

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE LA  
EDIFICACIÓN DOS TORRES, REFORZADA CON SISTEMAS DE  
AMORTIGUAMIENTO DEL TIPO FLUIDO VISCOSO EN LA  
CIUDAD DE HUANCAYO, 2017**

**Áreas de Investigación :** Estructuras y Construcción

**Líneas de Investigación:** Estructuras y Construcción

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CABRERA ORRILLO, Jose David**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

Huancayo - Perú

2017

**FALSA PORTADA**

ING. ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR

**ASESOR**

**Dedicatoria:**

Esto va dedicado a dios, a mi madre y a todas aquellas personas que hicieron todo lo posible para realizar este trabajo, y que siempre me seguirán apoyando en mi vida profesional de ahora y futura.

**Agradecimiento:**

A Dios, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar con las metas que me he propuesto.

A Roció mi esposa, William mi hijo los cuales son mi sustento y mi motivo para poder seguir esforzándome a diario para poder alcanzar mis objetivos.

A mi madre Emérita, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en inteligencia y capacidad.

**HOJA DE APROBACION DE LOS JURADOS**

## ÍNDICE

Caratula	i
Falsa portada	ii
Asesor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Hoja de aprobación de los jurados	vi
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	xi
Resumen	xiv
Abstract	xv
Introducción	xvi
 <b>CAPITULO I: EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación y sistematización del problema	1
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.4. Justificación	3
1.4.1. Teórica	3
1.4.2. Practica	4
1.5. Limitaciones	4
1.6. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos específicos	4

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
1.6.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)	6
1.6.2. Marco conceptual	11
1.6.3. Aspecto normativo	65
<b>CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES</b>	
3.1. Hipótesis	66
3.1.1. General	66
3.1.2. Específicos	66
3.2. Diagrama de Variables	66
3.3. Indicadores de las variables	67
3.4. Operacionalización de las Variables (Matriz de consistencia)	67
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA</b>	
2.1. Método de la investigación	68
2.2. Tipo de investigación	68
2.3. Nivel de la investigación	68
2.4. Diseño de investigación	69
2.5 Población y muestra	69
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	70
2.8. Técnicas y análisis de datos	70
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>130</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>136</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>138</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>141</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de Sismos en el Perú .....	17
Tabla 2: Cuadro Comparativo Aislación y Disipación sísmica.....	23
Tabla 3: Cuadro comparativo E-030 y ISO3010.....	29
Tabla 4: Factores de Zona “Z” .....	33
Tabla 5: Perfiles de suelo.....	34
Tabla 6: Factor de suelo.....	35
Tabla 7: Periodos de Vibración.....	35
Tabla 8: Factor de amplificación sísmica.....	36
Tabla 9: Coeficiente Básico de Reducción "Ro" .....	37
Tabla 10: Límites de Distorsión de Entrepisos.....	39
Tabla 11: Parametro lambda dependiente del exponente de velocidad .....	55
Tabla 12: Parametro Bmd dependiente del amortiguamiento critico .....	56
Tabla 13: Niveles de Desempeño propuestos por el comité Visión 2000.....	60
Tabla 14: Probabilidad de excedencia con intervalos de recurrencia propuestos por el comité Visión 2000 .....	62
Tabla 15: Objetivos de Desempeño Comité Visión 2000. ....	62
Tabla 16: Niveles de desempeño .....	64
Tabla 17: Carga Muerta (CM) .....	83
Tabla 18: carga Viva (CV) .....	84
Tabla 19: Evaluacion de la irregularidad de rigidez X-X .....	91
Tabla 20: Evaluacion de la irregularidad de rigidez dirección Y-Y .....	93
Tabla 21: Evaluacion de la irregularidad de resistencia .....	93
Tabla 22: Evaluacion de la irregularidad torsional con los Driff X-X .....	95
Tabla 23: Evaluacion de la irregularidad torsional con los Driff Y-Y .....	96
Tabla 24: Derivas de entepiso Dirección X-X .....	98

Tabla 25: Derivas de entrepiso Dirección Y-Y .....	99
Tabla 26: Derivas para análisis tiempo historia dirección X-X .....	107
Tabla 27: Derivas para análisis tiempo historia dirección Y-Y .....	108
Tabla 28: Formas de Modo de vibración normalizadas en la dirección X e Y .....	109
Tabla 29: Cálculo de los ángulos donde irán alojados los dispositivos .....	110
Tabla 30: Amortiguamiento Viscoso Demandado- Metodología Hazus .....	111
Tabla 31: Propiedades del perfil metálico .....	111
Tabla 32: Cuadro Comparativo arreglo en Diagonal .....	118
Tabla 33: Cuadro Comparativo arreglo en Chevron horizontal.....	121
Tabla 34: Cuadro Comparativo arreglo en Chevron Diagonal.....	122
Tabla 35: Cuadro comparativo de los periodos de vibración.....	123
Tabla 36: Cuadro comparativo de los esfuerzos en elementos estructurales.....	125
Tabla 37: Costo de reparación por fallas en edificaciones.....	127
Tabla 38: Precio de venta edificación.....	128
Tabla 39: Precio construcción de la edificación.....	128
Tabla 40: Precio amortiguadores.....	129
Tabla 41: Incidencia de precios.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del proceso de convergencia de la placa de Nazca (oceánica) y la Sudamericana.....	11
Figura 2: Principales unidades geomorfológicas en Perú. ....	13
Figura 3: Principales elementos tectónicos superficiales en el Perú y en el borde oeste de Sudamérica.....	16
Figura 4: Configuración en edificación sistema de control activo.....	20
Figura 5: Configuración en edificación sistema de control semi activo.....	21
Figura 6: Curvas histereticas: a) Disipador metálico, b) Disipador friccional	24
Figura 7: Disipador metálico (ADAS)	25
Figura 8: Disipador friccional (Tipo Pall).....	26
Figura 9: Curva histeretica Disipador activado por velocidad.....	27
Figura 10: Curva Histeretica Disipador Activado Por Velocidad y Desplazamiento.....	27
Figura 11:Disipador Viscoelastico Solido.....	28
Figura 12.Amortiguador de masa Sintonizada.....	29
Figura 13: Edificio en San Francisco, California, después del terremoto de Loma Prieta	30
Figura 14: Zonificación sísmica para el Perú.....	32
Figura 15: Irregularidad de Rigidez.....	40
Figura 16: Irregularidad de Resistencia.....	41
Figura 17: Irregularidad de masa o Peso.....	42
Figura 18: Irregularidad Geométrica Vertical.....	43
Figura 19:Irregularida de sistemas resistentes.....	44
Figura 20:Amortiguador de fluido viscoso Aeropuerto Jorge Chávez.....	45
Figura 21:Amortiguador de fluido viscoso, CC- El Quinde.....	46
Figura 22:Amortiguador de fluido viscoso, CE- El Reducto.....	46
Figura 23:Comparativa entre edificación con y sin amortiguadores de fluido viscoso...	47
Figura 24:Esquema 3D del Amortiguador de Fluido Viscoso.....	49
Figura 25:Esquema de las partes del Amortiguador de Fluido Viscoso.....	49
Figura 26:Modelo matemático para el modelado de los elementos Damper (Amortiguadores).....	51
Figura 27: Relación Fuerza-Velocidad de los Disipadores.....	52
Figura 28:Tipos de Disipadores de Fluido Viscoso más Utilizados.....	58
Figura 29:Disipadores en arreglo Upper Toggle Brace y Lower Toggle Brace.....	59

Figura 30:Esquema de la utilización de Disipador Viscoso uniendo dos entrepisos.....	59
Figura 31:Disipador Viscoso uniendo más de dos entrepisos.....	60
Figura 32:Departamento de Junín, Mapa político del Perú.....	72
Figura 33:Localización de la edificación Dos Torres.....	73
Figura 34:Distribución Mezanine Torre II (Edificación Dos Torres).....	75
Figura 35: Distribución 4-5 piso Torre II (Edificación Dos Torres).....	76
Figura 36:Distribución 6-16 piso Torre II (Edificación Dos Torres).....	78
Figura 37:Elevación frontal y corte C-C Torre II (Edificación Dos Torres).....	79
Figura 38:Planta típica -Torre II (Edificación Dos Torres).....	79
Figura 39:Losa aligerada de 0.20m de espesor.....	82
Figura 40:Definicion de las propiedades de los materiales.....	85
Figura 41:Definicion de las secciones de vigas y columnas.....	85
Figura 42:Definicion del factor de brazo rígido.....	86
Figura 43:Peso sísmico de la edificación.....	86
Figura 44:Definicion de los estados de carga.....	87
Figura 45:Modelo matemático de la edificación.....	87
Figura 46:Definicion del número de modos de vibración.....	88
Figura 47:Definicion de los espectros de respuesta en ambas direcciones.....	89
Figura 48:Definicion de los sismos dinámicos en las direcciones X e Y.....	89
Figura 49:Definicion del diafragma rígido.....	90
Figura 50:Espectros afectados por los factores de irregularidad.....	97
Figura 51:Definicion de la función Rampa.....	100
Figura 52:Incorporación de registro sísmico.....	101
Figura 53:Espectro objetivo para escalamiento de registros sísmicos (R=1).....	102
Figura 54:Escalamiento de los registros sísmicos al espectro objetivo.....	102
Figura 55:Registro Sísmico escaldo.....	103
Figura 56:Registro Sísmico escalado con diferentes amortiguamientos.....	103
Figura 57:Definicion de la función pulso.....	104
Figura 58:Definicion de la carga para análisis FNA.....	104
Figura 59:Definición del número de pasos para el análisis FNA dirección X-X.....	105
Figura 60:Definición del número de pasos para el análisis FNA dirección Y-Y.....	106
Figura 61:Definición de la función Pulso.....	106
Figura 62:Definicion de los vectores Ritz para análisis modal.....	107

Figura 63:Dispocion de los amortiguadores en planta y elevación arreglo en diagonal.....	114
Figura 64:Dispocion de los amortiguadores en planta y elevación arreglo en Chevron Horizontal.....	117
Figura 65:Dispocion de los amortiguadores en planta y elevación arreglo en Chevron Diagonal.....	120
Figura 66:Precio de edificación.....	126

## RESUMEN

La presente investigación titulada Análisis de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, se formuló como problema general ¿Cómo es la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?, así mismo el objetivo general es Analizar la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, la hipótesis general es la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada., por la naturaleza del estudio el tipo de investigación será aplicada – de nivel descriptivo - explicativo. Las técnicas utilizadas fueron, la observación directa. Así mismo el instrumento las guías técnicas tiene como muestra poblacional a la Edificación Dos Torres, se llegó a la conclusión La Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada. La actualización de la norma sismoresistente (2016) la cual es mucha más rígida que su predecesora (2003), castiga las irregularidades con mucho mayor influencia ante la respuesta sísmica de las edificaciones, esto hace que la edificación que pudiera no tener irregularidades con la norma (2003) si las tenga con la actual normatividad. Para la edificación analizada el mejor control de daño se produjo a través del arreglo chevron en doble diagonal.

**Palabras claves:** Respuesta Sísmica y Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso

## ABSTRACT

The present investigation entitled Analysis of the Seismic Response of the Two Towers Building, Reinforced with Visible Fluid Type Damping Systems in the City of Huancayo, 2017, was formulated as a general problem. How is the Seismic Response of the Two Towers Building, Reinforced with Vacuum Fluid Type Damping Systems in the City of Huancayo, 2017?, likewise the general objective is to Analyze the Seismic Response of the Two Towers Building, Reinforced with Viscous Fluid Type Damping Systems in the City of Huancayo, 2017, The general hypothesis is the Seismic Response of the Two Towers Building, Reinforced with Viscous Fluid Type Damping Systems in the City of Huancayo, 2017. It is adequate. Due to the nature of the study, the type of research will be applied - from a descriptive level - explanatory. The techniques used were direct observation. The instrument also has the technical guides as a population sample to the Building Two Towers, the conclusion was reached The Seismic Response of the Building Two Towers, Reinforced with Visible Fluid Type Damping Systems in the City of Huancayo, 2017, is adequate . The update of the seismoresistente (2016) which is much more rigid than its predecessor (2003) is, punishes irregularities with much greater influence on the seismic response of buildings, this makes the building that may not have irregularities with the noema (2003) if you have them with the current regulations. For the building analyzed, the best damage control was produced through the double diagonal chevron arrangement.

**Keywords:** Seismic Response and Damping Fluid Viscous Type Systems

## INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que presenta una alta actividad sísmica de naturaleza tectónica, la placa de Nazca bajo la placa continental es la principal fuente de la actividad sísmica en nuestro país, la cual trae consigo irreparables pérdidas de vidas humanas y materiales a causa principalmente de las edificaciones que colapsan ante estos eventos, es por esto que en nuestro país se vienen desarrollando proyectos en los cuales se utilizan los sistemas de protección sísmica entre los cuales están los llamados Amortiguadores Del Tipo De Fluido Viscoso.

En Nuestra ciudad vienen construyéndose desde hace ya algunos años edificaciones de mediana altura (50 metros o más) que fueron diseñadas teniendo en cuenta los parámetros de la norma técnica sismo resistente (E-030-2003) la cual fue actualizada en el 2016, la normativa vigente (E-030-2016) es mucho más rigurosa en varios aspectos sobre los requerimientos mínimos que debe de cumplir las edificaciones para que ofrezcan un buen comportamiento estructural ante los fenómenos sísmicos, es por esta razón que se pretende evaluar el comportamiento dinámico estructural de la edificación Dos Torres y de hallarse algún tipo de falencia se plantea la hipótesis que la incorporación de Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso mejora la Respuesta Sísmica, de la Edificación Dos Torres en la Ciudad de Huancayo.

Esto será posible de lograr teniendo en cuenta los requerimientos de la normativa ASCE 7-10, algunos criterios de diseño por Desempeño las cuales hacen referencia a FEMA 273 y 274, metodología Hazus entre otras. Analizar la respuesta de la edificación mencionada reforzada con los amortiguadores del tipo fluido viscosos nos dará una perspectiva de cómo estos dispositivos en sus distintas disposiciones y arreglos nos ofrecen distintas opciones de disminución de daño y mejor control de la respuesta



estructural de esta ante solicitaciones sísmicas permitiéndonos evaluar el comportamiento de la edificación y elegir la opción que demuestre ser la más idónea para tal efecto.

El estudio se estructura en los siguientes capítulos:

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema de la investigación, se analiza la realidad problemática, exponiendo la formulación del problema general, objetivo, la justificación de la investigación, así mismo las limitaciones y la viabilidad del estudio.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico donde se exponen las bases teóricas y se explica detalladamente todos los conceptos básicos de la respuesta sísmica reforzada con amortiguamiento del tipo fluido viscoso, así mismo el marco normativo y marco conceptual.

En el tercer capítulo se presenta la formulación de la hipótesis, variables y operacionalización de variables.

En el cuarto capítulo se presenta la metodología de investigación, considerando el diseño, tipo y nivel de investigación, también la población y muestra poblacional, técnicas de recolección de datos, técnicas para el procedimiento y análisis de la información y los aspectos éticos.

En el quinto capítulo se presenta el análisis e interpretación de resultados de las variables cada variable donde las correlaciones se hacen en relación a las dimensiones propuestas y se determina las ventajas y desventajas de los mismos.

En el sexto capítulo se presenta la discusión de resultados, se presenta los fundamentos teóricos a partir de los antecedentes y los resultados empíricos para entender la correlación entre la calidad del servicio educativo y la lealtad del cliente.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## CAPITULO I: EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En el mundo se vienen implementando ya desde algunos años los llamados sistemas de Protección Sísmica (Aisladores de base, Disipadores de energía, etc.) cuya función es de atenuar o minimizar los efectos del sismo (ondas sísmicas) sobre las edificaciones. Según Aguiar (2008).

Es a partir de esto que muchas de las edificaciones en especial las altas construidas recientemente, las no tan altas y no tan recientes, y otras que no califican como grandes edificaciones pero que albergan gran cantidad de personas y equipo inmobiliario no tendrían el comportamiento esperado y en el peor de los casos colapsarían ante un evento sísmico de considerable intensidad.

El Perú se encuentra en una región sísmicamente muy activa (El cinturón de fuego del pacífico) que es la región sísmicamente más activa del mundo. La región Junín y en especial la ciudad de Huancayo que es el ámbito donde se desarrolla este estudio, se encuentra en la zona 3 (la segunda más importante en actividad sísmica) según el mapa de zonificación sísmica de nuestro actual código de diseño sismoresistente (E-030). Según Celigueta (1998).

Esta condición nos obliga a tomar con mucha seriedad los estudios que nos permitan conocer y entender cuál es el comportamiento más probable de una edificación ante un evento sísmico para de esta manera proponer soluciones satisfactorias que pretenda cumplir y corregir esas deficiencias que permitan minimizar el daño de las Estructuras y salvaguardar la vida de sus ocupantes. Según Díaz la rosa (2014).

La ciudad de Huancayo en los últimos años ha estado en un importante desarrollo económico y por ende ha requerido de la construcción de edificaciones

más altas, de mayor importancia, que albergan mucha más cantidad de personas y equipamiento caro. Paralelamente a este desarrollo económico, inmobiliario de la ciudad, se dio la actualización y puesta en vigencia de nuestra norma para diseño sísmico resistente (E-030) aprobado en enero de 2016, normativo que hace mucho más riguroso y exigente los parámetros y requisitos mínimos que deben de cumplir las edificaciones para su buen desempeño sísmico resistente.

En Huancayo no existe hasta la fecha edificaciones en las que se hallan implementado este tipo de mecanismos, que permitan atenuar los efectos de las ondas producidas por movimientos sísmicos, aunando más aún el hecho de que en esta ciudad se vive un silencio sísmico de 48 años aproximadamente lo que incrementaría la energía liberada por el sismo y como consecuencia directa multiplicaría los daños en las edificaciones.

En función de todo lo dicho anteriormente veo a los amortiguadores del tipo de fluido viscoso como una alternativa eficiente frente a otras por que presenta una serie de ventajas tanto constructivas, operacionales y de mantenimiento por lo que lo hace un sistema óptimo y aplicable. La máxima ventaja de este tipo de dispositivos es que son aplicables a edificaciones en etapas de estudio y diseño como para edificaciones ya construidas (reforzamiento estructural).

## **1.2 . Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo es la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ✓ ¿Cómo es el comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?
- ✓ ¿Cuánto es la disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?
- ✓ ¿Cuánto es el aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?
- ✓ ¿Cuánto es el balance energético de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?

## **1.3 . Justificación**

### **1.3.1. Justificación Teórica**

La investigación se justifica de manera teórica porque se pretende destacar la importancia del Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en edificación de edificios, además de incorporar la Respuesta Sísmica, así mismo permite la reflexión de la comunidad científica y empresarial a utilizar nuevos productos. Además se benefician la población de Huancayo en términos económicos, sociales, ambientales si estos dispositivos se incluyeran en las edificaciones minimizando así el riesgo que conlleva un embate sísmico.

### **1.3.2. Justificación Practica**

La investigación se justifica de manera práctica porque se propone ante situaciones vulnerables de edificaciones de edificios aplicar Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso, para mejorar la respuesta sísmica de las edificaciones. Así mismo los resultados del estudio mejoran las condiciones de uso, suelo, zona, propias de la ciudad de Huancayo para de esta manera minimizar los efectos del sismo sobre esta.

### **1.4 . Limitaciones**

El presente estudio no presenta limitaciones económicas, además existe información bibliografía, sin embargo hay carencias de material bibliográfica actualizado, y trabajos de investigación sobre la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo

### **1.5 . Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Analizar la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017

#### **1.5.2. Objetivos específicos**

- ✓ Describir el comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017

- ✓ Estimar la disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017
- ✓ Estimar el aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017
- ✓ Estimar el balance energético de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

**Corpus y Morales, (2015)** en su trabajo de investigación titulado “Análisis Sísmico Comparativo entre un Sistema Dual y El Sistema de Reforzamiento con Disipadores de Fluido Viscoso para un Edificio en el Distrito de Víctor Larco Herrera Aplicando Etabs 2013” - Universidad Privada Antenor Orrego, llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se desarrolló un análisis comparativo de una edificación diseñada para el uso exclusivo de Oficinas llamado “Torre C & M” ubicado en la Av. Fátima, urbanización California, Distrito de Víctor Larco Herrera, provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. En la cual practican dos sistemas de reforzamiento estructural una de ellas es basada en muros estructurales lo cual incrementaría su rigidez y la otra es reforzándola a través de disipadores de Fluido viscoso.
2. Las utilizations de ambos sistemas dieron como uno de los principales resultados la disminución considerable de las derivas de entrepiso.
3. También se pudo apreciar las reducciones de las fuerzas axiales y cortantes, así como también el momento flector de las columnas que participan con el sistema de disipación.

**Díaz la Rosa (2014)** en su trabajo de investigación “Evaluación del Proyecto Estructural y Optimización del Diseño con Disipadores de Energía Viscosos Taylor para una Edificación Esencial de 6 Pisos” - Universidad Privada Antenor Orrego, llego a las siguientes conclusiones:

1. La edificación al ser evaluada por el autor de la tesis presento irregularidad torsional en el eje Y-Y y superar el valor máximo fijado por la norma peruana de diseño sismo resistente para el control de derivas (7 ‰)
2. Esta edificación fue sometida a procesos de restructuración con el objetivo de anular la torsión que como es sabido es una de las causas más frecuentes de colapso de edificaciones por causa del corte que estas les imponen a las edificaciones.
3. Añadiéndose a este proceso la incorporación de amortiguadores de fluido viscosos para reducir las derivas a niveles de 5.94 ‰ en el eje YY.
4. La edificación evaluada es el Hospital Clínico Próvida, la cual se cuenta con 6 niveles en total, dentro de los cuales los primeros 5 son típicos y el 6to presenta una superficie menor.
5. La estructura está conformada por un sistema de muros estructurales de concreto y pórticos de concreto armado las placas varían de espesor, desde 15 a 30 cm.
6. Entre sus principales resultados se puede apreciar que La implementación de los disipadores en la edificación, produjo una disminución de los desplazamientos máximos presentados en el sexto nivel también la reducción de las derivas de entrepiso desde un 38.57% hasta un 51.10%.
7. La cantidad de energía disipada por medio de estos dispositivos viscosos es del 55 ‰.

**Boza et al (2013)** en su trabajo de investigación “Diseño de un Edificio A porticado con Disipadores en Arreglo Chevron”, Pontificia Universidad Católica del Perú, llegaron a las siguientes conclusiones:



1. Se realizó el modelado, análisis y diseño de una edificación nueva, es decir la edificación no está construida, la cuales reforzada a través de sistemas de disipación de energía sísmica en arreglo Chevron.
2. Para tal efecto lo que se hizo fue diseñar un edificio que cuenta con 7 pisos y presenta una configuración regular en elevación, la dimensión total en planta en el eje X es de 22m y en el eje Y, de 33m. Dicho edificio se ubica en la ciudad de Lima, en una zona donde el suelo es grava de buena calidad.
3. La estructura consta de un sistema a porticado conformado por vigas y columnas en ambas direcciones y losas macizas de 15cm de espesor en los entrepisos, las cuales actúan como diafragmas rígidos, transfiriendo las cargas de manera uniforme a toda la estructura.
4. El primer piso del edificio presenta una altura de 3.50m y los seis restantes, de 2.70m.
5. Los estudios muestran que para mantener la deriva del edificio en un sismo raro, por debajo del umbral de daño leve (0.33%), sería necesario incluir en el sistema un amortiguamiento del orden del 60% lo cual es evidente que no se podría conseguir en términos prácticos. A consecuencia de esto se fijaron como objetivo de desempeño que el daño estuviera por debajo del umbral de daño moderado. Esto se obtuvo incorporando al edificio un amortiguamiento adicional del 18% y 15% en la dirección X e Y respectivamente.
6. Se probaron varios tipos de exponentes de amortiguamiento “ $\alpha$ ”, para los amortiguadores no lineales con  $\alpha = 0.25$  se obtuvieron las menores fuerzas tanto en los disipadores como en las columnas adyacentes a estos dispositivos.

### 2.1.2. Antecedentes internacionales

**Rivera y Ruiz Gómez (2010)** en su artículo de investigación “Método Dinámico Modal para Edificios con Disipadores de Energía Viscosos No-Lineales” -Guanajuato-México Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se propone un método simplificado para la rehabilitación de edificios con disipadores de energía viscosos no-lineales.
2. Se hizo una descripción de los pasos a seguir para el diseño siguiendo la metodología propuesta por los autores la cual está basada en estudio d previos de autores como (Chopra, 2007; Paz, 1992; Ramírez et. al., 2001; 2002; Claros y Ruiz, 2009).
3. Este trabajo es puesto a prueba para el reforzamiento de una edificación de acero de 6 niveles y 5 vanos en la dirección X, y 5 vanos en la dirección Y. La estructura es de uso habitacional. Está desplantada en terreno con periodo dominante de 0.7 seg.
4. El resultado de la incorporación de estos disipadores arrojó que las distorsiones máximas de entrepiso se redujeron alrededor del 53% en promedio cuando se introdujeron disipadores viscosos no-lineales en la estructura para lo cual se usó un exponente de no-linealidad de 0.75.

**Pardo, (2007)** en su trabajo de investigación titulado “Control de la Respuesta Dinámica de Estructuras Mediante el Uso de Disipadores de Energía de Fluido Viscoso del Tipo Lineal”, Universidad Austral de Chile. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. En la investigación se estudió y analizó el control de la respuesta dinámica de un edificio en base a marcos de hormigón armado, mediante

la adición de Dispositivos de Disipación de Energía de Fluido Viscoso con comportamiento Lineal.

2. En el estudio se dio el marco de referencia de todo el mecanismo teórico que sustenta la respuesta de este tipo de amortiguadores así como las referencias de las que se obtuvo dicha información.
3. La utilización de los Disipadores de Energía dio como resultado la disminución de los Desplazamientos, Velocidad, Aceleración de los Centros de Masa de cada piso, además de una baja en los Esfuerzos en la Base (Corte y Momento), demostrando ser un método efectivo de control y reforzamiento sísmico, para la estructura estudiada.

**Martínez, (2016)** en su trabajo de investigación titulado “Análisis de un Edificio de Acero con Amortiguadores Viscosos”- tesis México, D.F. llegó a las siguientes conclusiones:

1. En este trabajo de tesis se realizó la rehabilitación de un edificio existente para la cual se realizó un análisis de rehabilitación a través de disipadores de fluido viscoso y como contra la tentativa la rehabilitación utilizando Contravientos.
2. La edificación utilizada consta de 10 niveles y está ubicada en la zona de lago de Texcoco en el Distrito Federal. Es una estructura metálica, el sistema de piso es soportado por vigas secundarias que se apoyan sobre los marcos principales formadas por columnas y trabes de acero. Las secciones de las columnas van cambiando con la altura.
3. Estructurando el desarrollo de la metodología de trabajo para fines de análisis contemplando los siguientes aspectos: Descripción del modelo; Selección del sismo bajo el cual será analizado el edificio; Análisis del

modelo de un edificio de 10 niveles sin ningún sistema de disipación de energía; Selección de elementos críticos para marco sismo resistente; Descripción de configuración del edificio con amortiguadores; Análisis de edificio con amortiguadores

4. Entre los resultados más resaltantes podemos mencionar que desde el punto de vista de respuesta estructural en mucho más eficiente rehabilitar el edificio con disipadores que con contravientos.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Tectónica de Placas y la Sismicidad en el Perú

El Perú sin lugar a dudas es un país altamente sísmico, esta característica del territorio nacional está dada principalmente por el hecho de que nuestro país está inmerso dentro del proceso de subducción de la placa Oceánica (Placa de Nazca) y la Placa Continental (Sudamericana).este proceso permite un comportamiento de interacción de las placas que genera una importantísima acumulación de energía que es liberada en forma de terremotos.



Figura 1: Esquema del proceso de convergencia de la placa de Nazca (oceánica) y la Sudamericana continental)

Fuente: Wikipedia

Una constante investigación acerca de los fenómenos de liberación de energía a causa de los terremotos se ha visto orientada a conocer la geometría de la subducción, así como zonificar las zonas de mayor deformación superficial a lo largo de la franja continental.

Los principales elementos tectónicos tales como (Zona Costera, La Cordillera Occidental, El Altiplano, La Cordillera Oriental y la Zona Subandina) los principales tipos de fallas, sistemas de falla, y sus relaciones que conllevan a la actividad sísmica en el País

Las características tectónicas de nuestro país pueden describirse como una clasificación tectónica y morfológica:

#### **2.2.1.1. Clasificación Morfológica**

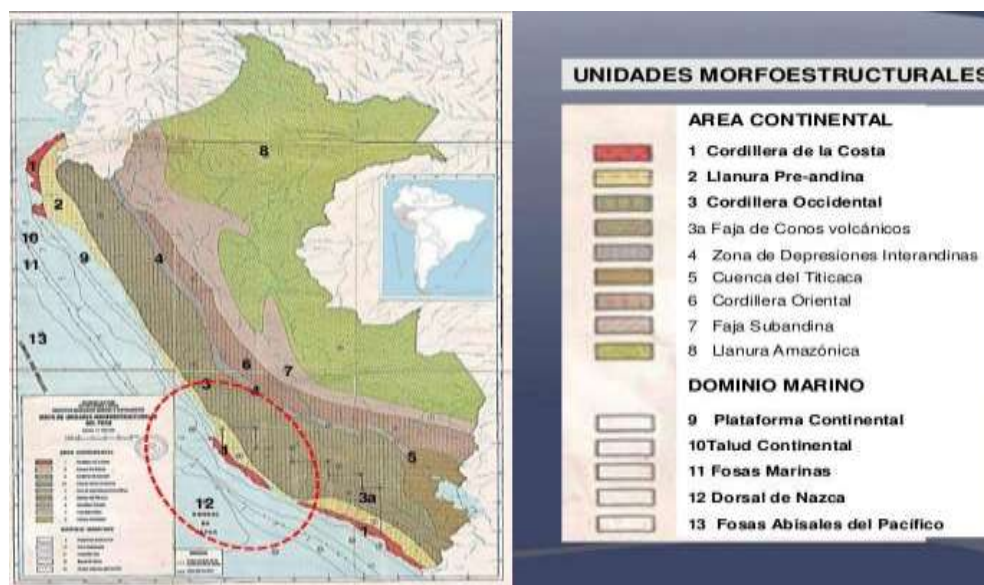
Según esta clasificación se pueden distinguir cinco zonas morfológicas que a continuación se describen (Tavera Y Bufon 1998):

- ✓ **Zona Costera (ZC):** Esta zona está formada por una estrecha banda de terreno la cual está limitada por el oeste con el océano Pacífico y por el Este por una estructura maciza de roca ígnea llamada Batolito Costero. Esta zona tiene un ancho promedio de 150 km en la región Norte y de 40 km en la región Sur esta zona se extiende en promedio hasta una cota de 300msnm y 100mbnm.
- ✓ **La Cordillera Occidental (COC):** esta zona se constituye como la de mayor volumen y está formada en su gran mayoría por Batolito Granítico cuyas crestas tienen una altitud de 5000 metros en la región Norte y centro de Nuestro País. Viéndose en la región sur una disminución de esta.
- ✓ **El Altiplano:** El Altiplano se encuentra localizada entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental nítidamente diferenciadas en las regiones

Centro y Sur. Estas regiones se localizan en las altas mesetas del Altiplano a unos 3000 metros de altitud. El Altiplano prácticamente desaparece hacia el Norte .

En la parte Central este elemento tiene un ancho de 10 a 50 Km y en el Sur de 120Km a nivel del Lago Titicaca.

- ✓ **La Cordillera Oriental (COR):** Se encuentra bien definida de Norte a Sur la COR alcanza una altitud aproximada de 3700-4000 msnm localizada entre el Altiplano y la Zona Subandina y está compuesta por una zona extensa de plegamientos en las cuales las estructuras buzcan en sentido contrario de la dirección de la formación de los plegamientos.
- ✓ **La Zona Subandina:** Corresponde a las faldas o laderas de los andes limitadas por el oeste por la Cordillera Oriental y por el Este con el Escudo Brasileño. Esta zona es de una Anchura variable y es aquí donde se amortiguan as estructuras andinas formando plegamientos de grandes longitudes de onda, es en esta zona donde se localizan los principales sistemas de fallas inversas orientadas en la dirección NW-SE.



**Figura 2: Principales unidades geomorfológicas en Perú**  
Fuente: INGEMME

### 2.2.1.2. Clasificación Tectónica

Este tipo de clasificación nos permite identificar los diferentes tipos de relieve que existen en el Perú por el efecto de la tectónica de placas. Es decir, por la colisión de las placas de nazca y la sudamericana. Este contacto de placas es conocido como subducción. Es causante de todos los efectos orogénicos que se presentan en el continente.

Entre los principales tenemos a:

- ✓ **Fosa Marina:** La Fosa Marina indica de Norte a Sur y paralelo al litoral costero el límite de contacto entre la Placa Oceánica y Continental. Este Limite tiene la forma de una Fosa de gran extensión la misma que alcanza profundidad des de hasta 8000 m.
  
- ✓ **La Cordillera Andina:** Está formada como producto del proceso de compresión entre la Placa Oceánica y la placa Continental en diferentes procesos orogénicos. Esta se distribuye en el país de Norte a Sur alcanzando un ancho aproximadamente de 50 km aproximadamente en las regiones Norte y Centro y hasta 300 Km en la región Sur, se orienta en promedio en la dirección NW-SE, aunque a la altura de la latitud 13°S está orientada en la dirección E-W. Estudios de sismicidad muestran que la Cordillera Andina tiene espesores del orden de 51 Km en la región central (Tavera, 1993) mientras que en la región sur su espesor seria de 75 km aproximadamente. (James 1978).

