UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

ESTRUCTURAS

TEMA

“ANALISIS COMPARATIVO DE UN PORTICO CONVENCIONAL CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO MODELADO EN SAP2000”

AUTOR

LENNY ZULEMA AZUNCION VINCES

TUTOR

ING. CARLOS CUSME VERA, MGs.E.

2016

GUAYAQUIL – ECUADOR

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado de forma muy especial a mi familia quienes nunca dudaron de mí y me apoyaron de forma incondicional motivándome a seguir adelante y alcanzar mis metas.

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por guiarme y permitirme estar en esta etapa de mi formación profesional.

A mi padre Milton Azuncion quien con su esfuerzo me ha podido dar la formación necesaria para seguir adelante y con sus sabios consejos inculcó en mí buenos valores.

A mi madre Rosa Vinces por haberme apoyado en todo momento y brindado su amor incondicional para que pueda lograr todas mis metas.

A mis hermanos Dalema y Danny quienes con sus buenos deseos e infinito amor me ayudaron a superar los obstáculos.

A mi abuelo Calcidio Vinces por haber sido uno de los pilares más importante en mi vida.

A mi tutor el Ing Carlos Cusme Vera MGs.E. *por su orientación y ayuda en realización de éste proyecto.*

A mis profesores a lo largo de mi formación académica y profesional porque gracias a ellos pude adquirir conocimientos que me servirán a lo largo de mi carrera.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, M.Sc.

DECANO

Ing. Carlos Cusme Vera, MGs.E

TUTOR

Ing. Adolfo Villacreses Vera, M.Sc

VOCAL

Ing. Douglas Iturburu Salvador, M.Sc

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

Art. XI del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la Universidad de Guayaquil.

_____

LENNY ZULEMA AZUNCION VINCES

C.I: 0929905594

Presentación

El presente trema de investigación se basa en los disipadores de control pasivo de energía de fluido viscoso que son implementados en una edificación se consideran los registros sísmicos para poder realizar un análisis y de esta manera evaluar cómo actúa en disipador en la estructura, disminuyendo los desplazamientos sin necesidad de aumentar la rigidez en columnas. Se propone un modelo de pórtico en Esmeraldas de 10 pisos reforzándola con los disipadores viscoso tipo Taylor observando como mejora su resistencia al momento de un posible sismo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes 1

1.2. Planteamiento Del Problema 3

1.3. Objetivos 3

1.3.1. Objetivo General. 3

1.3.2. Objetivos Específicos. 4

1.4. Metodología 5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema De Protección Sísmica. 6

2.1.2. Sistemas Activos. 8

2.1.2. Sistema De Control Híbrido. 10

2.2. Sistemas de Control Pasivo de Energía 11

2.2.1. Control Pasivo con Disipadores de Energía 11

2.3. Tipos de Disipadores de Energía 12

2.3.1. Disipadores Histeréticos. 12

2.3.2. Disipadores Por Plastificación De Metales. 13

2.3.3. Cálculo Del Disipador Por Plastificación De Metales. 16

2.3.4. Disipadores Por Fricción. 18

2.3.5. Cálculo Del Disipador Por Fricción. 20

2.3.6. Disipadores Viscoelásticos 21

2.3.7. Ventajas Y Desventajas Del Disipador Viscoelástico. 23

2.3.8. Cálculo Del Disipador Viscoelásticos 24

2.4. Disipadores De Fluido Viscoso 25

2.4.1. Disipador De Aceite De Alto Rendimiento (HiDAM) 28

2.4.2. Disipador Viscoso Taylor. 29

2.4.3. Características de los Disipadores de Fluido Viscoso. 30

2.5. Propiedades Mecánicas 32

2.6. Comportamiento Del Disipador Viscoso 33

2.7. Estructuras con Disipador Viscoso. 34

2.7.1. Construcción de la Torre Mayor en México 34

2.7.2. Los Ángeles City Hall 36

2.8 Ventajas Y Desventajas De Los Disipadores 37

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE DISEÑO

3.1. Principios básicos 38

3.2. Diseño De Las Dimensiones Básicas Del ……..……

Disipador Viscoso No- Lineal..... 40

3.2.1. Ecuación General. 40

3.3. Criterios de ubicación del dispositivo..... 45

3.4. Modelación Del Disipador Del Pórtico Con ……..

Y Sin Disipador De Fluido Viscoso. 45

3.4.1 Análisis Modal 46

3.5. Espectro De Diseño..... 50

3.6. Análisis Tiempo-Historia Del Pórtico 51

3.6.1. Registro en Perú_7050..... 51

3.6.2. Registro del sismo de Perú_7051..... 52

CAPITULO IV

ANÁLISIS DEL PÓRTICO CON Y SIN DISIPADOR

4.1. Diseño Del Pórtico Convencional De Hormigón. 55

4.2. Descripción De La Estructura: 55

4.2.1. Carga Viva: 57

4.2.2. Carga Muerta: 58

4.2.3. Pre-diseño 59

4.2.4. Carga Sísmica 60

4.2.5. Formas de Vibración 61

4.3. Deformaciones Laterales Y Derivas 63

4.4. Análisis Del Pórtico Convencional Con Disipador 65

4.4.1. Cálculo De Amplitud De Desplazamiento 65

4.4.2. Cálculo Del Coeficiente De Amortiguamiento 66

4.4.3. Cálculo De La Rigidez Del Disipador 66

4.4.4. Cálculo De La Rigidez Del Brazo Metálico. 67

4.5. Creación De Los Disipadores En El Software. 69

4.6. Ubicación De Los Amortiguadores 70

4.7. Respuesta De La Estructura Con Los Disipadores Viscosos. 70

4.7.1. Registro PERU_7050 71

4.7.2. Registro Peru_7051 71

4.8. Análisis De Resultados 73

4.8.1. Registro Peru_7050 73

4.8.2. Registro Peru_7051 75

4.9. Analisis Desplazamiento vs tiempo 77

4.10. Balance de Energía. 79

4.11. Curva de Histéresis 79

4.12. Diseño Del Amortiguador..... 81

4.13. Ventajas Del Disipador De Fluido Viscoso 83

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones 84

5.2. Recomendaciones 85

Anexos

Bibliografìa

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Clasificación del Sistema de Protección Sísmica..... 7

Figura 2: Diagrama del sistema AMD 9

Figura 3 Dispositivo de Shimizu 10

Figura 4: Tipos de instalación de disipadores. 11

Figura 5: Relación fuerza-desplazamiento de los disipadores ……. .

de plastificación de metal 13

Figura 6: Disipador ADAS……14

Figura 7: Disipador TADAS 14

Figura 8: Disipador ADAS instalados en un edificio de hormigón en California 16

Figura 9: disipador de fricción 19

Figura 10: Disipador de fricción de la biblioteca McConnel de……

la Universidad Concordia de Montreal 20

Figura 11: Disipador Viscoelástico 22

Figura 12: Disipador Viscoelástico instalado en el World Trade Center..... 23

Figura 13: Disipador de fluido viscoso 26

Figura 14: Diagrama desplazamiento- fuerza del disipador de fluido viscoso..... 27

Figura 15: Instalación del disipador 28

Figura 16: Instalación del disipador 28

Figura 17: Tipos de instalación del disipador 29

Figura 18: Elementos del disipador 30

Figura 19 Comportamiento del disipador de fluido viscoso 33

Figura 20 Comportamiento del disipador de fluido viscoso 33

Figura 21 Amortiguador viscoso de la Torre Mayor (Vista frontal) 35

Figura 22 Amortiguador viscoso de la Torre Mayor (Vista Lateral) 35

Figura 23: Ángeles City Hall…… ….36

Figura 24: Instalación del disipador 36

Figura 25: Ubicación del dispositivo 45

Figura 26: Mass Source Data 47

Figura 27: Inercias Agrietadas en columnas 48

Figura 28: Inercias Agrietadas en vigas 48

Figura 29: Diafragma rígido 49

Figura 30: Uniones Rígidas 49

Figura 31: Time- History del registro 7050 51

Figura 32: Time- History del registro 7051 52

Figura 33: Espectro de diseño 53

Figura 34: Espectro elástico para los registros 7050-7051 53

Figura 35: Load Case TH 7050 54

Figura 36: Load Case 7051 54

Figura 37: Pórtico de 10 pisos 55

Figura 38 Material Property Data 56

Figura 39 Carga viva en el pórtico 57

Figura 40: Carga Muerta en el pórtico 59

Figura 41 Secciones de columnas y vigas 60

Figura 42: Espectro elástico e inelástico de las aceleraciones 61

Figura 43: Propiedades del disipador 67

Figura 44: Link/Support Property Data..... 69

Figura 45 Nonlinear properties..... 70

Figura 46 Ubicación de los disipadores 70

Figura 47: Porcentaje de reducción de desplazamientos 73

Figura 48: Derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso 74

Figura 49: Porcentaje de reducción de desplazamientos del pórtico …….....

con y sin disipadores viscosos..... 75

Figura 50: Derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso 76

Figura 51: Desplazamiento VS Tiempo 7050 en X (nudo33)..... 77

Figura 52: Desplazamiento vs Tiempo 7050 en X (Nudo 33)..... 77

Figura 53: Desplazamiento vs Tiempo 7051 en x (Nudo 33) 78

Figura 54: Desplazamiento vs Tiempo 7051 en Y (Nudo 33)..... 78

Figura 55: Distribución de energía sometido al registro 7050..... 79

Figura 56: Distribución de energía sometido al registro 7051..... 79

Figura 57: Histéresis del disipador 12 sometido al registro 7050..... 80

Figura 58: Histéresis del disipador 12 sometido al registro 7051..... 80

Figura 60: Propiedades del dispositivo Taylor 82

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Clasificación de disipadores de emergía..... 12

Tabla 2: Desventajas de los disipadores por plastificación de metales 15

Tabla 3 Desventajas de los disipadores por plastificación de metales 19

Tabla 4 Ventajas y desventajas del disipador viscoelástico..... 23

Tabla 5: Ventaja y desventaja de los distintos disipadores de energía..... 37

Tabla 6: exponentes α para definir parámetro “λ”. 43

Tabla 7 Cargas Muertas utilizadas en el análisis. 58

Tabla 8 secciones de vigas y columnas..... 59

Tabla 9 Datos para el análisis símico..... 61

Tabla 10: Deformaciones laterales y derivas del pórtico…….

de 10 pisos sin disipador..... 63

Tabla 11: Masa participativa del pórtico..... 64

Tabla 12 Deformaciones laterales y derivas del pórtico de 10 pisos 71

Tabla 13. Deformaciones laterales y derivas del pórtico de 10 pisos 71

Tabla 14 Masa participativa del pórtico..... 72

Tabla 15: desplazamientos del pórtico con y…….

sin disipadores de fluido viscoso..... 73

Tabla 16: Porcentaje de reducción de derivas del pórtico ……...

con y sin disipadores de fluido viscoso 74

Tabla 17: Porcentaje de reducción de ……..…….

desplazamientos del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso..... 75

Tabla 18: Porcentaje de reducción de derivas del ……
pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso 76
Tabla 19: Fuerzas en los disipadores del pórtico 81
Tabla 20: Números de amortiguadores 81

Resumen

El Ecuador se encuentra en una zona donde los eventos sísmicos ocurren con mayor frecuencia y peligrosidad, provocando daños estructurales en las edificaciones en la mayor parte del país; por ello estas edificaciones demandan elementos estructurales adicionales como son los disipadores de energía que tienen la finalidad de elevar el rango de seguridad.

El presente trabajo se enfoca en los disipadores de fluido viscoso en una edificación cualquiera, el análisis de esta estructura fue realizada en el programa SAP2000 donde nos muestra el comportamiento estructural ante un supuesto evento sísmico.

Se realizó un estudio del comportamiento del pórtico de 10 pisos con disipadores no lineales sometido a un espectro de respuesta donde muestra una significativa reducción de derivas de entre piso, conociendo de esta manera las ventajas del uso de disipadores en las estructuras.

Capítulo I

Introducción

1.1. Antecedentes

La presente investigación se decidió realizar debido a los daños estructurales que se presentaron en edificaciones de mediana altura en la Provincia de Esmeraldas provocado por cargas dinámicas producidas por los sismos del 16 de Abril y 20 de Mayo del 2016.

De acuerdo a (Aguiar, 2008) El Ecuador forma parte de una de las zonas de alta peligrosidad sísmica del mundo, de tal forma que los ingenieros estructurales tienen que diseñar sus estructuras considerando que lo más importante es la acción sísmica.

La vulnerabilidad sísmica de Ecuador se ha verificado a través de los años y los daños estructurales que provoca un evento sísmico, a pesar de no poder predecir en que momento estamos expuesto a uno; mediante estos sistemas de disipación de energía podemos elevar el nivel de seguridad y confianza a la población disminuyendo daños estructurales y colapsos ya que las estructuras vulnerables incrementan pérdidas humanas y materiales.

Como ingenieros civiles debemos buscar nuevas maneras de protección sísmica para posteriormente evitar más daños estructurales.

El sistema de protección sísmica en la que está ambientada esta investigación son los disipadores viscosos tipo Taylor, tecnología que lleva más de 60 años implementándose mundialmente.

En Ecuador aún no predominan este tipo de estructuras con protección sísmica a pesar de que nuestro país se encuentra ubicado en el “Cinturón de fuego” es decir que estamos más propensos a eventos sísmicos generados por el ascenso del magma provocando esfuerzos de tracción.

En Enero de 1906 se produjo un sismo de magnitud 8.6 según CERECIS teniendo una profundidad de 25Km convirtiéndose de esta manera en uno de los eventos sísmicos más relevantes en Esmeraldas.

Este evento sísmico originó un Tsunami en las costas de Tumaco en Colombia y poblaciones cercanas a las misma, destruyendo viviendas cercas de las playas donde cerca de 1.000 a 1.500 personas murieron. En Bahía de Caráquez el mar se elevó unos 100cm, el rio Esmeraldas salió de su cauce y se reportaron cambios dentro del canal del Río.

Fue uno de los sismos más recordados dentro del país dejó grandes pérdidas económicas y daños estructurales en las edificaciones de la zona, posteriormente se realizaron estudios y evaluaciones a las estructuras que colapsaron y se llegó a la conclusión que la mala práctica constructiva de ese tiempo provocó un mal desempeño de las edificaciones y para que la estructura cumpla todos los parámetros debe tener la suficiente rigidez, resistencia y ductilidad.

Cabe mencionar que el código ecuatoriano de la construcción no tenía las directrices para un correcto diseño sismo-resistente, el cual cambió en el año 2000 donde ya venía incluido un detallamiento del diseño sismo-resistente.

1.2. Planteamiento Del Problema

Ecuador es uno de los países con mayor actividad volcánica en especial porque debajo de nuestro suelo existen dos placas tectónicas de subducción lo que nos hace vulnerables a eventos sísmicos como el ocurrido el 16 de Abril del 2016 con epicentro en la provincia de Manabí y una magnitud de 7.8 grados en la escala de Ritcher dejando varias estructuras colapsadas que provocaron un sin número de muertes y pérdidas materiales.

Los sismos en Ecuador pueden ser realmente destructivos por lo que en la presente investigación se enfocará en la manera de evitar daños estructurales y no estructurales como son los disipadores de fluidos viscosos.

Para los ingenieros civiles diseñar una estructura dúctil y que sea capaz de resistir a un evento sísmico muy alto sin que no sufra daños y deformaciones ha sido un problema.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General.

Analizar y comparar el comportamiento de un pórtico convencional con y sin disipador de fluido viscoso frente a la simulación de un sismo.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Conocer los distintos tipos de sistemas pasivos de protección sísmica.
- Comparar desplazamientos, derivas del pórtico con y sin disipador y evaluar si las derivas de piso de cada pórtico cumple con el reglamento.
- Detallar cuales serían las ventajas que aporta el disipador de fluido viscoso.

1.4. Metodología

La metodología que se va a realizar en la siguiente investigación consistirá en el método descriptivo de la siguiente:

- Definir todos los parámetros principales de un pórtico convencional tales como: dimensiones estructurales y las cargas a la que estaría sometida.
- Escoger las dimensiones del disipador de fluido viscoso.
- Modelar en SAP2000 el pórtico convencional y el pórtico con disipador de fluido viscoso.
- Analizar los desplazamientos y derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso.
- Comparar el resultado de deriva de piso del pórtico convencional y el pórtico con disipador.
- Determinar las ventajas del disipador que estamos analizando.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Sistema De Protección Sísmica.

