseño de zapata conectada Eje E – Módulo I y III

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del acero
$\beta_1$	=	0.85	-	Factor de bloque rectangular equivalente
$E_c$	=	2.17E+05	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del C°
$E_s$	=	2.00E+06	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del Acero
$\phi_f$	=	0.90		Factor de reducc. a flexión
$\phi_c$	=	0.85		Factor de reducc. a corte
$\rho_b$	=	0.0213		Cuantía balanceada

$$S = \frac{Av * f_y * d}{V_s} \quad M_u = \phi * f'_c * b * d^2 * \omega * (1 - 0.59 * \omega)$$

$$V_{cp} = 0.27 * \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) * \sqrt{f'_c} * b_0 * d \leq 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_0 * d$$

$$b_0 = 2 * (b + t + 2d) \quad \beta_c = \frac{\text{Lado mayor}}{\text{Lado menor}}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} * \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi * 0.85 * f'_c * b * d^2}}\right]$$

$$\rho = 0.30 * \rho_b \quad \rho_b = \left(0.85 * \beta_1 * \frac{f_c}{f_y}\right) * \left(\frac{0.003}{0.003 + 0.0021}\right)$$

$$\omega = \frac{\rho * f_y}{f'_c}$$

**Tabla 135**

*Diseño de zapata conectada eje E – Módulo I y III*

Columna		Viga de Cimentación.																
		Diseño a Flexión											Diseño a cortante					
T.	C	t <sub>H</sub> (m)	b <sub>V</sub> (m)	b (m)	h (m)	d (m)	M <sub>A</sub> (t)	M <sub>AB</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	As <sub>A</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>AB</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>B</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>min</sub> (cm <sup>2</sup> )	V <sub>u</sub> (t)	ΦV <sub>c</sub> (t)	V <sub>s</sub> =V <sub>u</sub> /Φ-V <sub>c</sub>	A <sub>v</sub> /s(cm <sup>2</sup> /cm)	
↑	C <sub>1</sub>	0.5	0.5	0.30	0.80	0.71	30.54	0	23.86	12.20	0.00	9.38	7.10	26.20	13.91	14.46	0.05	
↑	C <sub>2</sub>	0.5	0.5				0	18.51	0	0.00	7.18	0.00						
Zapata Izquierda																		
T.	Zap	Columna		Verificación por Punz					Diseño por flexión									
		t <sub>H</sub> (m)	b <sub>V</sub> (m)	d (m)	h <sub>z</sub> (m)	V <sub>up</sub> (t)	b <sub>0</sub> (m)	ØV <sub>cp</sub> (t)	V <sub>up</sub> /ΦV <sub>cp</sub> ≤ 1	Mu(A)(t)	Mu(AB)(t)	Mu(B)(t)	As(A)(cm <sup>2</sup> )	As(AB)(cm <sup>2</sup> )	As(C)(cm <sup>2</sup> )	As <sub>x_min</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>y_min</sub> (cm <sup>2</sup> )	
↑	3.40 x	0.50	0.50	0.43	0.50	109	5.76 x	323.39	<b>0.34 &lt; 1</b>	0.00	86.29	0.00	0.00	54.50	0.00	26.316	26.316	
↑	3.40 y	0.50	0.50				5.76 y			0.00	142.00	0.00	0.00	91.32	0.00			
Zapata Derecha																		
T.	Zap	Columna		Verificación por Punz					Diseño por flexión									
		t <sub>H</sub> (m)	b <sub>V</sub> (m)	d (m)	h <sub>z</sub> (m)	V <sub>up</sub> (t)	b <sub>0</sub> (m)	ØV <sub>cp</sub> (t)	V <sub>up</sub> /ΦV <sub>cp</sub> ≤ 1	Mu(A)(t)	Mu(AB) (t)	Mu (B)(t)	As(A)(cm <sup>2</sup> )	As(AB)(cm <sup>2</sup> )	As(C)(cm <sup>2</sup> )	As <sub>x_min</sub> (cm <sup>2</sup> )	As <sub>y_min</sub> (cm <sup>2</sup> )	
↑	3.40 x	0.50	0.50	0.43	0.51	97.6	5.76 x	323.39	<b>0.3 &lt; 1</b>	0.00	81.47	0.00	0.00	51.38	0.00	26.316	26.316	
↑	3.40 y	0.50	0.50				5.76 y			0.00	97.63	0.00	0.00	61.88	0.00			