✓ **Los Sistemas de Falla: los diferentes sistemas de falla que se distribuyen en el** continente han sido formados por efecto secundario de la colisión de las Placas Oceánica y Continental. Este proceso generó la presencia de plegamientos y fracturas en la corteza terrestre. Estos sistemas de fallas se localizan en el Altiplano y en la región Subandina de Norte a Sur asimismo estos sistemas se localizan en los pies de cordilleras o nevados (Cordillera del Huaytapallana, Cordillera Blanca, Cordillera de Vilcabamba). (James 1978). Y entre los límites de la Cordillera Occidental y de la Zona Costera (Falla de Marcona, Huaypira, entre otras).

✓ **La Cadena Volcánica:** la formación de la cadena volcánica según algunos autores (Udias y Mezcuca, 1997), se debe a la colisión de los márgenes de la placa Sudamericana y de Nazca.

En el Perú esta cadena se localiza al sur de la Cordillera Occidental con conos Volcánicos activos como Coropuna, Ampato, Pucarani, Misti, Ubinas, Sarasara, entre otros.

Los volcanes e la región Sur del Perú deben su origen al proceso de subducción particular de esta parte del país, es decir una subducción del tipo normal de mayor pendiente mediante el cual el material del manto participa en los diferentes procesos que producen ascenso del magma. En la Región Norte y centro del Perú hay ausencia de volcanes debido a que el proceso de subducción en estas regiones tiende a ser horizontal.

✓ **Dorsal de Nazca:** Esta cadena montañosa o cordillera se localiza en el Océano Pacífico entre 15°S y 19°S. La Dorsal de Nazca está formada por rocas volcánicas con capas de minerales en las cuales predomina el hierro,





de personas fallecidas que fueron víctimas de la devastación que causa este tipo de fenómenos

Los historiadores han documentado a través del tiempo un gran número de eventos sísmicos ocurridos en nuestro país, muchos de los cuales han ocasionado grandes pérdidas tanto de vidas humanas como materiales.

El siguiente cuadro hace un resumen de los terremotos más destructivos que afectaron y solaron el litoral central del país.

**Tabla 1: Datos de Sismos en el Perú**

FECHA	INTENCIDAD	UBICACIÓN	DAÑO O PERSONAS
	(ESCALA - RICHTER)		
15 DE AGOSTO DEL 2007	7,9	PISCO - ICA	500
23 DE JULIO DEL 2001	6,9	SUR DEL PERU ( AREQUIPA - TACNA	100
31 DE OBTUBRE DE 1999	4	CHUSHI - AYACUCHO	INFRAESTRUCTURA DE ADOBE
03 DE ABRIL DE 1966	6	AREQUIPA	AFFECTADA LA GRAN PARTE DEL SUR DEL PERU
12 DE NOVIEMBRE DE 1966	7,7	NAZCA ICA	17
18 DE ABRIL DE 1993	5,8	LIMA	8
04 DE ABRIL DE 1991	6	MOYOBAMBA - SAN MARTIN	11
05 DE ABRIL DE 1991	6,5	MOYOBAMBA - SAN MARTIN	11
30 DE MAYO DE 1990	6,1	MOYOBAMBA - SAN MARTIN	70
04 DE ABRIL DE 1986	5,4	CUSCO	153
16 DE FEBRERO DE 1979	6,2	AREQUIPA	DAÑOS MATERIALES
03 DE OCTUBRE DE 1974	6,6	LIMA	DURACION APROX. 2 MIN. 252 MUERTOS
31 DE MAYO DE 1970	6	CHIMBOTE	70
17 DE OCTUBRE DE 1966	6,4	LIMA	100

**Fuente:** INDECI-Perú

### **2.2.2. Sistemas de Protección Sísmica**

Son llamados así a las distintas estructuras empleadas en las edificaciones para proteger o minimizar los efectos de los movimientos sísmicos en ellas mediante una gama de condiciones que estos deben de cumplir tales como pueden ser disipar, amortiguar, aislar, entre otras.

Lo que es claro es que estos dispositivos varían desde diseños relativamente sencillos hasta complejísimos sistemas en algunos casos totalmente automatizados.

En la actualidad los principales sistemas de protección sísmica que se vienen usando masivamente en todo el mundo son 2, básicamente estos sistemas de protección son los Sistemas de Aislación de base y los Sistemas Pasivos de Disipación de Energía ambos sistemas presentan variedades de dispositivos según el tipo de funcionamiento, requerimientos de las edificaciones y muchos otros aspectos que serán mencionados en líneas posteriores.

Lo que sí es bien sabido es que estos dos sistemas están dentro de lo que se conoce en el mundo de la ingeniería de protección sísmica como sistemas pasivos.

En general los sistemas de protección sísmica se clasifican en tres grandes grupos como lo son:

Los Sistemas de Protección Sísmica Activos.

Los Sistemas de Protección Sísmica Semi-Activos.

Los Sistemas de Protección Sísmica Pasivos.

A continuación, se hará una breve descripción de los tres grupos en los que se dividen en la actualidad los sistemas de protección sísmica.

### **2.2.3. Sistemas de Protección Sísmica Activos**

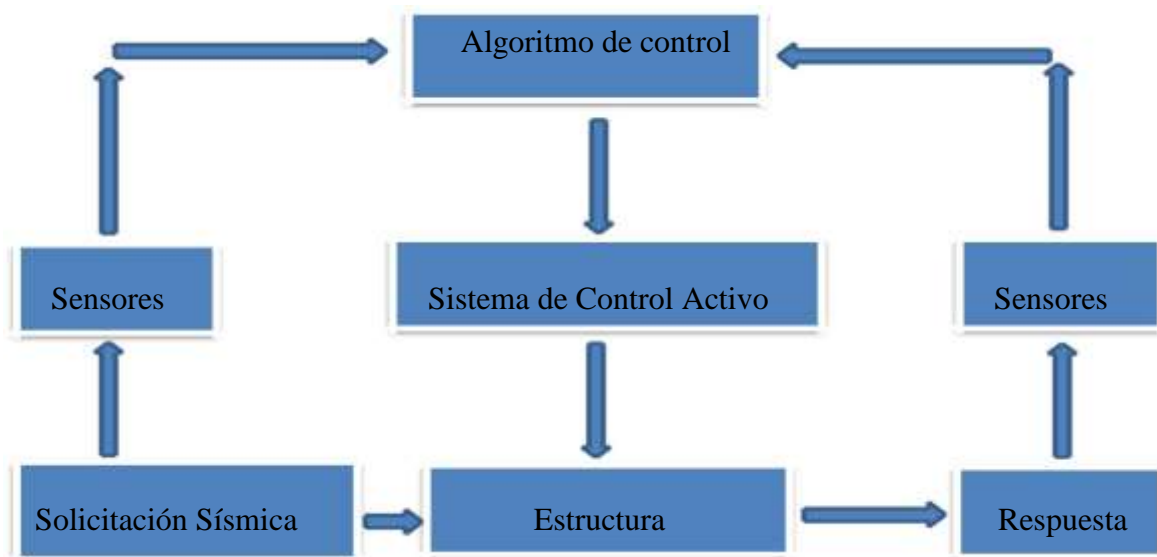
Estos sistemas llamados activos son sistemas que presentan sistemas complejos en las cuales estos sistemas incorporan un sistema en su mayoría

automatizado bajo lenguaje LPC, estos incluyen sensores de movimiento, sistemas de control y procesamiento de datos.

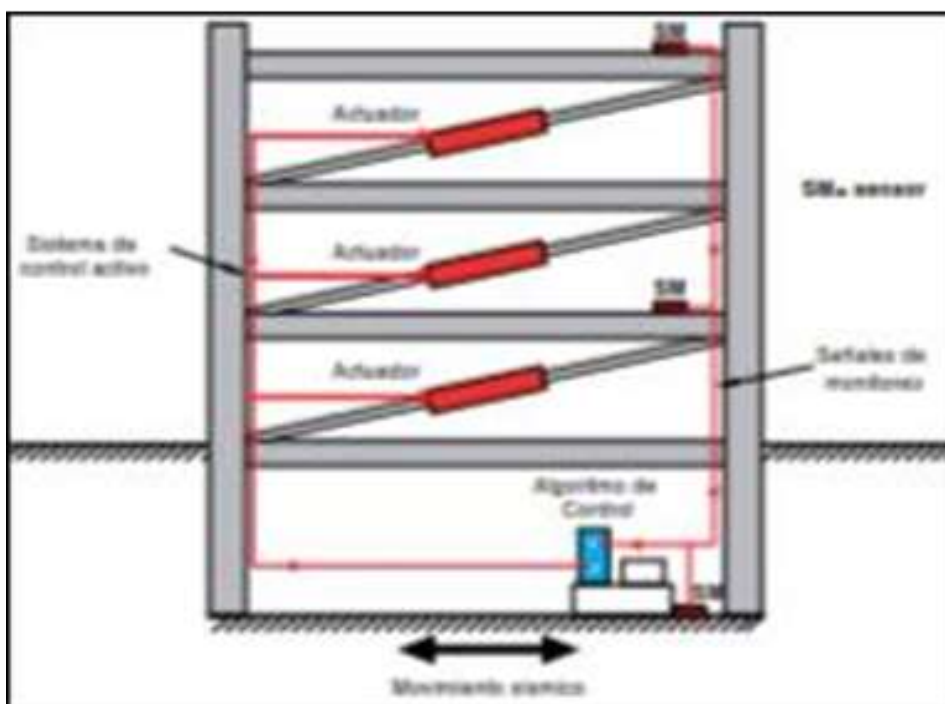
Estos sistemas realizan un seguimiento de la respuesta sísmica de la estructura en tiempo real, detectando movimientos y aplicando las fuerzas necesarias para contrarrestar los efectos sísmicos.

El actuar de los sistemas activos se resume de la siguiente forma: las excitaciones externas y la respuesta de la estructura son medidas mediante sensores, principalmente acelerómetros, instalados en puntos estratégicos de la estructura. Un algoritmo de control procesa, también en tiempo real, la información obtenida por los instrumentos, y determina las fuerzas necesarias que deben aplicar los actuadores para estabilizar la estructura. Las fuerzas que estos sistemas utilizan son, generalmente, aplicadas por actuadores que actúan sobre masas, elementos de arriostre o tendones activos. Una de las principales desventajas de los sistemas activos de protección sísmica, además de su costo, es que necesitan de una fuente de alimentación externa continua para su funcionamiento durante un sismo. No obstante, constituyen la mejor alternativa de protección sísmica de estructuras, ya que permiten ir modificando la respuesta de los dispositivos en tiempo real, lo que implica un mejor comportamiento de la estructura durante el sismo.

Los sistemas de protección sísmica activos han sido desarrollados en Estados Unidos y en Japón. Estos sistemas han sido aplicados principalmente en Japón, donde las restricciones de espacio de las grandes urbes, han detonado la construcción de estructuras de gran esbeltez.



**Flujograma del sistema de operación del sistema activo de protección sísmica.**



**Figura 4: Configuración en edificación sistema de control activo**  
Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

#### 2.2.4. Sistemas de Protección Sísmica Semi-Activos

Estos sistemas llamados semi-activos, comparten al igual que los activos, con un mecanismo de rastreo y monitoreo en tiempo real de la respuesta estructural de la

edificación ante los eventos sísmicos. Sin embargo, la diferencia de los sistemas activos no aplican las fuerzas de control directamente sobre la estructura. Los sistemas semi-activos actúan modificando, en tiempo real, las propiedades mecánicas de los dispositivos de disipación de energía. Ejemplos de estos sistemas son los amortiguadores de masa semi-activos, los dispositivos de fricción con fricción controlable.

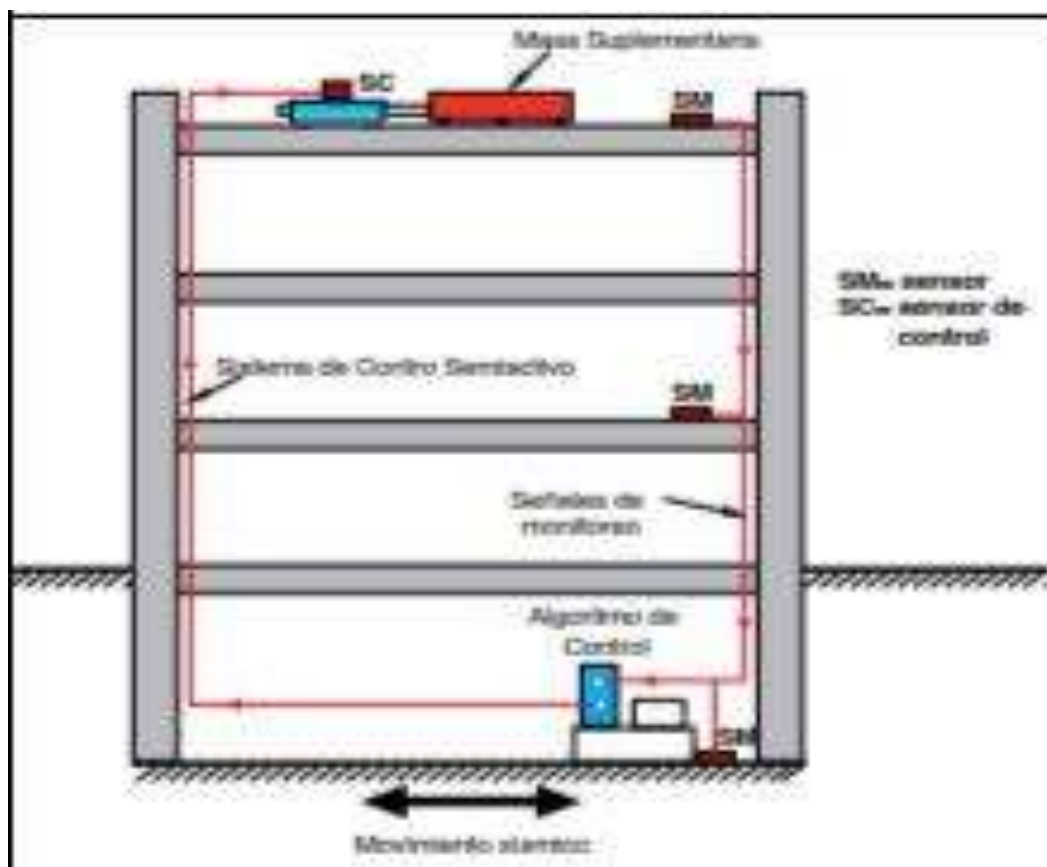


Figura 5: Configuración en edificación sistema de control semi-activo  
Fuente: Cámara Chilena de la Construcción

### 2.2.5. Sistemas de Protección Sísmica Pasivos

Como se mencionó líneas arriba son estos sistemas de protección sísmica pasivos los que se utilizan más en la actualidad para el control de los efectos destructivos sobre las edificaciones ocasionadas por las fuerzas de inercia producto del sismo.

Son en esta categoría donde se encuentran los sistemas como lo son.

- ✓ Sistemas de Aislación de base
- ✓ Sistemas Pasivos de Disipación de Energía

El principio de estos sistemas es la disipación de energía sísmica, esencialmente a través de calor. Esta acción lo que permite es el de modificar o corregir la respuesta dinámica de la edificación lo cual se logra a través de dispositivos mecánicos, que serán revisados con más detalle líneas más adelante cuando se haga mención de los sistemas de aislación y disipación.



**Flujograma del mecanismo de control de sistemas pasivos**

### **2.2.6. Comparación de los Sistemas de Protección Sísmica**

Los dos sistemas de protección sísmica pasivos poseen ciertas características que a continuación se resaltan.

**Tabla 2: Cuadro Comparativo Aislación y Disipación sísmica**

<b>Sistemas de Aislación Sísmica</b>	<b>Sistemas de Disipación de Energía</b>
Evita que las fuerzas y Movimientos se transfieran a la edificación a través de elementos flexibles.	No evita que las fuerzas y Movimientos se transfieran a la edificación. Los dispositivos son diseñados para disipar energía proveniente de sismos.
Los aisladores sísmicos permiten reducir la rigidez del sistema estructural aumentando el período de vibración de la Estructura aislada.	Estos dispositivos permiten aumentar el nivel de amortiguamiento de la Estructura.
Los sistemas de aislación sísmica pueden utilizarse tanto para edificaciones nuevas como para refuerzo de edificaciones ya existentes	Los sistemas de disipación de energía pueden utilizarse tanto para edificaciones nuevas como para refuerzo de edificaciones ya existentes

Fuente: Resumen de la Cámara Chilena de la Construcción

### 2.2.7. Sistemas Pasivos de Disipación de Energía

Se clasifican básicamente en cuatro categorías que a continuación son mencionados

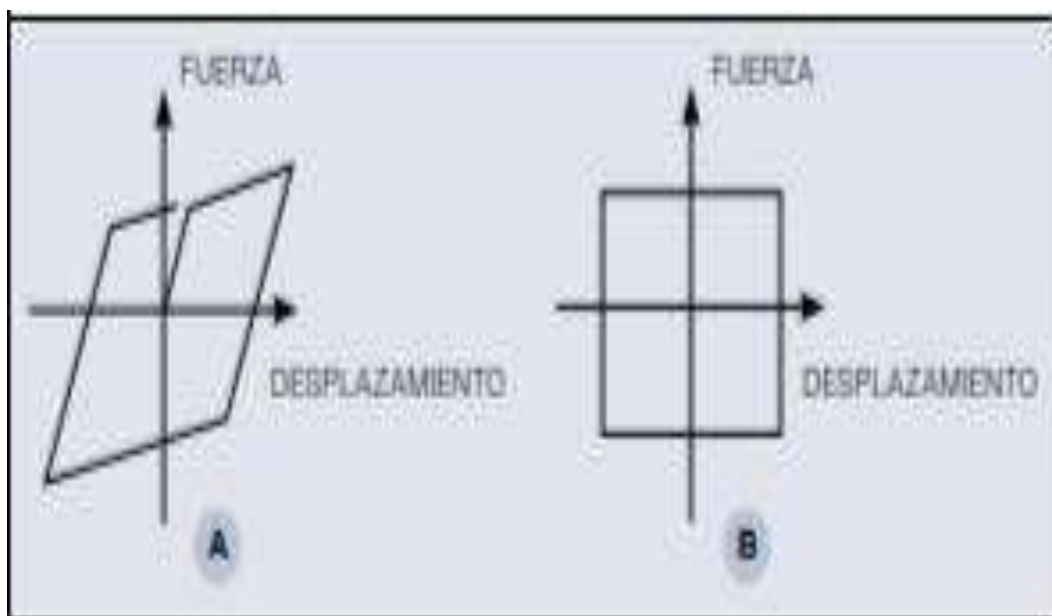


### 2.2.7.1. Disipadores Activados por Desplazamientos

Estos dispositivos como su propio nombre lo dice son activados por los movimientos relativos de los extremos de este dispositivo, pues obvio y claro pensar que si el movimiento del terreno induce movimiento a la edificación este a su infunde un desplazamiento a los extremos del dispositivo y es este movimiento relativo entre ambos extremos lo que hace que el sistema se active.

Este sistema disipan energía sísmica a través de la deformación plástica de los materiales que ellas conforman (Dispositivos metálicos) o la fricción de las superficies que hayan sido destinadas para tal fin que en ellas se encuentran (Dispositivos friccionales)

Un aspecto importante de estos tipos de disipadores son sus curvas histereticas o de disipación de energía (Fuerza - desplazamiento), estas curvas gozan de características típicas tal como se muestran a continuación:

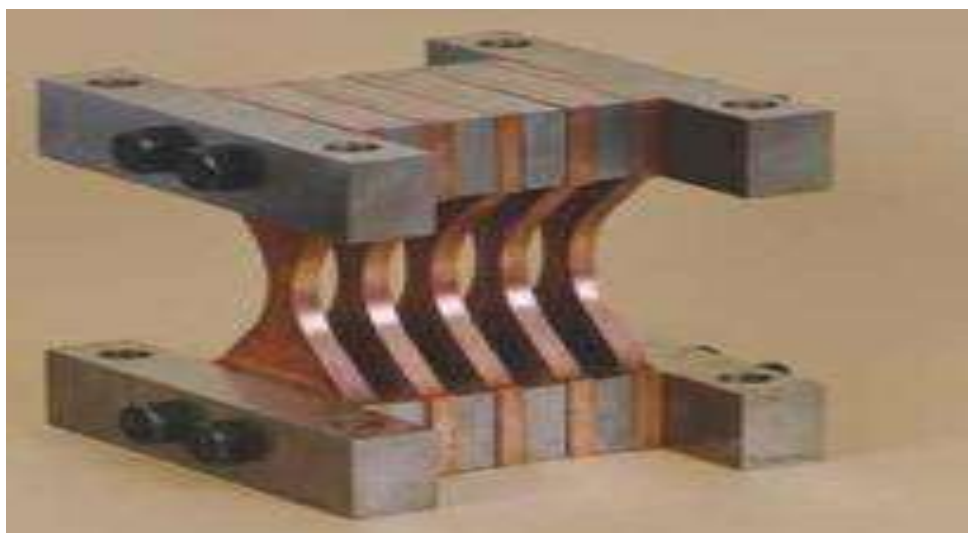


**Figura 6: Curvas histereticas: a) Disipador metálico, b) Disipador friccional**  
**Fuente: Cámara Chilena de la Construcción**

### 2.2.7.1.1. Disipador metálico

Uno de los disipadores más representativos y con más uso en nuestro país de disipador metálico es el tipo ADAS (Added Damping/Added Stiffness). Este tipo de disipadores son diseñados con una forma que permita la plastificación uniforme de las láminas de acero. La plastificación sucede como consecuencia de fuerzas de flexión, corte, torsión o la combinación de ellas.

Presentan un buen comportamiento a nivel de temperatura y duración en el tiempo, estos dispositivos añaden rigidez y amortiguamiento simultáneamente a las edificaciones en las cuales son incorporadas.



**Figura 7: Disipador metálico (ADAS)**  
**Fuente: Cámara Chilena de la Construcción**

### 2.2.7.1.2. Disipadores Friccionales

Estos dispositivos disipan energía a través del calor que se genera por la fricción de las superficies de contacto cuando estas alcanzan un cierto nivel de carga. Bajo esta consideración se presentaría una incertidumbre en el funcionamiento de estos dispositivos pues cabe la posibilidad que no se activen a causa de no alcanzar la carga necesaria para la activación de los mismos.



**Figura 8: Disipador friccional (Tipo Pall)**

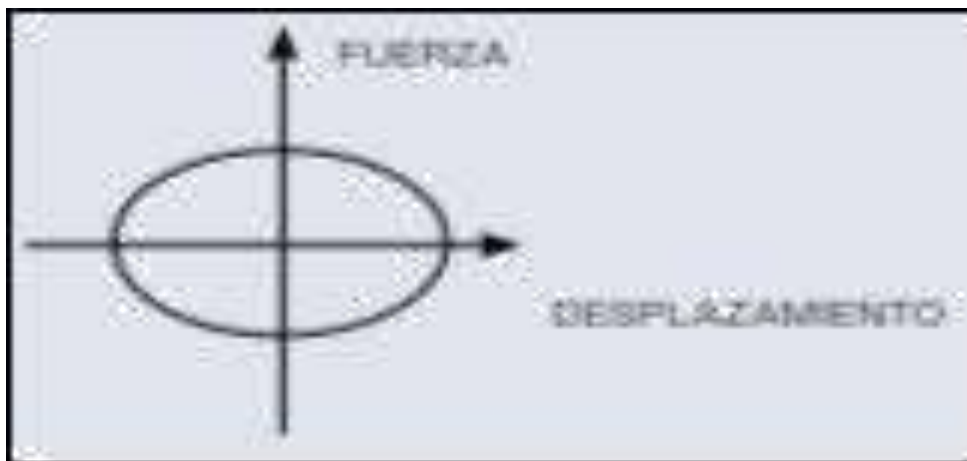
**Fuente: Cámara Chilena de la Construcción**

#### **2.2.7.2. Disipadores Activados Por Velocidad**

Estos son los disipadores cuya tendencia de su uso se está incrementando, estos tienden a activarse por medio de la velocidad relativa de los extremos de los dispositivos.

Dicha velocidad es infringida por los movimientos a causa de los sismos o de los vientos sobre todo en edificaciones esbeltas, estos dispositivos tienden a incrementar el exclusivamente el amortiguamiento de las edificaciones por ello no afecta la rigidez lateral de los mismos. Estos dispositivos permiten brindar protección a las edificaciones para todo el rango de movimientos sísmicos que abarcan desde los sismos de baja intensidad pasando por los de mediana intensidad y llegando a los de alta intensidad.

La curva histerética característica típica de este tipo de disipadores es como se muestra a continuación.

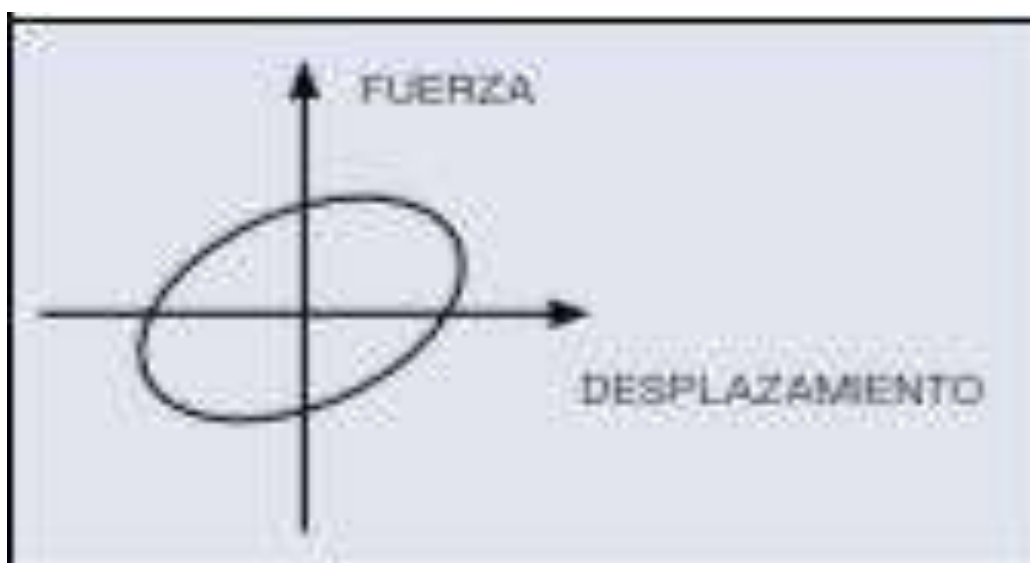


**Figura 9: Curva histerética Disipador activado por velocidad**

**Fuente: Cámara Chilena de la Construcción**

### **2.2.7.3. Disipadores Activados Por Velocidad y Desplazamiento**

Estos dispositivos para su activación tienen que estar sujetos a la acción combinada de desplazamientos y velocidades relativas de los extremos de los dispositivos. Al igual que los dispositivos activados solo por desplazamientos añaden rigidez y amortiguamiento a la edificación en las cuales estas son incorporadas. La curva histerética característica típica de este tipo de disipadores es como se muestra a continuación.



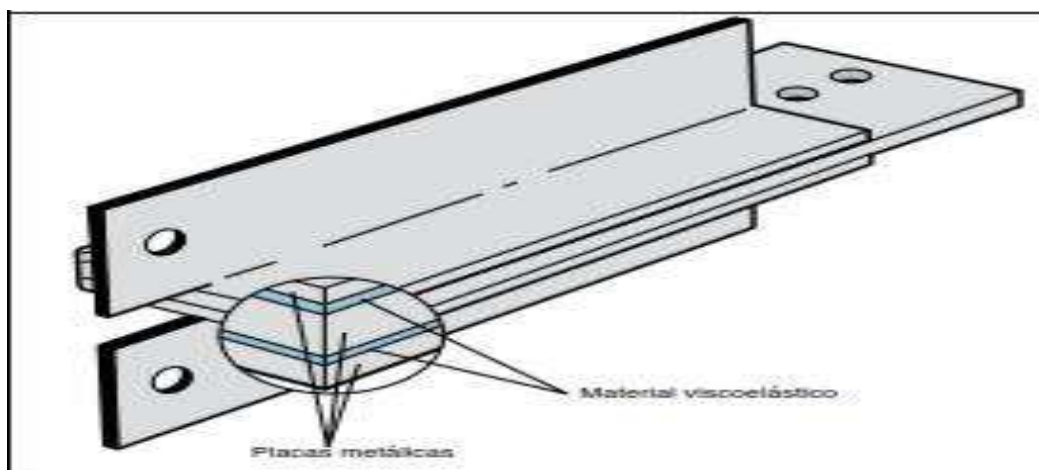
**Figura 10: Curva Histerética Disipador Activado Por Velocidad y Desplazamiento**

**Fuente: Cámara Chilena de la Construcción**

### 2.2.7.3.1. Disipadores Visco Elásticos Solidos

Estos dispositivos están formados por material viscoelástico ubicado entre placas de acero. Disipan energía a través de la deformación del material viscoelástico producida por el desplazamiento relativo de las placas.

Estos dispositivos se ubican generalmente acoplados en arriostres que conectan distintos pisos de la estructura. El comportamiento de los amortiguadores viscoelásticos sólidos puede variar según la frecuencia y amplitud del movimiento, del número de ciclos de carga, y de la temperatura de trabajo.



**Figura 11: Disipador Viscoelastico Solido**  
Fuente: Cámara Chilena de la Construcción

### 2.2.7.4. Dispositivos Activados por Movimiento

Este tipo de disipadores es activado por las fuerzas de inercia transmitidas por la estructura. Estos tipos de disipadores son fundamentalmente

Los Amortiguadores de Masa Sintonizada (AMS)

Estos AMS son constituidos principalmente por elementos restitutivos, amortiguamiento y una masa oscilante.

Estos dispositivos principian su funcionamiento en el acople de las frecuencias naturales de vibración de la edificación y del oscilador resonante para atenuar la respuesta dinámica de la estructura (Reducir las vibraciones).

Por lo general este tipo de disipadores se utiliza en edificaciones de gran altura en la que son instaladas en el techo.



**Figura 12. Amortiguador de masa Sintonizada**  
Fuente: Cámara Chilena de la Construcción

### 2.2.8. Filosofía del Diseño Sismoresistente:

**Tabla 3: Cuadro comparativo E-030 y ISO3010**

<b>E – 030</b>	<b>ISO – 3010</b>
<b>Filosofía de diseño sismoresistente</b>	<b>Bases de diseño sismoresistente</b>
<b>Evitar pérdidas de vidas humanas</b>	<b>Prevenir las lesiones a las personas</b>
<b>Asegurar la continuidad de los servicios básicos</b>	<b>Asegurar la continuidad de los servicios</b>
<b>Minimizar los daños a la propiedad</b>	<b>Minimizar el daño a la propiedad</b>

Fuente: RNE (E-030)

Se reconoce que dar protección completa a las edificaciones ante todos los movimientos sísmicos no es técnica ni económicamente factible para la gran mayoría de las estructuras.

### **2.2.9. Principios del Diseño Sismoresistente**

- a) La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
  
- b) La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
  
- c) Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N.º 5 de la norma técnica (E-030-2016), se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

“Los sismos no matan a la gente. Los edificios pueden matar a la gente si no se diseñan para soportar daños (Dr. Javier Piqué)”.

Es decir, según la filosofía y principios del diseño sismoresistente en nuestras estructuras se acepta el DAÑO, para evitar la vida de pérdidas humanas que es el fin primordial de diseño de edificaciones sismoresistentes.



**Figura 13: Edificio en San Francisco, California, después del terremoto de Loma Prieta**  
Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Refuerzo\\_antis%C3%ADsmico](https://es.wikipedia.org/wiki/Refuerzo_antis%C3%ADsmico)

Basándonos entonces en los principios de la norma Sismoresistente Peruana y de muchas normativas en el mundo las edificaciones deberían de sufrir daño para evitar que se transmita esta energía hacia los ocupantes o equipamiento que tiene esta edificación para de esta manera salvaguardar todo lo que este dentro de la estructura que se diseñe o proteja.

#### **2.2.10. Normatividad acerca de los sistemas de disipación de energía**

Los reglamentos peruanos de construcción no poseen una normativa específica para la incorporación de los sistemas de protección sísmica en las edificaciones como lo son sistemas de aislamiento sísmico y sistemas de disipación de energía.



Según (El Reglamento Nacional de Construcciones, 2016).La normativa Peruana vigente para diseño sismoresistente (E-030) aprobada en 2016 indica en el capítulo 3 – artículo 3.9 que a la letra dice:

Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la educación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

“Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

## **2.2.11. ASPECTOS IMPORTANTES EN LA NORMA TÉCNICA (E-030-2016)**

### **2.2.11.1. Zonificación sísmica del territorio Peruano.**

La zonificación propuesta para la última versión de esta norma difiere de la norma antecesora a esta puesto que esta última norma (2016) propone 4 regiones sísmicas claramente diferenciadas, a diferencia de su antecesora que presentaba 3 regiones sísmicas.

Las 4 zonas que se presentan están basadas en factores como la distribución espacial de la actividad sísmica observada, la atenuación de estos debido a la distancia epicentral, así como la información neotectónica.