Según Chopra, 2001 el amortiguamiento consiste en que el sistema de vibración reduce su amplitud de manera constante, en una estructura el disipar energía se genera del efecto térmico de deformaciones que son elásticas y de la fricción.

(Carranza, 2015) Indica que el reforzamiento tradicional otorga a la estructura las modificaciones de características tales como son la rigidez, resistencia y la capacidad de disipar energía generando un diseño sismo-resistente admisible aunque algunas estructuras presentan daños irreparables frente a un evento sísmico además de requerir de una gran inversión económica.

En la actualidad se ha desarrollado nuevas filosofías sismo-resistentes tales como los disipadores de fluido viscosos, estos dispositivos se anexan a la estructura reduciendo la respuesta dinámica es decir que se disminuye el desplazamiento aceleración y velocidad evitando daños severos y mantiene estable a la estructura.

Los disipadores de fluido viscoso disipan la energía, el proceso consiste en que se empuja el líquido a través de un orificio generando una fuerza, esta no aumenta las cargas sísmicas. (Burgos, 2014)

Existen muchas maneras de salvaguardar las estructuras de sismos, como ingenieros debemos conocer acerca de los nuevos métodos que se están implementando y mejorar el desempeño a una respuesta sísmica y de esta manera controlar daños en las estructuras.

Los sistemas de protección sísmica manipuladas en la actualidad incluyen diseños simples hasta avanzados sistemas automatizados según indica la (Camara Chilena de Construcción, 2011) (Pág. 12).

En la actualidad tenemos cuatro tipos de protecciones sísmicas:

Figura 1: Clasificación del Sistema de Protección Sísmica
Fuente: Micha A Casanova P, (2012)

Según Genner Villareal (2009) menciona que los sistemas pasivos son los aisladores y disipadores de energía; sistemas activos, son aquellos que requieren la participación de dispositivos mecánicos; y los sistemas híbridos son los que combinan los sistemas pasivos y activos (Pág. 6)

Debido a la popularidad de los disipadores de energía se han ido implementando en varios países tras la gran demanda que existen de daños estructurales que dejan un evento sísmico.

2.1.2. Sistemas Activos.

La gran demanda de eventos sísmicos que fueron registrados en estructuras esbeltas provocó que países desarrollados como Estados Unidos y Japón se implementaran sistemas de protección sísmicas activos.

Los sistemas de protección activos contienen:

Sensores De Movimiento: calculan la respuesta de la estructura y es convertida en una señal analógica.

Sistema De Control Y Procesamiento De Datos: genera una señal de control calculando fuerzas necesarias basadas en un algoritmo.

Actuadores Dinámicos: descifran la señal de control y las ejecutan sobre la edificación.

Éste sistema se encarga de monitorear la respuesta sísmica que produce el sismo a la estructura al instante en el que ocurre, es decir que detecta movimientos y aplica la fuerza que necesita la estructura para equilibrar los efectos que ha causado el evento sísmico.

Los sistemas activos son aquellos que las excitaciones son evaluadas mediante sensores, especialmente acelerómetros, instalados en puntos importantes de la estructura. (Camara Chilena de Construcción, 2011)

Una de las desventajas de este sistema es que necesita necesitan ser alimentados de fuentes de energía externa para poder ejercer fuerzas para que los actuadores trabajen debidamente, dando de esta manera elevados costos de mantenimiento.

Este sistema se divide en:

- Sistemas de control por fuerza (Amortiguador de masa activa AMD)
- Sistemas de características estructural variable (Sistema de rigidez variable activa AVS)

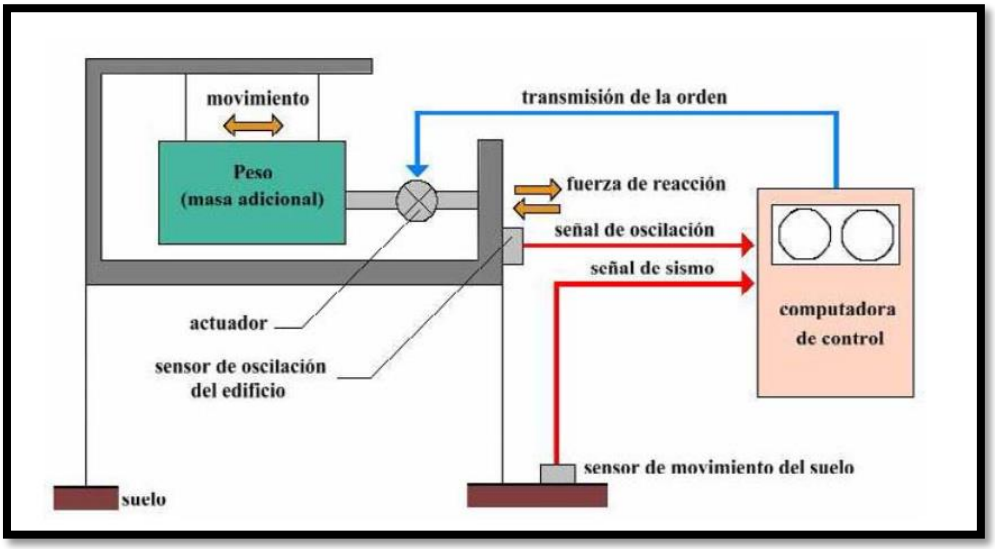


Figura 2: Diagrama del sistema AMD
Fuente: Raul Avilez (2001)

2.1.2. Sistema De Control Híbrido.

De acuerdo a (Avilés, 2001) indica que el sistema de control híbrido es también conocido como sistema de control semi-activo una de sus cualidades es que utilizan una pequeña cantidad de energía, trabaja como sistema pasivo ante vibraciones causadas por fuertes vientos y sismos también puede trabajar como sistema pasivo ante sismos de gran magnitud.

Existen diferentes sistema de control hibrido tales como:

- Dispositivo S-HMD
- Dispositivo en forma de V IHI
- Sistema Yokogawa y el Sistema DUOX

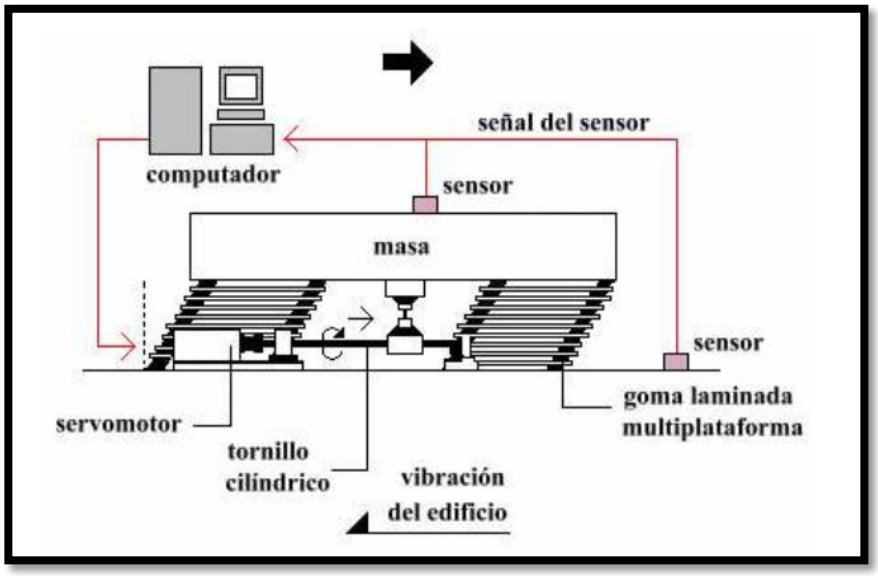


Figura 3 Dispositivo de Shimizu
Fuente: Raúl Aviles (2001)

2.2. Sistemas de Control Pasivo de Energía

La principal característica que este sistema es que para mantenerse en funcionamiento no es necesario de alguna energía externa de tal manera que se alteren las propiedades de las mismas y reduciendo las respuestas estructurales ante algún sismo.

Según Villarreal & Oviedo los s sistemas se clasifican en:

- Control pasivo con aislamiento en la base
- Control pasivo con sistemas inerciales acoplados
- Control pasivo con disipadores de energía

2.2.1. Control Pasivo con Disipadores de Energía

El sistema pasivo con disipadores de energía tiene como característica principal amplificar la capacidad de disminuir energía (proporcionar ductilidad) de una edificación durante un evento sísmico provocando que las deformaciones se reduzcan.

La instalación de este sistema pasivo son por medio de riostras que son adicionales a los pórticos de la edificación. (Lama W. , 2013)

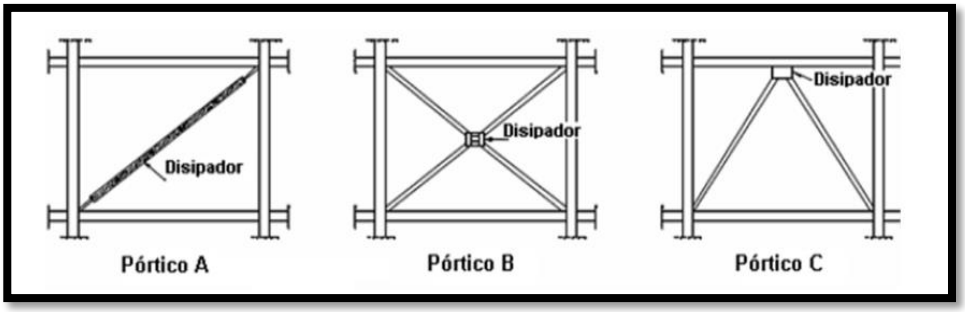


Figura 4: Tipos de instalación de disipadores.
Fuente: Lama W., 2013

Según Chopra (2012) los dispositivos que son ubicados en las diferentes estructuras para que cumplan la función de reducir deformaciones causadas por fuerzas laterales pueden llegar a ser rentables en los diseños que se están implementando en los nuevos diseños y en las estructuras antiguas.

(Villarreal & Oviedo, 2009) Indica que “la energía de entrada o la energía liberada (E) de un evento sísmico representa el trabajo realizado por la fuerza de corte total y esta contiene un el efecto de las fuerzas de inercia de la estructura”

2.3. Tipos de Disipadores de Energía

Según (Villarreal & Oviedo, 2009) Los disipadores de energía se dividen en:

Tabla 1 Clasificación de disipadores de emergía

Disipadores histeréticos (desplazamiento)	Disipadores Viscoelásticos (velocidad)
Plastificación de metales	Sólidos Viscoelásticos
Fricción de superficies	Fluidos conducidos por medio de orificios
	Fluidos Viscoelásticos

Fuente: Zulema Azuncion

2.3.1. Disipadores Histeréticos.

Estos tipos de disipadores dependen principalmente del desplazamiento independiente de la velocidad de deformación de la estructura teniendo un comportamiento dúctil. (Universidad Cesar Vallejo, 2013)

2.3.2. Disipadores Por Plastificación De Metales.

Según (Lama W. , 2013) indica que el acero es muy utilizado en disipadores por su bajo costo y elevada ductilidad por lo que al usarlos se reduciría la amenaza sísmica, estos dispositivos son ubicados en diagonales modificando de esta manera las características dinámicas de la estructura mejorando el desempeño frente a sismos aumentando la rigidez, capacidad y resistencia al momento de disipar energía.

Una de las ventajas de este dispositivo es que son casi exentos al envejecimiento por lo que no necesitan un frecuente mantenimiento. De acuerdo con (Villarreal & Oviedo, 2009) “cuando el acero es ensayado bajo condiciones cuasiestaticas llega al límite de fluencia y de tensión máxima de rotura inferiores a un 17% y 3% respectivamente a los obtenidos en velocidades de deformación del 10%/s.” (Pag. 32)

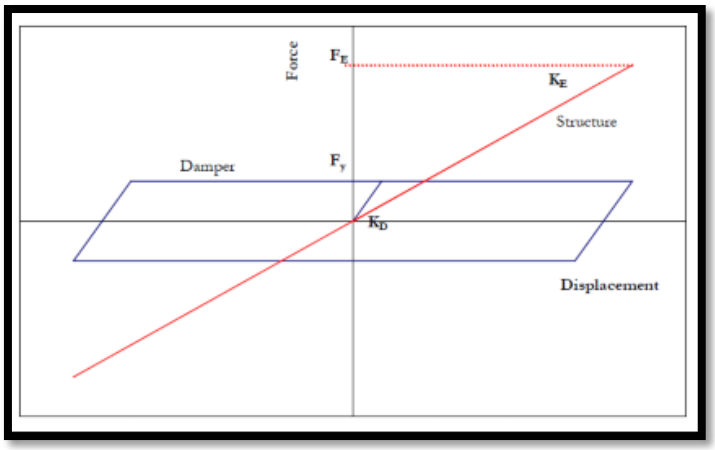


Figura 5: Relación fuerza-desplazamiento de los disipadores de plastificación de metal
Fuente: (Lama W. , 2013)

Un sistema muy conocido por plastificación de metales es el sistema ADAS y el sistema TADAS y el de pandeo restringido.

El sistema ADAS desarrollado en 1993 consta de placas metálicas en forma de X donde se produce la plastificación a lo largo de su longitud de manera uniforme, están ubicadas debajo de las vigas piso. El primer edificio en utilizar este dispositivo es en Estados Unidos estructura de 2 pisos.

El sistema TADAS consta de placas metálicas en forma de triangular ubicadas en los arriostramientos y vigas de los pórticos, a diferencia del sistema ADAS que su placa en X produce doble curvatura para distribuir la plastificación TADAS tiene una forma que produce una curvatura simple.

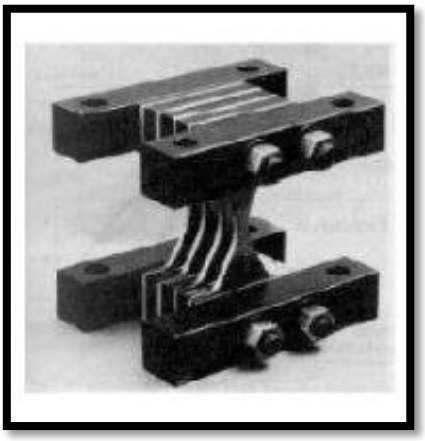


Figura 6: Disipador ADAS

Fuente: Raúl Aviles (2001)

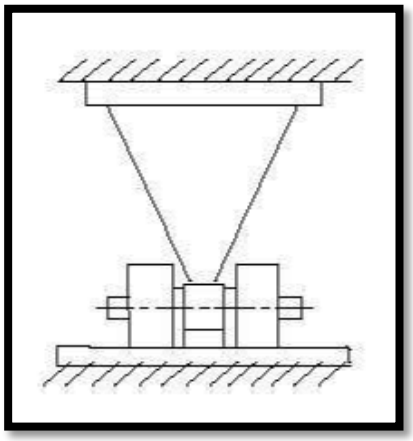


Figura 7: Disipador TADAS

Fuente: Raúl Aviles (2001)

El disipador de pandeo restringido desarrollado en 1977 según (Lama W. , 2013) consta de un núcleo de acero de sección revestido de polietileno o silicona previniendo de esta manera la adherencia produciendo fluencia cuando se encuentre a tensión o compresión.

De acuerdo a Villaverde (2009) indica las desventajas de los disipadores por plastificación de metales.

Tabla 2: Desventajas de los disipadores por plastificación de metales

Desventajas de los disipadores por plastificación de metales.
No son efectivos en estructuras
Complican el diseño, es necesario un análisis no lineal
Son capaces de producir movimientos de alta frecuencia
Después de un sismo la estructura puede quedar desfasada de su posición inicial.

Fuente: Zulema Azuncion

Un ejemplo de este tipo de disipador se realizó en el edificio en los Estados Unidos, Los elementos que se utilizaron fueron tipo ADAS para refaccionar la estructura de hormigón convirtiéndose en el primer edificio en incorporar un dispositivo con amortiguamiento suplementario.

En California se utilizó también este tipo de amortiguador para refaccionar una estructura de 2 pisos después de que sufriera daños estructurales y no estructurales en el sismo de Loma Prieta de 1989. De acuerdo con (Avilés, 2001) se investigaron varias alternativas escogiendo una solución más innovadora incluyendo la incorporación de 4 dispositivos ADAS que fueron montados en la parte superior del armazón del arriostramiento en una forma de V invertida como muestra en la figura 8.