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.14 Diseño de la cimentación reforzada

##### 4.4.14.1 Diseño de zapata combinada Eje “D-E” – Módulo I y III

$f_c$	=	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fluencia del acero
$\beta_1$	=	0.85	-	Factor de bloque rectangular equivalente
$E_c$	=	2.17E+05	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del C°
$E_s$	=	2.00E+06	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del Acero
$\phi_f$	=	0.90		Factor de reducc. a flexión
$\phi_c$	=	0.85		Factor de reducc. a corte
$\rho_b$	=	0.0213		Cuantía balanceada

$$S = \frac{Av * f_y * d}{V_s} \quad M_u = \phi * f'_c * b * d^2 * \omega * (1 - 0.59 * \omega)$$

$$V_{cp} = 0.27 * \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) * \sqrt{f'_c} * b_0 * d \leq 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_0 * d$$

$$b_0 = 2 * (b + t + 2d) \quad \beta_c = \frac{\text{Lado mayor}}{\text{Lado menor}}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y} * \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi * 0.85 * f'_c * b * d^2}}\right]$$

$$\rho = 0.30 * \rho_b \quad \rho_b = \left(0.85 * \beta_1 * \frac{f_c}{f_y}\right) * \left(\frac{0.003}{0.003 + 0.0021}\right)$$

$$\omega = \frac{\rho * f_y}{f'_c}$$

**Tabla 136**

Diseño de zapata combinada eje "D-E" – Módulo I y III

Datos Iniciales					Verificación por Cortante									
T.	C	$t_H$ (m)	$b_V$ (m)	$M_u$ (t-m)	$\omega$	$b$ (m)	$d$ (m)	$h_z$ (m)	$M_u = a$	$V_u$ (t)	$\Phi V_c$ (t)	$\Phi V_c \geq V_u$	$V_s = V_u / \Phi - V_c$	$A_s / s$ (cm <sup>2</sup> /cm)
T.1	C <sub>1</sub>	0.5	0.5	147.00	0.1275	10.00	0.77	0.85	147=1321.26	270	502.68	Ok	-273.75	-0.85
T.1	C <sub>2</sub>	0.5	0.5	147.00	0.1275	10.00	0.77	0.85	147=1321.26	270	502.68	Ok	-273.75	-0.85

Datos Iniciales				Verificación por Punz.				Diseño por Flexión Longitudinal					
T.	C	$b_y$ (m)	$b_0$ (m)	$d$ (m)	$h_z$ (m)	$\Phi V_{cp}$ (t)	$V_{up}$ (t)	$V_{up} / \Phi V_{cp} \leq 1$	$M_u (+)$ (t)	$M_u (-)$ (t)	$M_u (+)$ (t)	$A_s (+)$ (cm <sup>2</sup> ), $A_s (-)$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s (+)$ (cm <sup>2</sup> )
T.1	C <sub>1</sub>	5.00	7.60	0.77	0.85	764.08	210	0.27 < 1	102.00	36.00	102.00	35.43, 12.42	35.43
T.1	C <sub>2</sub>	5.00	7.60	0.77	0.85	764.08	210	0.27 < 1					

Datos Iniciales				Área de acero mínimo			Diseño por Flexión Transversal						
T.	C	$b_y$ (m)	$b_x$ (m)	$d$ (m)	$h_z$ (m)	$A_{s_{min}}$	$A_{sx_{min}}$	$A_{sy_{min}}$	$M_u (1)$ (t)	$M_u (2)$ (t)	$M_u (3)$ (t)	$A_s (1)$ (cm <sup>2</sup> ), $A_s (2)$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s (3)$ (cm <sup>2</sup> )
T.1	C <sub>1</sub>	5.00	10.00	0.77	0.85	0.0018*b*c	69.30	138.60	0.00	295.00	0.00	0.00, 102.97	0.00
T.1	C <sub>2</sub>	5.00	10.00	0.77	0.85	0.8(fc) <sup>0.5*</sup>	106.27	212.54					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 137**