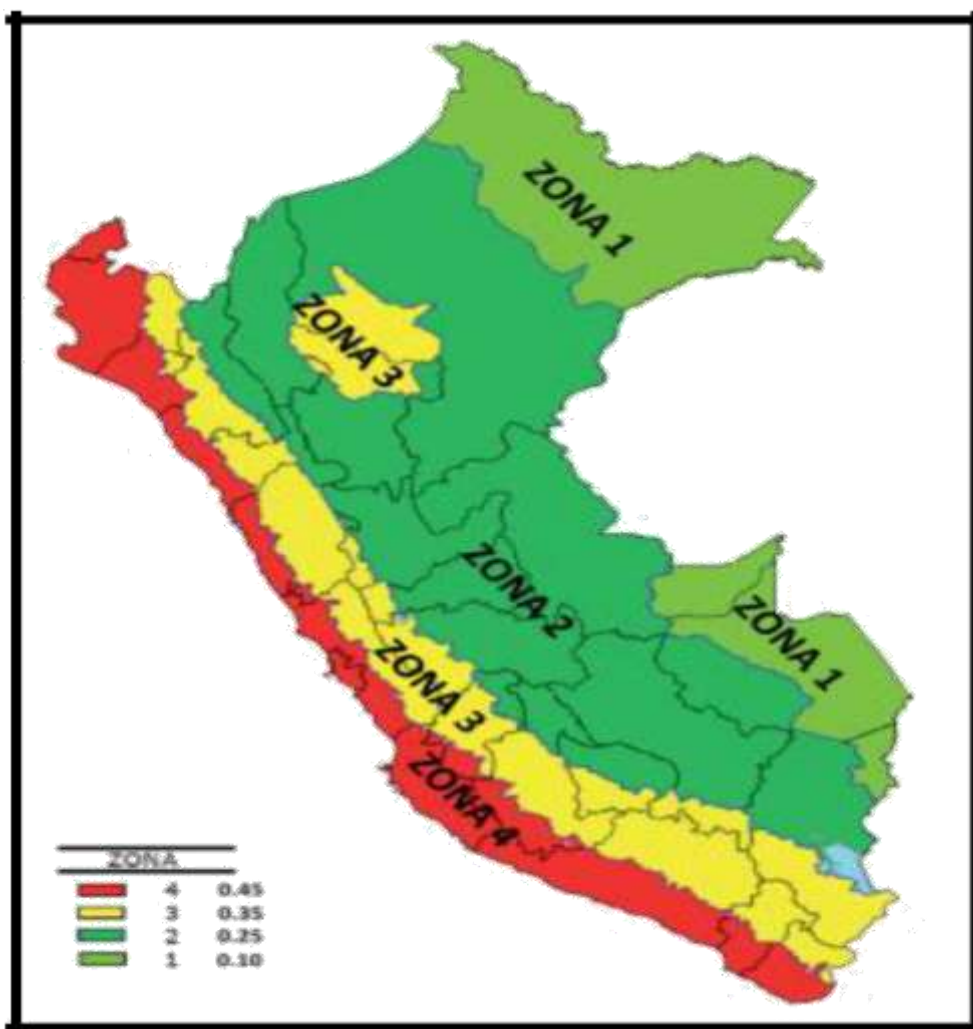


Figura 14: Zonificación sísmica para el Perú  
Fuente: RNE (E-030)

Tabla 4: Factores de Zona “Z”

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

Fuente: RNE (030)

### 2.2.11.2. Perfiles de Suelo

Este es un parámetro importante para la determinación de los efectos sísmicos sobre las estructuras la normativa vigente propone 4 tipos de suelos los cuales han sido clasificados tomando en cuenta parámetros características geotécnicas como lo son :la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ),o alternativamente para suelos granulares, el promedio de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT),o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) para lo que son los suelos cohesivos.

Tenemos los siguientes tipos de suelos según la actual norma que vendrían a ser:

**Perfil tipo S0:** Roca Dura.

**Perfil tipo S1:** Roca o Suelo muy Rígidos.

**Perfil tipo S2:** Suelos Intermedios.

**Perfil tipo S3:** Suelos Blandos.

**Perfil tipo S4:** Condiciones excepcionales.

**Tabla 5: Perfiles de suelo**

CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELO			
PERFIL	VS	N60	Su
S0	>1500m/s	-	-
S1	500m/s a 1500m/s	>50	>100 kpa
S2	180m/s a 500m/s	15 a 50	50 kpa a 100kpa

**Fuente: RNE (E-030)**

### 2.2.11.3. Parámetros de Sitio.

Con los 2 parámetros antes mencionados se definen periodos de vibración que son utilizados para la determinación del factor “C”, en función de los periodos “TP”, “TL” estos definidos por las características de zona y suelo y el periodo “T”, que es la aproximación del periodo de vibración de la estructura, que depende de características como lo son el material y su altura total.

**Tabla 6: Factor de suelo.**

FACTOR DE USO				
ZONA \ SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: RNE (E – 030)

**Tabla 7: Periodos de Vibración.**

PERIODOS “Tp” Y “TL”				
	PERFIL DE SUELO			
	S0	S1	S2	S3
<b>TP(s)</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>1.0</b>
<b>TL(s)</b>	<b>3.0</b>	<b>2.5</b>	<b>2.0</b>	<b>1.6</b>

Fuente: RNE (E – 030)

#### 2.2.11.4. Factor de amplificación sísmica(c)

Este coeficiente “C” es interpretado como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo.

**Tabla 8: Factor de amplificación sísmica**

CONDICION	VALOR DE “C”
$T < T_P$	$C = 2.5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{t}\right)$
$T > T_L$	$C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{t^2}\right)$

Fuente: RNE (E-030)

#### 2.2.11.5. Periodo fundamental de vibración “T”

El periodo fundamental de vibración para cada dirección se estimara con la siguiente expresión:

Dónde:

$h_n$ : es la altura total del edificio

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

#### 2.2.11.5. Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de fuerzas sísmicas

##### (RO)

Cuando en la dirección de análisis de la edificación se presenten más de un sistema estructural se tomará el menor coeficiente “Ro” que se presente.

<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>COEFICIENTE BASICO DE REDUCCION “RO”</b>
<b>ACERO:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes A Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>CONCRETO ARMADO</b>	
Pórtico	8
Dual	7
De Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4
Albañilería Armada O Confinada	3
Madera (Por Esfuerzos Admisibles)	7

Fuente: RNE (E-030)

Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 “Adobe” del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S3, ni se permite en suelos S4

#### **2.2.11.6. Coeficientes de reducción de fuerzas sísmicas “r”**

El coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas se determinara como el producto del coeficiente “Ro” determinado a partir de la tabla 10 y de los factores Ia, Ip, obtenidos de las tablas 8 y 9

#### **2.2.11.7. Estimación del peso sísmico “p”:**

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

### 2.2.11.8. Determinación de desplazamientos laterales:

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por “R” los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para brindar un parámetro de control que demanda la norma se convinieron tomar límites permisibles para los desplazamientos de los entrepisos tal como se detallara en el cuadro siguiente.

**Tabla 10: Límites de Distorsión de Entrepisos**

<b>LIMITES PARA DISTORSION DE ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

**Fuente: RNE (E – 030)**

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta tabla.

Una de las características más recurrentes del porque fallan las edificaciones en el país es que omiten las irregularidades que omiten las restricciones de las



irregularidades que se encuentran restringidas la normatividad técnica sismoresistente.

Algunas de las frecuentes son:

#### **2.2.11.9. Irregularidad de rigidez – piso blando**

Los llamados pisos blandos son aquellos que se dan cuando estos presentan una rigidez lateral muy reducida en comparación con los pisos adyacentes en una edificación, si bien es cierto este piso blando se puede presentar en cualquier piso es mucho más perjudicial si se presenta en el primero dado que la fuerza sísmica es mucho mayor en este nivel.

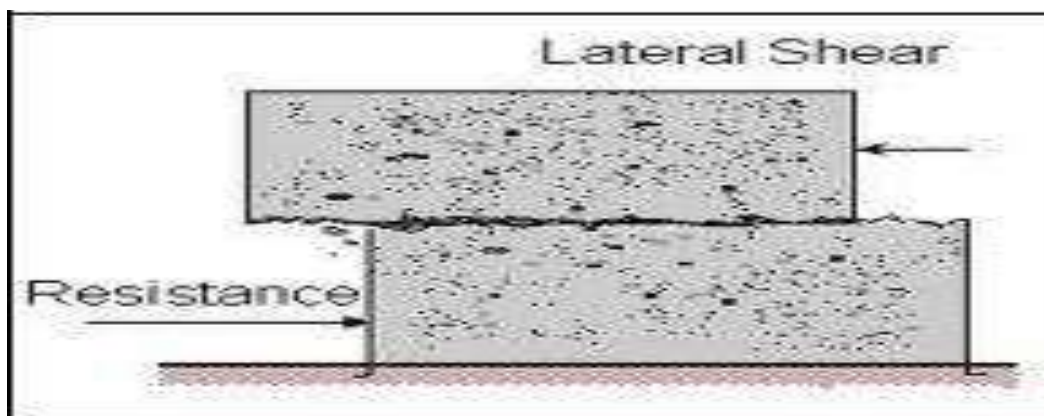


**Figura 15: Irregularidad de Rigidez**  
**Fuente: Prisma Ingenieros**

#### **2.2.11.10. Irregularidad de resistencia – Piso Débil**

Esta condición se da cuando la resistencia de los elementos verticales estructurales tales como lo son las columnas y los muros presentan un 20% o más de reducción de resistencia con respecto a un piso adyacente.

Esto sucede al igual que en el acápite anterior a consecuencia de una disminución en las secciones de los elementos resistentes y transmisores de carga lateral, por reducción en la cantidad de acero, entre otras



**Figura 16 :Irregularida de Resistencia**  
**Fuente: Prisma Ingenieros**

#### **2.2.11.10. Irregularidad extrema de rigidez:**

Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superiores o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes.

La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.

#### **2.2.11.11. Irregularidad extrema de resistencia**

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

### 2.2.11.12. Irregularidad de masa o peso

El problema en cuestión es ocasionado por altas concentraciones de la masa en algún nivel determinado del edificio que se puede deber a la disposición en él de elementos pesados, tales como equipos, tanques, bodegas, archivos, etc. El problema es mayor en la medida en que dicho nivel pesado se ubica a mayor altura, debido a que las aceleraciones sísmicas de respuesta aumentan también hacia arriba, con lo cual se tiene una mayor fuerza sísmica de respuesta allí y por ende una mayor posibilidad de volcamiento del equipo.

Por lo anterior, en el diseño arquitectónico es recomendable disponer los espacios que representen pesos inusuales en sótanos o en construcciones aisladas alejadas al cuerpo principal del edificio. En casos en los que por razones topográficas se deba tener almacenamientos de agua elevados, debe preferirse construir torres independientes para ese fin, en lugar de adosarlas al edificio principal.

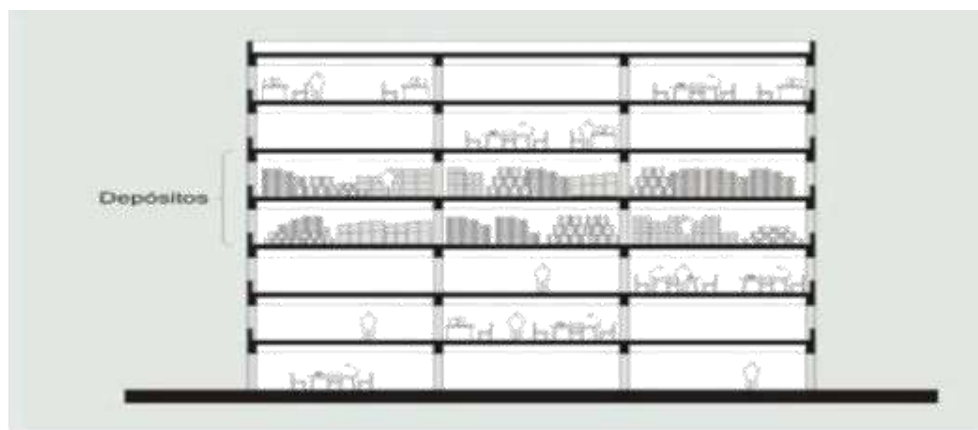


Figura 17: Irregularidad de masa o Peso

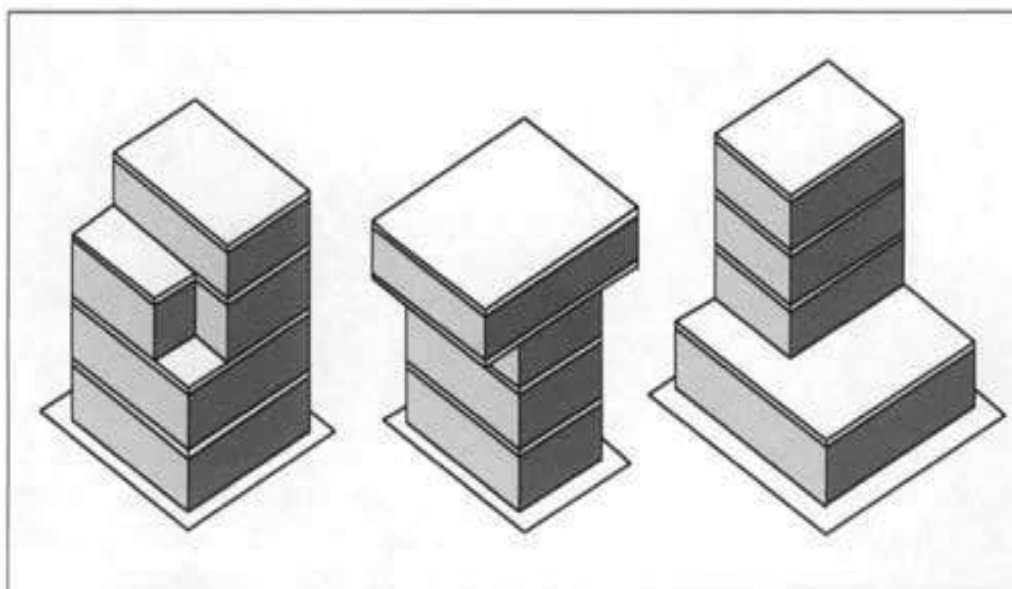
Fuente: Prisma Ingenieros

### 2.2.11.13. Irregularidad geométrica vertical:

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor

que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

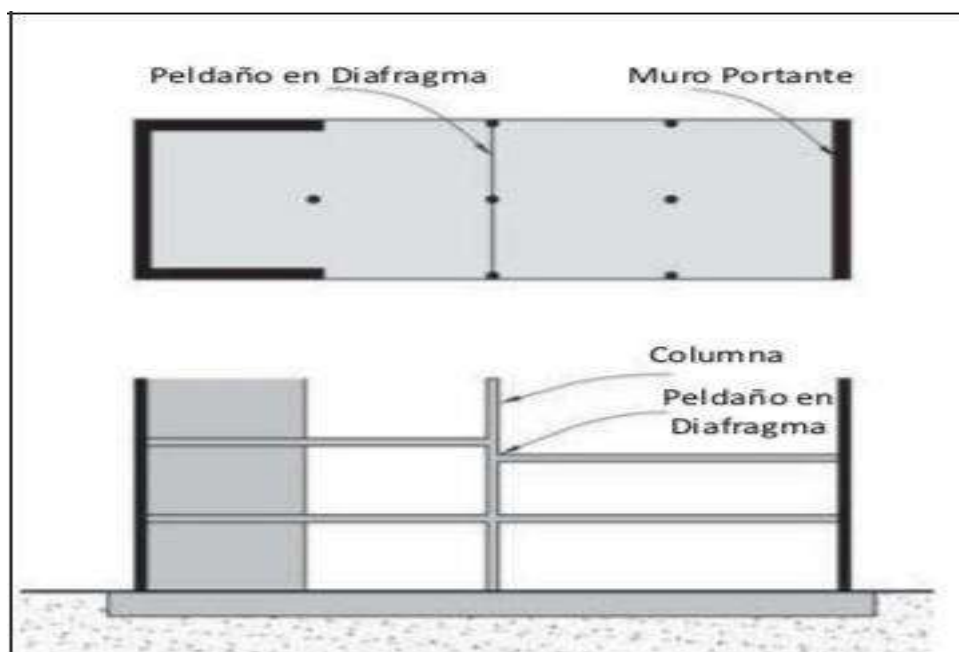
Esta configuración trae consigo la concentración de esfuerzos por que como es evidente en la gráfica este proporciona un cambio abrupto de rigidez y de masa, ocasionando daño en zonas aledañas al cambio abrupto de sección.



**Figura 18: Irregularidad Geométrica Vertical**  
Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS)

#### **2.2.11.14. Discontinuidad de sistemas resistentes**

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.



**Figura 19: Irregularidad de sistemas resistentes**  
**Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS)**

9.

## 2.2.12. Amortiguadores del tipo fluido viscoso

### 2.2.12.1. Amortiguadores del tipo fluido viscoso

El planteamiento general de la investigación gira en torno al funcionamiento en las edificaciones de los amortiguadores del tipo fluido viscoso.

Estos dispositivos cuyos orígenes se encuentran en la industria pesada y el ejercicio militar utilizada ampliamente en edificaciones en todo el mundo, con diseños cada vez más sencillos, livianos, económicos entre otras características que poseen estos sistemas que año a año se van innovando y mejorando características orientadas a la reducción de daño sísmico en una edificación.

El principal proveedor y líder mundial de este tipo de Dispositivos de Amortiguamiento de Fluido Viscoso es TAYLOR DEVICES cuya representación en el Perú es a través de la firma CDV- Representaciones, esta firma como la es

TAYLOR cuenta con muchos años de experiencia aproximadamente 60 años y con un número significativo de proyectos realizados a nivel mundial, algunos de ellos son:

- ✓ Tokyo, Japón Rinkai Hospital (Japón -Tokyo).
- ✓ Edificio Yokohama (Japón).
- ✓ Torres Petronas (Malasia).
- ✓ Tauranga Harbour Link Bridge (Nueva Zelanda).
- ✓ San Francisco Civic Center (San Francisco – EEUU).
- ✓ Torre Mayor (México).
- ✓ Las Condes Capital (Santiago-Chile).
- ✓ Patio Mayor (Santiago de Chile).

A nivel nacional también se tienen edificaciones que poseen este tipo de

Dispositivos entre las cuales podemos nombrar a:

Torre Central del Aeropuerto Jorge Chávez – Lima- PERU, la cual fue reforzada en 2007, aquí se realizó Reforzamiento de estructura de la torre central de 10 pisos, se colocaron 42 disipadores, F = 49T y 71.2T, Se colocaron en configuración Chevron.



**Figura 20: Amortiguador de fluido viscoso Aeropuerto Jorge Chávez**  
Fuente: GCAQ-Ingenieros Civiles

Centro Comercial El Quinde de Ica (Tienda Saga), colocó disipadores de fluido viscoso en sus instalaciones metálicas con el propósito de mejorar el comportamiento de la estructura ante un terremoto



**Figura 21: Amortiguador de fluido viscoso, CC- El Quinde**  
Fuente: CDV-Representaciones.

Centro Comercial El Quinde de Ica (Tienda Saga), colocó disipadores de fluido viscoso en sus instalaciones metálicas con el propósito de mejorar el comportamiento de la estructura ante un terremoto. Centro Empresarial el Reducto, con 14 pisos y 8 sótanos de estacionamientos, el proyecto es el primer edificio corporativo que utiliza la tecnología de Disipadores de Energía Sísmica, dichos dispositivos disminuyen considerablemente los desplazamientos laterales en un 40%, haciendo que los daños en equipamiento y elementos no estructurales sean mínimos ante un movimiento telúrico moderado o severo.



**Figura 22: Amortiguador de fluido viscoso, CE- El Reducto**  
Fuente: CDV-Representación.

### 2.2.12.2. Acción de los disipadores en las edificaciones

Estos dispositivos reducen las vibraciones y las deformaciones en las edificaciones donde son incorporados, el incremento de la amortiguación por acción de los disipadores de fluido viscosos varia típicamente en un rango de 10% a 40%



**Figura 23: Comparativa entre edificación con y sin amortiguadores de fluido viscoso**  
Fuente: CDV- Representaciones

Estos dispositivos tienden a disipar energía sísmica a través del paso del fluido viscoso (Silicona) que fluye de una cámara a otra a través de unos orificios que ahí se presentan este paso del fluido viscoso se ve forzado a realizarse por el efecto del empuje del pistón en la cámara de un cilindro sobre el fluido viscoso.

#### 2.2.12.2.1. Efecto del amortiguamiento sobre los desplazamientos

Tradicionalmente para lograr reducir los desplazamientos máximos que se presentarían en una edificación a causa de los sismos se tendrían 2 maneras de lograr esto.

El primero de ellos es a través del incremento de la rigidez de la estructura esto es posible con el cálculo y posterior diseño de elementos resistentes con mayor volumen (vigas, columnas) o a través de contemplar en el diseño la acción de los



muros de corte o muros de albañilería, que son elementos estructurales tan usados en nuestra realidad constructiva nacional, el aumento de la rigidez de la estructura se traduce como es de esperarse en una aminoración del periodo de vibración de la estructura.

El segundo método es el de incrementar el amortiguamiento en las estructuras, mediante la incorporación de dispositivos disipadores de energía sísmica del tipo amortiguadores de fluido viscoso.

El aumentar el amortiguamiento de una edificación traerá como consecuencia directa la disminución de desplazamientos de la estructura, con un beneficio adicional que es el de mantener casi constante el periodo de vibración de la estructura.

#### **2.2.12.2.2. Efecto del amortiguamiento sobre las aceleraciones**

En el primer caso que se mencionó anteriormente se tiene una edificación con un amortiguamiento crítico del 5% que es lo tradicional para estructuras según nuestra normativa (E-030-2016) con un periodo de vibración " $T_1$ " y una aceleración " $a_1$ ", al incrementar la rigidez de la edificación también se vería incrementada la aceleración a una aceleración " $a_2$ " donde " $a_2 > a_1$ " y una reducción del periodo de vibración de la estructura " $T_2$ ", donde  $T_2 < T_1$ .

En segundo caso como también se mencionó anteriormente si aumentamos teniendo también como punto de partida una edificación con un amortiguamiento crítico del 5% con un periodo de vibración " $T_1$ " y una aceleración " $a_1$ " el aumento del amortiguamiento del sistema a un amortiguamiento crítico mayor al 5%, traería consigo una disminución de la aceleración a una aceleración " $a_2$ " donde  $a_2 < a_1$ , manteniendo el mismo periodo de vibración " $T_1$ ".

### 2.2.12.3. Componentes de los amortiguadores de fluido viscoso

Estos dispositivos poseen una estructura y funcionamiento muy similar a los de los amortiguadores que se utilizan en la industria automotriz, tal como se verá a continuación.



Figura 24: Esquema 3D del Amortiguador de Fluido Viscoso  
Fuente: CDV- Representaciones

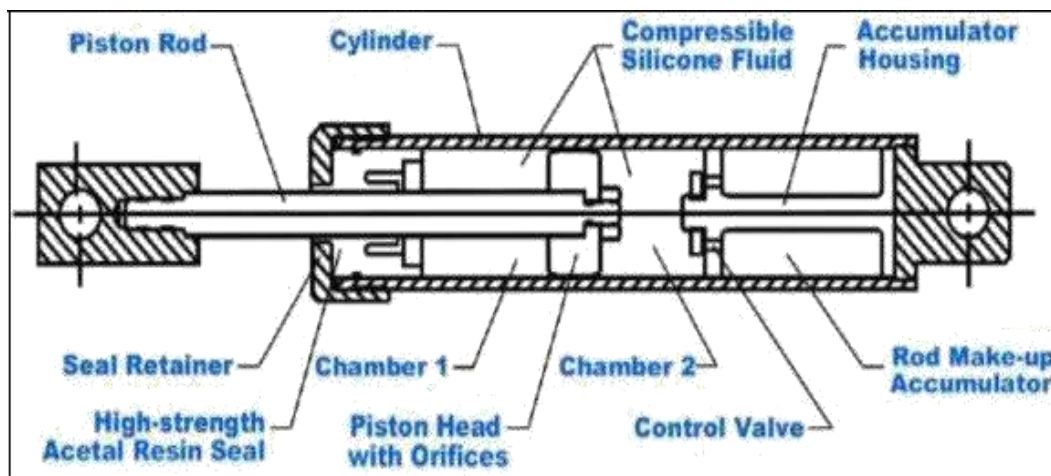


Figura 25: Esquema de las partes del Amortiguador de Fluido Viscoso  
Fuente: CDV- Representaciones

**Barra del pistón (Piston Rod):** La barra del pistón debe ser lo suficientemente resistente como para reaccionar a todas las fuerzas de amortiguamiento. Debido a que el pistón se comporta como una columna relativamente esbelta, normalmente es fabricado con acero de alta resistencia preferentemente acero inoxidable. El extremo

externo del pistón está sujeto a una de las dos horquillas de montaje del dispositivo mientras que el extremo interno está conectado a la cabeza del pistón. Al ponerse en movimiento, el pistón se desliza a través del sello (Seal) y el retenedor del sello (Seal Retainer).

- ✓ **Fluido:** Los disipadores que forman parte de sistemas estructurales emplean fluidos con una serie de propiedades y requisitos de seguridad en los Estados Unidos.

Los únicos fluidos que cumplen con dichas especificaciones son los provenientes de la familia de las siliconas, los cuales son resistentes al fuego (tienen un punto de inflamación mayor a 340 °C), son inertes, son completamente atóxicos y son térmicamente estables.

- ✓ **Cilindro:** Debe funcionar como recipiente a presión que contiene el fluido. Es usualmente fabricado a partir de un tubo de acero de una sola pieza. No es admisible soldar o ensamblar piezas para cilindros de disipadores a fin de prevenir la fatiga en el tiempo y el agrietamiento debido a los esfuerzos.

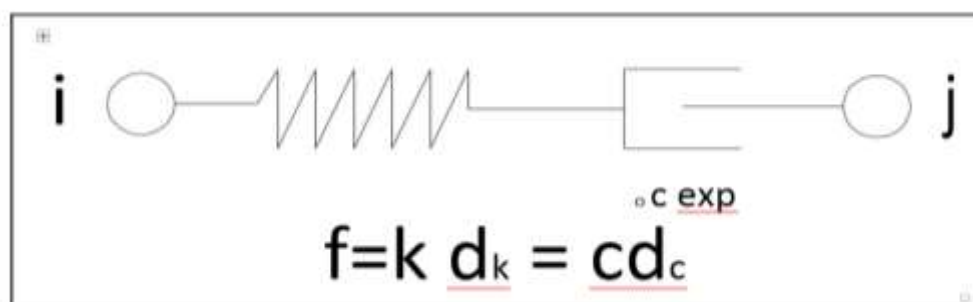
- ✓ **Sellos:** Los sellos deben tener una vida de servicio de al menos 25 años sin requerir reemplazo periódico. Debido a los extensos períodos de inactividad de los disipadores en la estructura, los sellos no deben desarrollar adherencia a largo plazo ni deben permitir filtración gradual del fluido. Los sellos dinámicos se emplean en la interfase de la barra del pistón y son fabricados de polímeros estructurales de alta resistencia.

Los sellos estáticos se emplean en donde los retenedores del sello están conectados al cilindro y consisten en sellos convencionales elastoméricos en forma de anillo.

- ✓ **Cabeza del pistón (Pistón Head):** Separa las dos cámaras de presión dentro del cilindro. La cabeza del pistón desplaza el fluido a través de los orificios que están en su interior, generando de esta forma presión de amortiguamiento.
- ✓ **Acumulador:** Permite el desplazamiento del volumen de la barra del pistón mientras entra o sale del disipador durante la excitación sísmica. El acumulador también compensará la expansión y contracción térmica del fluido.
- ✓ **Orificios:** Los orificios controlan el flujo presurizado del fluido a través de la cabeza del pistón. Por dinámica de fluidos, el flujo a través de un orificio simple de forma cilíndrica seguirá la ecuación de Bernoulli y la respuesta del disipador será una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad del pistón. Sin embargo, el diseño de los orificios de los disipadores utiliza una serie patentada de pasajes de formas complejas y hace uso de los procesos de control fluidito.

### 2.2.13.3. Descripción del comportamiento analítico de un amortiguador

#### De Fluido Viscoso:



**Figura 26: Modelo matemático para el modelado de los elementos Damper (Amortiguadores).**  
**Fuente: Cordova Ingenieros SAC.**

Donde:

: Fuerza del dispositivo.

: Constante de rigidez del resorte.

: Deformación axial del resorte.

: Coeficiente de amortiguamiento.

: Velocidad relativa entre los extremos del amortiguador

: Exponente de la velocidad

La figura siguiente muestra la relación que guarda el amortiguamiento del disipador y al velocidad a la que este disipador de fuerza se encuentra sometida , todo esto dependiendo exponente “ $\eta$ ” , que posea las expresiones analíticas que definen cada uno de estos disipadores.

Para el grafico se presentan 3 tipos de valores de “ $\eta$ ”, que son:

$\eta = 1$ ; La fuerza de amortiguamiento es proporcional a la velocidad

$\eta < 1$ ; La fuerza de amortiguamiento es proporcional a la velocidad



**Figura 27: Relación Fuerza-Velocidad de los Disipadores.**

**Fuentes: Jenn – Shin Hwang. Seismic Design of Structures with Viscous Dampers**

En la figura anterior se puede apreciar que para un mismo nivel de velocidad el disipador no lineal ( $\eta < 1$ ) tiene una mayor fuerza de amortiguamiento que los disipadores lineales ( $\eta = 1$ ) y los no lineales del tipo ( $\eta > 1$ ).

**2.2.12.4. Ecuación de movimiento con amortiguadores de fluido viscoso**

$$[M]\{\dot{X}\} + [C_{nd}]\{\dot{X}\} + [C_{md}]\{\dot{X}\} + [K]\{X\}$$

Donde:

[M]: Matriz de masa.

[C<sub>nd</sub>]: Matriz de amortiguamiento, correspondiente al amortiguamiento natural

[C<sub>md</sub>]: Matriz de amortiguamiento, correspondiente al amortiguamiento viscoso que depende del cmd y la localización de los amortiguadores.

[K]: Matriz de rigidez.

**2.2.12.4. Coeficiente de Amortiguamiento**

Debido a que el sistema puede tener “N” tipos de amortiguadores, entonces la matriz de amortiguamiento de los dispositivos puede expresarse como:

$$[C_{md}] = c_{md1}[C_1] + c_{md2}[C_2] + c_{md3}[C_3] + \dots$$

Donde:

c<sub>md1</sub>:Corresponde al coeficiente de amortiguamiento del dispositivo

$$2\xi_{nd1}\omega_1 = \frac{\{\phi_1\}^T [C_{md}]\{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M]\{\phi_1\}}$$

Donde:

{φ<sub>1</sub>}:Es el vector de forma modal correspondiente al modo fundamental

### 2.2.12.5. Amortiguamiento Efectivo

$$2\tilde{\xi}_{nd1}W1 = c_{md1} \frac{\{\phi_1\}^T [C_1] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}} + c_{md2} \frac{\{\phi_1\}^T [C_2] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}} + \dots + c_{mdN} \frac{\{\phi_1\}^T [C_N] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}}$$

FEMA 273: Define como razón de amortiguamiento efectivo a la suma de la razón de amortiguamiento crítico natural (propia de la estructura) y la razón de amortiguamiento crítico atribuible a los dispositivos de disipación de energía suplementario.

$$\xi_{eff} = \xi_{nd} + \xi_{md}$$

Donde:

$\xi_{eff}$ : Razón de amortiguamiento efectivo

$\xi_{nd}$ : Razón de amortiguamiento crítico natural  $\xi_{md}$ : Razón de amortiguamiento crítico debido a los dispositivos viscosos.

### 2.2.12.6. Razón de amortiguamiento crítico en función de la energía disipada y energía elástica de deformación

La razón de amortiguamiento crítico debido a los dispositivos viscosos, se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$\xi_{md} = \frac{\Sigma W_i}{2\Sigma W_k}$$

Donde:

$W_i$ : Es la energía disipada por el dispositivo viscoso en un ciclo de movimiento

$W_k$ : Es la energía elástica de deformación del sistema sin amortiguamiento.

### 2.2.12.6. Comportamiento no lineal de los amortiguadores de fluido viscoso

$$\xi_{md} = \frac{\sum \lambda C_{mdi} \phi u_{ri}^{1+\eta} (\cos(\theta_i))^{1+\eta}}{2\pi \omega_i^{2-\eta} \sum m_i u_i^2}$$

Donde:

$\lambda$ : Valor según la tabla

$C_{mdi}$ : Coeficiente de amortiguamiento del dispositivo “i”.

$u_{ri}$ : Desplazamiento relativo entre los bordes del dispositivo “i”, en la dirección horizontal.

$\eta$ : Exponente de la velocidad.

$\theta_i$ : Ángulo de inclinación del dispositivo “i”, con respecto a la horizontal.

$\omega_i$ : Es la frecuencia de vibración del modo “i”.

$m_i$ : Corresponde a la masa del piso “i”.

$u_i$ : Desplazamiento relativo del piso “i”.

**Tabla 11: Parámetro lambda dependiente del exponente de velocidad**

EXPONENTE “n”	PARAMETRO “λ”
0.25	3.70
0.50	3.50
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Fuente: ASCE – SEI – 07



$$\lambda = 2^{2+\eta} \frac{\Gamma^2(1 + \frac{\eta}{2})}{\Gamma(2 + \eta)}$$

Donde:

$\Gamma$ : Función Gamma.

Si solo se considera el modo principal de vibración, la respuesta del desplazamiento puede ser expresado como:

$$u_i = A\phi_i$$

Donde:

$A$ : Amplitud del movimiento

$\phi_i$ : Desplazamiento modal del piso  $i$ , correspondiente al modo fundamental de vibración.