Figura 8: Disipador ADAS instalados en un edificio de hormigón en California
Fuente: Raúl Aviles (2001)

2.3.3. Cálculo Del Disipador Por Plastificación De Metales.

$$K_h = \frac{NEbt^2}{6h^3 cos\theta}$$

Ecuación 1: Rigidez del disipador por plastificación

Dónde:

K_h= Rigidez del disipador por plastificación

N = Número asumido de disipadores

E = Módulo de elasticidad

b = Base del disipador por fluencia

t = espesor asumido del disipador por fluencia

h= altura del disipador por fluencia

θ = ángulo de inclinación de los disipadores

Luego se determina la fuerza de fluencia de los disipadores.

$$V_d = \frac{Nf_y 10bt^2}{4hcos\theta}$$

Ecuación 2: Fuerza de fluencia del disipador

Dónde:

V_d= fuerza de fluencia de los disipadores

f_y= Esfuerzo de fluencia asumido del disipador

Calculamos el desplazamiento de fluencia de los disipadores

$$\Delta = \frac{1.5f_y 10h^2}{Etcos\theta}$$

Ecuación 3: Desplazamiento de fluencia del disipador

Dónde:

Δ= desplazamiento de fluencia de los disipadores

Determinamos la rigidez elástica inicial.

$$ke = \frac{V_D}{\Delta}$$

Ecuación 4: Rigidez elástica inicial

Siendo:

ke= Rigidez elástica inicial.

Por último determinamos el coeficiente de amortiguamiento mediante la siguiente ecuación:

$$C_d = \frac{4(ke - Kh).\Delta.(d0 - \Delta).T1}{2\pi^2.(0.005)^2}$$

Ecuación 5: coeficiente de amortiguamiento

Dónde:

Cd = Coeficiente de amortiguamiento

Kh = Rigidez de deformación- endurecimiento

d0 = Maximo desplazamiento de diseño del disipador

T1 = Periodo del primer modo de vibración

2.3.4. Disipadores Por Fricción.

Estos disipadores se basan en el rozamiento de dos superficies que han estado bajo presión. Según (Lama W. , 2013) indica que la fuerza de fricción que general es igual a la fuerza que actúa sobre el disipador multiplicado por el coeficiente de fricción del material (Pág. 48)

Este amortiguador en el sistema estructural puede ser el más efectivo cuando la magnitud de la fuerza de entrada aumenta por lo que estos dispositivos no son diseñados para deslizar bajo cargas de servicio y sismos moderados por lo contrario es para excitaciones sísmicas severas. El deslizamiento de este dispositivo cambia la frecuencia cambia la frecuencia natural de la estructura y permite a ésta alterar su forma del modo fundamental durante un sismo severo.

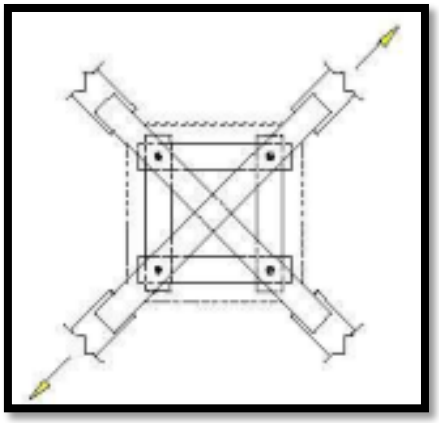


Figura 9: disipador de fricción
Fuente: Raúl Aviles (2001)

Tabla 3 Desventajas de los disipadores por plastificación de metales

Desventajas de los disipadores por fricción.
El coeficiente de fricción depende de la velocidad, se complica al momento de garantizar un coeficiente independientemente del tiempo y de las condiciones de los disipadores

Fuente: Genner Villareal

Según (Villarreal & Oviedo, 2009) Se ha observado que el coeficiente de fricción varía durante el desplazamiento sin afectar demasiado a la respuesta estructural de la estructura si está en el rango lineal.

El amortiguador de fricción está siendo utilizado en la reparación de muchos edificios que han sido afectados por terremotos entre los cuales se pueden mencionar el edificio Sir John Carling en Ottawa, la Biblioteca McConnel de la Universidad Concordia de Montreal y el Condominio One McGill Street también de Montreal.

Figura 10: Disipador de fricción de la biblioteca McConnel de la Universidad Concordia de Montreal

Fuente: Raúl Aviles (2001)

2.3.5. Cálculo Del Disipador Por Fricción.

$$P_y = \frac{C_j . 2\pi^2 . d_0}{4 \propto_d . T_1}$$

Ecuación 6: Fuerza de deslizamiento

Dónde:

P_y = Fuerza de deslizamiento

C_j = Radio de amortiguamiento lineal viscoso bajo condiciones elásticas.

d_0 = máximo desplazamiento de diseño del disipador.

$\propto_d$= coeficiente de sujeción de ensamblaje del disipador.

T_1= periodo del primer modo de vibración.

Luego, calculamos la rigidez del disipador:

$$\boxed{\mathrm{Kd} = 17{,}5\ \mathrm{Ke}}$$

Ecuación 7: Rigidez del disipador

Kd = rigidez del disipador

Ke = rigidez de la estructura sin disipadores

Posteriormente, determinamos el coeficiente de amortiguamiento:

$$\boxed{C_d = \frac{4P_y.\,d_0T_1}{2\pi^2.\,T_1}}$$

Ecuación 8: Coeficiente de amortiguamiento.

Dónde:

C_d = Coeficiente de amortiguamiento.

2.3.6. Disipadores Viscoelásticos

Los disipadores Viscoelásticos según Villaverde (2009) incrementan la rigidez especialmente en estructuras esbeltas ya que son capaces de controlar las vibraciones producidas por vientos fuertes y sismos, pueden disipar la energía sin necesidad de trabajar con alguna fuerza externa.

Estos dispositivos constan de placas externas 2 en el extremo y la central que se unen entre sí mediante polímeros acrílicos que es un material Viscoelástico.

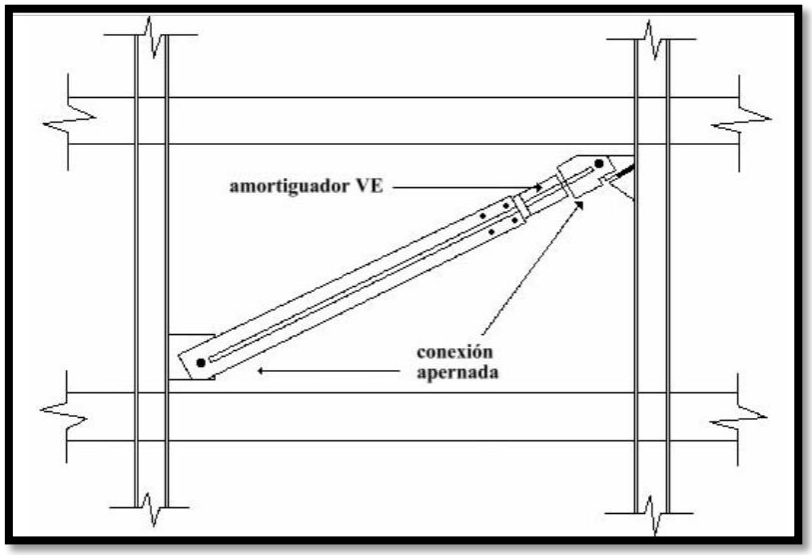


Figura 11: Disipador Viscoelástico
Fuente: Raúl Aviles (2001)

Según (Avilés, 2001) el ejemplo más relevante de uso de este tipo de disipadores son las torres gemelas en New York, el World Trade Center el cual se instalaron en 1969 y tenían instalados cerca de 10000 disipadores desde el piso 10 hasta el 110.

La figura 12 nos muestra cómo fueron colocados los dispositivos entre las correas inferiores de las cerchas y las columnas.

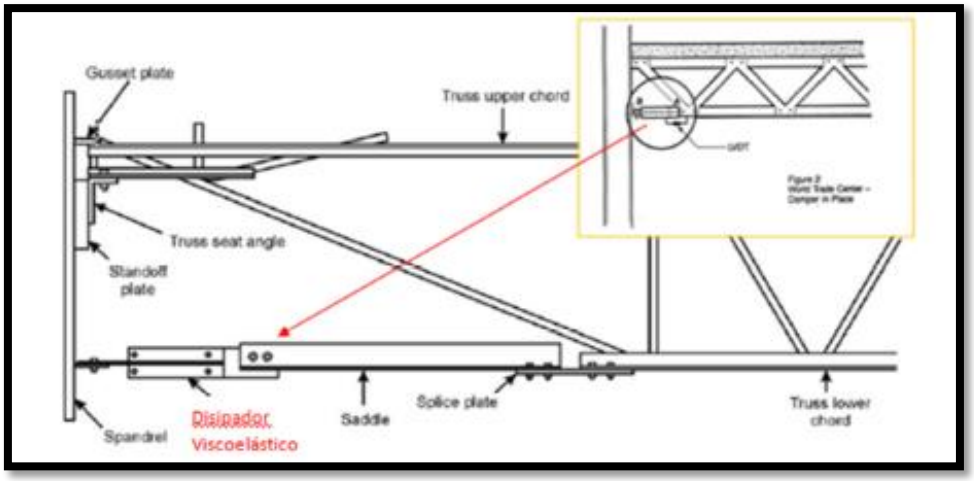


Figura 12: Disipador Viscoelástico instalado en el World Trade Center
Fuente: Soong&Dargush, 1997

2.3.7. Ventajas Y Desventajas Del Disipador Viscoelástico.

Las ventajas y desventajas del disipador Viscoelástico según (Villarreal & Oviedo, 2009)

Tabla 4 Ventajas y desventajas del disipador viscoelástico

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No precisan fuerza umbral para disipar energía	Poca variación del periodo fundamental no evita el comportamiento resonante.
No cambian significativamente los periodos de vibración	En este tipo de disipador existen diferencias de temperatura y deformación de tal manera que disminuyen la influencia de variables en estructura sismo resistente para que su comportamiento resulte predecible.
	Para aumentar el amortiguamiento se reducen la respuesta estructural es necesario una gran cantidad de dispositivos.

Fuente: Zulema Azuncion

2.3.8. Cálculo Del Disipador Viscoelásticos

$$K_d = \frac{2\beta Ke}{(n - 2\beta)\alpha d}$$

Ecuación 9: Rigidez del disipador viscoelástico.

Dónde:

Kd = rigidez del disipador viscoelástico

Ke = rigidez de la estructura sin disipadores

β = radio de amortiguamiento adicionado

n = factor de pérdida e igual a la relación G”(ω)/ G’(ω)

αd = coeficiente de acoplamiento del disipador a la estructura

Posteriormente, calculamos el área del disipador viscoelástico:

$$\mathrm{A} = \frac{\mathrm{Kd.h}}{\mathrm{G}'(\omega)}$$

Ecuación 10: Área del disipador viscoelástico

Dónde:

A = Área del disipador viscoelástico

h = espesor del disipador

G’(ω) = módulo de almacenamiento de corte del material.

Determinamos el coeficiente de amortiguamiento

$$\boxed{Cd = \frac{AG''(\omega)}{\left(\frac{2\pi}{T1}\right).h}}$$

Ecuación 11: Coeficiente de amortiguamiento.

Dónde:

Cd = coeficiente de amortiguamiento viscoso equivalente.

G”(ω) = módulo de pérdida de corte del material

T1 = Periodo del primer modo de vibración.

2.4. Disipadores De Fluido Viscoso

El disipador de fluido viscos son mecanismos que se conservan en servicio durante un largo periodo sin mantenimiento capaz de reducir los esfuerzos y deflexiones de la edificación debido a que varían su fuerza con la velocidad.

Según (Villarreal & Oviedo, 2009); Chopra (2012) indica que estos dispositivos son aquellos que la disipación de energía se da cuando un cilindro cerrado y un pistos obliga al fluido viscoso a pasar por un pequeño orificio reducido generando fricción entre las paredes del orificio y el fluido.

El cilindro interiormente contiene un pistón, que se compone de una vera que en su borde interior tiene una cabeza con orificios, El interior del cilindro se divide en cavidades provocadas por el pistón y existe un desplazamiento provocadas por las velocidades de alguna una excitación lo que crea un camino del fluido entre las dos cavidades produciendo una presión ocasionando fuerza de amortiguamiento. (Pardo, 2007)

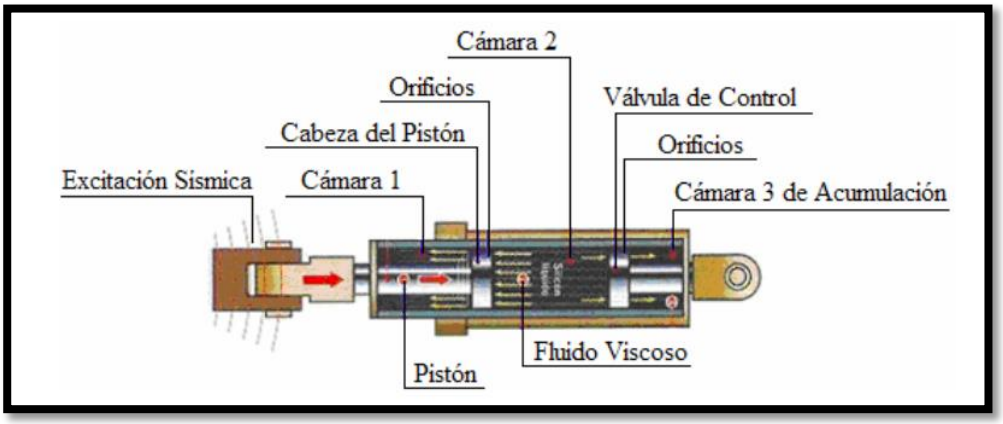


Figura 13: Disipador de fluido viscoso
Fuente: Pardo, 2007

El disipador de fluido viscoso tiene una tercera cámara adicional de acumulación donde se admite el desplazamiento del pistón mediante el cual se compensa la contracción y expansión térmica del fluido (Pardo, 2007)

El disipador de fluido viscoso disipa la energía haciendo que la fuerza de salida actúe en dirección opuesta, el esfuerzo depende de la velocidad mediante la cual se genera la deformación.

Existen varios tipos de disipadores de fluido viscoso según (Avilés, 2001):

- Disipador de aceite de alto rendimiento
- Disipador de fluido viscoso Taylor

La histéresis del disipador de fluido viscoso con otros coeficientes de disipación se muestra en la siguiente figura.

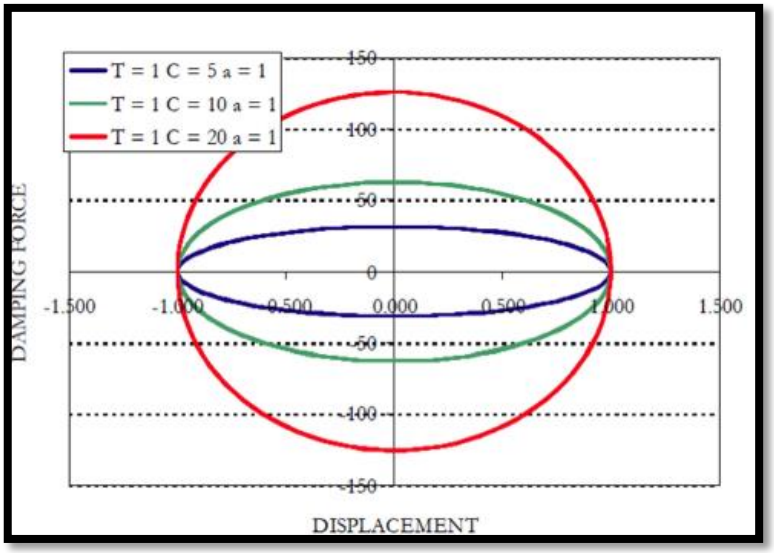


Figura 14: Diagrama desplazamiento- fuerza del disipador de fluido viscoso.
Fuente: Avilés, 2001

2.4.1. Disipador De Aceite De Alto Rendimiento (HiDAM)

Este dispositivo fue desarrollado por la empresa japonesa Kajima Corporation instalado en la parte superior del arriostramiento y la viga logrando absorber energía en estructuras esbeltas; normalmente tienen forma de una V invertida donde el dispositivo tiene aceite en ambas partes del pistón.