*Diseño de zapata conectada eje B – Módulo II*

Columna		Viga de Cimentación.															
		Diseño a Flexión											Diseño a cortante				
T. C		$t_H$ (m)	$b_V$ (m)	$b$ (m)	$h$ (m)	$d$ (m)	$M_A$ (t)	$M_{AB}$ (t)	$M_B$ (t)	$As_A$ (cm <sup>2</sup> )	$As_{AB}$ (cm <sup>2</sup> )	$As_B$ (cm <sup>2</sup> )	$As_{min}$ (cm <sup>2</sup> )	$V_u$ (t)	$\Phi V_c$ (t)	$V_s = V_u / \Phi - V_c$	$A_v / s$ (cm <sup>2</sup> /cm)
↑	C <sub>1</sub>	0.4	0.6	0.30	0.80	0.71	10.7	0	10.7	4.08	0.00	4.08	7.10	17.00	13.91	3.64	0.01
↑	C <sub>2</sub>	0.4	0.6				0	4.41	0	0.00	1.66	0.00					
Zapata Izquierda																	
T. Zap	Columna		Verificación por Punz.						Diseño por flexión								
	$t_H$ (m)	$b_V$ (m)	$d$ (m)	$h_z$ (m)	$V_{up}$ (t)	$b_0$ (m)	$\Phi V_{cp}$ (t)	$V_{up} / \Phi V_{cp} \leq 1$	$M_u$ (A) (t)	$M_u$ (AB) (t)	$M_u$ (B) (t)	$As$ (A) (cm <sup>2</sup> )	$As$ (AB) (cm <sup>2</sup> )	$As$ (C) (cm <sup>2</sup> )	$As_{x_{min}}$ (cm <sup>2</sup> )	$As_{y_{min}}$ (cm <sup>2</sup> )	
↑	4.10 x	0.40	0.60	0.73	0.80	129	7.66 x	730.11	<b>0.18 &lt; 1</b>	0.00	73.44	0.00	0.00	26.77	0.00	57.816	53.874
↑	4.40 y	0.40	0.60				7.66 y			0.00	75.10	0.00	0.00	27.37	0.00		
Zapata Derecha																	
T. Zap	Columna		Verificación por Punz.						Diseño por flexión								
	$t_H$ (m)	$b_V$ (m)	$d$ (m)	$h_z$ (m)	$V_{up}$ (t)	$b_0$ (m)	$\Phi V_{cp}$ (t)	$V_{up} / \Phi V_{cp} \leq 1$	$M_u$ (A) (t)	$M_u$ (AB) (t)	$M_u$ (B) (t)	$As$ (A) (cm <sup>2</sup> )	$As$ (AB) (cm <sup>2</sup> )	$As$ (C) (cm <sup>2</sup> )	$As_{x_{min}}$ (cm <sup>2</sup> )	$As_{y_{min}}$ (cm <sup>2</sup> )	
↑	4.10 x	0.40	0.60	0.73	0.81	129	7.66 x	730.11	<b>0.18 &lt; 1</b>	0.00	73.44	0.00	0.00	26.77	0.00	57.816	53.874
↑	4.40 y	0.40	0.60				7.66 y			0.00	75.10	0.00	0.00	27.37	0.00		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Anexo 05 – Evidencias fotográficas



**Figura 96:** Excavación de calicata en los Sauces – Pimentel



**Figura 97:** Trabajo de excavación culminado



**Figura 98:** Pesado y puesta en horno de muestras de suelo– Ensayo de contenido de humedad



**Figura 99:** Retiro de horno y pesado de muestras de suelo – Ensayo de contenido de humedad



**Figura 100:** Tamizado de muestra tamiz N°40 y puesta en agua destilada – Límites de Atterberg



**Figura 101:** Copa Casagrande y enrollado de masa – Ensayo de límite líquido y límite plástico



*Figura 102: Lavado de masa y secado natural – Ensayo de análisis granulométrico*



*Figura 103: Tamizado de muestras – Ensayo para análisis granulométrico*



**Figura 104:** Agua destilada en muestras de suelo - Ensayo de sales solubles totales



**Figura 105:** Filtrado de muestra, pesado y puesta en horno – Ensayo de sales solubles totales



*Figura 106:* Ensayo de corte directo