Finalmente la razón de amortiguamiento crítico atribuible a los dispositivos de disipación de energía del tipo viscosos con comportamiento no lineal es:

$$\xi_{md} = \frac{\sum \lambda C_{mdi} \phi_{ri}^{1+\eta} (\cos(\theta_i))^{1+\eta}}{2\pi A^{1-\eta} \omega^{2-\eta} \sum \left(\frac{\omega_i}{g}\right) \phi_i^2}$$

$$A = \frac{g * FPM_i * Sa * T_i}{4 * \beta_{mD} * \Pi 2}$$

**Tabla 12: Parámetro Bmd dependiente del amortiguamiento crítico**

AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO $\beta$ (PORCENTAJES DEL CRITERIO)	$B_{v+1, BD, B1M, BR, BmD}$ or $BMm$ (periodico de estructuras $T_0$ )
$\geq 2$	0.80
5	1.00
10	1.20
20	1.50
30	.80
40	2.10
50	2.40
60	2.70
70	3.00
80	3.30
90	3.60
$\geq 100$	4.00

Fuente: ASCE-SEI-07.

### 2.2.12.7. Rigidez del dispositivo “k”

Rigidez del dispositivo “K” (Rigidez del brazo metálico)

$$K = \frac{EA}{L}$$

Donde:

$E$ : Modulo de Elasticidad del acero.

$A$ : Área de la sección del brazo metálico.

$L$ : Longitud del brazo metálico.

Utilizar: Perfiles HSS o tipo PIPE

### 2.2.12.8. Criterios de ubicación y disposición de los disipadores

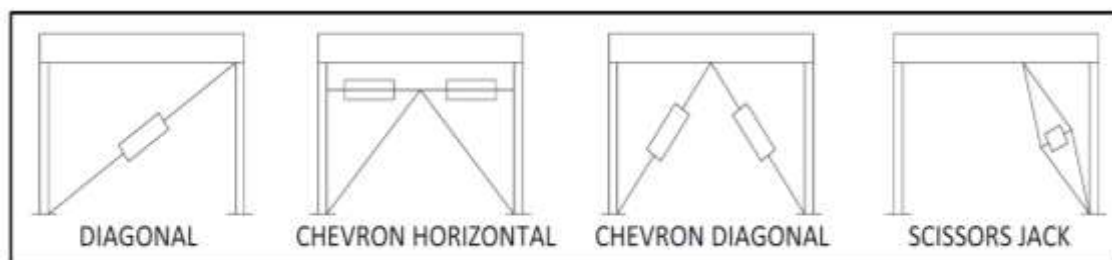
En el caso de amortiguadores fluido viscosos, se sugiere ubicarlos inicialmente en las zonas de velocidades máximas y en los entrepisos que experimentan mayor desplazamiento relativo. La ubicación óptima de los amortiguadores se logra mediante un proceso iterativo.

Entre los arreglos o disposiciones de los amortiguadores encontramos principalmente

a:

- ✓ Arreglo en Diagonal
- ✓ Arreglo Chevron
- ✓ Arreglo Scissors Jack

Este orden está en función de la utilización que se le ha venido dando a estos dispositivos en las edificaciones a nivel mundial



**Figura 28: Tipos de Disipadores de Fluido Viscoso más Utilizados.**

**Fuente: Córdova Ingenieros SAC.**

Últimamente se están utilizando dispositivos alternativos a los ya conocidos arreglos que se mencionaron líneas arriba y que ya son conocidos.

Entre estos podemos mencionar dos de estos los cuales son:

- ✓ Upper Toggle Brace
- ✓ Lower Toggle Brace

Se ha notado que cuando se conectan dos entrepisos este sugiere una mayor efectividad en el desempeño de disipación de energía sísmica

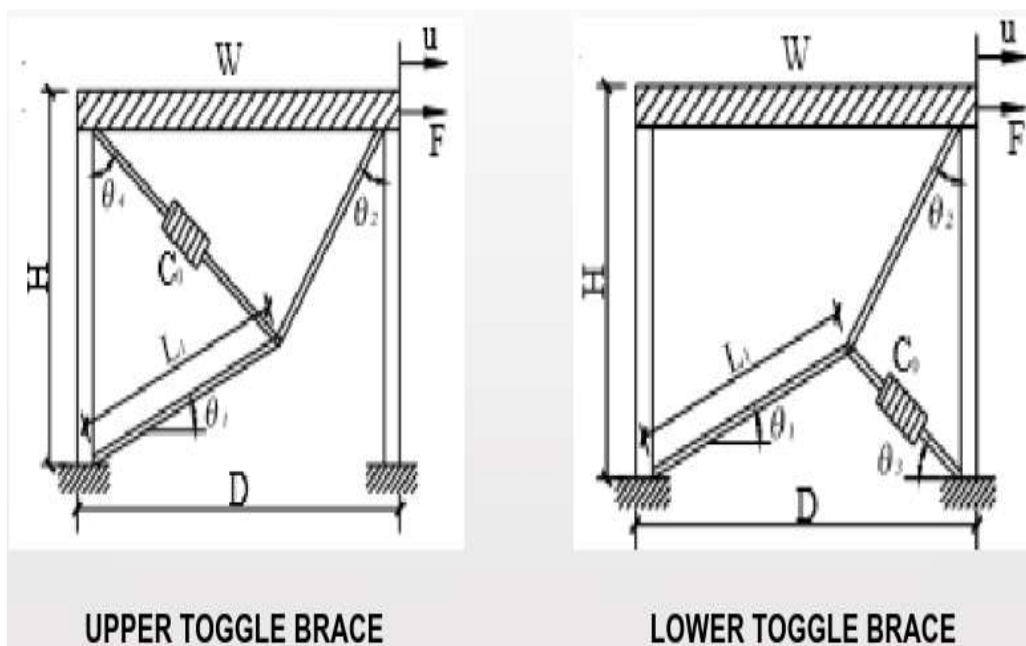


Figura 29: Disipadores en arreglo Upper Toggle Brace y Lower Toggle Brace

Fuente: Córdova Ingenieros SAC.

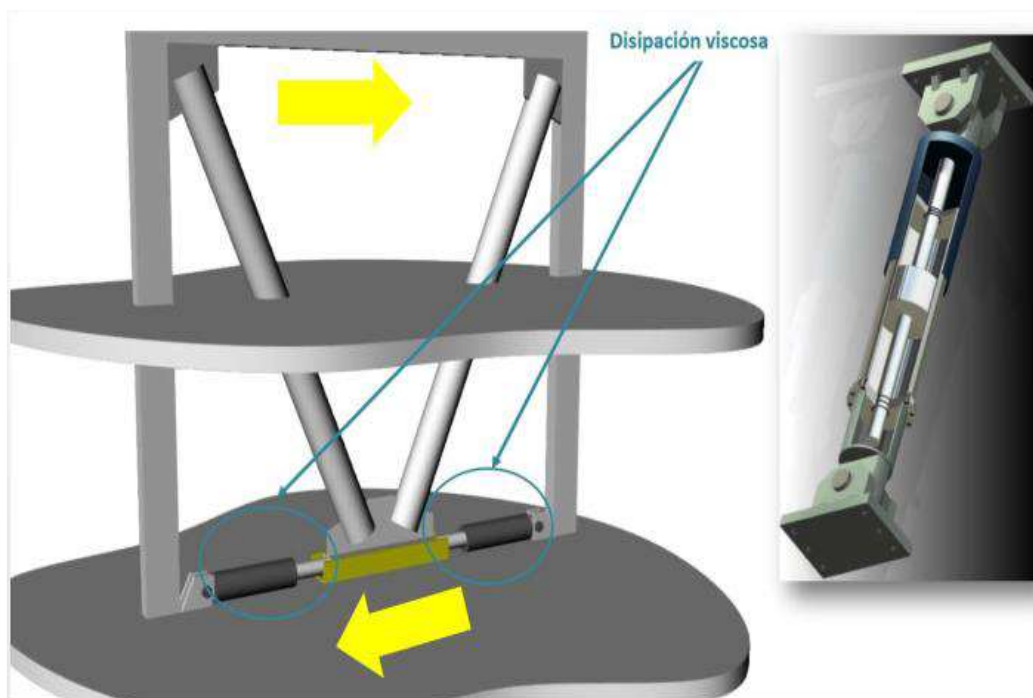


Figura 30: Esquema de la utilización de Disipador Viscoso uniendo dos entrepisos.

Fuente: Córdova Ingenieros SAC.



**Figura 31: Disipador Viscoso uniendo más de dos entrepisos.**

**Fuente: Córdova Ingenieros SAC.**

## **2.2.12.8. Metodología de diseño de amortiguadores de fluido viscoso**

### **2.2.12.8.1. Diseño por desempeño**

El siguiente cuadro muestra los niveles de desempeño acordados por el comité

Visión 2000

NIVEL DE DESEMPEÑO		DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural insignificante. Los sistemas continúan prestando servicio
Leve	operacional	Agrietamiento en el sistema estructural. Daño entre leve y moderado en contenidos y elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evaluación funcionan con normalidad.

moderado	operacional	Daños moderados en algunos elementos perdidos de resistencia y rigidez del sistema resistencia de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse y pueden ser necesarios cerrar el edificio temporalmente
severo	pre – colapso	Daños severos en elementos estructurales. Falla de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Pueden llegar a ser necesarios demoler el edificio.
Completo	colapso	Pérdida total o parcial del soporte. Colapso parcial o total no es posible la reparación.

FUENTE: FEMA 356

#### 2.2.12.8.2. Propuesta del comité visión 2000:

**Tabla 14: Probabilidad de excedencia con intervalos de recurrencia propuestos por el comité Visión 2000.**

MOVIMIENTO SISMIO DE DISEÑO	INTERVALO DE RECURENCIA	PROBABILIDAD DE EXEDENCIA
FRECUENCIA	43 AÑOS	50% EN 30 AÑOS
OCASIONAL	72 AÑOS	50% EN 50 AÑOS
RARO	475 AÑOS	10% EN 50 AÑOS
MUY RARO	950 AÑOS	10% EN 100 AÑOS

Fuente: Fema 356

### 2.2.12.8.3. Elección de los objetivos de desempeño

Tabla 15: Objetivos de Desempeño Comité Visión 2000.

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de Desempeño Mínimo
Sismo Frecuente	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	Operacional
Sismo Raro	Seguridad
Sismo muy Raro	Próxima al Colapso

Fuente: Fema 356

### 2.2.12.8.3. Reducción de la Respuesta

	Fully operational	Funtional	Life Safety	Near Collapse
Frequent (50% en 50 años)				
Occasional Rare (20% en 50 años)				
(10 % en 50 años)				
Very Rare (5% en 50 años)				

	Unacceptable Performance for New Buildings
	Performances Objectives for Standard Occupancy Bulldings
	Performarce Objectives for Emergency Response Facilites
	Performarce Objectives for Safety Critical Facilities

**Figura:** Reducción de la Respuesta Sísmica

**Fuente:** Córdoba Ingenieros SAC.

### 2.2.12.8.3. Elección de la deriva objetivo:

Tabla 16: Niveles de desempeño

NIVELES DE DESEMPEÑO Y DERIVAS DE OBJETIVO PARA EDIFICIOS TIPO CM1 (HAZUS Y SEAOC VISION 2000)	
NIVELES DE DESEMPEÑO OBJETIVO	DERIVA OBJETIVO
Totalmente operacional	0.0033
Operacional	
<b>Seguridad</b>	<b>0.0058</b>
Pre-colapso	0.0156
Colapso	0.04

Fuente: Metodología Hazus- Visión 2000.

### 2.2.12.8.3. Amortiguamiento Efectivo

$$\beta = \frac{\text{Deriva Máxima}}{\text{Deriva Objetivo}}$$

$$\beta = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 (\beta_{eff})}$$

$$\beta = \beta_{eff} - 5\%$$



### 2.2.12.8.3. Proceso para el análisis y diseño de los amortiguadores de fluido viscoso

1. Definir los registros tiempo Historia y el agrietamiento de las Secciones (si fuese el caso)
2. Análisis de la edificación sin amortiguamiento (ANL).
3. Calculo de los desplazamientos máximos inelásticos.
4. Elección de los objetivos de desempeño y la deriva objetivo
5. Determinación del amortiguamiento efectivo
6. Ubicación y disposición de los amortiguadores
7. Definición de las propiedades del amortiguador ( $K$ ,  $C$ ,  $\alpha$ ).
8. Verificar si se cumple con la deriva objetivo.
9. Verificar si cumple con el amortiguamiento efectivo (carga tipo pulso).

### 2.3. Bases Legales

- ✓ Norma 030 del RNE
- ✓ **ICG.** Reglamento Nacional de Edificaciones (1° ed.). Perú: Diario El Peruano.
- ✓ **ICG.** NTE E.060 Concreto Armado (1° ed.). Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Gerencia.

## CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. General

La Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada.

#### 1.1.2. Específicos

- ✓ El comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada
- ✓ La disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es media
- ✓ El aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es alta
- ✓ El balance energético de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es alta.

### 3.2. Diagrama de Variables

#### 3.2.1. Variable Independiente

Sistemas de amortiguamiento del tipo fluido viscoso

#### 3.2.2. Variable Dependiente

Respuesta Sísmica

### 3.4. Operacionalización de las Variables (Matriz de consistencia)

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
<b>SISTEMAS DE AMORTIGUAMIENTO DEL TIPO FLUIDO VISCOSO</b>  <b>RESPUESTA SÍSMICA</b>	Irregularidades estructurales  Derivas  Esfuerzos	Irregularidades estructurales  Derivas  Esfuerzos	Guía de observación  Ficha técnica  Ensayos
	Comportamiento Dinámico  Disminución de daño.  Aumento de la amortiguación Balance Energético	Comportamiento Dinámico  Disminución de daño.  Aumento de la amortiguación Balance Energético	

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

### 2.1. Método de la investigación

Por la naturaleza del estudio los métodos teóricos utilizados son el análisis y síntesis; y como métodos específicos se usó la observación y la experimentación según Lino Q, (2004), los métodos teóricos como el análisis y síntesis; y los métodos específicos como la observación y la experimentación, se entiende: los teóricos se interesan por la descomposición del todo en sus partes y la reconstrucción del hecho, además los específicos se interesan por identificar las cualidades y características del hecho y al mismo tiempo manipular las variables.

### 2.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación por la naturaleza del estudio es aplicada, según Carrasco, (2005), “ella trata de comprender y resolver el problema del uso y manejo del agua por parte de la población, así mismo como esta genera mejora y afianza a la gestión del agua”.

### 2.3. Nivel de la investigación

El estudio por el nivel de profundidad es **Descriptivo –Explicativo**; según Sabino Muñoz, Ledesma (2008, p. 19), manifiesta “permite describir las manifestaciones de las variables y explicar el comportamiento del hecho, a partir de la aplicación de un sistemas de amortiguamiento del tipo fluido viscoso para determinar la respuesta sísmica de la edificación dos torres.

## 2.4. Diseño de investigación

El diseño metodológico por la naturaleza del estudio es el experimental; según Hernández (2010), manifiesta que el diseño experimental pueden abarcar una o más variables independientes y una o más dependientes.

### Esquema del diseño de investigación

Ge x 01

Gc - 02

#### Donde:

**Ge** = grupo experimental

**Gc** = grupo de control

**X** = Estimulo

- = No se aplica el estimulo

**01 – 02** = Pos prueba

## 2.5 Población y muestra

### 2.5.1. Población.

Para Hernández Sampieri, (2014), “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (pág. 65). Para el estudio la población está conformado por la Edificación Dos Torres.

### 2.5.2. Muestra.

La Muestra es no probabilística, el tipo de muestreo fue por conveniencia, según carrasco (2005, p. 243) considera “el investigador selecciona sobre la base de su propio criterio las unidades de análisis”. Para el estudio la muestra es la Edificación Dos Torres.

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

Las técnicas de recopilación de datos fueron fuentes documentales, registros y los instrumentos serán las guías de observación y las fichas técnicas y ensayos.

## **2.8. Técnicas y análisis de datos**

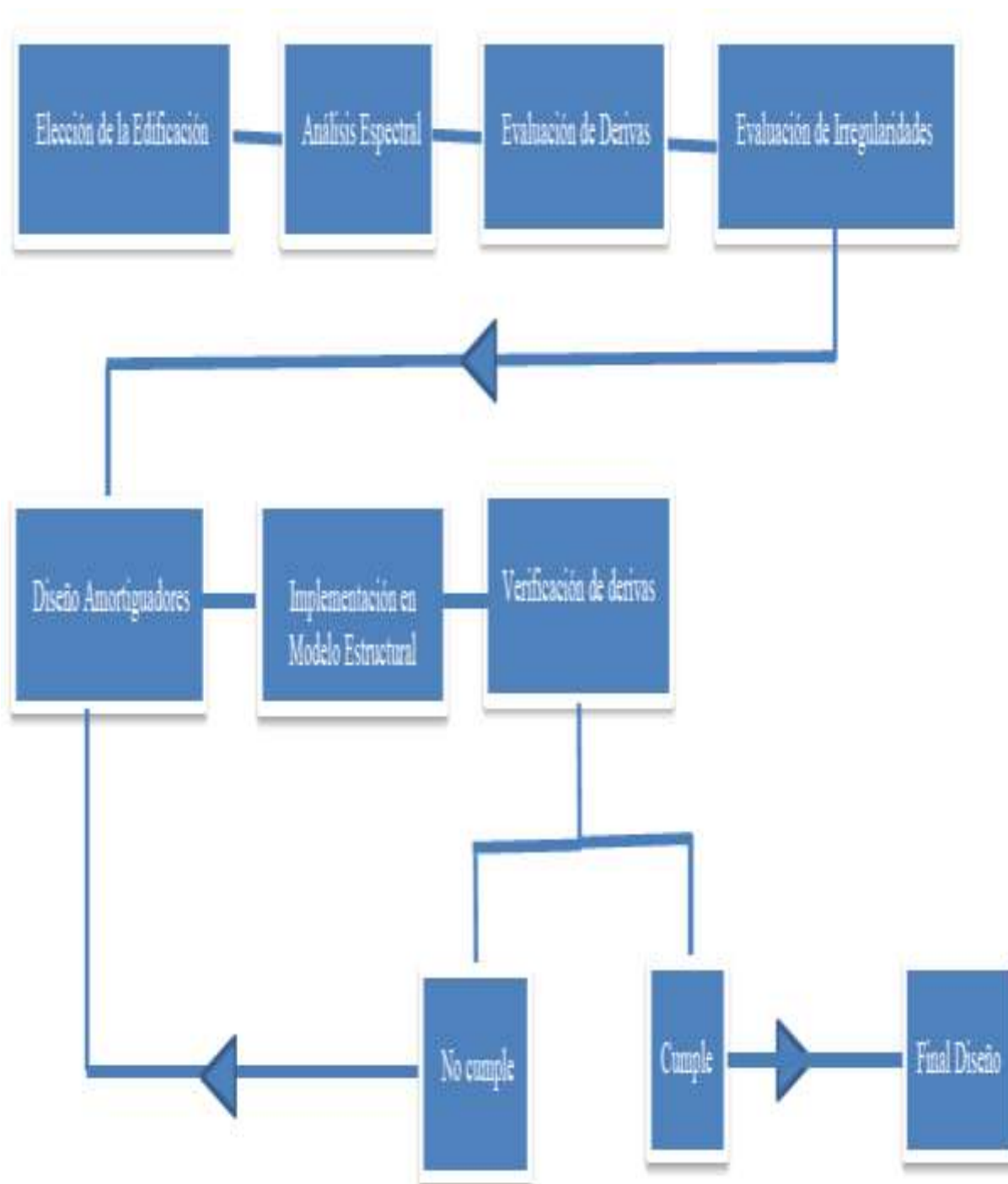
Las pruebas estadísticas que se utilizaron en su aplicación:

Según Sampieri (2014, p. 318), para estudios descriptivos se utilizara la estadística descriptiva, presentándose las tablas y los graficos respectivamente.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1. Procedimiento Metodológico

La investigación se desarrolló de la siguiente manera



### 5.1.1. Descripción del proyecto

#### 5.1.1.1. Ubicación:

La edificación objeto de este estudio se ubica en el departamento de Junín, Provincia de Huancayo, distrito del Tambo.



**Figura 32: Departamento de Junín, Mapa político del Perú**

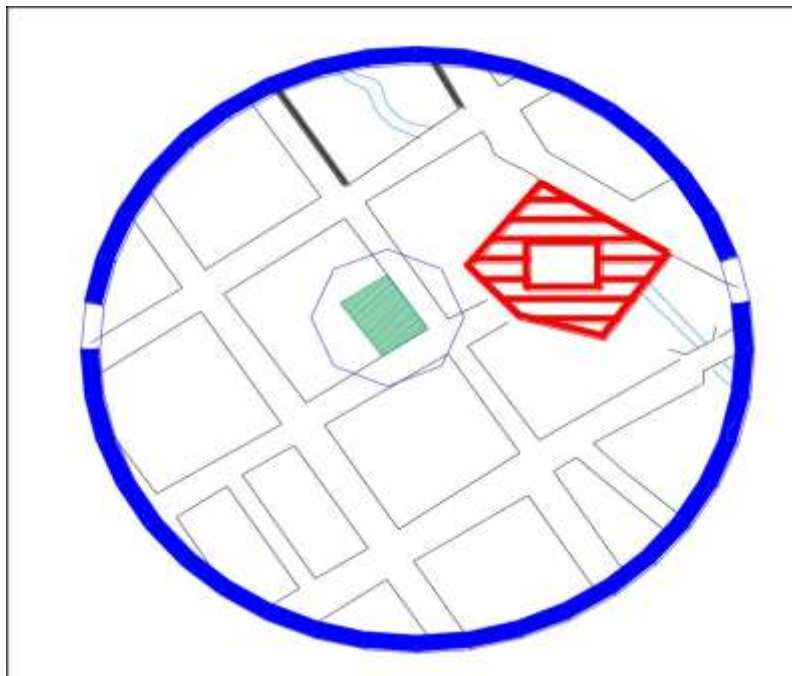
**Fuente: Propia**

Esta edificación forma parte de uno de los dos bloques que conforman el conjunto habitacional específicamente toma el nombre e Torre dos.

Esta edificación cuenta con su ingreso principal a través de la calle Panamá, y limita con las calles



- ✓ Por el norte con la calle Loreto.
- ✓ Por el sur con la calle Ica.
- ✓ Por el Este con la calle Tacna.
- ✓ Por el oeste con la calle Panamá.



**Figura 33: Localización de la edificación Dos Torres**

**Fuente: Propia**

#### **5.1.1.2. DESCRIPCION ARQUITECTONICA**

La edificación presenta en planta una forma muy semejante a la de un rectángulo, con la salvedad de que esta tiene ciertas irregularidades (es decir sus lados no se cortan exactamente en 90 grados sexagesimales)

Sus dimensiones son aproximadamente de:

Ancho (X-X) de 21.50 m

Largo (Y-Y) de 37.50 m

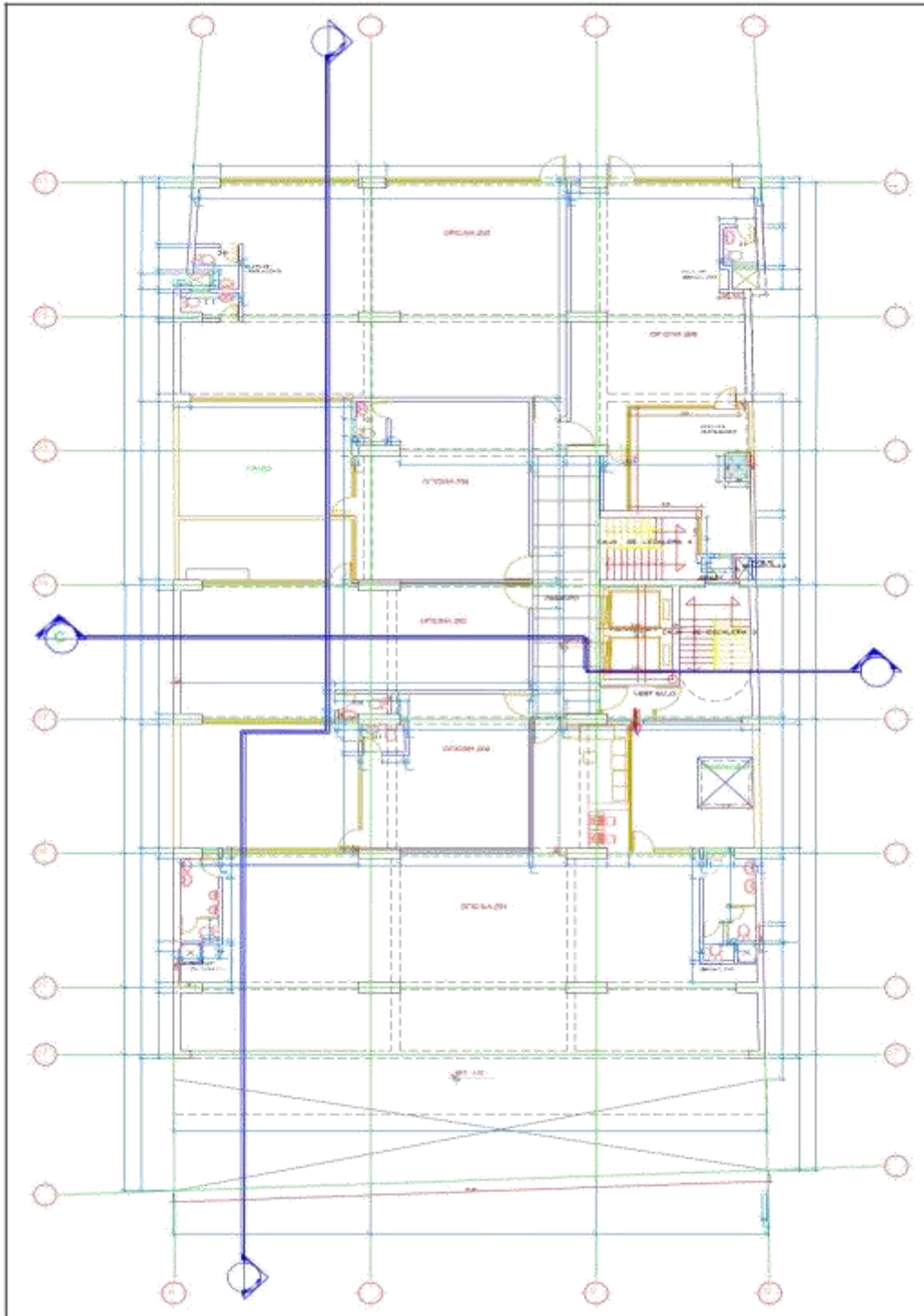
Con un área aproximada de 806.30 m<sup>2</sup>

Presenta principalmente 4 aperturas en planta que son pozos de luz que suman un total de área de 120.02 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Contiene dos accesos por escaleras y un par de ascensores que se encuentran aproximadamente en la parte central del ala derecha de la edificación, en el último nivel existe un tanque elevado de 46.0 m<sup>3</sup> de capacidad

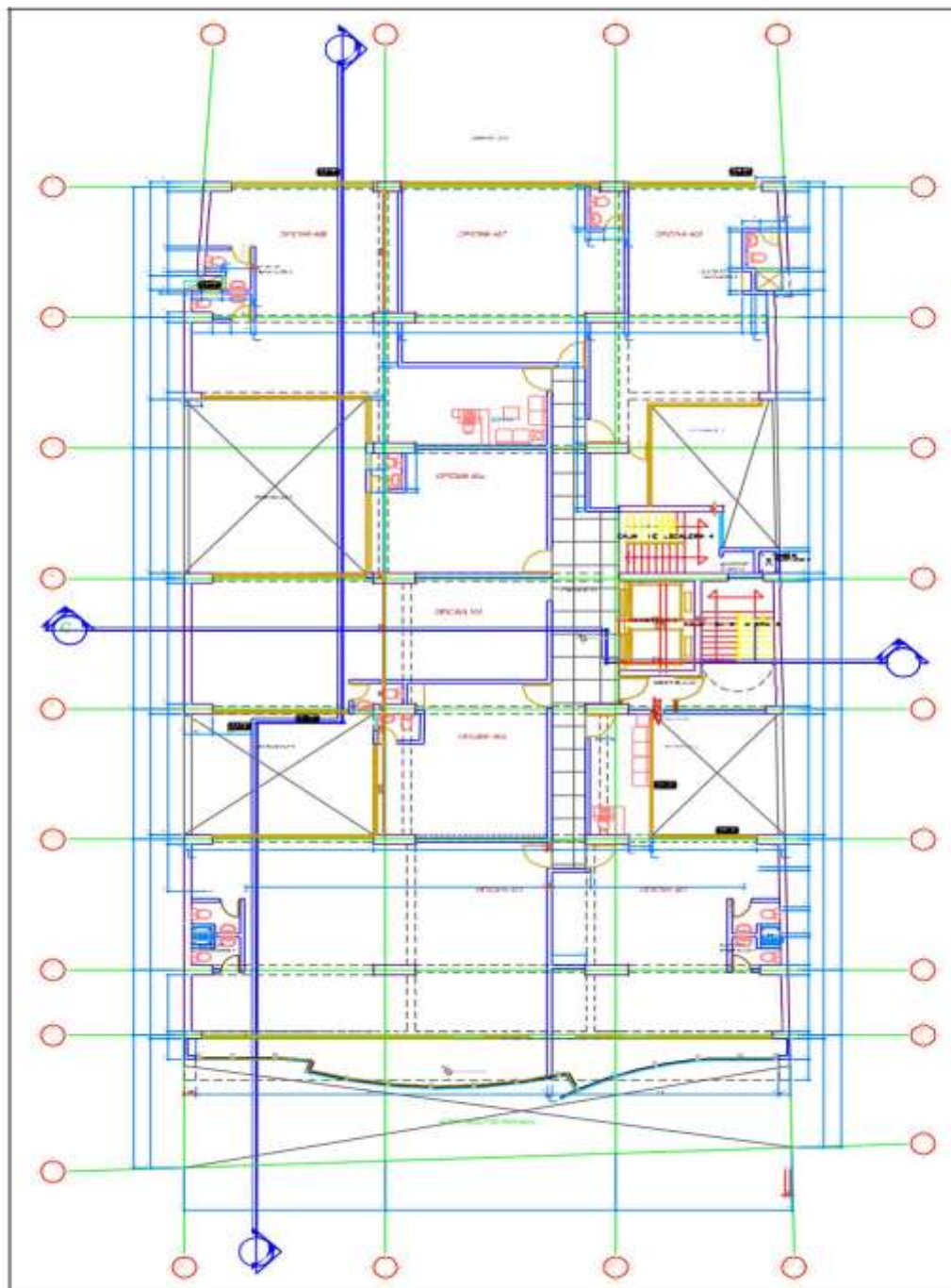
La edificación desde su concepción estuvo destinada al uso como conjunto habitacional y oficinas en los primeros pisos, tales como lo presentan los planos de arquitectura.

La edificación cuenta con 2 sótanos que son utilizados como estacionamientos de vehículos, el primer piso es utilizado como mezanine, del segundo al quinto piso son ambientes que están destinados al uso de oficinas y del sexto piso al dieciseisavo piso está destinado al uso de viviendas.