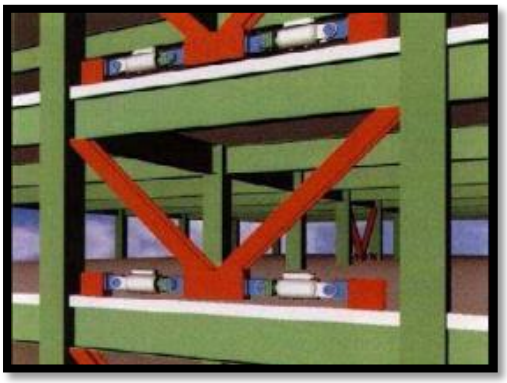


Figura 15: Instalación del disipador
Fuente: Zumeta, 2012

Uno de los edificios que utilizó amortiguadores HiDAM está ubicado en la ciudad de Atsugi en Japón estructura esbelta de 26 pisos donde se logró instalar 80 dispositivos produciendo un efecto de amortiguamiento mediante el cual se reducen las vibraciones de la estructura.

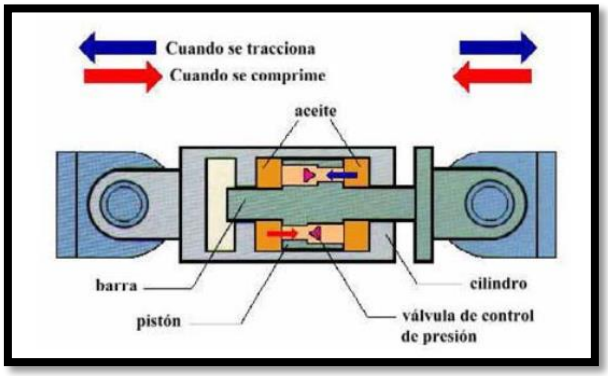


Figura 16: Instalación del disipador
Autor: Zumeta, 2012

2.4.2. Disipador Viscoso Taylor.

Este dispositivo fue desarrollado por la empresa de New York Taylor Devices, tiene las mismas características que el dispositivo HiDAM de uso exclusivo del gobierno y la industria militar.

Según (Avilés, 2001) este dispositivo está dividido en tres secciones donde se comprime la fuerza a entrar en la primera sección atrayendo la carga y en milisegundos se ingresa a la tercera sección evitando que el pistón retorne violentamente.

Existen varios tipos de instalación del dispositivo entre ellos tenemos:

a) Instalación en arriostramientos diagonales.

b) Instalación en forma de V invertida

c) Instalación como aislación base.

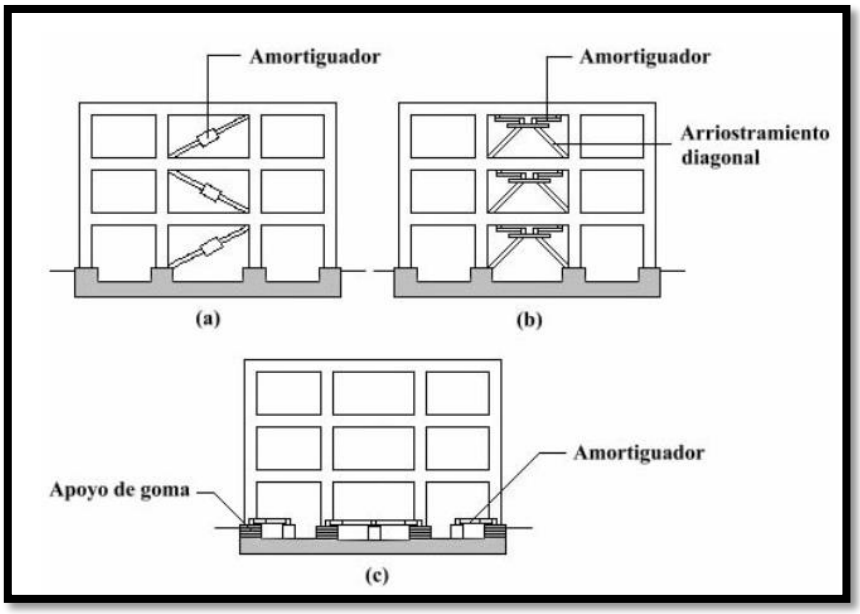


Figura 17: Tipos de instalación del disipador
Fuente: Avilés, 2001

Actualmente el disipador de fluido viscoso es utilizado en más de cien estructuras a nivel mundial a partir de la década de los 90 donde el gobierno anuló la restricción a este tipo de tecnología. Según expresa Villaverde (2009) el rango de temperatura en la que pueden trabajar estos disipadores varía entre un 70°C y -40°C ya que los pistones son bimetálicos, la resistencia que puede tener el dispositivo depende únicamente de la velocidad del movimiento estando fuera de fase con los desplazamientos de las columnas produciendo que el amortiguamiento genere esfuerzos menores y se disminuyan las derivas de piso.

2.4.3. Características de los Disipadores de Fluido Viscoso.

Estos amortiguadores fueron desarrollados en países como los Estados Unidos donde fueron implementados en primer lugar en obras militares a partir del año 1960. En la década de los 90 se inició una investigación exhaustiva por parte de la Universidad del estado de new York en Búfalo donde el objetivo principal implementar los disipadores en distintas obras civiles como son los edificios y puentes.

:

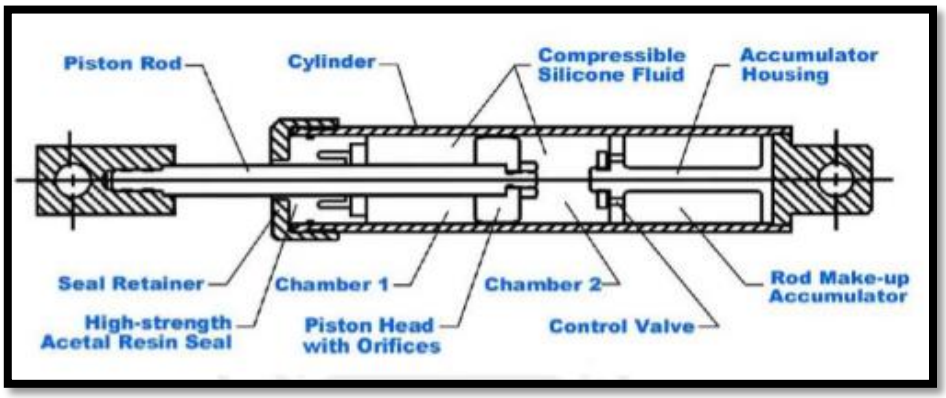


Figura 18: Elementos del disipador
Fuente: Avilés, 2001

2.4.3.1. Barra de Pistón.

Según (Sadowski, 2015) indica que el pistón debe ser lo convenientemente resistente para que de esta manera pueda reaccionar adecuadamente a la fuerza del amortiguamiento.

- Fabricado de acero inoxidable
- La parte externa está sujeta a dos horquetas de montaje del amortiguador y la parte interna se conecta al pistón (cabeza)

2.4.3.2. Fluido.

Estos dispositivos utilizan fluidos que cumplen requerimientos de EEUU provienen de la familia de las siliconas ya que son capaces de resistir al fuego siendo térmicamente estables y atóxicos.

2.4.3.3. Cilindro.

- Funciona a presión.
- Fabricado de un conducto de acero.
- No es admisible soldar para evitar la fatiga y agrietamiento del cilindro.

2.6.1.4. Sellos.

- No deben crearse una adherencia ni permitir filtración de fluido
- Los dinámicos se utilizan en la interface de la barra de pistón
- Fabricados de polímeros de alta resistencia
- Los estáticos son sellos convenidos en forma de anillo.

2.4.3.5. Cabeza Del Pistón.

Este transporta el fluido por medio de orificios que se encuentran en el interior creando presión de amortiguamiento. (Sadowski, 2015)

2.4.3.6. Acumulador.

Accede el desplazamiento del volumen, compensa el esparcimiento y convulsión térmica.

2.4.3.7. Orificios.

Controlan el flujo a través del pistón. La forma y área depende de los pasajes para que se puedan obtener fuerzas que sean proporcionales a la velocidad, estos valores varían entre 0.3 y 1.0.

2.5. Propiedades Mecánicas

Según (Sadowski, 2015) las propiedades del disipador de fluido viscoso son:

- La fuerza que se crea es por la discrepancia de presiones de las dos cavidades que son separadas por el pistón.
- Si el disipador se somete a fuerza de compresión el pistón ingresa dentro del cilindro de esta manera se desplazará el fluido por medio de los orificios.
- La barra ingresa en el cilindro siempre y cuando el volumen del fluido sea menor.
- Se crea una fuerza tipo resorte cuando existe una disminución del volumen.
- El acumulador equilibrará la aparición de la fuerza.

2.6. Comportamiento Del Disipador Viscoso

Los disipadores de energía sísmica no solo se usan para disipar la energía que genera el evento sísmico sino también se ha ido implementando para que aumentar la capacidad estructural.

El comportamiento del disipador depende de en qué dirección se coloca y el eje en la que se someterá la estructura al deformarse por el evento sísmico. En las gráficas se muestra que en cualquiera de las dos direcciones el amortiguador absorbe la energía por medio de fuerzas de fricción interna que deja actuar en tensión o compresión. (Burgos, 2014)

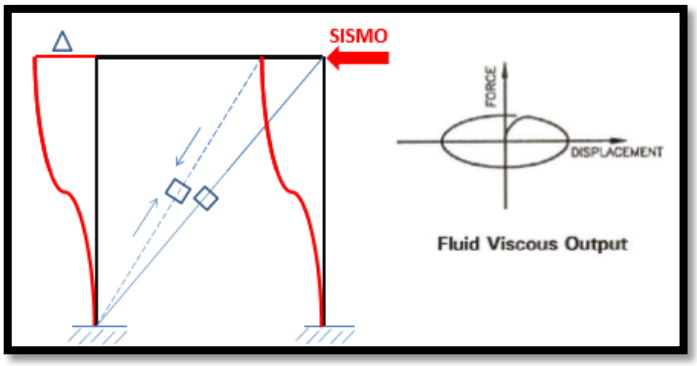


Figura 19 Comportamiento del disipador de fluido viscoso
Fuente: Burgos 2014

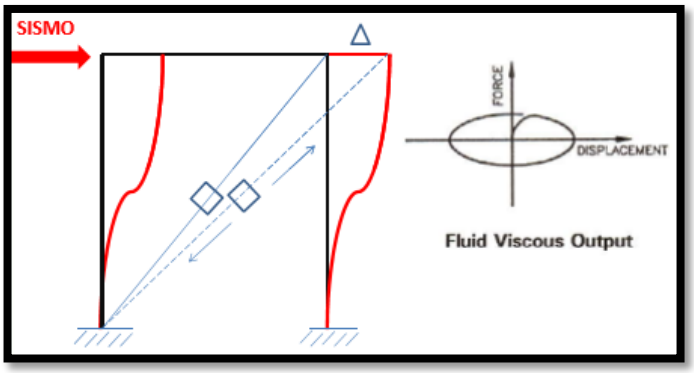


Figura 20 Comportamiento del disipador de fluido viscoso

Fuente: Burgos, 2014

Dónde:

Δ Fuerza máxima de la estructura (Fuerza en el disipador es mínima)

2.7. Estructuras con Disipador Viscoso.

2.7.1. Construcción de la Torre Mayor en México

Uno de los proyecto más innovadores a nivel mundial una de las estructuras más seguras de Latinoamérica desarrollado en la Ciudad de México desde el año 1999 hasta el año 2003, tienen una altura de 22500m consta de 55 pisos.

Debido al alta sismicidad en México tuvo un estricto estudio de ingeniería sísmica constando de esta manera con 98 disipadores de fluido viscoso Taylor que reduce el desplazamiento durante el sismo siendo capaz de soportar sismos severos de magnitud 9.0.

A través de los años México ha soportados sismos severos, el sismo con mayor magnitud de 7.6 Mw en el año 2003 y la torre Mayor no sufrió daños irreparables, además tiene incorporado un dispositivo que al momento de sentir cualquier actividad sísmica detiene los ascensores.

La torre Mayor está conformado por pilas de hasta 1.5 metros llegando a depósitos profundos de 40m, la cimentación conecta las pilas y el muro de cimentación que está en el sótano con un espesor de 800mm.

En el estudio se crearon 3 modelos usando los disipadores viscosos (aceite) no lineales obteniendo de esta manera la respuesta estructural y el análisis del espectro.

La ubicación de estos disipadores está en la orientación norte-sur donde se implementaron 72 disipadores dentro del sistema de armadura y 24 fueron colocados como parte del sistema de contra venteo.

El modelo seleccionado como se indicó anteriormente fueron los disipadores desarrollados por Taylor Devices ya que proveen amortiguamientos de 8.5% y 12% en el sentido norte sur y este-oeste respectivamente.

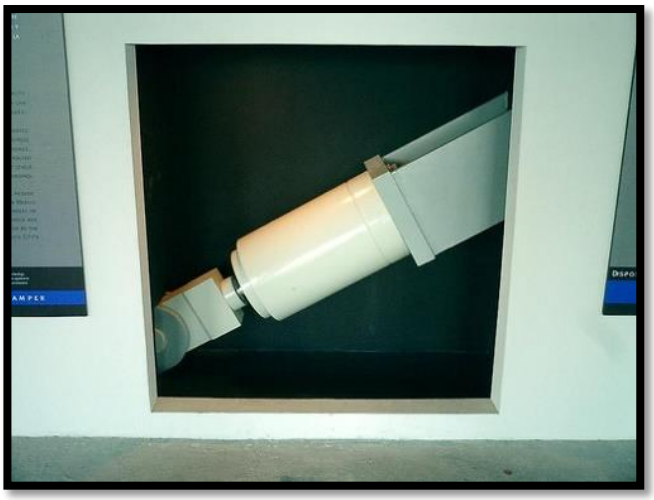


Figura 21 Amortiguador viscoso de la Torre Mayor (Vista frontal)
Fuente: Burgos, 2014

Figura 22 Amortiguador viscoso de la Torre Mayor (Vista Lateral)
Fuente: Burgos, 2014

2.7.2. Los Ángeles City Hall

Esta estructura destinada a oficinas de 140 metros de alto, fue construido en 1926 debido a que experimentó diversos eventos sísmicos de gran agnitud donde dejaron daños estructurales se decidió reforzarlo empleando diseños de protección sismo-resistentes, fue reabierto en el 2001 consiste en:

- Pórticos de aceros
- Muros de corte de concreto armado
- 416 aisladores basales
- 52 disipadores viscosos , se instalaron en paralelo a los aisladores

Para reducir los desplazamientos se reduce las cargas en los pisos 24 al 32 donde en el piso 27 se instalaron 14 disipadores de fluidos viscosos.

Figura 23: Ángeles City Hall

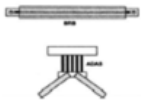
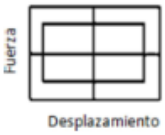
Fuente: Burgos, 2014

Figura 24: Instalación del disipador

Fuente: Burgos, 2014

2.8 Ventajas Y Desventajas De Los Disipadores

Tabla 5: Ventaja y desventaja de los distintos disipadores de energía

Tipos de disipadores pasivos de energía.				
	Metálicos	**Fricción**	**Fluido Viscoso**	**Visco-elásticos**
Modelo Básico				
Comportamiento histerético idealizado				
Ventajas	Insensibles a la temperatura ambiente. Confiables a largo plazo.	Energía disipada por ciclo es elevada Insensibles a la temperatura ambiente.	Se activan a desplazamientos pequeños. Mínima fuerza de restauración necesaria Propiedades independientes generalmente de la frecuencia y temperatura ambiente Modelamiento del disipador es simplificado si se considera amortiguamiento lineal.	Se activan a desplazamientos pequeños. Proporciona fuerzas de restauración Comportamiento lineal, que lleva a un modelamiento simplificado del disipador
Desventajas	Daños en los dispositivos luego de un sismo. Pueden necesitar reemplazo. Comportamiento no lineal, requiere análisis no lineal.	Coeficiente de fricción puede cambiar con el tiempo. Comportamiento no lineal. Requiere análisis no lineal. Deformaciones permanentes si no se proporciona mecanismos de fuerza de restauración.	Posible fugas de líquido viscoso.	Capacidad de deformación limitada. Propiedades dependientes de la frecuencia y temperatura ambiente, Posible desprendimiento del material VE(problema de confiabilidad)
Objetivo	Disipación de energía, incremento de resistencia.		Disipación de energía, incremento de rigidez.	

Fuente: (Avilés, 2001)

Capitulo III

Metodología de diseño

3.1. Principios básicos

Los principios básicos que debemos tratar principalmente al momento de adoptar un dimensionamiento en una estructura por tensión admisible, estados límites u otro se requiere la siguiente verificación:

$$Capacidad > Demanda$$

Dónde:

Entendemos por capacidad: resistencia, deformaciones, capacidad de disipación de energía y por demanda: aceleraciones, velocidad y desplazamiento.