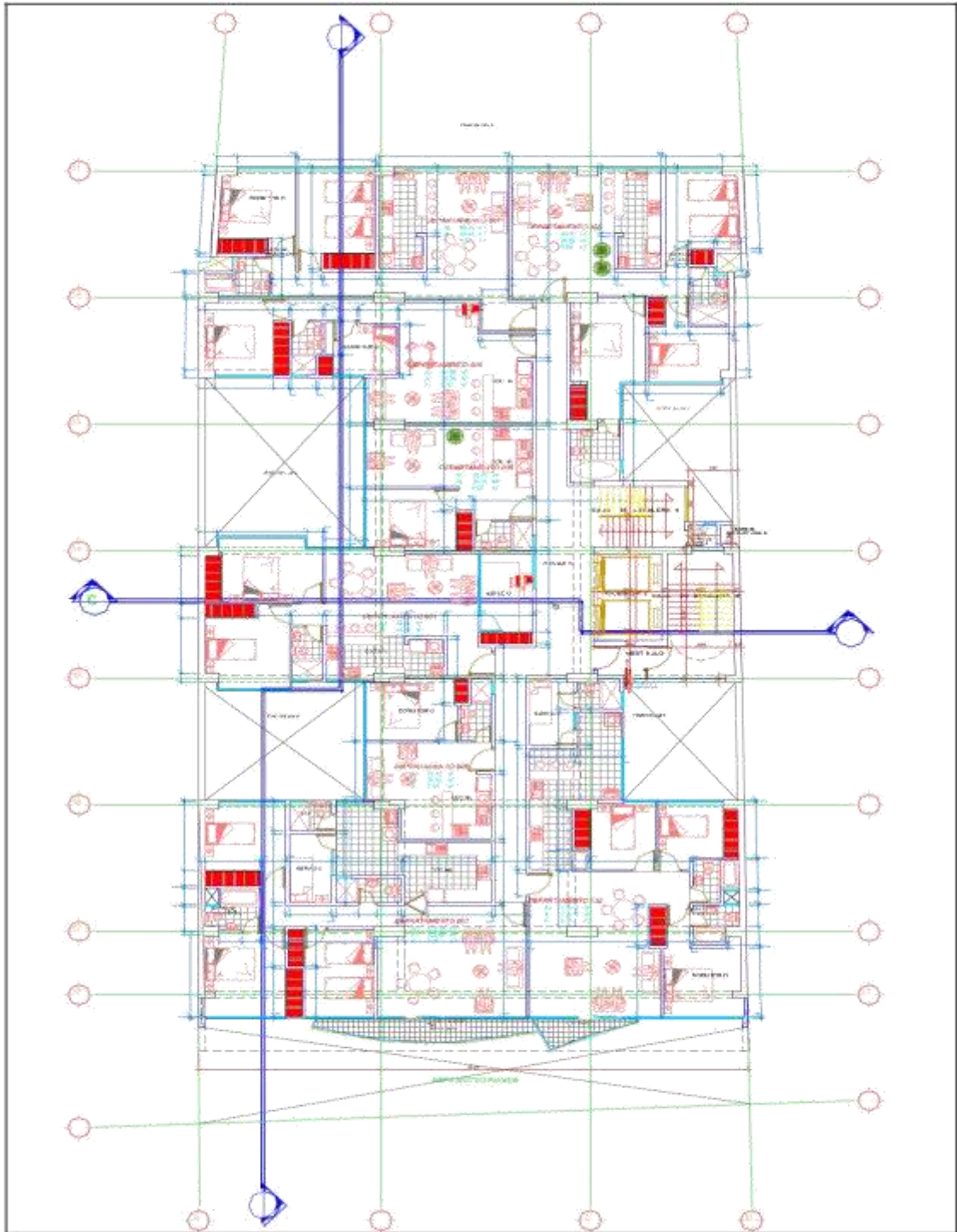
**Figura 34: Distribución Mezanine Torre II (Edificación Dos Torres)**

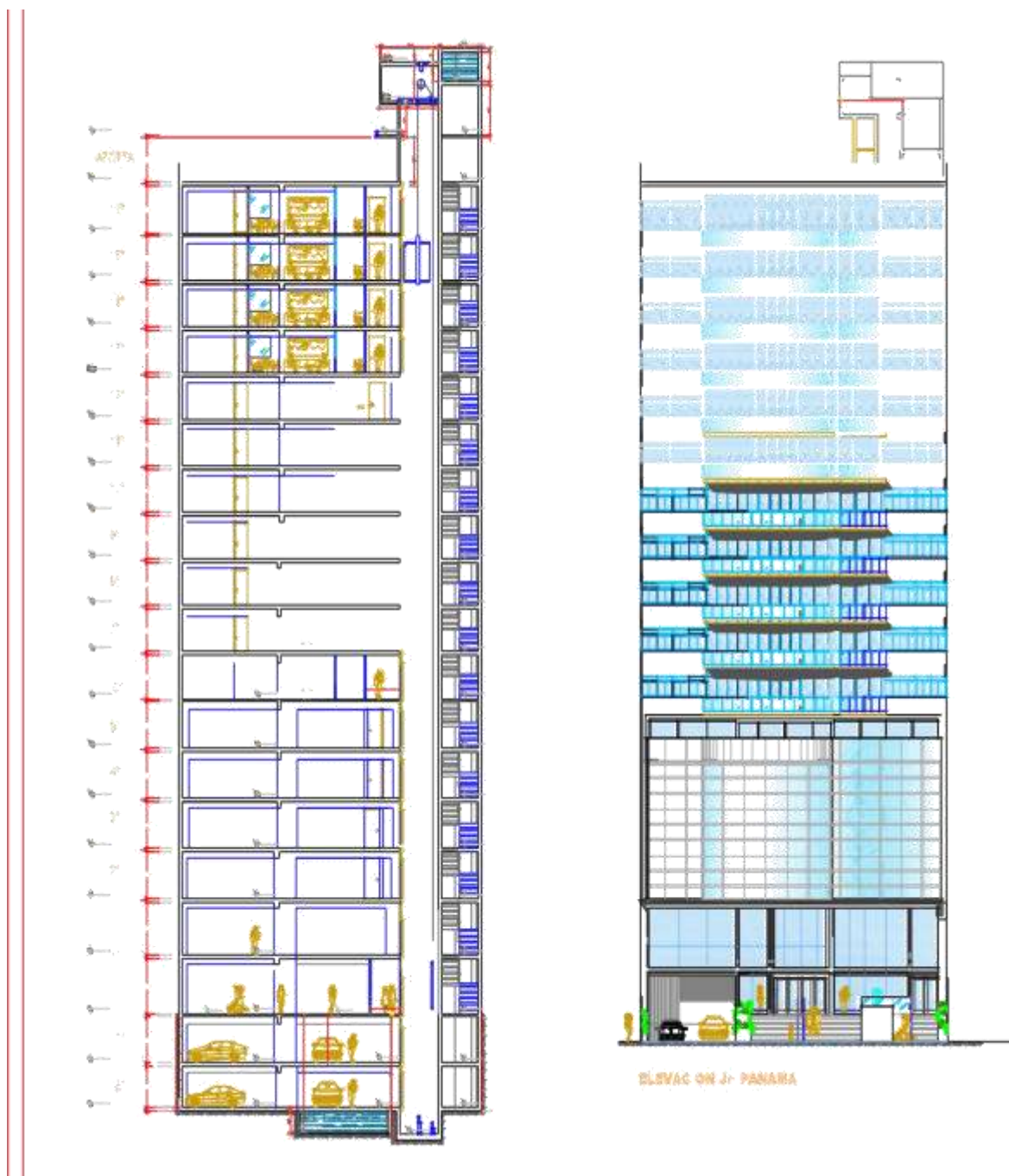
**Fuente: Propia**



**Figura 35: Distribución 4-5 piso Torre II (Edificación Dos Torres)**

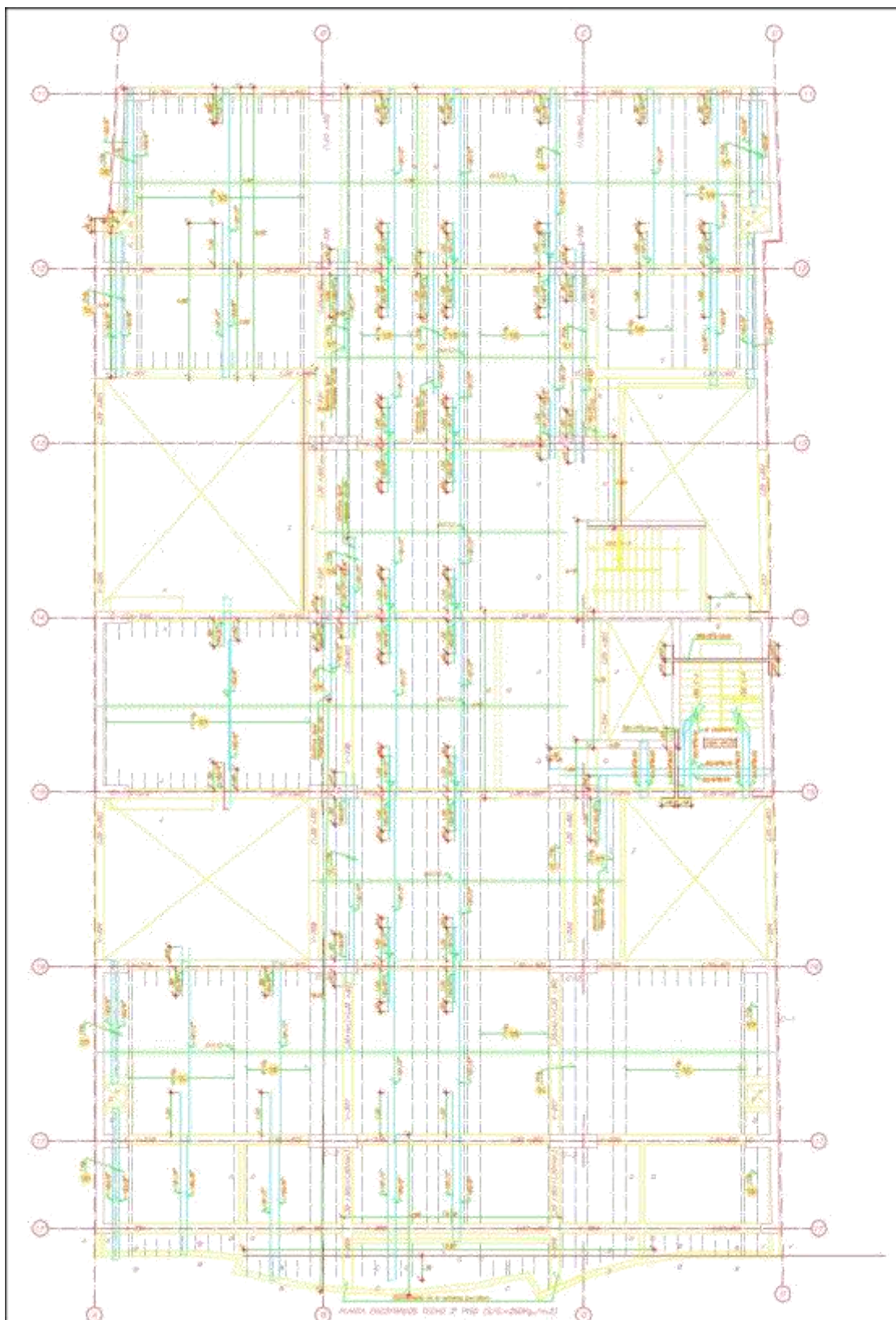
**Fuente: Propia**





**Figura 36: Distribución 6-16 piso Torre II (Edificación Dos Torres)**

**Fuente: Propia**



**Figura 37: Elevación frontal y corte C-C Torre II (Edificación Dos Torres)**

**Fuente: Propia**

### 5.1.2. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL:

La edificación presenta un sistema estructural que a primera impresión (sujeto a evaluación estructural para determinar las fuerzas que actúan en muros y pórticos), mixto es decir está conformado por placas de corte y pórticos de concreto armado un sistema estructural.

En la dirección con mayor longitud (Y-Y) predominan los muros de corte de concreto armado de espesor de 0.25m

En la dirección con menor longitud (X-X) predominan los pórticos de concreto armado con vigas peraltadas de 0.30 x 0.60m de sección, en la dirección secundaria también existen vigas de 0.30 x0.60m entre otras como son:

- ✓ Vigas de 1.00 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 1.20 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 1.35 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 0.15 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 0.20 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 0.25 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 0.80 x 0.20 m
- ✓ Vigas de 0.60 x 0.25 m
- ✓ Vigas de 0.60 x 0.30 m

Las columnas que se encuentran en la edificación tienen la siguiente distribución en altura:

Columna tipo -01(Mezanine- 2 piso) : 1.00 x 0.40m

Columna tipo -01(3- 8 piso) : 0.80 x 0.40m

Columna tipo -01(9- 12 piso) :0.60 x 0.40m

Columna tipo -01(13- 16 piso) :0.50 x 0.40m

Columna tipo -02(Mezanine- 2 piso) : 1.50 x 0.40m



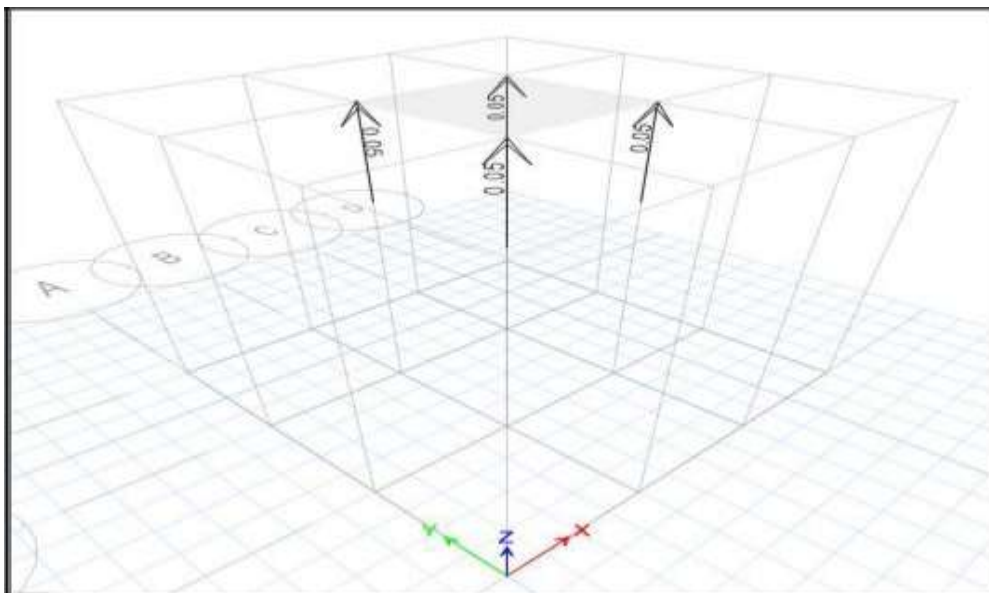
Columna tipo -02(3- 8 piso)	: 1.20 x 0.40m
Columna tipo -02(9- 12 piso)	:1.00 x 0.40m
Columna tipo -02(13- 16 piso)	:0.80 x 0.40m
Columna tipo -03(Mezanine- 2 piso):	1.50 x 0.40m
Columna tipo -03(3- 8 piso)	: 1.20 x 0.40m
Columna tipo -03(9- 12 piso)	:1.00 x 0.40m
Columna tipo -03(13- 16 piso)	:0.80 x 0.40m

Las losas de entrepiso son aligerados de 0.20m de espesor armadas en una dirección, que conforman el diafragma rígido de la estructura.

Las características del concreto y el acero especificadas son:

- ✓ Resistencia a la compresión de concreto:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Módulo de elasticidad del concreto:  $E_c = 220000 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Peso específico del concreto:  $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0.15$
- ✓ Esfuerzo de fluencia del acero:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Módulo de elasticidad del acero:  $E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

En el software Etabs 2016 ultimate (V16.1-Version de prueba por 30 días) la losa aligerada que es modelada por el mencionado software no considera el peso de los ladrillos huecos es por ese motivo que se modelo una losa aligerada de las mismas condiciones de materiales y espesor con un área de 1m<sup>2</sup> de área obteniéndose los resultados tales como se muestra en el grafico siguiente.



**Figura 39: Losa aligerada de 0.20m de espesor**

**Fuente: Propia**

La reacción que presenta en cada uno de sus cuatro nudos por peso propio es de 0.525ton, es decir:

- ✓ 1m<sup>2</sup> de losa aligerada = 210kg.....(Etabs 2016)
- ✓ Según la normativa E-020 del reglamento nacional de edificaciones (RNE) el peso por metro cuadrado de losa aligerada es de:
- ✓ 1m<sup>2</sup> de losa aligerada = 300kg.....(E-020)
- ✓ Por lo tanto, se tendrá un peso de ladrillo hueco por metro cuadrado de losa de:
- ✓ 1m<sup>2</sup> de ladrillo = 90kg

Estos 90 kg serán añadidos a la carga muerta (CM) para efectos de cálculo de esfuerzos y derivas

### 5.1.3. Metrado de Cargas

Según la normativa E-030 del reglamento nacional de edificaciones (RNE), pertenecen a la categoría “C”.

Por lo tanto el peso para efectos cálculos sísmicos es de 100% de la carga muerta (CM), más el 25% de la carga viva (CV)

$$P = 100\% \text{ CM} + 25\% \text{ CV}$$

Teniendo en cuenta la E-020, tenemos que:

**Tabla 17: Carga Muerta (CM)**

<b>Carga Muerta</b>	<b>Peso (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
Acabados	100
Peso ladrillo	90
<b>Σ = Carga Muerta (CM)</b>	<b>190</b>

**Tabla 18: Carga Viva (CV)**

<b>Ocupación</b>	<b>Carga Viva(Kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>MEZANINE</b>	400
Corredores- Escaleras	500
<b>OFICINAS</b>	250
Corredores- Escaleras	400
<b>VIVIENDA</b>	200
Corredores- Escaleras	200
<b>AZOTEA</b>	100
Corredores- Escaleras	100

#### 5.1.4. PROCESO DE MODELADO EN EL SOFTWARE ETABSV2016

Se definieron las propiedades de los materiales a usar: en la siguiente figura se muestra como ejemplo la definición de las principales propiedades de los materiales (concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y el acero de  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ ).

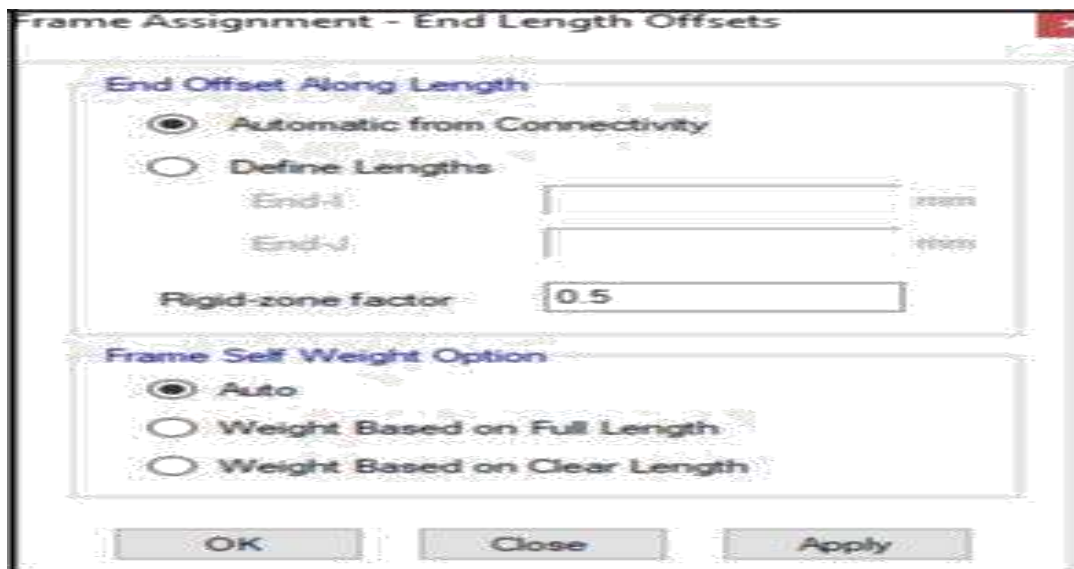


Figura 40: Definición de las propiedades de los materiales

Fuente: propia

Se definieron las secciones a usar (vigas, columnas, losas, muros):

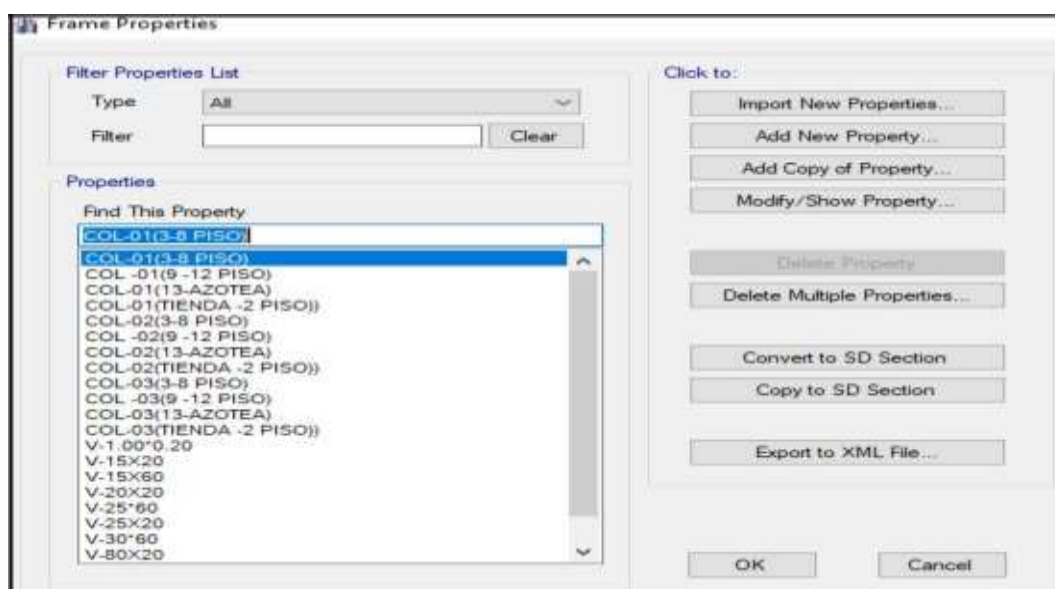
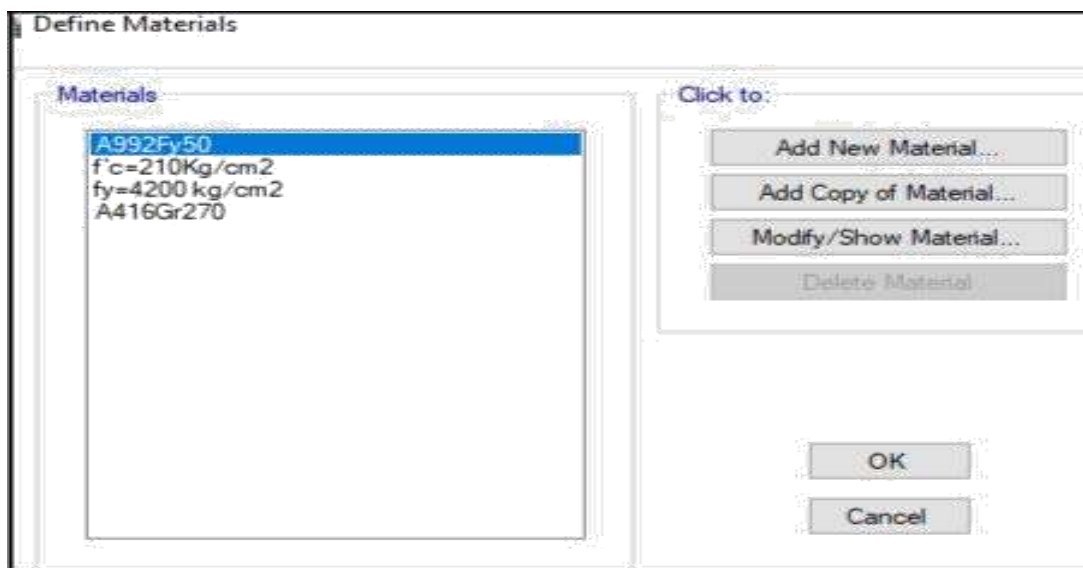


Figura 41: Definición de las secciones de vigas y columnas

Fuente: propia

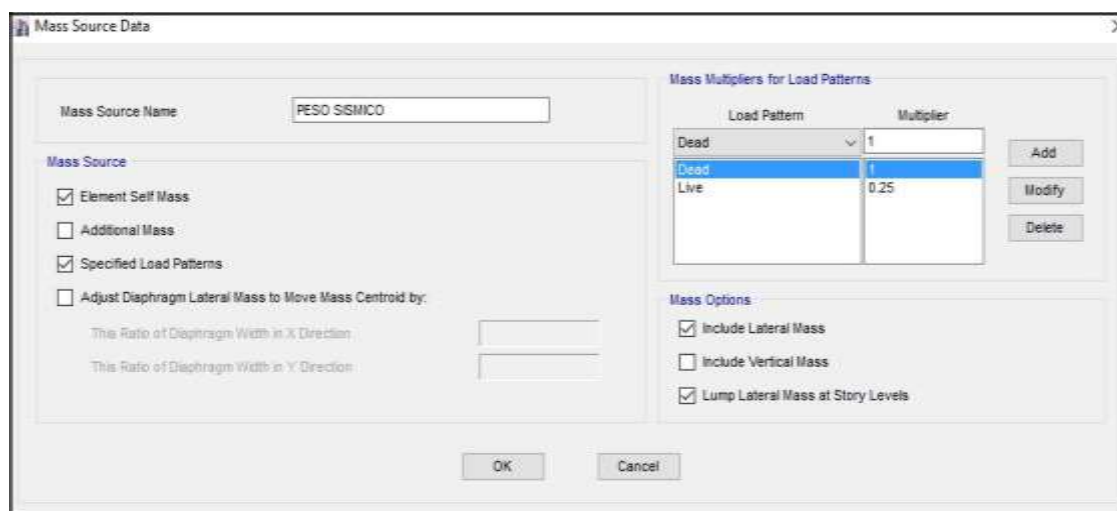
Se definió un factor de rigidez de 0.5, para brazo rígido, esto para vigas y columnas



**Figura 42: Definición del factor de brazo rígido**

**Fuente: propia**

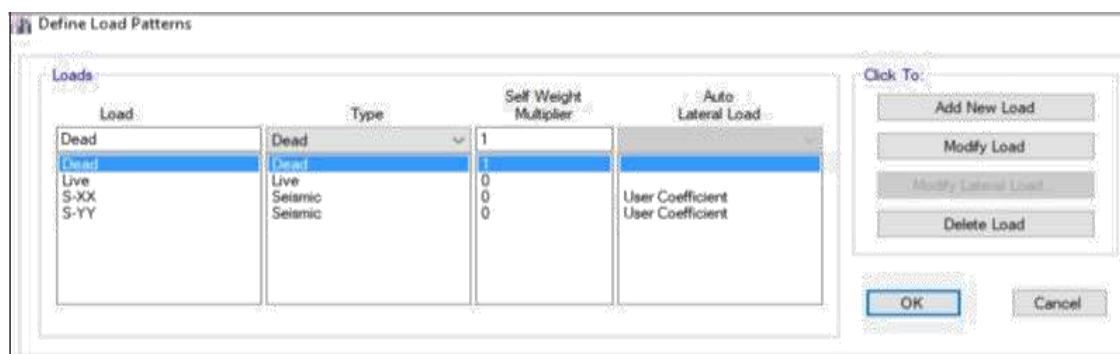
La fuente de masa para este tipo de edificaciones de categoría tipo “C” según la clasificación que le otorga el RNE cuya fuente de masa para efectos de cálculo del peso sísmico es de 100% de la carga muerta (CM) y el 25% de la carga viva (CV) =  $CM+0.25CV$



**Figura 43: Peso sísmico de la edificación**

**Fuente: propia**

Se definieron los estrados de cargas carga muerta (CM), la carga viva ( CV), Sismo estático en la dirección X (S-XX), Sismo estático en Y (S-YY):



**Figura 44: Definición de los estados de carga**

**Fuente: propia**

**Modelo matemático de la edificación en el entorno del Etabs 2016**

**Figura 45: Modelo matemático de la edificación**

**Fuente: propia**

### 5.1.5. Determinación del sistema estructural para cada dirección de análisis

Se procedió a realizar un análisis estático preliminar para determinar el sistema estructural en cada dirección de análisis; donde se obtuvieron los siguientes resultados:

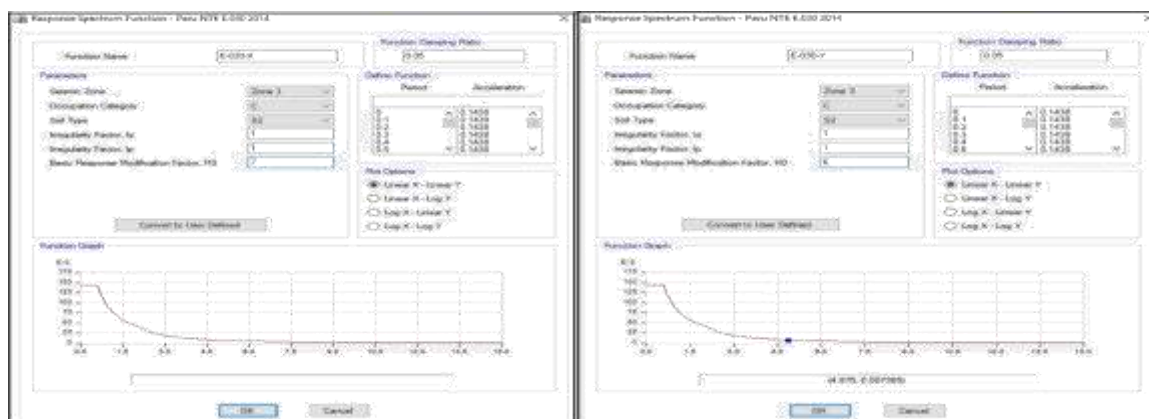
% De Cortante Para Muros Sismo -XX = 65%

% De Cortante Para Muros Sismo -YY = 97%

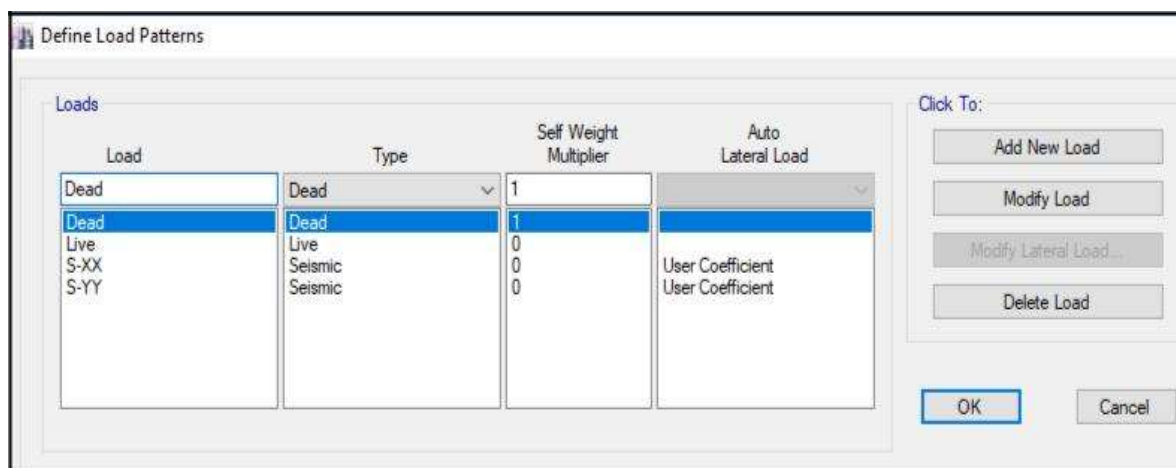
done se concluye que:

Para la dirección X se tiene un sistema mixto donde  $R_{oX}=7$

Para la dirección Y se tiene un sistema muros estructurales donde  $R_{oY}=6$



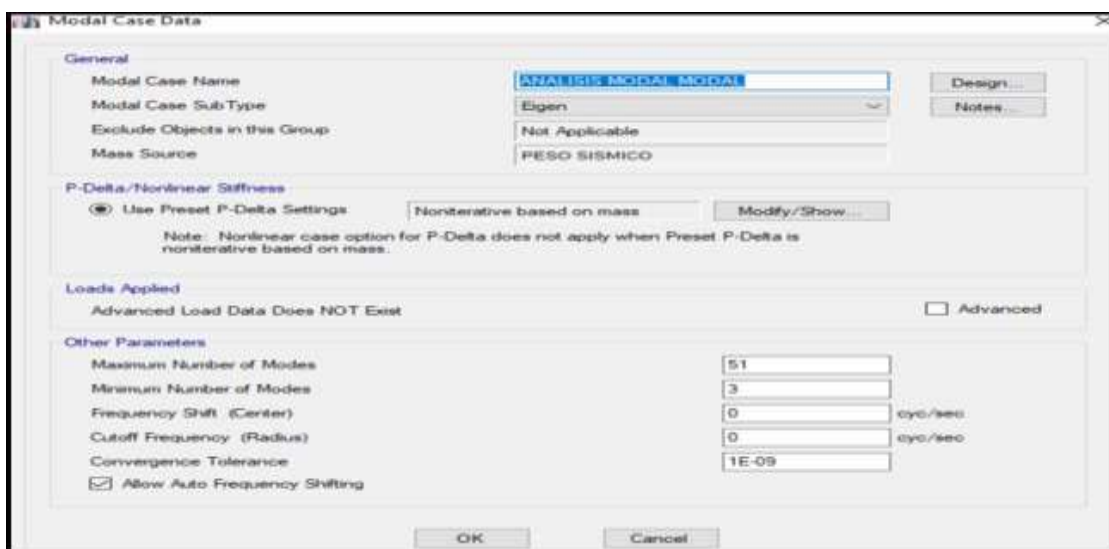
Se definió las características del análisis modal: se indicó que se realizara un análisis con 51 modos de vibración como máximo y 3 grados de vibración como mínimo



**Figura 46: Definición del número de modos de vibración**

**Fuente: propia**

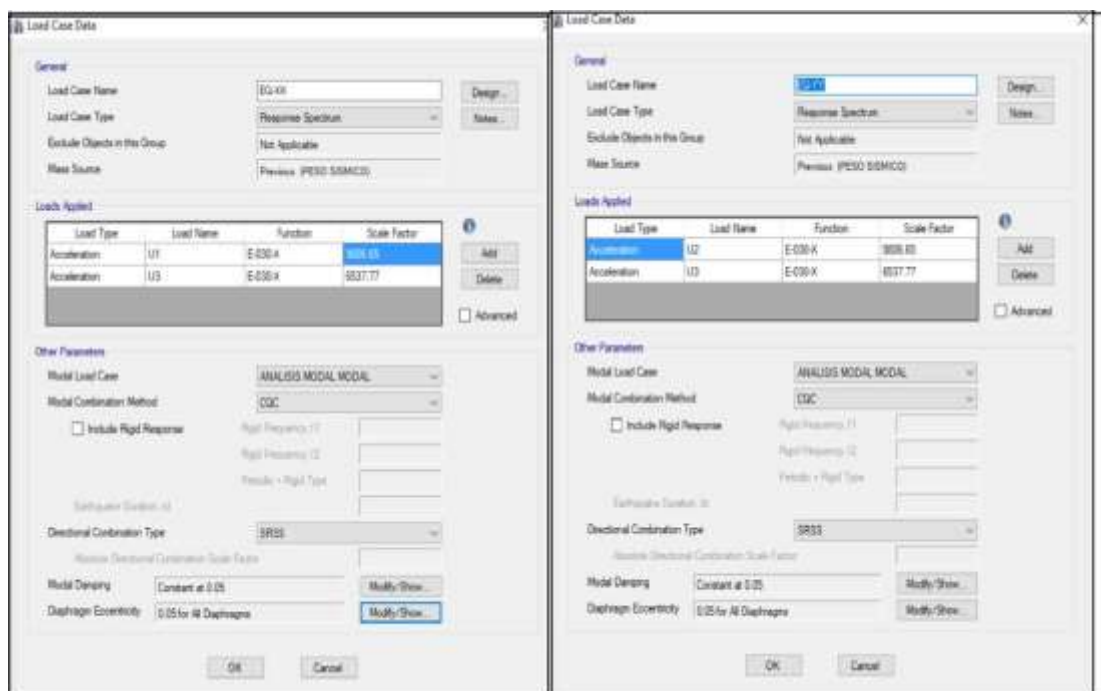
Se definió el espectro de respuesta tanto para la dirección X como para la dirección Y:



**Figura 47: Definición de los espectros de respuesta en ambas direcciones**

**Fuente: propia**

Definimos los casos de carga dinámicos sismos dinámicos, dependientes del espectro de respuesta tanto en la dirección X, Como en la dirección Y:

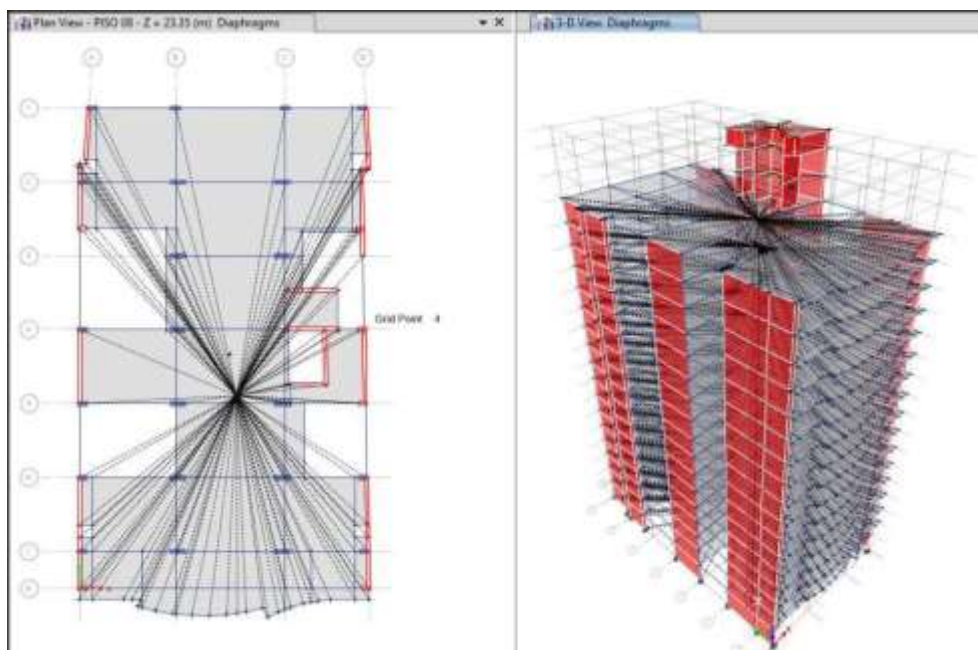


**Figura 48: Definición de los sismos dinámicos en las direcciones X e Y**

**Fuente: propia**



Asignación de diafragma rígido: teniendo en cuenta todos los puntos en cada piso conformamos el diafragma rígido para la losa de entrepiso.