Para los sistemas de protección sísmica (Villarreal & Oviedo, 2009) Indica que “la energía de entrada o la energía liberada (E) de un evento sísmico representa el trabajo realizado por la fuerza de corte total y esta contiene un el efecto de las fuerzas de inercia de la estructura”

La disipación de la energía liberada o energía de entrada se realiza por diferentes métodos:

- . Por medio de la energía de deformación elástica (E_s)
- Por medio de la energía cinética (E_k) la cual disipa la energía mediante el calor.

- Por medio de la deformación inelástica o energía histerética (E_H) la cual disipa la energía lateral mediante la ductilidad de los elementos de la estructura

- Por medio de la energía de amortiguamiento (E_A)

Por lo tanto la conservación de energía se representa mediante la siguiente ecuación:

$$E = E_H + E_S + E_K + E_A$$

Ecuación 12: Conservación de energía.

Villareal & Oviedo indica que se agrega a la ecuación 1.0 la energía que es absorbida (E_d) cuando el disipador genera el amortiguamiento adicional a nuestra edificación disminuyendo las deformaciones.

$$E = E_H + E_S + E_K + E_A + E_D$$

Ecuación 13: conservación de la energía con disipador

Según el ASCE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles) existen varios procedimientos de análisis recomendados para estructuras con disipadores:

- Fuerza Lateral- Equivalente

- No lineal estático

- No lineal Tiempo-Historia

Cabe mencionar que el procedimiento en la que se basa este proyecto es mediante el disipador viscoso no lineal.

3.2. Diseño De Las Dimensiones Básicas Del Disipador Viscoso No- Lineal.

3.2.1. Ecuación General.

La ecuación de la relación de fuerza/velocidad se expresa de la siguiente manera:

$$\boxed{F = Cx\, V^{\alpha}}$$

Ecuación 14: Fuerza del disipador

Dónde:

F= Fuerza

C= Coeficiente de amortiguamiento

V= Velocidad del disipador

α= Exponente constante

Para obtener los parámetros que se requieren para diseñar un amortiguador es necesario calcular amplitud de desplazamiento, el coeficiente de amortiguamiento, la rigidez del disipador, el exponente de amortiguamiento y la rigidez.

1. Para calcular la amplitud de desplazamiento se determina por la siguiente ecuación:

$$\boxed{Droof = \frac{10gx\ r1xSd1xT1}{4x\beta x\ x\pi^2}}$$

Ecuación 15: Amplitud del desplazamiento

Dónde:

Droof: Amplitud del desplazamiento en mm

g: Gravedad de 9.81m/s^2

r_1: factor de participación de modo fundamental de vibración

S_{d1}: Aceleración espectral del sismo de diseño

T_1: Periodo del primer modo de vibración (generalmente es de 1 a 2 seg.)

B_{1D}: Coeficiente de amortiguamiento es constante 1.2

π : constante de 3.1416.

Para el cálculo del periodo de participación tenemos la siguiente expresión:

$$\boxed{r1 = (1.2\ a\ 1.6)\ T}$$

Ecuación 16: Factor de participación

Dónde:

T: Periodo del primer modo

La aceleración espectral de diseño la calculamos mediante la siguiente ecuación:

$$Sd = \frac{Z.U.C.S}{R}$$

Ecuación 17: Aceleración espectral

Dónde:

Z: Aceleración máxima en roca

U: Factor de Importancia

C: Factor de resonancia sísmica que se en función del periodo de vibración

S: Factor del suelo

R: Factor de reducción.

2. En cuanto se calcula Droof o amplitud de desplazamiento se define el coeficiente de amortiguamiento:

$$Cd = \frac{\beta_{vi} * (Droof)^{\frac{1}{2}} [\sum \omega_i * \phi_{ri}^2] * 322{,}46}{\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right) * (T/2\pi)^{\frac{3}{2}} * (10g) * (cos^{\frac{3}{2}} * \theta)(\sum [\phi_{ri}]^{3/2}}$$

Ecuación 18: Amplitud de Desplazamiento

Donde:

C_d: coeficiente de amortiguamiento

β_{vi} : Radio de amortiguamiento

W_i: Peso tributario por piso

ϕ_{r1} : Desplazamiento del primer modo de vibración.

Θ: Angulo de inclinación del disipador.

Λ: Según el reglamento del FEMA 274 este parámetro lo definimos mediante la tabla 3.

El λ depende del exponente α, en el caso del disipador viscoso el α=0.5 siendo λ=3.5

Tabla 6: exponentes α para definir parámetro "λ".

Table C9-4 Values of Parameter λ

Exponent α	Parameter λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Autor: (fema 274. Capítulo 9)

3. Definido el parámetro calculamos la rigidez del disipador mediante la ecuación:

$$Kd = \frac{Cd}{10\Delta t}$$

Ecuación 19: Rigidez del disipador

Dónde:

K_d: Rigidez del disipador

C_d: Coeficiente de amortiguamiento

Δt: Intervalo del acelerograma (0.002 segundos)

4. la rigidez del brazo metálico conectada a la estructura se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\boxed{k = \frac{E*A}{L}}$$

Ecuación 20: Rigidez del brazo metálico

Dónde:

K: Rigidez del brazo metálico

E: Elasticidad de acero

A: Área de la sección del brazo metálico

L: Longitud del brazo metálico

3.3. Criterios de ubicación del dispositivo.

La norma ASCE 7-10 nos indica lo siguiente:

- Ubicar los dispositivos en la dirección que necesite reforzamiento
- Hay que ubicar los dispositivos en todos los niveles de la estructura.

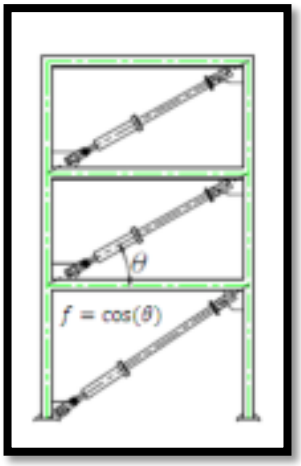


Figura 25: Ubicación del dispositivo
Fuente: Avilés 2011

3.4. Modelación Del Disipador Del Pórtico Con Y Sin Disipador De Fluido Viscoso.

El programa SAP2000 es uno de los software utilizados en la Ingeniería Estructural con el podemos analizar y diseñar los elementos de acuerdo a las normas y reglamentos.

Además las últimas versiones de Sap2000 tienen incorporados los elementos Link mediante el cual es posible modelar los dispositivos de Control Pasivo.

Para el uso de pórtico con disipadores se utilizaron brazos rígidos para modelar las uniones siendo absolutamente rígidos a un 50%, los ejes locales utilizados son 1 es el eje longitudinal y 2 es eje transversal al eje 1, el 3 es perpendicular al eje 2.

Una vez ingresadas los “load cases” calculados de igual manera las secciones de vigas y columnas posteriormente se indicaran los FNA tiempo – historia sometidos a excitaciones de registros peruanos 7050 y 7051.

Para que el diseño sea satisfactorio existen factores que deben cumplirse: en vigas y columnas se realizará la revisión de Demanda/Resistencia el cual debe ser menor a 1 para considerarse correcto su diseño, también es necesario revisar la relación capacidad viga/columna que también debe ser menor a 1.

Con el uso de los disipadores diseñados en el siguiente capítulo serán colocados efectuando un análisis estructural para poder observar y comparar los efectos que provocan el disipador como deformaciones y derivas de piso.

3.4.1 Análisis Modal

La Norma Ecuatoriana de la Construcción indica que la masa participativa es la suma del 100% de la carga muerta y 25% de la carga viva.

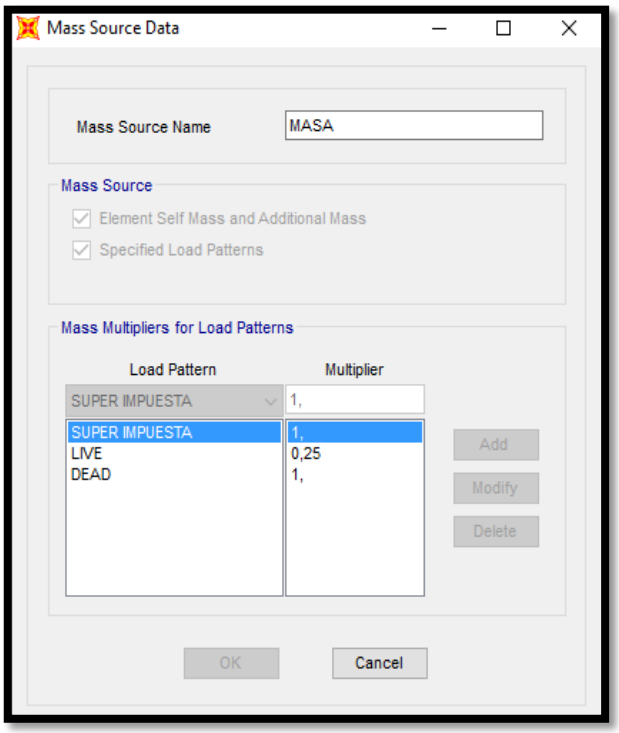


Figura 26: Mass Source Data
Fuente: Zulema Azuncion

El diseño del pórtico estará basado en las siguientes normas y reglamentos: Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-15) y Código ACI 318-14 tomando las siguientes consideraciones.

- La razón de amortiguamiento es del 5% debido a que son estructuras de hormigón.
- Las inercias agrietadas en columnas se consideró en 2-2 y 3-3 un factor de 0.8

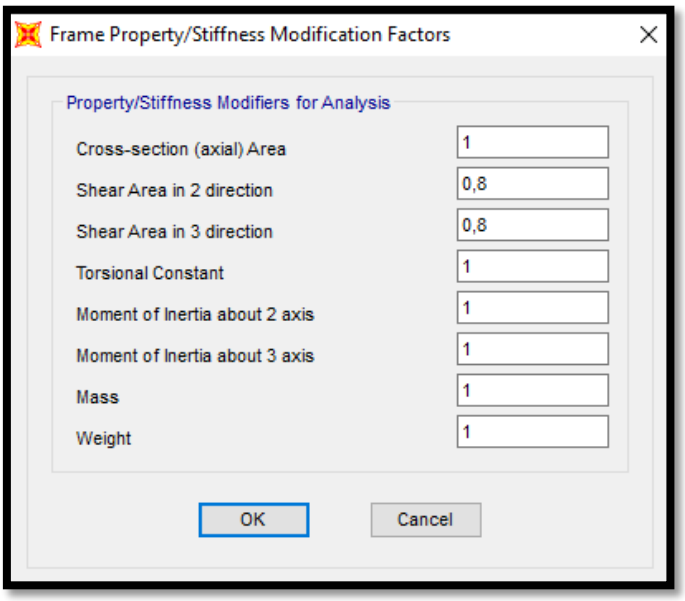


Figura 27: Inercias Agrietadas en columnas
Fuente: Zulema Azuncion

Las inercias agrietadas en vigas se consideró en 2-2 un factor de 0.5

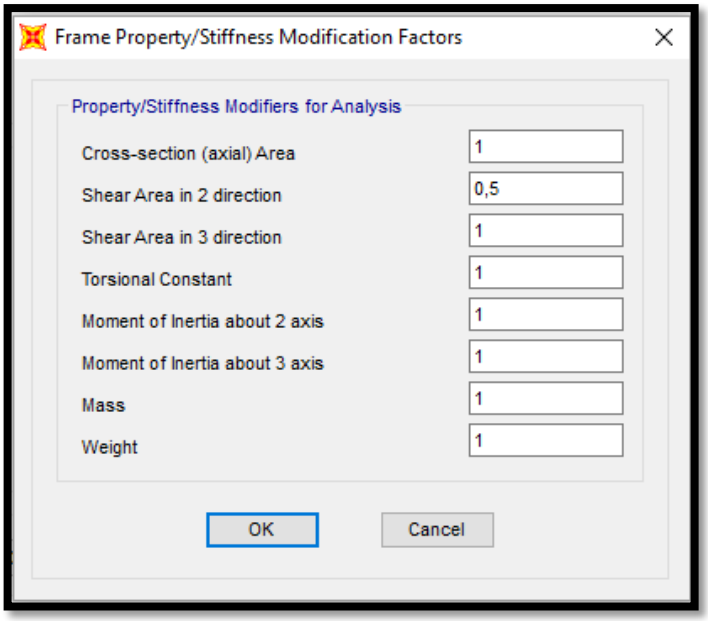


Figura 28: Inercias Agrietadas en vigas
Fuente: Zulema Azuncion

Se consideró para cada nivel del pórtico un diafragma rígido.

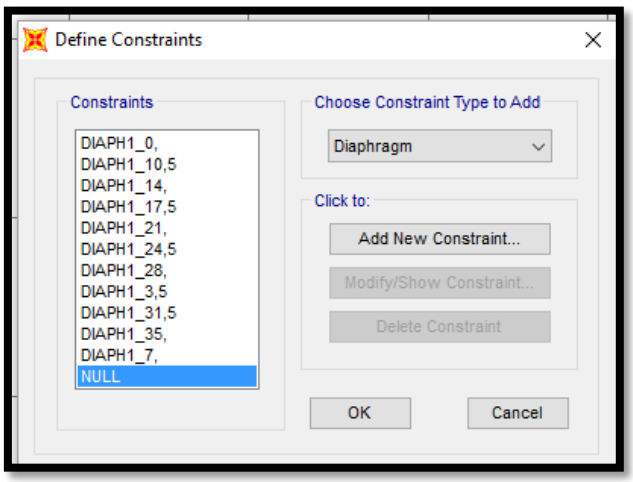


Figura 29: Diafragma rígido
Fuente: Zulema Azuncion

Se consideró uniones rígidas entre viga-columna con un factor de 0,5

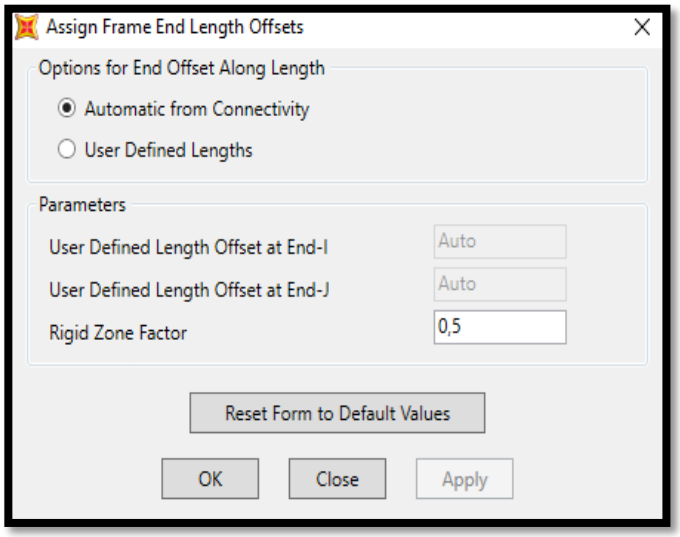


Figura 30: Uniones Rígidas
Fuente: Zulema Azuncion

3.5. Espectro De Diseño

Se diseñó el espectro para la ciudad de Esmeraldas tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- El factor de zonificación para la ciudad de Esmeraldas indica que la aceleración máxima en roca es de 0,5g
- El tipo de suelo se consideró es tipo D por lo que presenta las siguientes características.
- **Fa =** 1,12 Según el NEC-15 (Peligro sísmico) indica que aumenta las ordenadas del espectro de respuesta de aceleraciones para diseño en roca.
- **Fd=** 1,11 Según el NEC-15 (Peligro sísmico) indica que aumenta las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamientos para el diseño en roca.
- **Fs=** 1,40 Según el NEC-15 (Peligro sísmico) indica que consideran el comportamiento no lineal de los suelos.
- **I=** 1 Según NEC-15 (Peligro sísmico) indica la importancia de la estructura para otros tipos de edificaciones.
- **R=** 8 Según NEC-15 (Peligro sísmico) indica el factor de reducción, disminuyendo las ordenadas del espectro elástico y su capacidad para incurrir en el rango inelástico.
- **η =** 2,48 Según indica la Nec-15 para provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

3.6. Análisis Tiempo-Historia Del Pórtico

Para el desarrollo del análisis se utilizaron dos registros de acelerográficos

- Registro de sismo peruano 7050
- Registro de sismo peruano 7051

3.6.1. Registro en Perú_7050

Exportamos los datos del registro sísmico 7050 con un intervalo de 0,02.