**Figura 49: Definición del diafragma rígido**

**Fuente: propia**

Se realizó la verificación de cierto tipo de irregularidades que al parecer se podrían presentar en la edificación con respecto de lo que indica la norma técnica E-030-2016, por lo que se obtuvieron los siguientes cuadros:

### **5.1.6. Evaluación de las irregularidades**

Las principales irregularidades a criterio propio y por inspección visual así deducidas serán evaluadas según lo indica la normativa técnica E-030-2016

### 5.1.6.1. Irregularidad De Rigidez:

**Tabla 19: Evaluación de la irregularidad de rigidez X-X**

Piso	Drift X-X	Irregularidad de Rigidez X-X		Condición
		Relación de Derivas (Pisos Adyacentes)	Relación de Derivas (Prom. 3 pisos superiores)	
MEZANINE	0,000519	0,460923623	0,539053224	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 02	0,001126	0,77601654	0,847190934	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 03	0,001451	0,86575179	0,907810038	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 04	0,001676	0,923415978	0,946493286	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 05	0,001815	0,958795563	0,97044631	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 06	0,001893	0,978800414	0,98649605	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 07	0,001934	0,989258312	0,991596716	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 08	0,001955	0,995924605	0,992833562	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 09	0,001963	0,991414141	0,978370397	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 10	0,00198	1,005586592	0,986311005	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 11	0,001969	1,012339332	0,982071503	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 12	0,001945	1,022070415	0,981769706	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 13	0,001903	1,024219591	0,971969703	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 14	0,001858	1,046171171	0,958304335	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 15	0,001776	1,052756372		No existe Irregularidad de rigidez
PISO16	0,001687	1,062342569		No existe Irregularidad de rigidez
AZOTEA	0,001588	1,159970782		No existe Irregularidad de rigidez
ENTRE PISO FINAL	0,001369	1,014074074		No existe Irregularidad de rigidez
BASE TANQUE DE AGUA	0,00135	1,053864169		No existe Irregularidad de rigidez
TAPA TANQUE DE AGUA	0,001281			No existe Irregularidad de rigidez

**Fuente: propia**

**Tabla 20: Evaluación de la irregularidad de rigidez dirección Y-Y**

Piso	Drift Y-Y	Irregularidad de Rigidez Y-Y		Condición
		Relación de Derivas (Pisos Adyacentes)	Relación de Derivas (Prom. 3 pisos superiores)	
MEZANINE	0,000216	0,494279176	0,611379315	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 02	0,000437	0,729549249	0,840702485	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 03	0,000599	0,820547945	0,906730703	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 04	0,00073	0,87529976	0,941055541	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 05	0,000834	0,907508161	0,955802403	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 06	0,000919	0,932048682	0,967203073	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 07	0,000986	0,950819672	0,974334855	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 08	0,001037	0,965549348	0,979395869	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 09	0,001074	0,974591652	0,978677571	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 10	0,001102	0,987455197	0,984481546	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 11	0,001116	0,995539697	0,985357284	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 12	0,001121	1,004480287	0,988617123	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 13	0,001116	1,009041591	0,987280974	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 14	0,001106	1,017479301	0,97938614	No existe Irregularidad de rigidez
PISO 15	0,001087	1,021616541		No existe Irregularidad de rigidez
PISO16	0,001064	1,027027027		No existe Irregularidad de rigidez
AZOTEA	0,001036	1,068041237		No existe Irregularidad de rigidez
ENTRE PISO FINAL	0,00097	1,04189044		No existe Irregularidad de rigidez
BASE TANQUE DE AGUA	0,000931	1,138141809		No existe Irregularidad de rigidez
TAPA TANQUE DE AGUA	0,000818			No existe Irregularidad de rigidez

**Fuente: propia**

### 5.1.6.2. Irregularidad de resistencias:

**Tabla 21: Evaluación de la irregularidad de resistencia**

Piso	Area	Area	Area Total	Relacion de Areas de	Condicion de Resistencia
	Placas(m2)	Columnas	Resistente	Resistencia	
		(m2)	(m2)		
MEZANINE	15.1	10.6	25.7	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 02	15.1	10.6	25.7	106%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 03	15.74	8.48	24.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 04	15.74	8.48	24.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 05	15.74	8.48	24.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 06	15.74	8.48	24.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 07	15.74	8.48	24.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 08	15.74	8.48	24.22	104%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 09	16.38	6.8	23.18	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 10	16.38	6.8	23.18	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 11	16.38	6.8	23.18	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 12	16.38	6.8	23.18	104%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 13	16.7	5.52	22.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 14	16.7	5.52	22.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO 15	16.7	5.52	22.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
PISO16	16.7	5.52	22.22	100%	No existe Irregularidad de resistencia
AZOTEA	16.7	5.52	22.22		

Fuente: propia

### 5.1.6.3. Irregularidad Torsional:

**Tabla 22: Evaluación de la irregularidad torsional con los Drift X-X**

Piso	Drift X-X	Centro de masa		Drift Centro de masa	Relacion entre max Drif X-X y Drif centro de masa	Condición de irregularidad torsional
		Desplazamiento centro de masa X-X(mm)	Altura de Entrepiso(m)			
MEZANINE	0,000519	1,500	3,35	0,000937	0,554	No existe irregularidad Torsional
PISO 02	0,001126	4,639	3,20	0,001089	1,034	No existe irregularidad Torsional
PISO 03	0,001451	8,125	2,80	0,001418	1,023	No existe irregularidad Torsional
PISO 04	0,001676	12,096	2,80	0,001511	1,109	No existe irregularidad Torsional
PISO 05	0,001815	16,326	2,80	0,001546	1,174	No existe irregularidad Torsional
PISO 06	0,001893	20,656	2,80	0,001548	1,223	Existe Irregularidad Torsional
PISO 07	0,001934	24,989	2,80	0,001529	1,265	Existe Irregularidad Torsional
PISO 08	0,001955	29,269	2,80	0,001500	1,303	Existe Irregularidad Torsional
PISO 09	0,001963	33,470	2,80	0,001475	1,331	Existe Irregularidad Torsional
PISO 10	0,00198	37,600	2,80	0,001432	1,383	Existe Irregularidad Torsional
PISO 11	0,001969	41,610	2,80	0,001384	1,422	Existe Irregularidad Torsional
PISO 12	0,001945	45,486	2,80	0,001334	1,458	Existe Irregularidad Torsional
PISO 13	0,001903	49,220	2,80	0,001284	1,483	Existe Irregularidad Torsional
PISO 14	0,001858	52,814	2,80	0,001220	1,523	Existe Irregularidad Torsional Extrema
PISO 15	0,001776	56,229	2,80	0,001160	1,532	Existe Irregularidad Torsional Extrema
PISO16	0,001687	59,476	2,80	0,001140	1,480	Existe Irregularidad Torsional
AZOTEA	0,001588	62,668	2,80	0,001031	1,540	Existe Irregularidad Torsional Extrema
ENTRE PISO FINAL	0,001369	65,555	2,80			
BASE TANQUE DE AGUA	0,00135	68,780	3,00			
TAPA TANQUE DE AGUA	0,001281	70,837	1,80			

**FUENTE PROPIA**

**Tabla 23: Evaluación de la irregularidad torsional con los Drift Y-Y**

Piso	Drift Y-Y	Centro de masa		Drift Centro de masa	Relación entre max Drif X-X y Drif centro de masa	Condición de irregularidad torsional
		Desplazamiento centro de masa Y-Y(mm)	Altura de Entrepiso(m)			
MEZANINE	0,0002160	0,56	3,35	0,000519	0,416	No existe irregularidad Torsional
PISO 02	0,0004370	1,65	3,20	0,001126	0,388	No existe irregularidad Torsional
PISO 03	0,0005990	2,98	2,80	0,001451	0,413	No existe irregularidad Torsional
PISO 04	0,0007300	4,59	2,80	0,001676	0,436	No existe irregularidad Torsional
PISO 05	0,0008340	6,45	2,80	0,001815	0,460	No existe irregularidad Torsional
PISO 06	0,0009190	8,51	2,80	0,001893	0,485	No existe irregularidad Torsional
PISO 07	0,0009860	10,72	2,80	0,001934	0,510	No existe irregularidad Torsional
PISO 08	0,0010370	13,06	2,80	0,001955	0,530	No existe irregularidad Torsional
PISO 09	0,0010740	15,49	2,80	0,001963	0,547	No existe irregularidad Torsional
PISO 10	0,0011020	17,99	2,80	0,00198	0,557	No existe irregularidad Torsional
PISO 11	0,0011160	20,54	2,80	0,001969	0,567	No existe irregularidad Torsional
PISO 12	0,0011210	23,11	2,80	0,001945	0,576	No existe irregularidad Torsional
PISO 13	0,0011160	25,68	2,80	0,001903	0,586	No existe irregularidad Torsional
PISO 14	0,0011060	28,24	2,80	0,001858	0,595	No existe irregularidad Torsional
PISO 15	0,0010870	30,77	2,80	0,001776	0,612	No existe irregularidad Torsional
PISO16	0,0010640	33,26	2,80	0,001687	0,631	No existe irregularidad Torsional
AZOTEA	0,0010360	35,72	2,80	0,001588	0,652	No existe irregularidad Torsional
ENTRE PISO FINAL	0,0009700	42,81	2,80	0,001369		
BASE TANQUE DE AGUA	0,0009310	45,31	3,00	0,00135		
TAPA TANQUE DE AGUA	0,0008180	46,51	1,80	0,001281		

**Fuente propia**

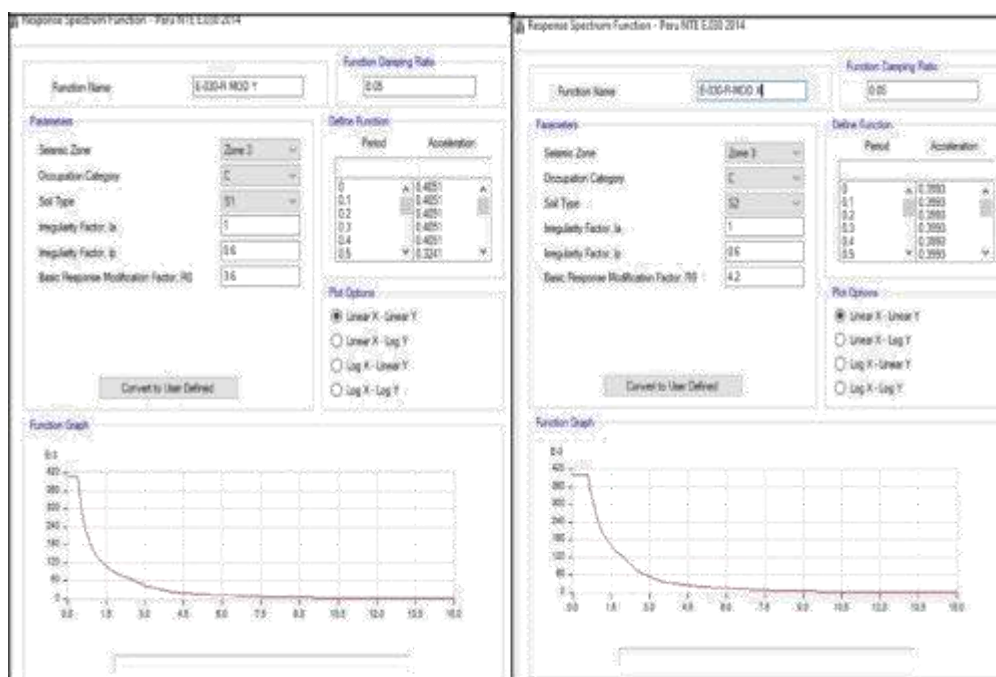
### 5.1.6.4. Modificación de los factores de reducción “R”

De las dos tablas anteriores podemos notar que en el eje X-X existe irregularidades torsionales e irregularidades torsionales extremas, mientras que en el eje Y-Y no existe irregularidades torsionales.

Por lo descrito anteriormente debemos de cambiar el factor  $R_0$ , inicial asumido, pues se asumió la regularidad en dichos ejes por lo tanto cambiando este para metro en el Etabs V2016.

Según la norma E-030-2016, el  $I_p = 0.60$ . (Irregularidad extrema torsional), que afecta al factor  $R_x$  y  $R_y$ :

Teniendo entonces:



**Figura 50: Espectros afectados por los factores de irregularidad**

**Fuente: propia**

Las derivas obtenidas después de ser reanalizadas dinámicamente modal espectralmente y corregidos los factores de reducción básicos “Ro” que fueron castigadas por los factores de irregularidad en planta “Ip” y la irregularidad en altura “Ia” según lo indica la actual norma de diseño sismo resistente E-030-2016, son:

**Tabla 24: Derivas de entrepiso Dirección X-X**

X-X	DRIFT ELASTICO	DRIFT INELASTICO	DRIFT < 0.007
MEZANINE	0,001442	0,0060564	CUMPLE DERIVA
PISO 02	0,003128	0,0131376	NO CUMPLE DERIVA
PISO 03	0,004034	0,0169428	NO CUMPLE DERIVA
PISO 04	0,004657	0,0195594	NO CUMPLE DERIVA
PISO 05	0,005043	0,0211806	NO CUMPLE DERIVA
PISO 06	0,00526	0,022092	NO CUMPLE DERIVA
PISO 07	0,005375	0,022575	NO CUMPLE DERIVA
PISO 08	0,005433	0,0228186	NO CUMPLE DERIVA
PISO 09	0,005456	0,0229152	NO CUMPLE DERIVA
PISO 10	0,005502	0,0231084	NO CUMPLE DERIVA
PISO 11	0,005472	0,0229824	NO CUMPLE DERIVA
PISO 12	0,005405	0,022701	NO CUMPLE DERIVA
PISO 13	0,00529	0,022218	NO CUMPLE DERIVA
PISO 14	0,005164	0,0216888	NO CUMPLE DERIVA
PISO 15	0,004935	0,020727	NO CUMPLE DERIVA
PISO16	0,004689	0,0196938	NO CUMPLE DERIVA
AZOTEA	0,004413	0,0185346	NO CUMPLE DERIVA

**Fuente: propia**



**Tabla 25: Derivas de entrepiso Dirección Y-Y**

Y-Y	DRIFT ELASTICO	DRIFT INELASTICO	DRIFT < 0.007
MEZANINE	0,000437	0,0015732	CUMPLE DERIVA
PISO 02	0,00086	0,003096	CUMPLE DERIVA
PISO 03	0,001162	0,0041832	CUMPLE DERIVA
PISO 04	0,001402	0,0050472	CUMPLE DERIVA
PISO 05	0,001589	0,0057204	CUMPLE DERIVA
PISO 06	0,00174	0,006264	CUMPLE DERIVA
PISO 07	0,00186	0,006696	CUMPLE DERIVA
PISO 08	0,001954	0,0070344	NO CUMPLE DERIVA
PISO 09	0,002025	0,00729	NO CUMPLE DERIVA
PISO 10	0,002082	0,0074952	NO CUMPLE DERIVA
PISO 11	0,002118	0,0076248	NO CUMPLE DERIVA
PISO 12	0,002139	0,0077004	NO CUMPLE DERIVA
PISO 13	0,002142	0,0077112	NO CUMPLE DERIVA
PISO 14	0,002133	0,0076788	NO CUMPLE DERIVA
PISO 15	0,002105	0,007578	NO CUMPLE DERIVA
PISO16	0,002067	0,0074412	NO CUMPLE DERIVA
AZOTEA	0,002014	0,0072504	NO CUMPLE DERIVA

**Fuente: propia**

Por las tablas mostradas las derivas inelásticas en el sentido X-X son mayores a las permitidas, mientras que en la dirección Y-Y algunas derivas se encuentran en el límite con valores poco mayores al límite que establece la norma.

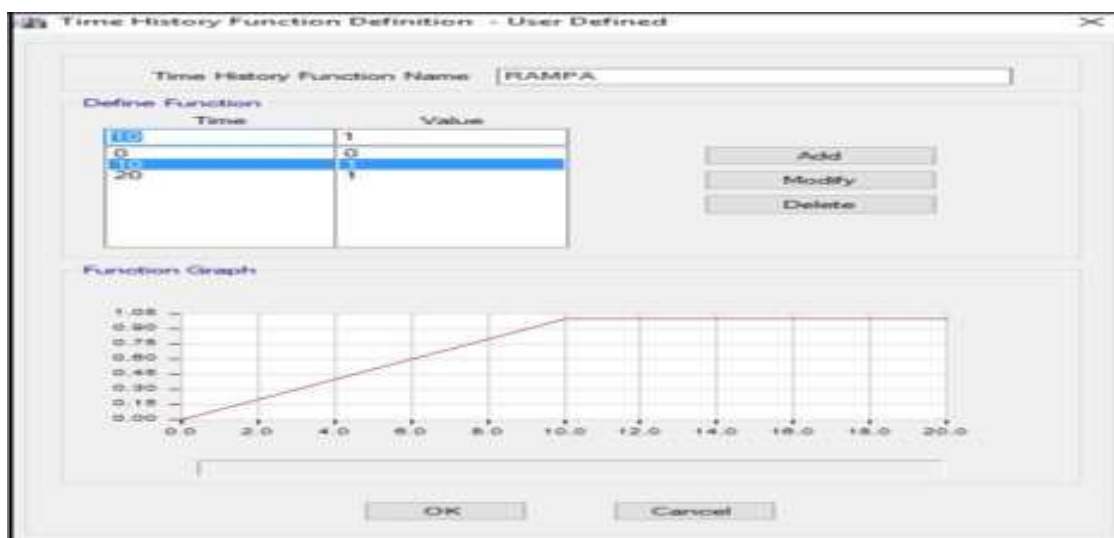
En este sentido y ha evidencia de los resultados, es necesario realizar el reforzamiento estructural de la edificación para reducir las derivas en el sentido X.

### 5.1.7. Análisis Tiempo Historia

Para efectos de verificación se procedió a realizar un análisis tiempo historia para ver cómo estas muestran las derivas de entrepiso y además servirá de base para el análisis no lineal rápido (FNA) tiempo -historia con la incorporación de los amortiguadores del tipo fluido viscoso en la edificación, para tal efecto se procedió a:

#### 5.1.7.1. Definición de la función rampa ETABS

La función rampa es una función lenta que nos permite modelar de manera dinámica y ficticia la carga gravitacional que es estática.



**Figura 51: Definición de la función Rampa**

**Fuente: propia**

#### 5.1.7.2. Incorporación y escalamiento de los registros sísmicos

Utilizaremos tres pares de registros sísmicos, que es lo mínimo que nos exige la normativa peruana para realizar los análisis tiempo historia.

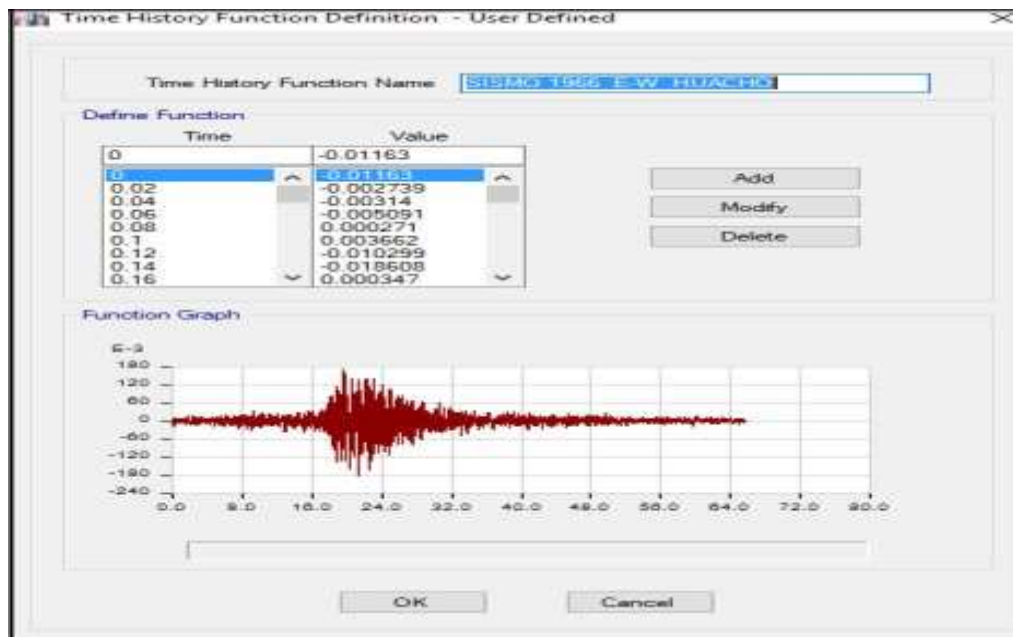
Los registros a usar serán:

Sismo del 17 de octubre de 1966 (Huacho).

Sismo del 31 de mayo de 1970 (Huaraz).

Sismo del 03 de octubre de 1974 (Cañete).

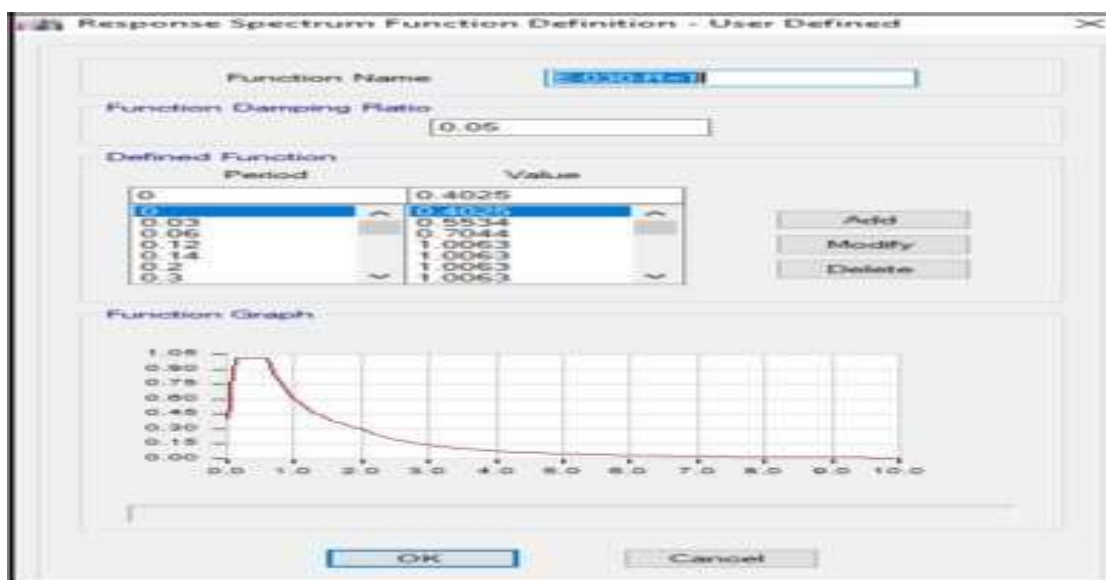
Cada uno de estos registros sísmicos lleva tres componentes (E-W; N-S; U-D)



**Figura 52: Incorporación de registro sísmico**

**Fuente: propia**

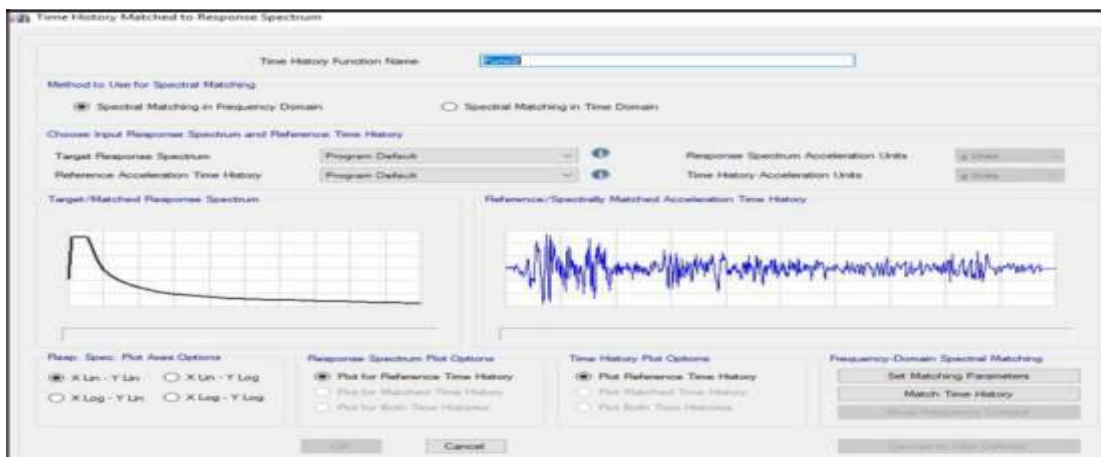
En la figura siguiente se muestra cómo se incorpora el espectro de diseño para el escalamiento de los registros sísmicos a este espectro que considera los periodos cortos y con  $R=1$ .



**Figura 53: Espectro objetivo para escalamiento de registros sísmicos ( $R=1$ )**

**Fuente: propia**

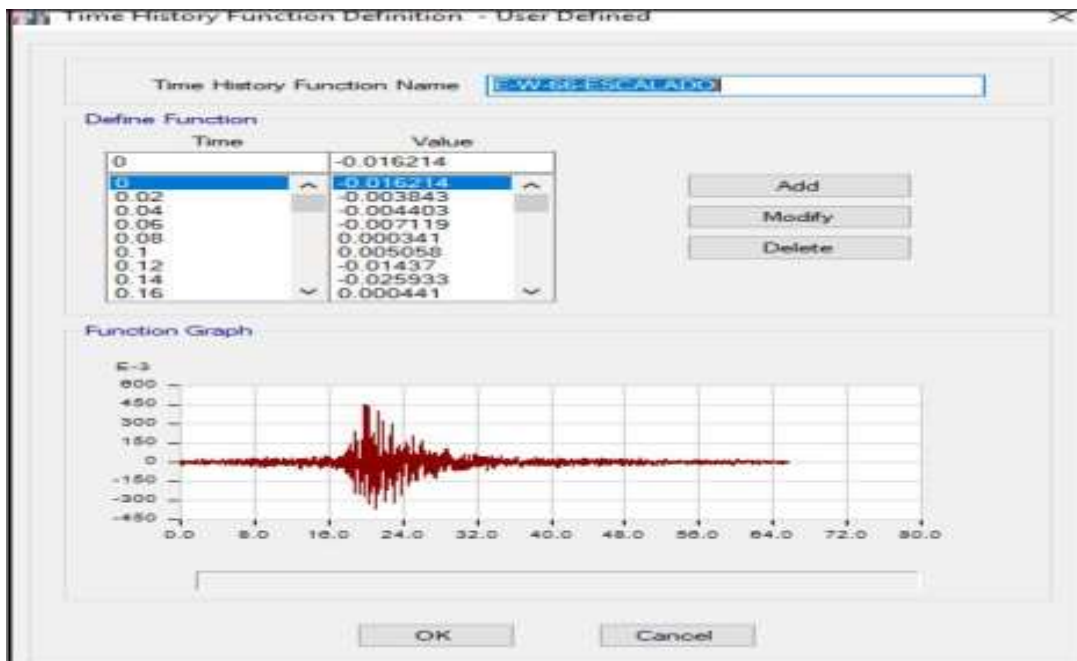
A continuación, se muestra Escalamiento al espectro de respuesta que considera los periodos cortos para cada una de las componentes ortogonales de los registros sísmicos



**Figura 54: Escalamiento de los registros sísmicos al espectro objetivo**

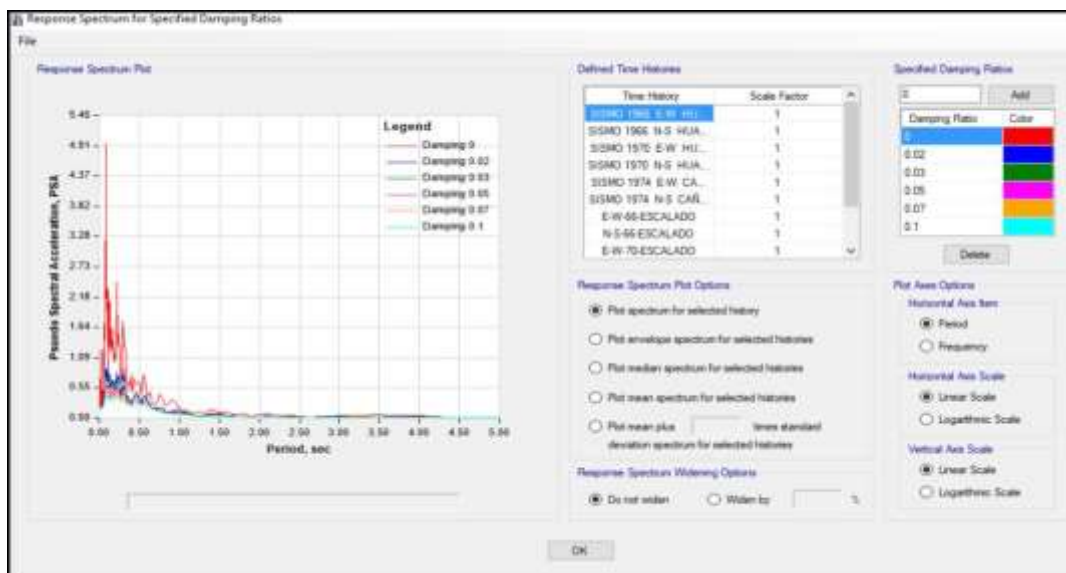
**Fuente: propia**

Una vez escalado los registros sísmicos el Etabs nos muestra como queda estos:



**Figura 55: Registro Sísmico escaldado**

**Fuente: propia**

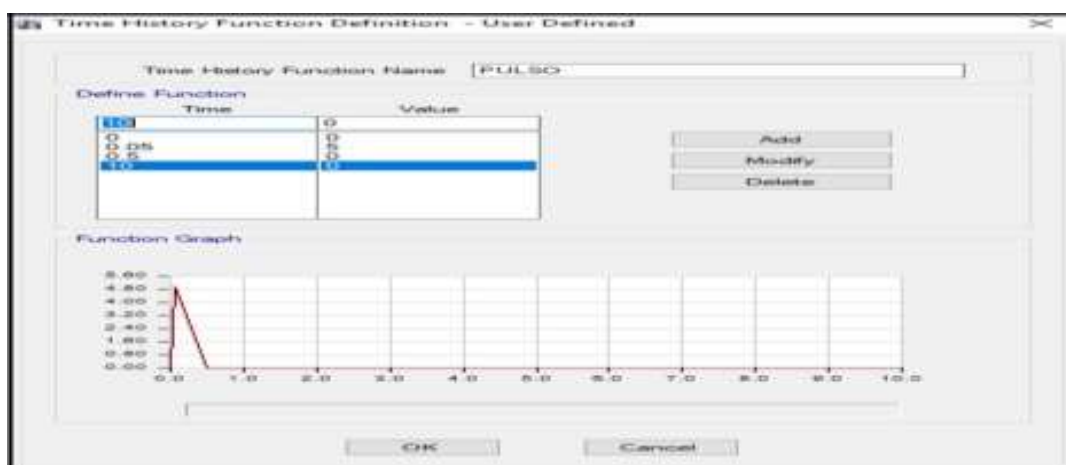


**Figura 56: Registro Sísmico escalado con diferentes amortiguamientos**

**Fuente: propia**

### 5.1.7.3. Definición de la Función Pulso

Definición de la función pulso para el cálculo del amortiguamiento de la estructura



**Figura 57: Definición de la función pulso**

**Fuente: propia**

En la figura siguiente se muestra la creación de la carga para el análisis rápido no lineal (FNA), esta carga de gravedad es una carga estática por lo cual se utilizará el artificio de darle un amortiguamiento bastante grande (0.999), y se utiliza la función rampa definida anteriormente.

Esta carga es la inicial, cuestión por la cual empieza de las condiciones iniciales cero



**Figura 58: Definición de la carga para análisis FNA**

**Fuente: propia**

Los tiempos de duración de los tres registros sísmicos son:

- ✓ Sismo del 17 de octubre de 1966 (Huacho) = 65.66 segundos
- ✓ Sismo del 31 de mayo de 1970 (Huaraz) = 45.16 segundos
- ✓ Sismo del 03 de octubre de 1974 (Cañete) = 97.96 segundos

Estos tiempos se utilizarán en la definición del número de pasos para el análisis FNA en cada caso de análisis, Que se definirán a continuación.

De los registros sísmicos definidos se para cada par de componentes por sismo (E-W; N-S) se definirán dos estados de carga es decir E-W según la dirección X (según el Etabs), Por lo que (N-S) quedaría en la dirección Y (según el Etabs), el cual será

llamado estado “A”, luego se procederá a definir lo propio pero con direcciones opuestas es decir E-W según la dirección Y(según el Etabs), Por lo que (N-S) quedaría en la dirección X (según el Etabs),el cual será llamado estado B.

Esto se realizará para cada uno de los componentes de los registros sísmicos escalados.

A continuación, se realiza un ejemplo de 1 como se hace este proceso para el registro escalado del sismo de 1966.

Las condiciones de las que parte este análisis son las de la carga de gravedad (RAMPA), definido líneas arriba.



Figura 59: Definición del número de pasos para el análisis FNA dirección X-X

Fuente: propia

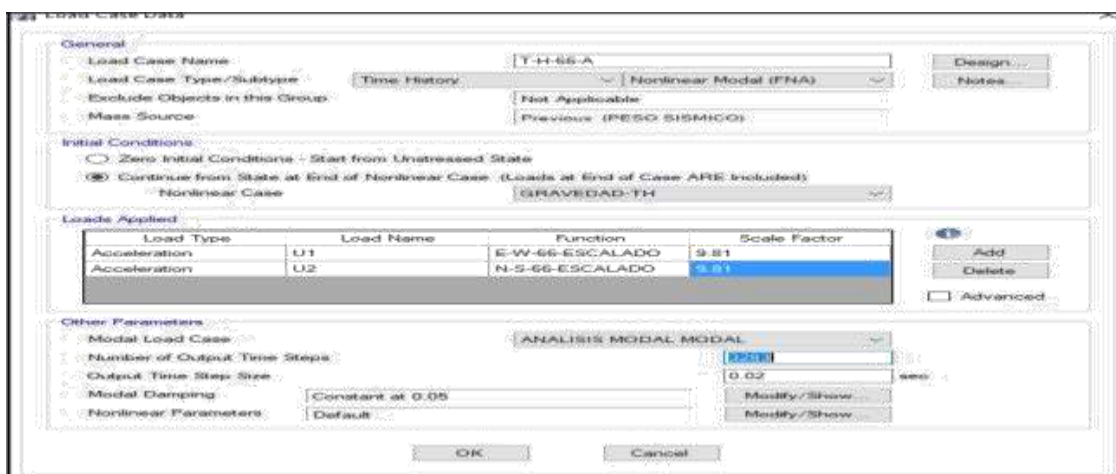


Figura 60: Definición del número de pasos para el análisis FNA dirección Y-Y

Fuente: propia

#### 5.1.7.4. Definición de los estados de carga

A continuación se definen los estados de carga pulso X y pulso Y, para efectos de cálculo del análisis no lineal rápido (FNA).

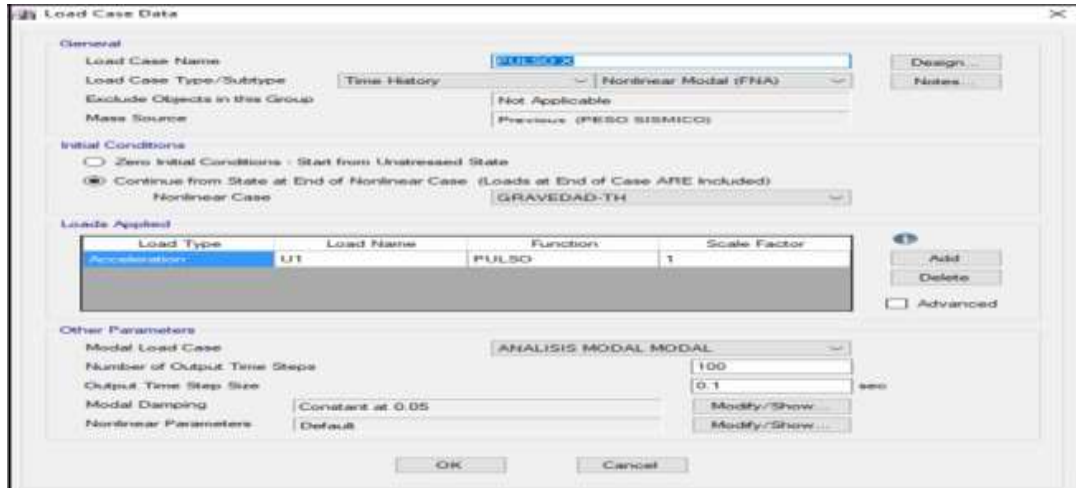


Figura 61: Definición de la función Pulso

Fuente: propia

#### 5.1.7.5. Definición de los vectores Ritz

Para el proceso de análisis no lineal rápido (FNA) hacemos uso de la definición de los VECTORES RITZ para el análisis modal.

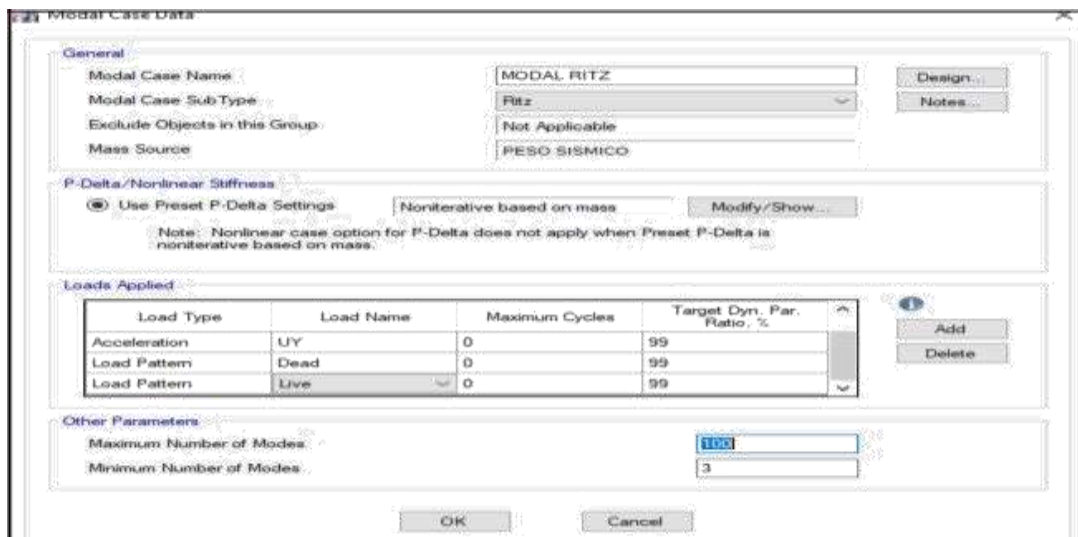


Figura 62: Definición de los vectores Ritz para análisis modal

Fuente: propia.



Los valores de las derivas de entrepiso a través de los resultados del análisis tiempo historia para la estructura sin amortiguamiento de los disipadores son.

#### **5.1.7.6. Calculo de las derivas de entrepiso**

Tabla 26. Derivas para análisis tiempo historia dirección x-x

Fuente propia

### 5.1.8. Análisis y diseño de los amortiguadores del tipo fluido viscoso

Es necesario evaluar la edificación a través de un análisis de la historia de la respuesta a través del tiempo, ciñéndonos a los parámetros de la normativa técnica E-030-2016 según lo estipula.

#### 5.1.8.1. Identificación de las formas de modo de vibración

Para el efecto de reforzamiento utilizamos en primera instancia el dato de las formas de modo normalizadas que nos serán proporcionados de los resultados del análisis modal:

**Tabla 27: Formas de Modo de vibración normalizadas en la dirección X e Y**

	X-X (mm)	Y-Y(mm)	X-X	Y-Y
MEZANINE	0,00028976	0,00025855	0,01998876	0,01566937
PISO 02	0,00091882	0,00077238	0,06338398	0,04680983
PISO 03	0,0016372	0,00139569	0,11294084	0,08458549
PISO 04	0,00248757	0,00216236	0,17160265	0,13104893
PISO 05	0,00343019	0,0030441	0,23662827	0,18448663
PISO 06	0,0044298	0,00402014	0,30558547	0,24363896
PISO 07	0,00546058	0,00507104	0,3766928	0,30732873
PISO 08	0,00650252	0,00617802	0,44856984	0,37441694
PISO 09	0,00753967	0,0073238	0,52011611	0,44385651
PISO 10	0,00856676	0,00849613	0,59096941	0,51490495
PISO 11	0,0095611	0,00967953	0,65956282	0,58662485
PISO 12	0,01051252	0,01086233	0,72519568	0,658308
PISO 13	0,01141321	0,01203411	0,78732881	0,72932312
PISO 14	0,01226487	0,01318939	0,84607931	0,79933882
PISO 15	0,01305777	0,01432078	0,90077708	0,86790624
PISO16	0,01379976	0,01542581	0,95196235	0,93487623
AZOTEA	0,01449612	0,01650038	1	1

Fuente propia

También es necesario calcular el coseno de los ángulos que harán los disipadores en los pórticos donde serán instalados.

**Tabla 28: Cálculo de los ángulos donde irán alojados los dispositivos**

Piso	tonf-s <sup>2</sup> /m	Long. Del Vano (m)	Altura Del Vano (m)	Angulo	COS
MEZANINE	110,53502	5,6	2,75	1,11431705	0,44079061
PISO 02	107,84573	5,6	2,75	1,11431705	0,44079061
PISO 03	104,02492	5,6	2,75	1,11431705	0,44079061
PISO 04	102,89118	6	2,2	1,21935153	0,34425465
PISO 05	102,89118	6	2,2	1,21935153	0,34425465
PISO 06	101,99686	6	2,2	1,21935153	0,34425465
PISO 07	101,99686	6	2,2	1,21935153	0,34425465
PISO 08	101,99686	6	2,2	1,21935153	0,34425465
PISO 09	101,00079	6	2,2	1,21935153	0,34425465
PISO 10	100,21816	6,2	2,2	1,22981737	0,33440985
PISO 11	100,21816	6,2	2,2	1,22981737	0,33440985
PISO 12	100,21816	6,2	2,2	1,22981737	0,33440985
PISO 13	99,35753	6,2	2,2	1,22981737	0,33440985
PISO 14	98,63817	6,6	2,2	1,24904577	0,31622777
PISO 15	98,63817	6,6	2,2	1,24904577	0,31622777
PISO16	98,63817	6,6	2,2	1,24904577	0,31622777
AZOTEA	84,59829	6,6	2,2	1,24904577	0,31622777

Fuente propia

Aplicando la metodología que se describe en el capítulo 18 del ASCE-SEI-10, tenemos la siguiente solicitud de cargas para el dispositivo.

#### 5.1.8.1. Determinación de la deriva objetivo

Queremos alcanzar un estado de daño moderado determinado por la metodología HAZUS, como se hizo mención para tal efecto debemos de tratar de lograr una deriva objetivo 0.005. Teniendo presente también que nuestra normativa nos exige una deriva permisible de 0.007.

Aplicando la metodología que se describe en el capítulo 18 del ASCE-SEI-10, tenemos la siguiente solicitud de cargas para el dispositivo.

Según la práctica ingenieril en el país se hace de conocimiento que las fórmulas establecidas por el HAZUS, no revelan la demanda exacta del amortiguamiento para nuestras tipologías estructurales ya establecidas en el país, cabe señalar que estas normativas se basan en tipologías estructurales y materiales que forman parte de una cultura constructiva extranjera, que no se ajusta a la realidad.

Según la metodología HAZUS tendríamos un amortiguamiento viscoso de 54.51%:

**Tabla 29: Amortiguamiento Viscoso Demandado- Metodología Hazus**

NIVEL DE DAÑO	Deriva objetivo (o/oo)	Deriva máxima (o/oo)	Factor de Reducción	Amortiguamiento Efectivo (%)	Amortiguamiento Viscoso (%)
Moderado	5	13	2.6	59.51	54.51

Fuente propia

Lo cual resulta bastante, por lo que se procederá a realizar un cálculo iterativo, a efectos de análisis de la respuesta sísmica de la edificación propuesta en la presente tesis.

### 5.1.8.1. Factor de rigidez del brazo metálico

Para determinar el perfil del brazo metálico de utilizar acero A36:

**Tabla 30: Propiedades del perfil metálico**

DIMENSIONES Y PROPIEDADES					
PERFIL METALICO	Diámetro Exterior (in)	Diámetro interior (in)	Espesor,T (in)	Area ,A (in <sup>2</sup> )	Inercia,I (in <sup>4</sup> )
HSS 7.50 *0.500	7.5	7.04	0.465	10.3	63.9

Fuente propia

$$E = 20000000 \text{ ton/m}^2$$

$$A = 0.01225804 \text{ m}^2$$

$$L = 8.45 \text{ m}$$

$$K = 29013.11243 \text{ ton/m}$$

Como se puede ver  $K < > 30000 \text{ ton/m}$ .

### 5.1.9. Análisis de la respuesta para arreglo en diagonal:

Para este tipo de arreglo se ensayaron una serie de disposiciones en planta, variando sus parámetros como el exponente de velocidad “ $\alpha$ ” y el amortiguamiento viscoso “ $\beta_{eff}$ ” y el número de disipadores por piso, obteniendo como resultados varios niveles de disminución de derivas.

La opción que mejores resultados obtuvo viene dada por los parámetros

- ✓  $\beta_{eff} = 20\%$
- ✓  $\alpha = 0.5$
- ✓ N° dispositivos = 6
- ✓  $C_x = 1345 \text{ ton} \cdot (\text{s/m})^{(1/0.5)}$

Cuya hoja de cálculo es la siguiente:

CALCULO DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO EN DISIPADORES NO LINEALES $\alpha < 1$			
<b>DIRECCION X - X</b>			
T=	2.265	seg	
$\alpha$ =	0.5		
N° de dis. por nivel=	6		
$\beta_{visc}$ =	20%		
$\beta_{mD}$ =	1.5		
			$\beta_{visc.} = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} W^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$

NIVEL	FORMA MODAL $\phi_i$	$\phi_i^2$	$\phi_{rj}$	MASA (Ton-s <sup>2</sup> /m)	COSE	$\Sigma \phi_i^2 \times m_i$	$\Sigma (\phi_{rj})^{1+\alpha} \times \cos^{1+\alpha} \theta_j$
MEZANINE	0.019988756	0.00040	0.019989	110.53502	0.44079061	0.04	0.00083
PISO 02	0.063383982	0.00402	0.003618	107.84573	0.44079061	0.43	0.00006
PISO 03	0.112940843	0.01276	0.008738	104.02492	0.44079061	1.33	0.00024
PISO 04	0.171602653	0.02945	0.016692	102.89118	0.34425465	3.03	0.00044
PISO 05	0.236628267	0.05599	0.026545	102.89118	0.34425465	5.76	0.00087
PISO 06	0.305585473	0.09338	0.037390	101.99686	0.34425465	9.52	0.00146
PISO 07	0.376692802	0.14190	0.048515	101.99686	0.34425465	14.47	0.00216
PISO 08	0.448569842	0.20121	0.059317	101.99686	0.34425465	20.52	0.00292
PISO 09	0.520116112	0.27052	0.069306	101.00079	0.34425465	27.32	0.00369
PISO 10	0.590969408	0.34924	0.078724	100.21816	0.33440985	35.00	0.00427
PISO 11	0.659562822	0.43502	0.085778	100.21816	0.33440985	43.60	0.00486
PISO 12	0.725195681	0.52591	0.090886	100.21816	0.33440985	52.71	0.00530
PISO 13	0.787328812	0.61989	0.093978	99.35753	0.33440985	61.59	0.00557
PISO 14	0.846079306	0.71585	0.095964	98.63817	0.31622777	70.61	0.00529
PISO 15	0.900777084	0.81140	0.095549	98.63817	0.31622777	80.03	0.00525
PISO 16	0.951962351	0.90623	0.094833	98.63817	0.31622777	89.39	0.00519
AZOTEA	1	1.00000	0.093768	84.59829	0.31622777	84.60	0.00511
	8.717384194	6.173173998				599.97	0.05350

$$A = \frac{g \times \Gamma_i \times Sa \times T1}{4 \times \beta m D \times \pi^2}$$

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha} \Gamma^2 (1 + \alpha/2)}{\Gamma(2 + \alpha)}$$

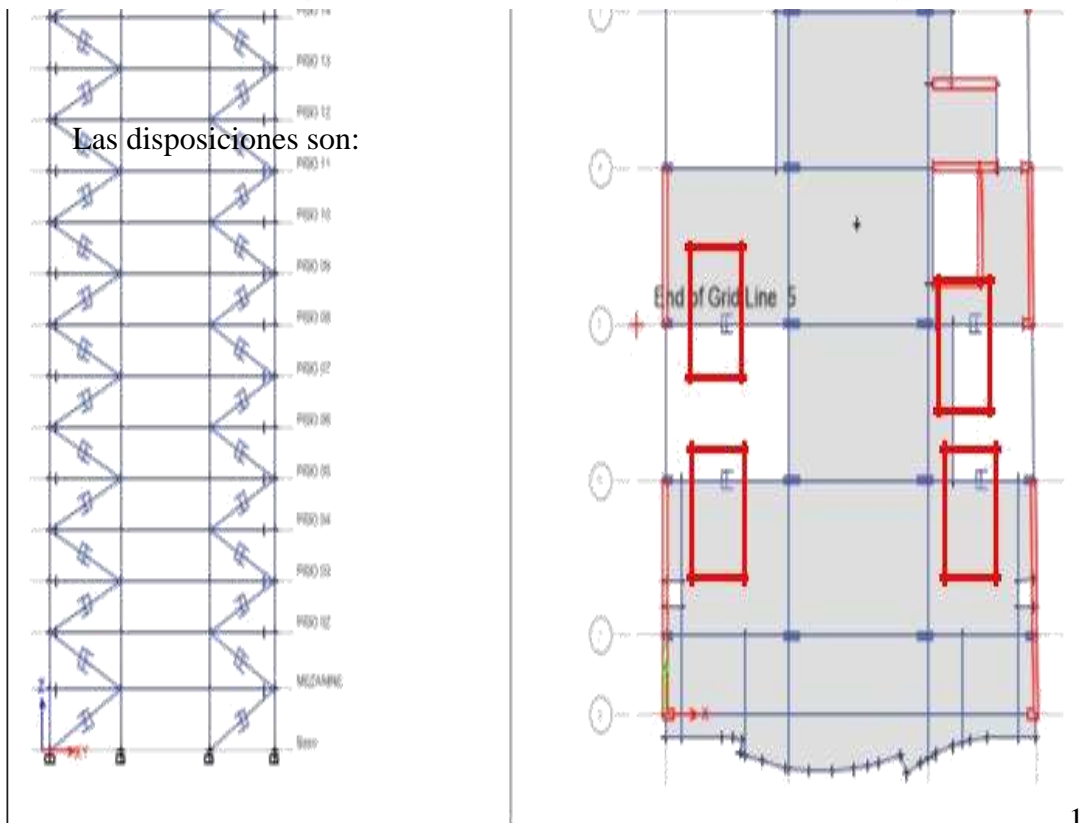
$\Gamma_i = 1.429595$   
 $A = 0.187745 \text{ m}$   
 $A^{1-\alpha} = 0.433295$

$\lambda = 3.49607674$   
 $\omega^{2-\alpha} = 4.62027146$

$\Sigma C = 8069.8304 \text{ tn-(s/m)}^{(1/0.5)}$

$$Cx = 1345 \text{ tn-(s/m)}^{(1/0.5)}$$

Las disposiciones son:





**Figura 63: Disposicion de los amortiguadores en planta y elevación arreglo en diagonal**

**Fuente: Propia**

Se presenta el cuadro comparativo de las derivas obtenidas de los ensayos realizados:

$\beta$ vis. =	30%	25%	25%	20%	15%	0,15	0,15	0,2
$\alpha$ =	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nº DISPOS. PISO	6	6	6	6	6	4	7	7
CX =	2954	2548	1603	1345	1063	1595	911	1153
AZOTEA	0,008324 8	0,007968 8	0,007702 4	0,007327 2	0,009229 6	0,008104 8	0,007352 8	0,007642 4
PISO16	0,008698 4	0,008333 6	0,008066 4	0,007684 8	0,009698 4	0,0085	0,007720 8	0,008005 6
PISO 15	0,009090 4	0,008730 4	0,008477 6	0,008106 4	0,010181 6	0,008936	0,008155 2	0,008425 6
PISO 14	0,009419 2	0,009074 4	0,008854 4	0,008503 2	0,010640 8	0,009396	0,008592 8	0,008846 4
PISO 13	0,009514 4	0,009196 8	0,009027 2	0,008704 8	0,010867 2	0,009668	0,008854 4	0,009096
PISO 12	0,009549 6	0,009272 8	0,009148	0,008866 4	0,010992	0,009862 4	0,009056	0,009287 2
PISO 11	0,009424	0,009206 4	0,009126 4	0,008923 2	0,010913 6	0,009947 2	0,009136	0,009334 4
PISO 10	0,009168 8	0,008992	0,008977 6	0,008813 6	0,010741 6	0,009846 4	0,009066 4	0,009236 8
PISO 09	0,008933 6	0,008617 6	0,008637 6	0,008505 6	0,010356	0,009734 4	0,008794 4	0,008970 4
PISO 08	0,008925 6	0,008552	0,008552	0,008154 4	0,009978 4	0,009704	0,008502 4	0,008673 6
PISO 07	0,008757 6	0,008398 4	0,008398 4	0,007868 8	0,009523 2	0,009506 4	0,008069 6	0,008239 2
PISO 06	0,008419 2	0,008089 6	0,008089 6	0,007583 2	0,008964	0,009116	0,007526 4	0,007658 4
PISO 05	0,007868 8	0,007570 4	0,007570 4	0,007094 4	0,008262 4	0,008547 2	0,007302 4	0,00738
PISO 04	0,007122 4	0,006868	0,006868	0,006505 6	0,007577 6	0,007685 6	0,006767 2	0,006880 8
PISO 03	0,006107 2	0,005910 4	0,005910 4	0,005633 6	0,006625 6	0,006594 4	0,005808	0,005967 2
PISO 02	0,004673 6	0,004535 2	0,004535 2	0,004333 6	0,005183 2	0,005172	0,004440 8	0,004552
MEZANINE	0,002209 6	0,002141 6	0,002141 6	0,002036 8	0,002491 2	0,002474 4	0,002080 8	0,002104 8

**Fuente: Propia**

### 5.1.10. Análisis de la respuesta para arreglo en chevron horizontal

Para este tipo de arreglo se ensayaron una serie de disposiciones en planta, variando sus parámetros como el exponente de velocidad “ $\alpha$ ” y el amortiguamiento viscoso “ $\beta_{eff}$ ” y el número de disipadores por piso, obteniendo como resultados varios niveles de disminución de derivas.

La opción que mejores resultados obtuvo viene dada por os parámetros

- ✓  $\beta_{eff}=30\%$
- ✓  $\alpha=0.6$
- ✓ N° dispositivos= 12
- ✓  $C_x= 251 \text{ ton} \cdot (\text{s/m})^{(1/0.5)}$

Cuya hoja de cálculo es la siguiente:

CALCULO DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO EN DISIPADORES NO LINEALES $\alpha < 1$			
<b>DIRECCION X - X</b>			
T=	2.265	seg	$\beta_{visc}= 30\%$
$\alpha=$	0.6		$\beta_{mD}= 1.8$
N° de dis. por nivel= 12			$\beta_{visc.} = \frac{\sum_j \lambda C_j \Phi_{rj}^{1+\alpha} \text{Cos}^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} W^{2-\alpha} \sum_i m_i \Phi_i^2}$

NIVEL	FORMA MODAL $\phi_i$	$\phi_i^2$	$\phi_{rj}$	MASA (Ton-s <sup>2</sup> /m)	COS $\theta$	$\Sigma \phi_i^2 \chi_{mi}$	$\Sigma (\phi_{rj})^{1+\alpha} \chi_{cos}^{1+\alpha} \theta_j$
MEZANINE	0.019988756	0.00040	0.019989	110.53502	1	0.04	0.00191
PISO 02	0.063383982	0.00402	0.003618	107.84573	1	0.43	0.00012
PISO 03	0.112940843	0.01276	0.008738	104.02492	1	1.33	0.00051
PISO 04	0.171602653	0.02945	0.016692	102.89118	1	3.03	0.00143
PISO 05	0.236628267	0.05599	0.026545	102.89118	1	5.76	0.00301
PISO 06	0.305585473	0.09338	0.037390	101.99686	1	9.52	0.00520
PISO 07	0.376692802	0.14190	0.048515	101.99686	1	14.47	0.00790
PISO 08	0.448569842	0.20121	0.059317	101.99686	1	20.52	0.01089
PISO 09	0.520116112	0.27052	0.069306	101.00079	1	27.32	0.01397
PISO 10	0.590969408	0.34924	0.078724	100.21816	1	35.00	0.01713
PISO 11	0.659562822	0.43502	0.085778	100.21816	1	43.60	0.01965
PISO 12	0.725195681	0.52591	0.090886	100.21816	1	52.71	0.02156
PISO 13	0.787328812	0.61989	0.093978	99.35753	1	61.59	0.02274
PISO 14	0.846079306	0.71585	0.095964	98.63817	1	70.61	0.02352
PISO 15	0.900777084	0.81140	0.095549	98.63817	1	80.03	0.02335
PISO 16	0.951962351	0.90623	0.094833	98.63817	1	89.39	0.02307
AZOTEA	1	1.00000	0.093768	84.59829	1	84.60	0.02266
	8.717384194	6.173173998				599.97	0.21864

$$A = \frac{g \times \Gamma t \times S a \times T 1}{4 \times \beta m D \times \pi^2}$$

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha} \Gamma^2(1 + \alpha/2)}{\Gamma(2 + \alpha)}$$

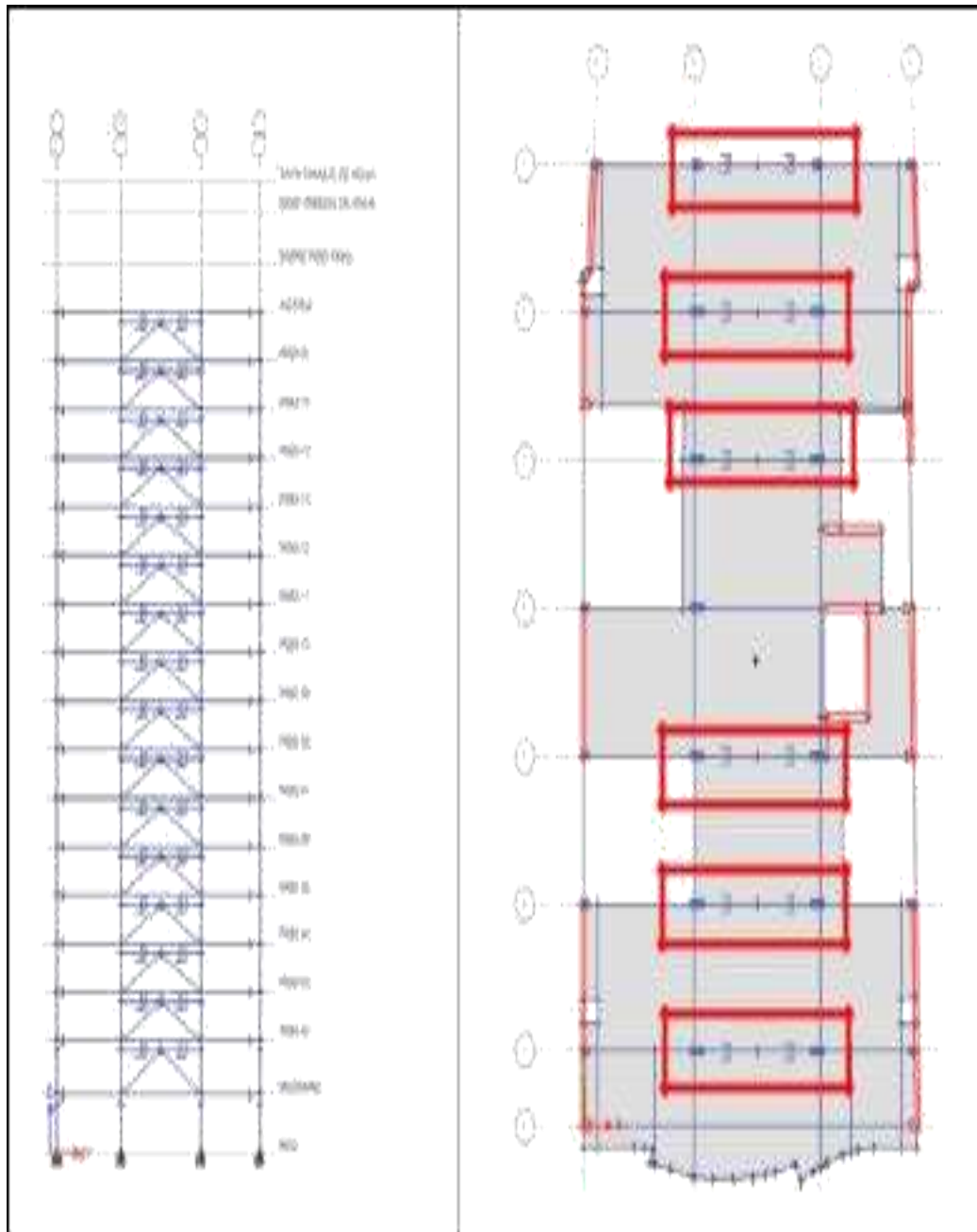
$$\begin{aligned} \Gamma t &= 1.429595 \\ A &= 0.156454 \text{ m} \\ A^{1+\alpha} &= 0.476162 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 3.41583232 \\ \omega^{2+\alpha} &= 4.17211554 \end{aligned}$$

$$\Sigma C = 3008.2852 \text{ tn} \cdot (\text{s/m})^{(1/0.5)}$$

$$C_x = 251 \text{ tn} \cdot (\text{s/m})^{(1/0.5)}$$

Cuya disposición es la siguiente:



**Figura 64: Disposicion de los amortiguadores en planta y elevación arreglo en Chevron Horizontal**

**Fuente: Propia**

Se presenta el cuadro comparativo de las derivas obtenidas de los ensayos realizados:

Tabla 32: Cuadro Comparativo arreglo en Chevron horizontal

$\beta$ vis. =	30%	30%	25%	20%	30%
$\alpha$ =	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Nº DISPOS. PISO	12	12	12	12	8
CX =	251	251	216	180	376
AZOTEA	0,0066816	0,006228	0,0064656	0,0067376	0,0074416
PISO 16	0,0070392	0,0065512	0,0068064	0,0070976	0,007816
PISO 15	0,0073632	0,0068704	0,0071288	0,0074344	0,008152
PISO 14	0,007704	0,007196	0,0074616	0,007764	0,0084984
PISO 13	0,0079128	0,0073792	0,0076472	0,0079352	0,0087016
PISO 12	0,0080472	0,007492	0,0077592	0,0080288	0,0088152
PISO 11	0,00802	0,007512	0,0077376	0,007996	0,0087736
PISO 10	0,007856	0,007436	0,007656	0,0079472	0,0085888
PISO 09	0,0075336	0,0072336	0,0075368	0,0078432	0,0083704
PISO 08	0,0073696	0,007092	0,007388	0,007676	0,0082104
PISO 07	0,0070776	0,0067936	0,0070752	0,0073528	0,0078496
PISO 06	0,0066552	0,006372	0,0066168	0,0068656	0,0073824
PISO 05	0,0061048	0,00582	0,0060184	0,0062432	0,0068952
PISO 04	0,005388	0,0052368	0,0053464	0,0054648	0,0062328
PISO 03	0,0045568	0,0044264	0,0045152	0,0045776	0,0052744
PISO 02	0,0034064	0,003324	0,0033712	0,003412	0,0039784
MEZANINE	0,0016432	0,0016352	0,0016352	0,0016312	0,0019392

Fuente propia

### 5.1.11. Análisis de la respuesta para arreglo en chevron diagonal

Para este tipo de arreglo se ensayaron una serie de disposiciones en planta, variando sus parámetros como el exponente de velocidad “ $\alpha$ ” y el amortiguamiento viscoso “ $\beta_{eff}$ ” y el número de disipadores por piso, obteniendo como resultados varios niveles de disminución de derivas.