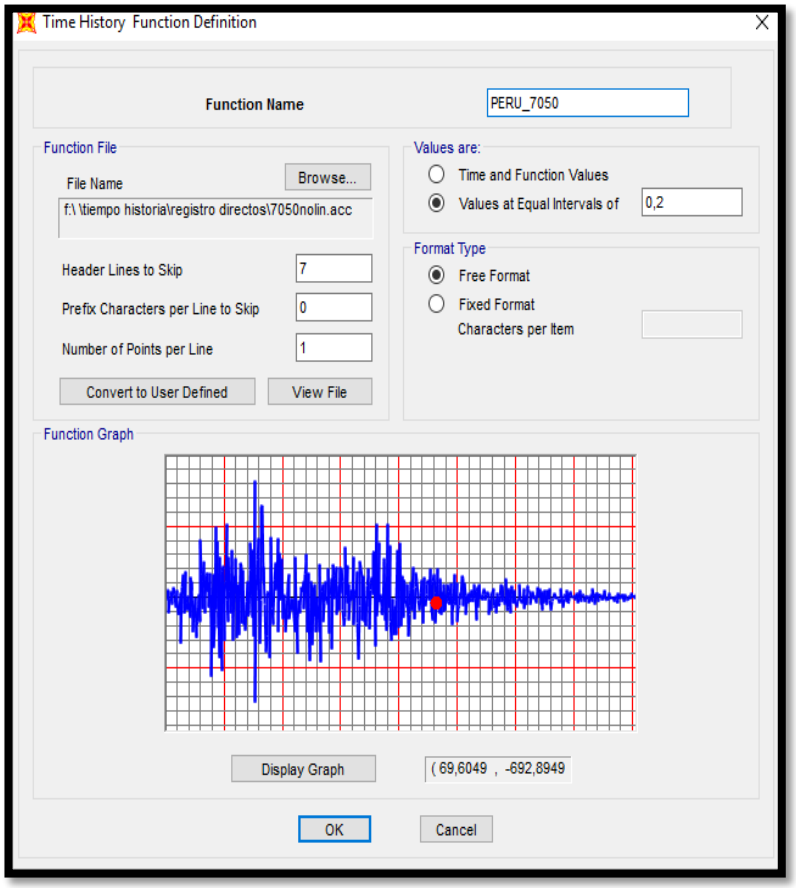


Figura 31: Time- History del registro 7050
Fuente: Zulema Azuncion

3.6.2. Registro del sismo de Perú_7051

Igual que el registro anterior exportamos el registro peruano con un intervalo de 0,02.

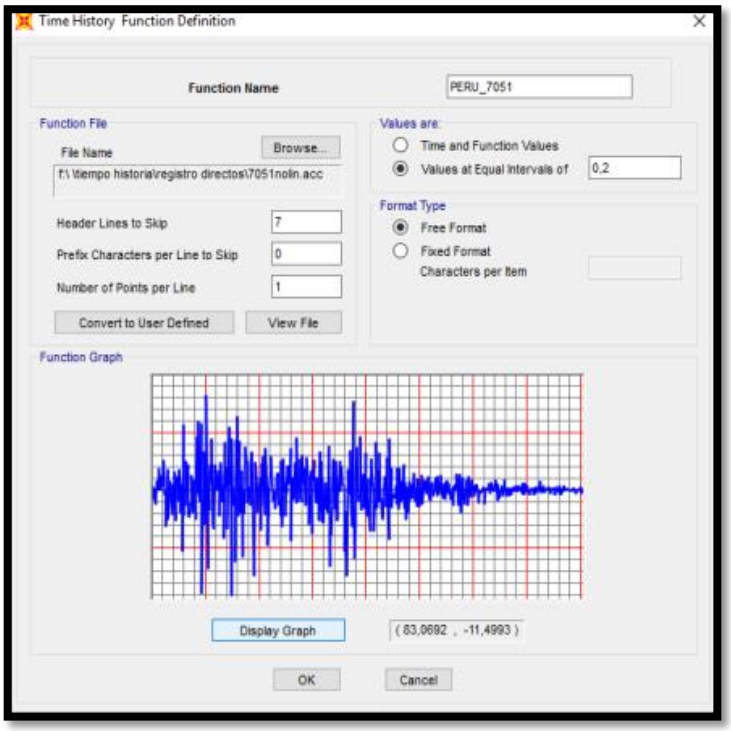


Figura 32: Time- History del registro 7051
Fuente: Zulema Azuncion

Cuando se terminan de establecer los registros que se van a utilizar para los análisis se definen los Load Case considerando que se va a realizar un análisis modal no lineal (FNA) indicando que la dirección de la aceleración es U2 (dirección Y).

Se tienen que escalar el registro usado para que sea consistente con el espectro de diseño utilizado, como el periodo de la estructura es de 1,34 segundos se lee en los registros elásticos cuanto es la aceleración espectral cuyos resultados son:

- Sa=0,10(g) para el registro 7051
- Sa=0.05(g) para el registro 7050

Con estos valores se lee en el espectro de diseño cuanto es la aceleración para el mismo periodo y con esto se calcula cual sería la amplificación de los registros usados con los valores del espectro de diseño.

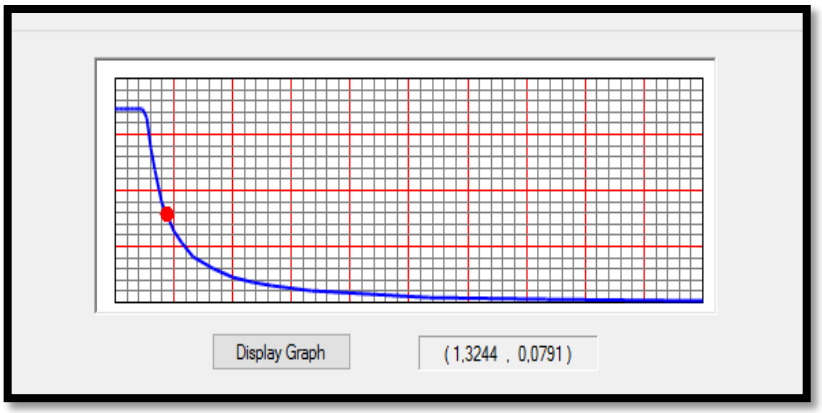


Figura 33*: Espectro de diseño*
Fuente: Zulema Azuncion

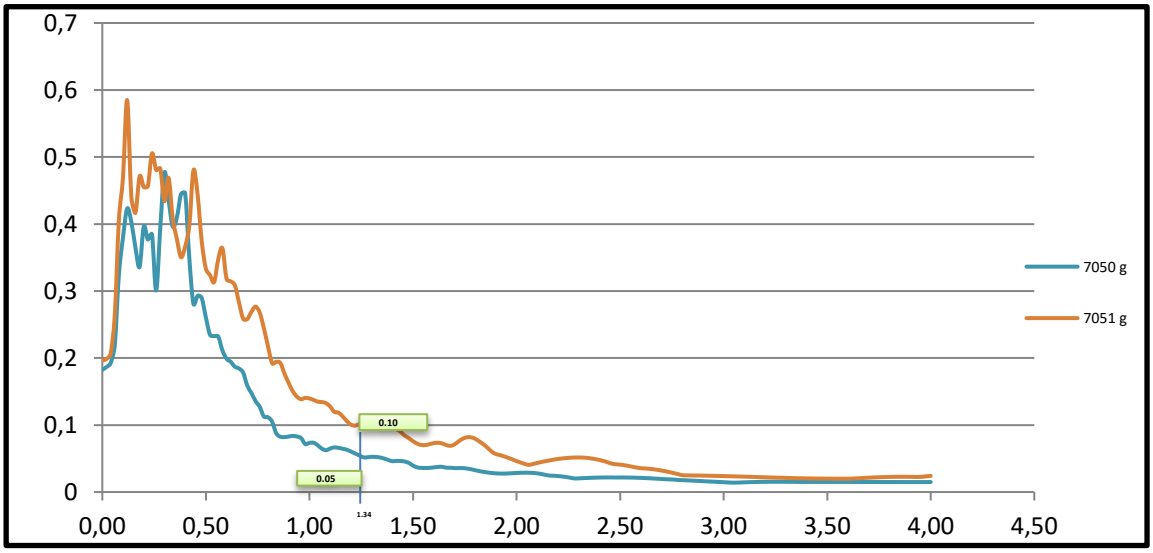


Figura 34: Espectro elástico para los registros 7050-7051
Fuente: Zulema Azuncion

El registro de 7050 cuenta con 4800 valores y factor de 13.

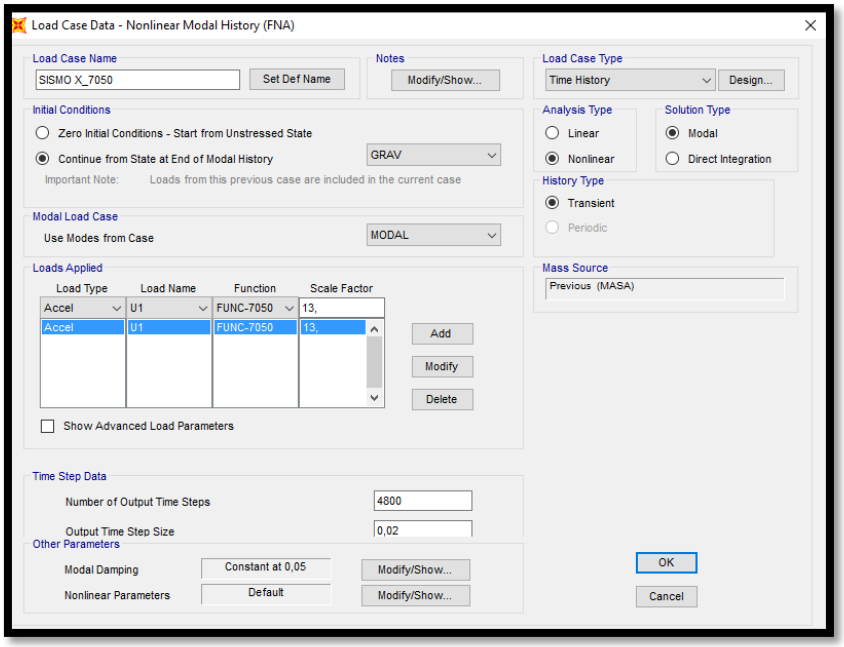


Figura 35: Load Case TH 7050

Fuente: Zulema Azuncion

Para los registros de 7051 cuenta con 4800 valores y un factor de 6.5.

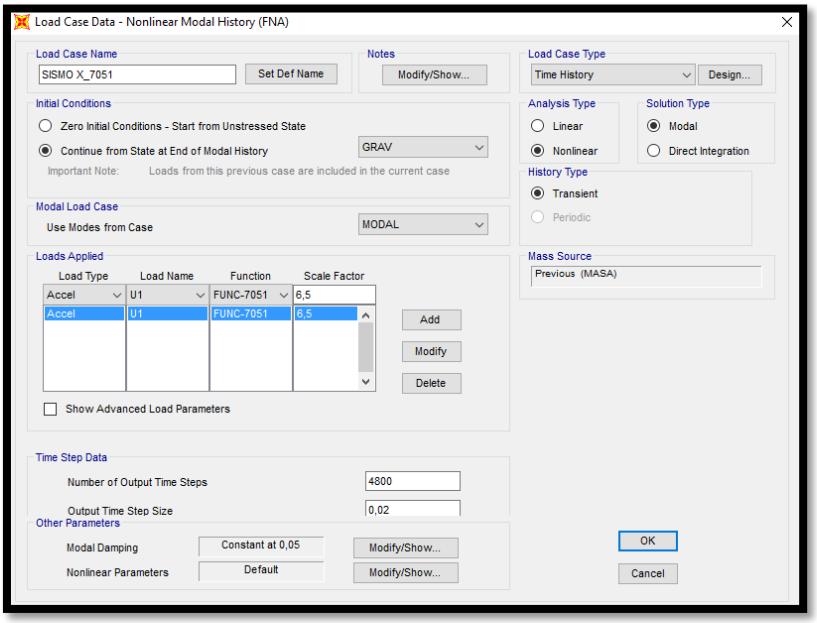


Figura 36: Load Case 7051

Fuente: Zulema Azuncion

Capitulo IV

Análisis Del Pórtico Con y Sin Disipador

4.1. Diseño Del Pórtico Convencional De Hormigón.

En la presente investigación se modelará un pórtico convencional de 10 pisos a el cual se le realizará un análisis no lineal para su respectiva comparación del comportamiento con y sin disipador de fluido viscoso con la ayuda del software SAP2000v17 mediante el cual conoceremos deformaciones y derivas de piso.

4.2. Descripción De La Estructura:

- Pórtico de 10 pisos
- Destinado a oficina
- La altura entre piso será de 3.5m teniendo una altura total de 35m
- Tres luces de 6m cada una en el eje x, dos luces de 6m cada una en el eje y

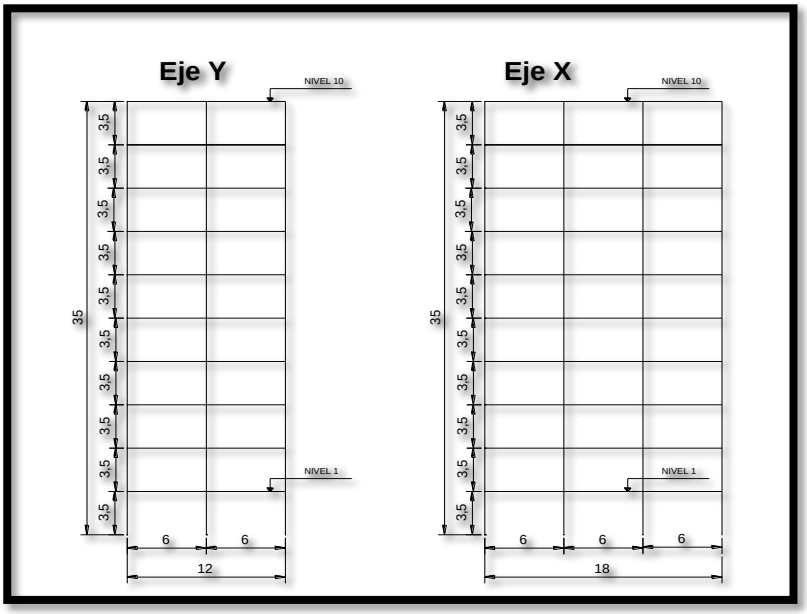


Figura 37: Pórtico de 10 pisos
Fuente: Zulema Azuncion

Las vigas y columnas que forma el pórtico están compuestas por hormigón armado con las siguientes características según ACI y ASTM:

- Resistencia a compresión (f'c)= 280 kg/cm^2
- Modulo elástico (Ec)= 252671kg/cm^2
- Esfuerzo de fluencia del acero (Fy) = 4200 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad del acero (Es)= 2000000 kg/cm^2
- Coeficiente de Poisson v= 0,20

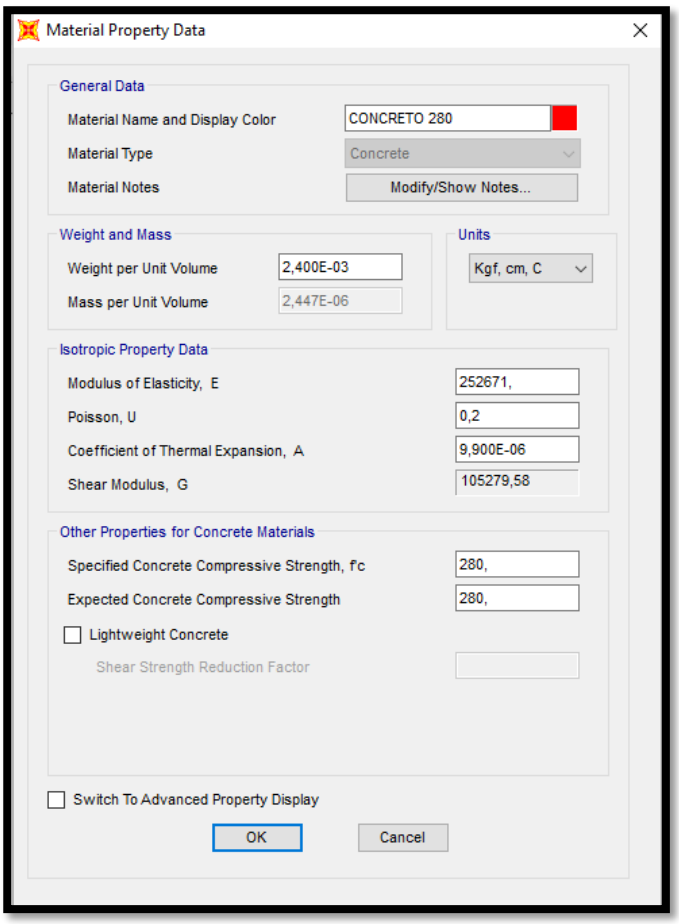


Figura 38 Material Property Data
Fuente: Zulema Azuncion

4.2.1. Carga Viva:

La carga viva utilizada en el presente trabajo está establecido según la ocupación en la que esté destinado la estructura en la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-15 que en nuestro caso está destinada a oficina siendo la carga viva de 200 kg/cm^2 (0,2 tnf/ m^2)

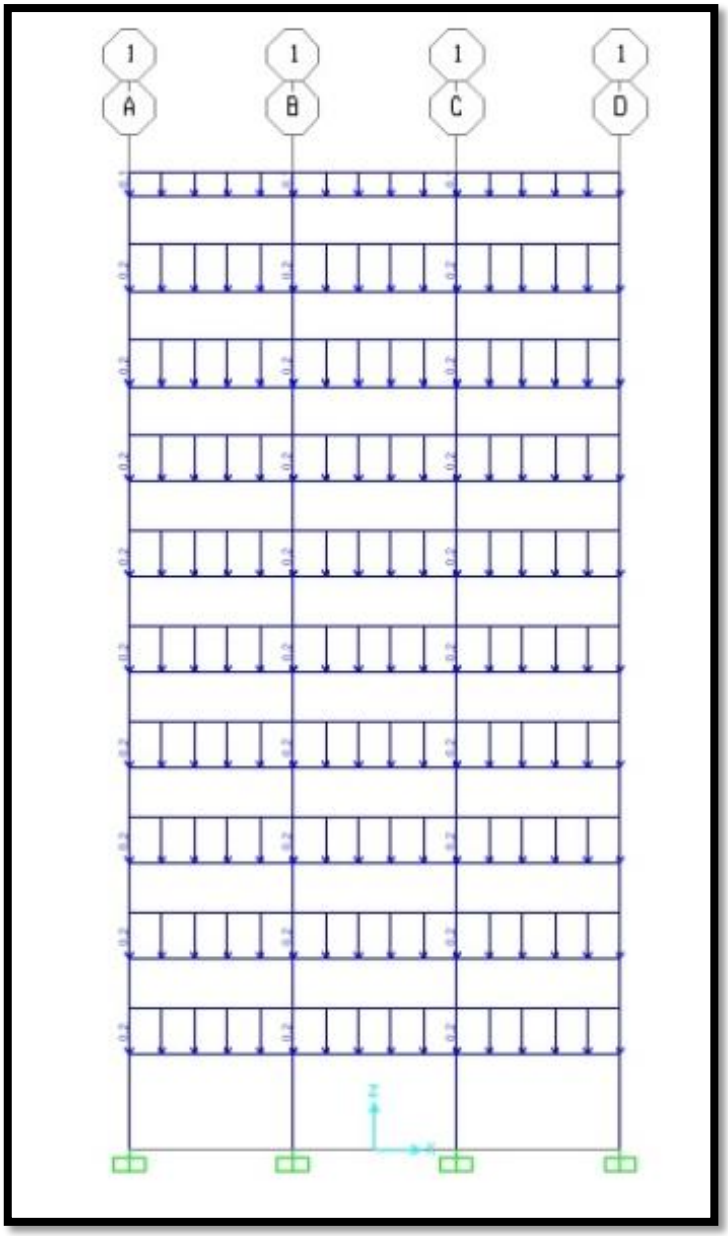


Figura 39 Carga viva en el pórtico
Fuente: Zulema Azuncion

4.2.2. Carga Muerta:

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) las cargas están constituidas por todos los elementos estructurales.

- $Volumen\ de\ la\ loza = (1{,}0m * 0{,}27m * 1{,}0m) = 0.27m^3$
- $Volumen\ de\ la\ cajoneta = (0{,}8m * 0{,}20m * 1{,}0m) = \ 0{,}16\ m^3$
- $Volumen\ del\ hormigon = 0{,}27m^3 - 0{,}16\ m^3 = 0.11\ m^3$
- $Peso\ del\ hormigon\ armado = 0{,}11\ m^3 * 2{,}4 \frac{t}{m^3} = 0{,}264\ \frac{t}{m^2}$
- $Peso\ Cajonetas = 0{,}16\ m^3 * 0{,}8 \frac{t}{m^3} = 0{,}128\ \frac{t}{m^2}$
- $Peso\ Losa\ = 0{,}128\ \frac{t}{m^2} + 0{,}264\ \frac{t}{m^2} = 0{,}392\ \frac{t}{m^2}$

A continuación se muestra una tabla con los valores de la carga muerta adicional que se tomó en consideración para el pórtico.

Tabla 7 Cargas Muertas utilizadas en el análisis.

Elementos estructurales	Peso	
Peso Propio	0,392	Tn/m^2
Paredes	0,300	Tn/m^2
Cerámicas	0,110	Tn/m^2
Tumbado	0,020	Tn/m^2
Carga muerta Losa=	**0,822**	Tn/m^2

Fuente: Zulema Azuncion

Para nuestro análisis se adoptara una Carga muerta de 1 Tn/m^2 en cada piso.

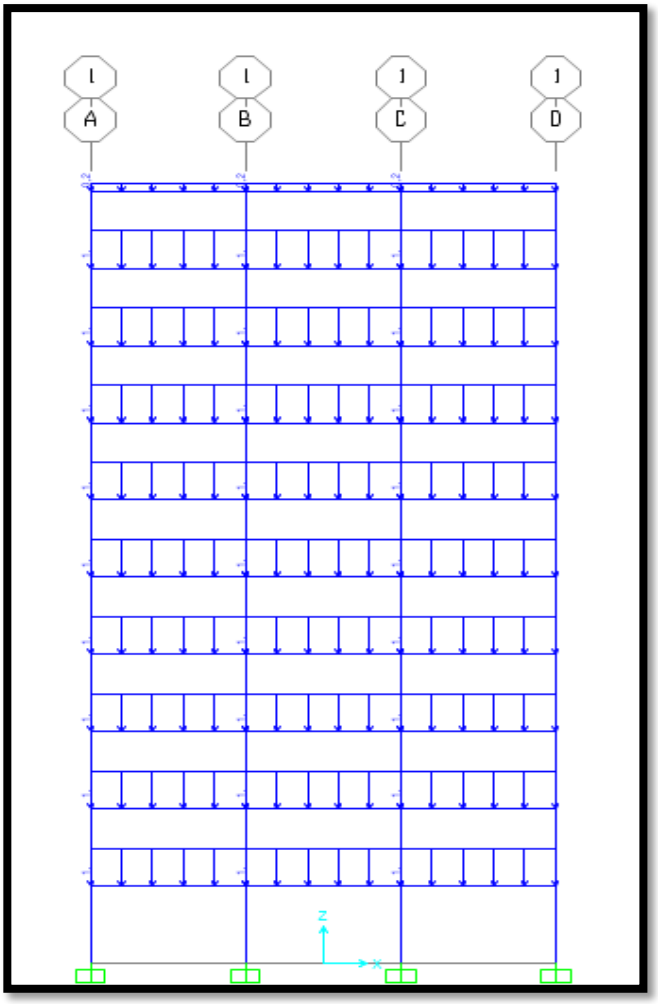


Figura 40: Carga Muerta en el pórtico.
Fuente: Zulema Azuncion

4.2.3. Pre-diseño

Las secciones a utilizar en el pórtico son las siguientes:

Tabla 8 secciones de vigas y columnas

Piso	Columnas	Vigas
10	60x55	30x80
9	65x55	40x65
8	65x55	40x65
7	70x55	40x65
6	75x55	40x65
5	75x55	40x65
4	75x55	40x65
3	80x55	40x65
2	80x55	40x65
1	80x55	40x65

Fuente: Zulema Azuncion

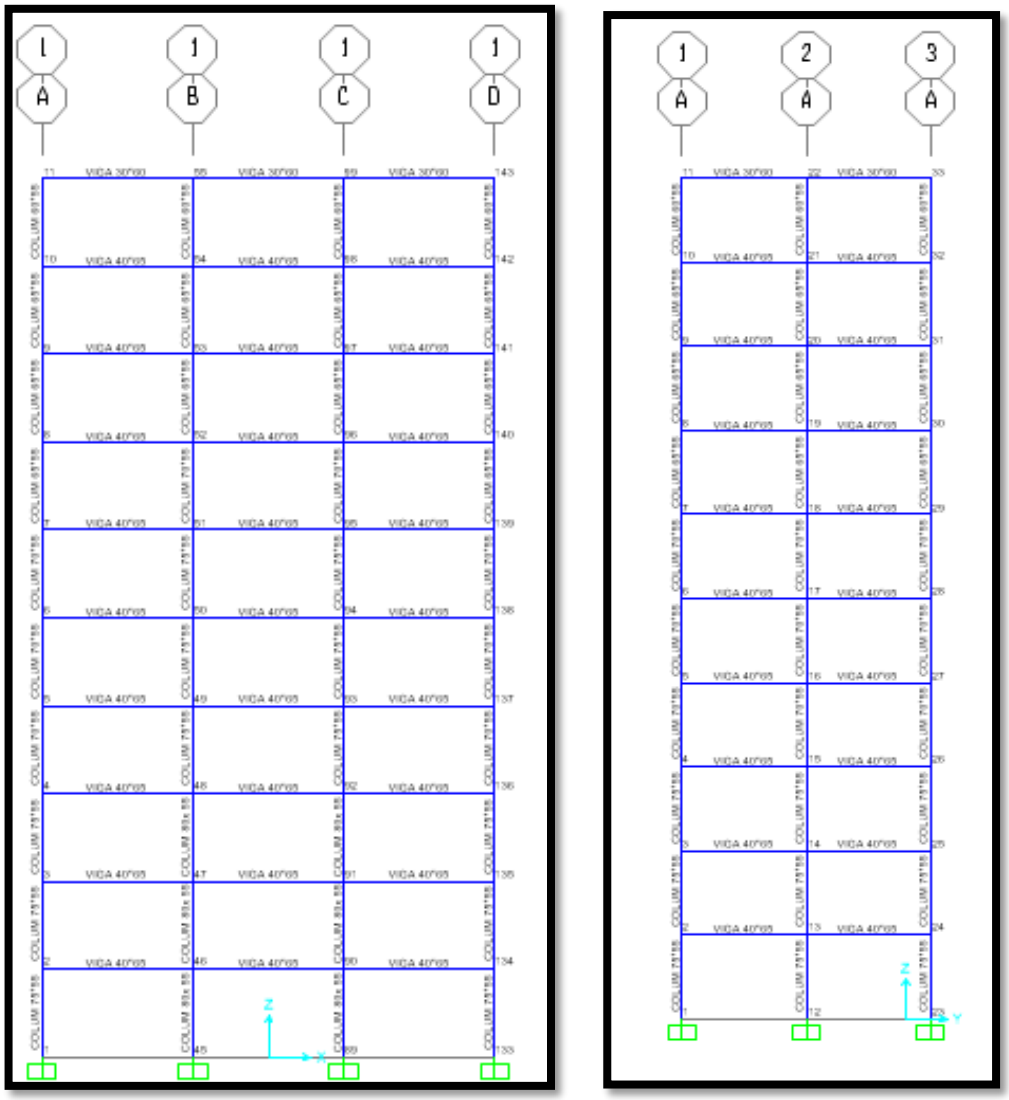


Figura 41 Secciones de columnas y vigas
Fuente: Zulema Azuncion

4.2.4. Carga Sísmica

El espectro de diseño está elaborado a según las especificaciones del NEC-15 para la ciudad de Esmeraldas como lo habíamos mencionado anteriormente.

Tabla 9 Datos para el análisis símico

Tipo de Estructura a utilizar:		
"Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente." NEC, 2015		
Coeficientes de amplificación dinámica del perfil	Fa:	1.12
Coeficientes de amplificación dinámica del perfil	Fd:	1.11
Coeficientes de amplificación dinámica del perfil	Fs:	1.40
Coeficiente de reducción de respuesta estructural	R:	8
Categoría :		Estructura no esencial ni especial
Coeficiente de importancia	(I):	1
Tipo de Irregularidad en planta:		No hay irregularidades en planta
Coeficiente de configuración estructural en planta	(Φp):	1
Tipo de Irregularidad en elevación:		No hay irregularidades en elevación
Coeficiente de configuración estructural en elevación	(Φe):	1
Altura máxima de la edificación de n pisos:		35.00 m
Coeficiente Ct (dependiente del tipo de edificación):		0.072
Coeficiente α(dependiente del tipo de edificación):		0.80
Periodo de vibración de la estructura	(T):	1.238 seg
Periodo de vibración	To:	0.139 seg
Periodo de vibración	Tc:	0.763 seg
Relación de Amplificación Espectral	(η):	2.48
Coeficiente r (dependiente de la región):		1.5
Espectro de Respuesta Elástica de Aceleraciones	(Sa):	0.672 g

Fuente: Zulema Azuncion

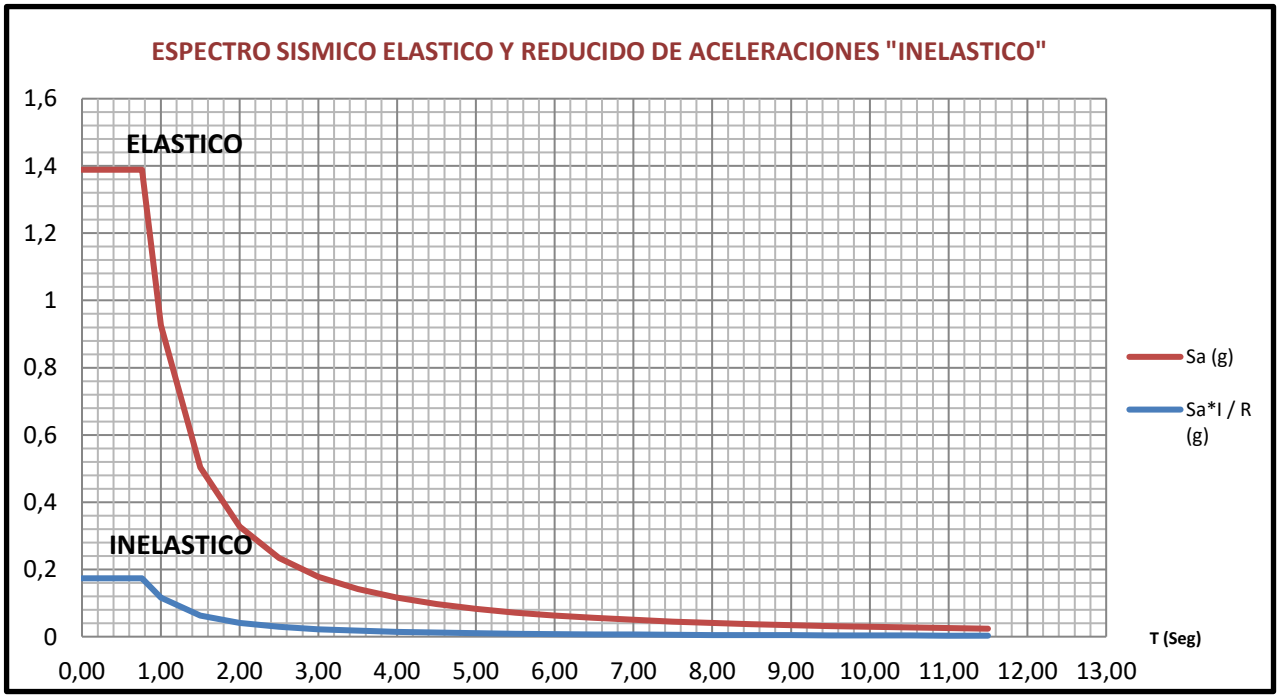


Figura 42: Espectro elástico e inelástico de las aceleraciones para la ciudad de Esmeraldas

Fuente: Zulema Azuncion

4.2.5. Formas de Vibración

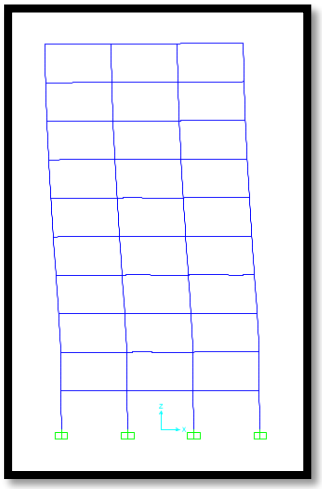
Se analizan cada una de las formas de vibración de la estructura:

a) La primera forma de vibración corresponde a la vibración horizontal

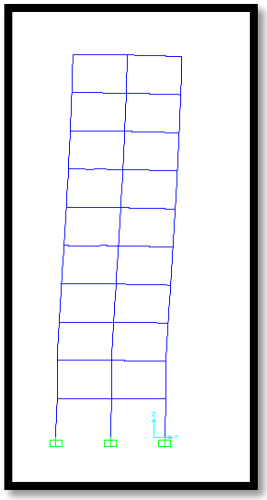
b) La segunda forma de vibración corresponde a la vibración vertical

c) La tercera forma de vibración corresponde a la vibración rotacional

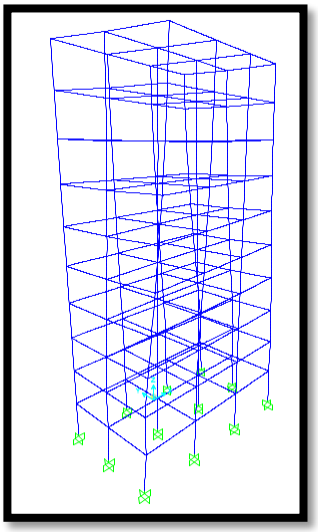
Lo que corresponde a un buen comportamiento, según las normas.