La opción que mejores resultados obtuvo viene dada por os parámetros

- ✓  $\beta_{eff}=30\%$
- ✓  $\alpha=0.6$
- ✓ N° dispositivos= 12

$C_x= 612 \text{ ton} \cdot (\text{s/m})^{(1/0.5)}$

Cuya hoja de cálculo es la siguiente:

CALCULO DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO EN DISIPADORES NO LINEALES $\alpha < 1$			
<b>DIRECCION X - X</b>			
T=	2.265	seg	$\beta_{visc} =$ 30%
$\alpha =$	0.6		$\beta_{mD} =$ 1.8
N° de dis. por nivel= 12			$\beta_{visc.} = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} W^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$

NIVEL	FORMA MODAL $\phi_i$	$\phi_i^2$	$\phi_{rj}$	MASA (Ton-s <sup>2</sup> /m)	COS $\theta$	$\Sigma \phi_i^2 x_{mi}$	$\Sigma (\phi_{rj})^{2+\alpha} x_{cos}^{1+\alpha} \theta_j$
MEZANINE	0.019988756	0.00040	0.019989	110.53502	0.70070801	0.04	0.00108
PISO 02	0.063383982	0.00402	0.003618	107.84573	0.70070801	0.43	0.00007
PISO 03	0.112940843	0.01276	0.008738	104.02492	0.70070801	1.33	0.00029
PISO 04	0.171602653	0.02945	0.016692	102.89118	0.59136366	3.03	0.00062
PISO 05	0.236628267	0.05599	0.026545	102.89118	0.59136366	5.76	0.00130
PISO 06	0.305585473	0.09338	0.037390	101.99686	0.59136366	9.52	0.00225
PISO 07	0.376692802	0.14190	0.048515	101.99686	0.59136366	14.47	0.00341
PISO 08	0.448569842	0.20121	0.059317	101.99686	0.59136366	20.52	0.00470
PISO 09	0.520116112	0.27052	0.069306	101.00079	0.59136366	27.32	0.00603
PISO 10	0.590969408	0.34924	0.078724	100.21816	0.57874701	35.00	0.00714
PISO 11	0.659562822	0.43502	0.085778	100.21816	0.57874701	43.60	0.00819
PISO 12	0.725195681	0.52591	0.090886	100.21816	0.57874701	52.71	0.00899
PISO 13	0.787328812	0.61989	0.093978	99.35753	0.57874701	61.59	0.00948
PISO 14	0.846079306	0.71585	0.095964	98.63817	0.5547002	70.61	0.00916
PISO 15	0.900777084	0.81140	0.095549	98.63817	0.5547002	80.03	0.00910
PISO 16	0.951962351	0.90623	0.094833	98.63817	0.5547002	89.39	0.00899
AZOTEA	1	1.00000	0.093768	84.59829	0.5547002	84.60	0.00883
	8.717384194	6.173173998				599.97	0.08961

$$A = \frac{g \times \Gamma_i \times S_a \times T_1}{4 \times \beta m D \times \pi^2}$$

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha} \Gamma^2(1 + \alpha/2)}{\Gamma(2 + \alpha)}$$

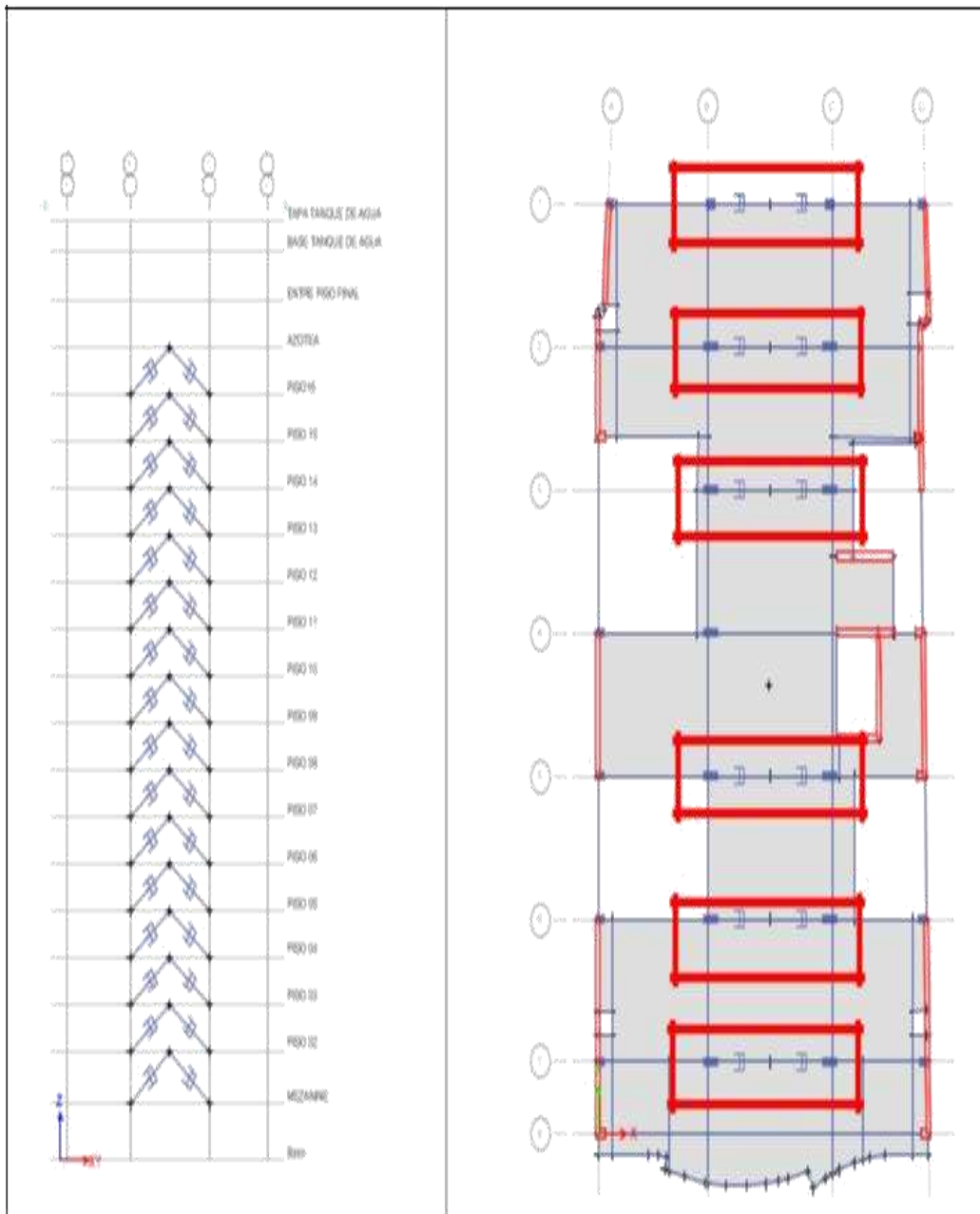
$$\begin{aligned} \Gamma_i &= 1.429595 \\ A &= 0.156454 \text{ m} \\ A^{1+\alpha} &= 0.476162 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 3.41583232 \\ \omega^{2+\alpha} &= 4.17211554 \end{aligned}$$

$$\Sigma C = 7340.2258 \text{ tn-(s/m)}^{(1/0.5)}$$

$$C_x = 612 \text{ tn-(s/m)}^{(1/0.5)}$$

Cuya disposición es la siguiente:



**Figura 65: Disposicion de los amortiguadores en planta y elevación arreglo en Chevron**

**Diagonal**

**Fuente: Propia**



Se presenta el cuadro comparativo de las derivas obtenidas de los ensayos realizados:

**Tabla 33: Cuadro Comparativo arreglo en Chevron Diagonal**

$\beta$ vis. =	30%	30%	25%	20%	15%
$\alpha$ =	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Nº DISPOS. PISO	12	12	12	12	12
CX =	612	403	351	294	233
AZOTEA	0,004548	0,004768	0,0050224	0,0054256	0,0059456
PISO16	0,0048176	0,0050392	0,0053264	0,0057528	0,0063408
PISO 15	0,005224	0,0054408	0,0057368	0,0061696	0,0067816
PISO 14	0,0057192	0,005932	0,0062128	0,0066336	0,0072264
PISO 13	0,0061064	0,0063136	0,006568	0,006964	0,0075
PISO 12	0,0064232	0,0066232	0,0068672	0,0072184	0,007704
PISO 11	0,0066336	0,0068136	0,007044	0,0073464	0,007792
PISO 10	0,0067344	0,006884	0,0070904	0,0073632	0,0077568
PISO 09	0,0066448	0,0067784	0,006944	0,0071824	0,0075344
PISO 08	0,0065128	0,0066288	0,0067616	0,0069568	0,0072808
PISO 07	0,0063584	0,0064584	0,0065528	0,0066888	0,0069104
PISO 06	0,0063488	0,0064648	0,0064848	0,0065248	0,006592
PISO 05	0,0061944	0,0062608	0,0062384	0,006204	0,0062368
PISO 04	0,00576	0,0058976	0,0058888	0,0058552	0,0058936
PISO 03	0,005204	0,0053048	0,0052584	0,005176	0,0051656
PISO 02	0,0042408	0,004292	0,0042248	0,0041384	0,0040256
MEZANINE	0,0021032	0,0021024	0,002048	0,00198	0,0019448

Fuente propia

En los arreglos antes definidos y ensayados se hicieron varias configuraciones resultando la que mayor control de la deriva nos permite el arreglo en chevron diagonal, que como se puede apreciar en el cuadro anterior permite derivas menores a las que nos determina la norma que es de 0.007.

### 5.1.12. Análisis comparativo de periodos y frecuencias de vibración

El siguiente cuadro muestra la comparativa de los periodos y frecuencias de vibración de los distintos casos en los que se incorporan y no se incorporan los amortiguadores del tipo fluido viscoso.

Como se puede ver los periodos fundamentales de la estructura se mantienen casi constantes en sus primeros periodos de vibración.

**Tabla 34: Cuadro comparativo de los periodos de vibración**

<i>Análisis modal tiempo historia sin disipadores</i>			<i>Análisis modal tiempo historia con disipadores</i>		<i>Análisis espectral</i>	
<i>MODO</i>	<i>Periodo (sec)</i>	<i>Frecuencia (ciclos/sec.)</i>	<i>Periodo (sec)</i>	<i>Frecuencia (ciclos/sec.)</i>	<i>Periodo (sec)</i>	<i>Frecuencia (ciclos/sec.)</i>
1	2,265	0,442	2,273	0,44	2,265	0,442
2	1,429	0,7	1,434	0,697	1,429	0,7
3	1,235	0,809	1,24	0,806	1,235	0,809
4	0,665	1,505	0,669	1,495	0,665	1,505
5	0,355	2,818	0,371	2,695	0,355	2,818
6	0,331	3,018	0,361	2,77	0,331	3,018
7	0,292	3,42	0,36	2,779	0,292	3,42
8	0,208	4,81	0,359	2,784	0,208	4,81
9	0,159	6,275	0,359	2,786	0,159	6,275
10	0,147	6,795	0,359	2,788	0,147	6,795
11	0,14	7,148	0,358	2,79	0,14	7,148
12	0,116	8,593	0,358	2,792	0,116	8,593
13	0,108	9,226	0,358	2,792	0,108	9,226
14	0,096	10,406	0,358	2,792	0,096	10,406
15	0,086	11,581	0,358	2,794	0,086	11,581
16	0,078	12,761	0,351	2,853	0,078	12,761
17	0,069	14,596	0,335	2,989	0,069	14,596
18	0,068	14,812	0,33	3,033	0,068	14,812
19	0,062	16,26	0,32	3,129	0,062	16,26

Fuente propia

### 5.1.13. Análisis comparativo de esfuerzos en elementos estructurales

En el siguiente cuadro se toma un elemento columna que nos refleja como varían los esfuerzos axiales, cortantes y momentos en la columna C-4.

Como se puede ver en el gráfico siguiente la tendencia de la fuerza axial es de aumentar, al igual que el cortante, por lo contrario, la tendencia del momento flector es a disminuir.

Resulta importantísimo realizar estos detalles de los esfuerzos pues si el elemento estructural no tiene la suficiente rigidez o resistencia habría que realizar un reforzamiento estructural.

**Tabla 35: Cuadro comparativo de los esfuerzos en elementos estructurales**

<i>Story</i>	<i>Column</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>P (tonf)</i>	<i>V2(tonf)</i>	<i>M3 (tonf-m)</i>
MEZANINE	C4	EQ-XX Max	64,0608	17,0454	68,911
MEZANINE	C4	EQ-XX Max	64,0608	17,0454	45,6032
MEZANINE	C4	EQ-XX Max	64,0608	17,0454	22,5554
MEZANINE	C4	T-H-66-A Max	81,2551	29,7182	86,8058
MEZANINE	C4	T-H-66-A Max	82,5991	29,7182	51,7189
MEZANINE	C4	T-H-66-A Max	83,9431	29,7182	22,1103
MEZANINE	C4	T-H-66-B Max	124,6873	25,5387	77,5591
MEZANINE	C4	T-H-66-B Max	126,0313	25,5387	42,1922
MEZANINE	C4	T-H-66-B Max	127,3753	25,5387	16,696
MEZANINE	C4	T-H-70-A Max	40,3545	30,2315	102,9851
MEZANINE	C4	T-H-70-A Max	41,6985	30,2315	62,1839
MEZANINE	C4	T-H-70-A Max	43,0425	30,2315	29,4232

Fuente propia

### 5.1.14. Análisis comparativo de costos

El costo es un aspecto fundamental en el desarrollo de cualquier tipo de proyecto en infraestructura, pues este representa uno de los valores a evaluar para la viabilidad y en consecuencia directa el desarrollo del proyecto.

En el mundo se han realizado estudios con respecto a los costos que representa la reparación o rehabilitación de edificaciones que hayan visto sometidas a los efectos destructivos de los movimientos sísmicos, estos tipos de daños en los que se involucran aspectos estructurales y no estructurales representan un costo de reparación o rehabilitación.

Se conocen ratios de los costos con respecto al precio de construcción de la edificación que estas actividades representan así tenemos

**Tabla 36: Costo de reparación por fallas en edificaciones**

COSTOS DE REPARACIÓN POR FALLAS EN EDIFICACIONES	
COMPONENTE DE LA EDIFICACION	% EN EDIFICACIONES DEL PRECIO DE LA EDIFICACION
ESTRUCTURAS	52%
INSTALACIONES	11%
CERRAMIENTOS	25%
TABIQUERIA	12%
TATAL	100%

Fuente: Bureu Securitas - Francia

Los detalles estadísticos hechos por las constructoras a nivel nacional indican que un porcentaje de reconstrucción y/o rehabilitación de las estructuras varían conservadoramente de un 25% a 30% del precio de la misma.

Teniendo en cuenta este dato la revista Inmobiliaria del Perú MIVIVIENDA en su edición de Diciembre del 2015 nos presenta unos datos de los precios de las edificaciones en la ciudad de Huancayo en la cual tenemos los datos de nuestra edificación en estudio.

EMPRESA	EMPRESA CONSTRUCTORA E INMOVILIARIA ALVA S.A.C
UBICACIÓN	JR. TACNA N° 561 Y JR. PAMAMA N° 575 HUANCAYO
ÁREA	38 X 101.08 M2
PRECIO	S/. 151.000 – S/. 227.000
TELEF.	964720386
CONTACTO	BETZABE GUILLERMO NIETO

#### CUADRO 66: Precio de edificación

Fuente: Revista Inmobiliaria del Perú MIVIVIENDA

Esto nos permite estimar unas ratios de los precios de costos de venta y construcción de la edificación como se muestra en los siguientes cuadros.

Precio promedio de venta de la edificación

**Tabla 37: Precio de venta edificación**

ÁREA ( m2)	PRECIOS (S./)	PRECIO POR m2(S./)
38	151000	3973.684211
101.18	227000	2243.526389

	<b>PROMEDIO</b>	<b>3108.6053</b>
<b>ÁREA POR PISOS (M2)</b>	<b>N° DE PISOS</b>	<b>PRECIO VENTA EDIF.(S./)</b>
806.3	18	45116432.15

### Fuente propia

Precio promedio de construcción de la edificación (cifras conservadoras)

**Tabla 38: Precio construcción de la edificación**

Áreas (m2)	Precios (S./)	Precio por m2
38	151000	1500
101.18	227000	2000
	<b>Promedio</b>	1750
Área por piso(m2)	N° de pisos	Precio venta Edif.(S./)
806.3	18	<b>25398450</b>

Fuente: propia

Precio promedio de los amortiguadores de fluido viscoso

**Tabla 39: Precio amortiguadores**

N° Disipadores por piso	Precios unidad (\$/)	Precios unidad (S./)	Precio por piso(S./)
12	8000	26160	313920
12	10000	32700	392400

Fuente: propia

Precio total de disipadores para toda la edificación

**Tabla 40: Precio amortiguadores para toda la edificación**

PRECIO POR PISO(S./)	Nº DE PISOS	PRECIO TOTAL(S./)
313920	16	5022720
392400	16	6278400
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5650560</b>

**Fuente: Propia**

Incidencia del precio de los amortiguadores sobre los costos de venta y construcción.

**Tabla 41: Incidencia de precios.**

COSTOS AMORTIGUADORES(S./)	5650560
PRECIO VENTA EDIF (S./)	45116432.15
PRECIO DE CONSTRUCCIÓN EDIF.(S./)	25398450
INCIDENCIA SOBRE PRECIO VENTA	12.52%
INCIDENCIA SOBRE PRECIO CONSTR.	22.25%

**Fuente: Propia**

Como se puede apreciar los porcentajes de incidencia del costo de la incorporación están por debajo de las cifras conservadoras que nos arrojan en el mejor de los casos la reparación de las edificaciones.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Discusión de resultados

El desempeño de un edificio, según el enfoque tradicional del diseño sismorresistente, está basado en la capacidad que tiene la propia estructura de disipar la energía introducida por el sismo a través de una combinación de propiedades conocidas como ductilidad, resistencia y rigidez. Es de esperarse que la estructura tenga un comportamiento elástico ante sismos leves y uno inelástico cuando esté sujeto a sismos moderados o raros. Este comportamiento inelástico está caracterizado por la disipación de energía a través de deformaciones no recuperables que se agravan conforme la deriva de entrepiso se incrementa; teniendo como consecuencia daño estructural y no estructural cuantioso. El propósito de la investigación fue Analizar la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017

Con respecto a la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, en el análisis es adecuada. La actualización de la norma sismorresistente (2016) la cual es mucha más rígida que su predecesora (2003), castiga las irregularidades con mucho mayor influencia ante la respuesta sísmica de las edificaciones, esto hace que la edificación que pudiera no tener irregularidades con la norma (2003) si las tenga con la actual normatividad. Para la edificación analizada el mejor control de daño se produjo a través del arreglo chevron en doble diagonal. Concordando con los resultados de Corpus y Morales, (2015) en su trabajo de investigación titulado “Análisis Sísmico Comparativo entre un Sistema



Dual y El Sistema de Reforzamiento con Disipadores de Fluido Viscoso para un Edificio en el Distrito de Víctor Larco Herrera Aplicando Etabs 2013” - Universidad Privada Antenor Orrego, llegaron a las siguientes conclusiones: Se desarrolló un análisis comparativo de una edificación diseñada para el uso exclusivo de Oficinas llamado “Torre C & M” ubicado en la Av. Fátima, urbanización California, Distrito de Víctor Larco Herrera, provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. En la cual practican dos sistemas de reforzamiento estructural una de ellas es basada en muros estructurales lo cual incrementaría su rigidez y la otra es reforzándola a través de disipadores de Fluido viscoso. Las utilidades de ambos sistemas dieron como uno de los principales resultados la disminución considerable de las derivas de entrepiso. También se pudo apreciar las reducciones de las fuerzas axiales y cortantes, así como también el momento flector de las columnas que participan con el sistema de disipación.

Con respecto al comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada. Los esfuerzos axiales, cortantes en las columnas se ven aumentadas y los momentos flectores disminuyen en tales, es por esta razón que a cara de un proyecto de diseño real será imprescindible el cálculo de los esfuerzos que hayan aumentado para fines de reforzamiento estructural en dichas edificaciones. Corroborando los resultados con Díaz la Rosa (2014) en su trabajo de investigación “Evaluación del Proyecto Estructural y Optimización del Diseño con Disipadores de Energía Viscosos Taylor para

una Edificación Esencial de 6 Pisos” - Universidad Privada Antenor Orrego, llego a las siguientes conclusiones: La edificación al ser evaluada por el autor de la tesis presento irregularidad torsional en el eje Y-Y y superar el valor máximo fijado por la norma peruana de diseño sismo resistente para el control de derivas (7 ‰). Esta edificación fue sometida a procesos de restructuración con el objetivo de anular la torsión que como es sabido es una de las causas más frecuentes de colapso de edificaciones por causa del corte que estas les imponen a las edificaciones. Añadiéndose a este proceso la incorporación de amortiguadores de fluido viscosos para reducir las derivas a niveles de 5.94 ‰ en el eje YY. La edificación evaluada es el Hospital Clínico Próvida, la cual se cuenta con 6 niveles en total, dentro de los cuales los primeros 5 son típicos y el 6to presenta una superficie menor. La estructura está conformada por un sistema de muros estructurales de concreto y pórticos de concreto armado las placas varían de espesor, desde 15 a 30 cm. Entre sus principales resultados se puede apreciar que La implementación de los disipadores en la edificación, produjo una disminución de los desplazamientos máximos presentados en el sexto nivel también la reducción de las derivas de entrepiso desde un 38.57% hasta un 51.10%. La cantidad de energía disipada por medio de estos dispositivos viscosos es del 55 %.

Con respecto a La disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es media. Los procedimientos que indica el capítulo 18 ASCE-SEI-10, nos brinda un marco guía de referencia acerca de los procesos de análisis y diseño

sismoresistente, pero habría que tener en cuenta que dicha normativa es para procedimientos y materiales de su país de origen que son distintas a nuestra realidad, por lo tanto los datos arrojados no son definitivos y los procesos tendrían que adaptarse por métodos iterativos, como se realizó en la presente tesis al comparar y ensayar distintos parámetros de diseño y coeficientes de amortiguamiento viscoso. Corroborándose los resultados con Boza et al (2013) en su trabajo de investigación “Diseño de un Edificio Aporticado con Disipadores en Arreglo Chevron”, Pontificia Universidad Católica del Perú, llegaron a las siguientes conclusiones: Se realizó el modelado, análisis y diseño de una edificación nueva, es decir la edificación no está construida, la cual es reforzada a través de sistemas de disipación de energía sísmica en arreglo Chevron. Para tal efecto lo que se hizo fue diseñar un edificio que cuenta con 7 pisos y presenta una configuración regular en elevación, la dimensión total en planta en el eje X es de 22m y en el eje Y, de 33m. Dicho edificio se ubica en la ciudad de Lima, en una zona donde el suelo es grava de buena calidad. La estructura consta de un sistema aporticado conformado por vigas y columnas en ambas direcciones y losas macizas de 15cm de espesor en los entrepisos, las cuales actúan como diafragmas rígidos, transfiriendo las cargas de manera uniforme a toda la estructura. El primer piso del edificio presenta una altura de 3.50m y los seis restantes, de 2.70m. Los estudios muestran que para mantener la deriva del edificio en un sismo raro, por debajo del umbral de daño leve (0.33%), sería necesario incluir en el sistema un amortiguamiento del orden del 60% lo cual es evidente que no se podría conseguir en términos prácticos. A consecuencia de esto se fijaron como

objetivo de desempeño que el daño estuviera por debajo del umbral de daño moderado. Esto se obtuvo incorporando al edificio un amortiguamiento adicional del 18% y 15% en la dirección X e Y respectivamente. Se probaron varios tipos de exponentes de amortiguamiento “ $\alpha$ ”, para los amortiguadores no lineales con  $\alpha = 0.25$  se obtuvieron las menores fuerzas tanto en los disipadores como en las columnas adyacentes a estos dispositivos.

El aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es alta La incorporación de los amortiguadores del tipo fluido viscoso controlan la respuesta dinámica estructural de la edificación ante la acción sísmica, esto se logra a través de la reducción de las derivas de entrepiso que se lograron menores a 0.007 ,que indica la norma sismoresistente de edificaciones . Existe una viabilidad económica al respecto de la incorporación de los amortiguadores de fluido viscoso en la edificación pues sus índices de incidencia sobre los precios de venta y construcción que son de 12.52% y 22.25% respectivamente, de las edificaciones están por debajo de los índices de reparación o rehabilitación de los mismos. Corroborándose los resultados con Rivera y Ruiz Gómez (2010) en su artículo de investigación “Método Dinámico Modal para Edificios con Disipadores de Energía Viscosos No-Lineales” -Guanajuato-México Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, llegaron a las siguientes conclusiones: Se propone un método simplificado para la rehabilitación de edificios con disipadores de energía viscosos no-lineales. Se hizo una

descripción de los pasos a seguir para el diseño siguiendo la metodología propuesta por los autores la cual esta basada en estudio d previos de autores como (Chopra, 2007; Paz, 1992; Ramírez et. al., 2001; 2002; Claros y Ruiz, 2009). Este trabajo es puesto a prueba para el reforzamiento de una edificación de acero de 6 niveles y 5 vanos en la dirección X, y 5 vanos en la dirección Y. La estructura es de uso habitacional. Está desplantada en terreno con periodo dominante de 0.7 seg. El resultado de la incorporación de estos disipadores arrojo que las distorsiones máximas de entrepiso se redujeron alrededor del 53% en promedio cuando se introdujeron disipadores viscosos no-lineales en la estructura para lo cual se usó un exponente de no-linealidad de 0.75.

## CONCLUSIONES

- ✓ La Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada. La actualización de la norma sismoresistente (2016) la cual es mucha más rígida que su predecesora (2003), castiga las irregularidades con mucho mayor influencia ante la respuesta sísmica de las edificaciones, esto hace que la edificación que pudiera no tener irregularidades con la norma (2003) si las tenga con la actual normatividad. Para la edificación analizada el mejor control de daño se produjo a través del arreglo chevron en doble diagonal.
- ✓ El comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada. Los esfuerzos axiales, cortantes en las columnas se ven aumentadas y los momentos flectores disminuyen en tales, es por esta razón que a cara de un proyecto de diseño real será imprescindible el cálculo de los esfuerzos que hayan aumentado para fines de reforzamiento estructural en dichas edificaciones.
- ✓ La disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es media. Los procedimientos que indica el capítulo 18 ASCE-SEI-10, nos brinda un marco guía de referencia acerca de los procesos de análisis y diseño sismoresistente, pero habría que tener en cuenta que dicha normativa es para procedimientos y materiales de su país de origen que son distintas a nuestra realidad, por lo tanto los datos arrojados no son definitivos y los procesos tendrían que adaptarse por métodos iterativos, como se realizó en la

presente tesis al comparar y ensayar distintos para metros de diseño y coeficientes de amortiguamiento viscoso.

- ✓ El aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es alta La incorporación de los amortiguadores del tipo fluido viscoso controlan la respuesta dinámica estructural de la edificación ante la acción sísmica, esto se logra a través de la reducción de las derivas de entrepiso que se lograron menores a 0.007 ,que indica la norma sismoresistente de edificaciones . Existe una viabilidad económica al respecto de la incorporación de los amortiguadores de fluido viscoso en la edificación pues sus índices de incidencia sobre los precios de venta y construcción que son de 12.52% y 22.25% respectivamente, de las edificaciones están por debajo de los índices de reparación o rehabilitación de los mismos.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar ensayos y procesos exploratorios a las edificaciones altas para fines de tener parámetros de tendencia en el diseño y modelado de los amortiguadores de fluido viscoso, que representan una alternativa muy fiable en la protección sísmica de las edificaciones en nuestra región.
- ✓ Se recomienda a los profesionales consultores a cargo del diseño de las edificaciones, tener presente este tipo de dispositivos en el diseño de edificaciones nuevas pues por sus bondades estos sistemas podrían representar ahorros de espacio y la ampliación de luces libres, que redundarían en el confort y seguridad de edificaciones o instalaciones nuevas proyectadas.
- ✓ En la medida de lo posible, y conciliando con la arquitectura, se recomienda alejar los dispositivos de fluido-viscoso del centro de masa; de ese modo trabajarán en la zona de máximas velocidades logrando mayor efectividad.
- ✓ Siempre iniciar la metodología propuesta definiendo un objetivo de desempeño ajustado al presupuesto económico asignado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguiar (2008).** *Análisis Sísmico De Edificios*. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Quito-Ecuador.
- Aguiar (2004).** *Análisis Matricial de Estructuras*. 3 ed. Escuela Politécnica del Ejército, Valle de los Chillos-Ecuador.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (2010).** *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE-SEI-7-10)*, Structural Engineering Institute. EEUU.
- Ccanto (2010).** *Metodología de la Investigación Científica en Ingeniería Civil*. Lima-Perú.
- Celigueta (1998).** *Curso de Análisis Estructural*. EUNSA, San Sebastián-España.
- Chopra, (2001).** *Dynamics of Structures; Theory engineering*. 2 ed. New Jersey, Prentice Hall. EEUU.
- CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN (2011).** *Protección Sísmica de Estructuras Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*, Santiago de Chile
- Díaz La Rosa (2014).**, *Optimización del diseño estructural de una edificación esencial mediante el empleo de disipadores viscosos*, Chiclayo – Perú.
- Gatica (2012).** Tesis: *Respuesta Sísmica de un Edificio de Estructura Metálica con Aisladores. Alternativas de diseño*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España.
- Hernández, (2014)**, Metodología de la investigación, México, 6ta edición.
- Lino Q, (2004)**, "Metodología de la investigación científica", Pg. 29.

**NORMA E-030 - REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (2016).**

Lima – Perú, Editorial Macro.

**Oviedo,– DUQUE, (2006).** *Disipadores Histeréticos Metálicos como Técnica de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones Colombianas.* Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), Medellín – Colombia.

**Pardo (2007).** Tesis: *Control de la Respuesta Dinámica de Estructuras Mediante el uso de Disipadores de Energía de Fluido Viscoso del Tipo Lineal,* Universidad Austral De Chile Valdivia – Chile.

**Sabino Muñoz, Ledesma (2008),** “Metodología de la Investigación Científica”, 3° ed.  
Lima, edit. UAP, p 80

**Taboada (2013).** CDV-INGENIERÍA ANTISISMICA. *Diseño con Amortiguadores de Fluido Viscoso.*, Lima – Perú.

**Taylor (2004).** *Fluid Viscous Dampers in Applications of Seismic Energy Dissipation and Seismic Isolation.* North Tonawanda, NY – USA.

**Villarreal - Oviedo (2009).** *Edificaciones con disipadores de Energía,* Lima – Perú.

**ANEXOS**

## Anexos

## a) Matriz de Consistencia

**TITULO: ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE LA EDIFICACIÓN DOS TORRES, REFORZADA CON SISTEMAS DE AMORTIGUAMIENTO DEL TIPO FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, 2017**

FORMULACION DEL PROBLEMA	FORMULACION DE OBJETIVOS	FORMULACIÓN DE LAS HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo es la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Cómo es el comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?</li> <li>✓ ¿Cuánto es la disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?</li> <li>✓ ¿Cuánto es el aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?</li> <li>✓ ¿Cuánto es el balance energético de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Analizar la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Describir el comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017</li> <li>✓ Estimar la disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017</li> <li>✓ Estimar el aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017</li> <li>✓ Estimar el balance energético de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017</li> </ul>	<p><b>Hipótesis principal:</b></p> <p>La Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El comportamiento dinámico de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es adecuada</li> <li>✓ La disminución de daño de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es media</li> <li>✓ El aumento de amortiguación de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es alta</li> <li>✓ El balance energético de la Respuesta Sísmica de la Edificación Dos Torres, Reforzada con Sistemas de Amortiguamiento del Tipo Fluido Viscoso en la Ciudad de Huancayo, 2017, es alta.</li> </ul>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p><b>SISTEMAS DE AMORTIGUAMIENTO DEL TIPO FLUIDO VISCOSO</b></p> <p>Irregularidades estructurales Derivas Esfuerzos</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p><b>RESPUESTA SÍSMICA</b></p> <p>Comportamiento Dinámico Disminución de daño. Aumento de la amortiguación Balance Energético</p>	<p><b>Método</b></p> <p>Deducción – Inducción Análisis – síntesis</p> <p><b>Tipo</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>Nivel</b></p> <p>Descriptivo - Explicativo</p> <p><b>Diseño</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Población</b></p> <p>Edificación Dos Torres</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Edificación Dos Torres</p> <p><b>Técnicas</b></p> <p>Ficha técnica ensayos</p>