(a)



(b)



(c)

4.3. Deformaciones Laterales Y Derivas

El NEC-15 indica que las deformaciones laterales las obtenemos mediante la carga sísmica, ha establecido un mínimo porcentaje de desplazamiento el cual no debe de exceder el 2%.

Las derivas del pórtico las calculamos mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta_m = 0.75 * R * \Delta$$

Ecuación 21: Derivas Nec-15

Dónde:

Δ_m= es la deriva máxima obtenida

R= factor de reducción, en nuestro caso nuestro factor es igual a 8

Δ= desplazamiento entre piso

En la tabla 10 se muestran los desplazamientos y derivas obtenidos en el pórtico analizado:

Tabla 10: Deformaciones laterales y derivas del pórtico de 10 pisos sin disipador

SIN DISIPADOR								
PISO	**Δ**	**ENTREPISO**	**Δ OBTENIDA**	**R**	**0.75*R*Δ**	**%**	**NEC-15**	**DERIVA≤ 2%**
10	0.0475	3.5	0.0008	8	0.0046	0.46%	2%	OK
9	0.0448	3.5	0.0021	8	0.0129	1.29%	2%	OK
8	0.0373	3.5	0.0013	8	0.0081	0.81%	2%	OK
7	0.0326	3.5	0.0016	8	0.0094	0.94%	2%	OK
6	0.0271	3.5	0.0017	8	0.0103	1.03%	2%	OK
5	0.0211	3.5	0.0019	8	0.0113	1.13%	2%	OK
4	0.0145	3.5	0.0013	8	0.0077	0.77%	2%	OK
3	0.0100	3.5	0.0008	8	0.0048	0.48%	2%	OK
2	0.0072	3.5	0.0009	8	0.0053	0.53%	2%	OK
1	0.0041	3.5	0.0012	8	0.0070	0.70%	2%	OK

Fuente: Zulema Azuncion

La norma establece que se deben considerar el número de modos necesarios para que la masa efectiva será igual o mayor al 90% de la masa general de la edificación. Generalmente consideramos 3 modos por piso siendo en nuestro proyecto igual a 30 modos.

Tabla 11: Masa participativa del pórtico

SIN DISIPADOR										
Step	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	SumRX	SumRY	SumRZ
1	1.341	0.000	0.712	0.000	0.712	0.278	0.000	0.278	0.000	0.000
2	1.143	0.691	0.000	0.691	0.712	0.000	0.251	0.278	0.251	0.000
3	1.037	0.000	0.000	0.691	0.712	0.000	0.000	0.278	0.251	0.716
4	0.443	0.000	0.146	0.691	0.858	0.369	0.000	0.647	0.251	0.716
5	0.383	0.129	0.000	0.820	0.858	0.000	0.258	0.647	0.509	0.716
6	0.352	0.000	0.000	0.820	0.858	0.000	0.000	0.647	0.509	0.843
7	0.266	0.000	0.092	0.820	0.950	0.131	0.000	0.778	0.509	0.843
8	0.228	0.092	0.000	0.912	0.950	0.000	0.091	0.778	0.600	0.843
9	0.215	0.000	0.000	0.912	0.950	0.000	0.000	0.778	0.600	0.938
10	0.202	0.000	0.042	0.912	0.991	0.124	0.000	0.902	0.600	0.938
11	0.172	0.069	0.000	0.981	0.991	0.000	0.157	0.902	0.757	0.938
12	0.163	0.000	0.000	0.981	0.991	0.000	0.000	0.902	0.757	0.989
13	0.163	0.000	0.000	0.981	0.991	0.000	0.000	0.902	0.757	0.989
14	0.156	0.000	0.007	0.981	0.998	0.013	0.000	0.915	0.757	0.989
15	0.138	0.007	0.000	0.988	0.998	0.000	0.045	0.915	0.802	0.989
16	0.135	0.009	0.000	0.997	0.998	0.000	0.125	0.915	0.926	0.989
17	0.127	0.000	0.000	0.997	0.998	0.000	0.000	0.915	0.926	0.998
18	0.124	0.000	0.001	0.997	1.000	0.021	0.000	0.936	0.926	0.998
19	0.116	0.000	0.000	0.997	1.000	0.034	0.000	0.971	0.926	0.998
20	0.108	0.000	0.000	0.997	1.000	0.000	0.000	0.971	0.926	0.998
21	0.107	0.002	0.000	0.999	1.000	0.000	0.007	0.971	0.934	0.998
22	0.102	0.000	0.000	0.999	1.000	0.003	0.000	0.973	0.934	0.998
23	0.102	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	0.973	0.934	0.999
24	0.100	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	0.973	0.934	1.000
25	0.090	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.011	0.973	0.945	1.000
26	0.090	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	0.974	0.945	1.000
27	0.087	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.003	0.974	0.947	1.000
28	0.082	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.974	0.947	1.000
29	0.082	0.000	0.000	1.000	1.000	0.001	0.000	0.975	0.947	1.000
30	0.081	0.000	0.000	1.000	1.000	0.002	0.000	0.977	0.947	1.000

Fuente: Zulema Azuncion

4.4. Análisis Del Pórtico Convencional Con Disipador

4.4.1. Cálculo De Amplitud De Desplazamiento

$$Droof = \frac{10gx\ r1xSd1xT1}{4x\beta x\ x\pi^2}$$

Ecuación 22: Amplitud del desplazamiento

Calculamos el factor de participación de modo fundamental de vibración.

$$\mathbf{r_1 = (1.2\ a\ 1.6)\ T_1}$$

Ecuación 23: Factor de participación

Dónde:

T = 1.341011

$$r_1 = (1.6)\ (1.341011)$$

$$r_1 = 2.145617$$

Una vez obtenidos todos los parámetros calculamos la amplitud de desplazamiento:

$$Droof = \frac{10gx\ r1xSd1xT1}{4x\beta x\pi^2}$$

Dónde:

g = 9,81 m/s^2 r_1= 2.145617

Sd = 0.5 T_1= 1.341011

β = 1.20 π = 3.1416

$$Droof = \frac{10 * 981 * 2.145617 * 0.5 * 1.341011}{4 * 1.20 * 3.1416^2}$$

$$Droof = 595.81\ mm$$

4.4.2. Cálculo Del Coeficiente De Amortiguamiento

Luego calculamos el valor del coeficiente de amortiguamiento:

$$\boxed{Cd = \frac{\beta_{vi} * (Droof)^{\frac{1}{2}}[\sum \omega_i * \phi_{ri}^2] * 322{,}46}{\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right) * (T/2\pi)^{\frac{3}{2}} * (10g) * (cos^{\frac{3}{2}} * \theta)(\sum[\phi_{ri}]^{3/2}}}$$

Ecuación 24: Amplitud de Desplazamiento

$$Cd = \frac{0.40 * 24.41 * 14856.70 * 0.032246}{\left(\frac{3.5}{2(3.1416)}\right) * \left(\frac{1.341011}{2 * 3.1416}\right)^{\frac{3}{2}} * (9810) * (0.7029) * 0.2416}$$

$$Droof = 51.11$$

4.4.3. Cálculo De La Rigidez Del Disipador

Una vez calculado el coeficiente de amortiguamiento procedemos a calcular la rigidez del disipador.

$$\boxed{Kd = \frac{Cd}{10\Delta t}}$$

Ecuación 19: Rigidez del disipador

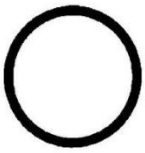
$$Kd = \frac{51.11}{10(0.02)}$$

$$Kd = 255.55\frac{t}{m}$$

4.4.4. Cálculo De La Rigidez Del Brazo Metálico.

Para el perfil del brazo metálico se considera mediante la siguiente tabla:

Table 1–13 (continued)
Round HSS
Dimensions and Properties



HSS9.625–HSS6.875

Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt.	Area, A	D/t	I	S	r	Z	Torsion J	Torsion C
	in.	lb/ft	in.^{2}		in.^{4}	in.^{3}	in.	in.^{3}	in.^{4}	in.^{3}
HSS9.625×0.500	0.465	48.77	13.4	20.7	141	29.2	3.24	39.0	281	58.5
×0.375	0.349	37.08	10.2	27.6	110	22.8	3.28	30.0	219	45.5
×0.312	0.291	31.06	8.53	33.1	93.0	19.3	3.30	25.4	186	38.7
×0.250	0.233	25.06	6.87	41.3	75.9	15.8	3.32	20.6	152	31.5
×0.188[f]	0.174	18.97	5.17	55.3	57.7	12.0	3.34	15.5	115	24.0
HSS8.625×0.625	0.581	53.45	14.7	14.8	119	27.7	2.85	37.7	239	55.4
×0.500	0.465	43.43	11.9	18.5	100	23.1	2.89	31.0	199	46.2
×0.375	0.349	33.07	9.07	24.7	77.8	18.0	2.93	23.9	156	36.1
×0.322	0.300	28.58	7.85	28.8	68.1	15.8	2.95	20.8	136	31.6
×0.250	0.233	22.38	6.14	37.0	54.1	12.5	2.97	16.4	108	25.1
×0.188[f]	0.174	16.96	4.62	49.6	41.3	9.57	2.99	12.4	82.5	19.1
HSS7.625×0.375	0.349	29.06	7.98	21.8	52.9	13.9	2.58	18.5	106	27.8
×0.328	0.305	25.59	7.01	25.0	47.1	12.3	2.59	16.4	94.1	24.7
HSS7.50×0.500	0.465	37.42	10.3	16.1	63.9	17.0	2.49	23.0	128	34.1
×0.375	0.349	28.56	7.84	21.5	50.2	13.4	2.53	17.9	100	26.8
×0.312	0.291	23.97	6.59	25.8	42.9	11.4	2.55	15.1	85.8	22.9
×0.250	0.233	19.38	5.32	32.2	35.2	9.37	2.57	12.3	70.3	18.7
×0.188	0.174	14.70	4.00	43.1	26.9	7.17	2.59	9.34	53.8	14.3
HSS7.000×0.500	0.465	34.74	9.55	15.1	51.2	14.6	2.32	19.9	102	29.3
×0.375	0.349	26.56	7.29	20.1	40.4	11.6	2.35	15.5	80.9	23.1
×0.312	0.291	22.31	6.13	24.1	34.6	9.88	2.37	13.1	69.1	19.8
×0.250	0.233	18.04	4.95	30.0	28.4	8.11	2.39	10.7	56.8	16.2
×0.188	0.174	13.69	3.73	40.2	21.7	6.21	2.41	8.11	43.5	12.4
×0.125[f]	0.116	9.19	2.51	60.3	14.9	4.25	2.43	5.50	29.7	8.49
HSS6.875×0.500	0.465	34.07	9.36	14.8	48.3	14.1	2.27	19.1	96.7	28.1
×0.375	0.349	26.06	7.16	19.7	38.2	11.1	2.31	14.9	76.4	22.2
×0.312	0.291	21.89	6.02	23.6	32.7	9.51	2.33	12.6	65.4	19.0
×0.250	0.233	17.71	4.86	29.5	26.8	7.81	2.35	10.3	53.7	15.6
×0.188	0.174	13.44	3.66	39.5	20.6	5.99	2.37	7.81	41.1	12.0

[f] Shape exceeds compact limit for flexure with $F_y = 42$ ksi.

Figura 43: Propiedades del disipador

Fuente: Tablas HSS

Finalmente calculamos la rigidez del brazo metálico, consideramos un perfil estándar HSS 7.50 x 0.50 teniendo como propiedad lo siguiente:

- D ext (in) = 7.50
- D int (in) = 7.035
- Espesor (in)= 0.465
- Area (in^2) = 10.3
- Inercia (in^4) = 63.9

$$\boxed{k = \frac{E * A}{L}}$$

Ecuación 2025: Rigidez del brazo metálico

Dónde:

E= 29000ksi = $20.4*10^6 T/m^2$

Area= 10.3 in^2 = $66.45*10^4$ m^2

L = 6.9m

$$k = \frac{20.4 * 106\mathrm{T/m2} * 66.45 * 104\ \mathrm{m2}}{6.9}$$

$$k = 19646.09 \frac{t}{m2}$$

4.5. Creación De Los Disipadores En El Software.

Para el presente trabajo se consideró usar Damper- Exponential porque la fuerza del fluido del dispositivo es proporcional a la velocidad elevada a un exponente α el cual tendrá un valor de 0,5 para un comportamiento no lineal.

Este comportamiento no lineal se lo asigna mediante el elemento link que se utiliza para aisladores y disipadores y otros dispositivos de disipación de energía. Una vez calculadas las propiedades del disipador las ingresamos en el programa SAP2000 definidas como elementos link > Damper- Exponential > NonLinear de la siguiente manera:

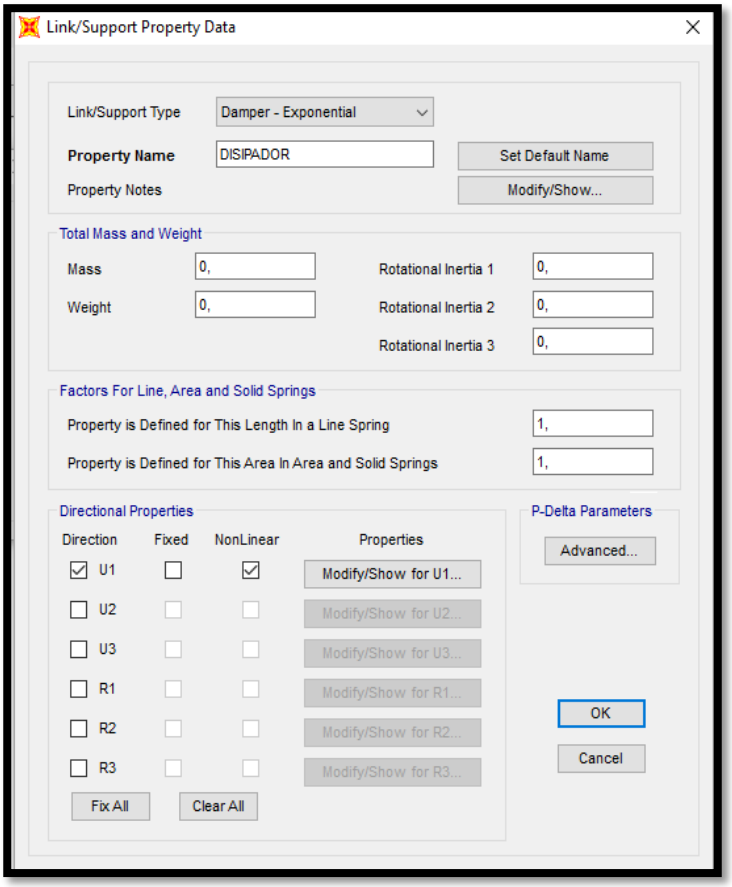


Figura 44: Link/Support Property Data
Fuente: Zulema Azuncion

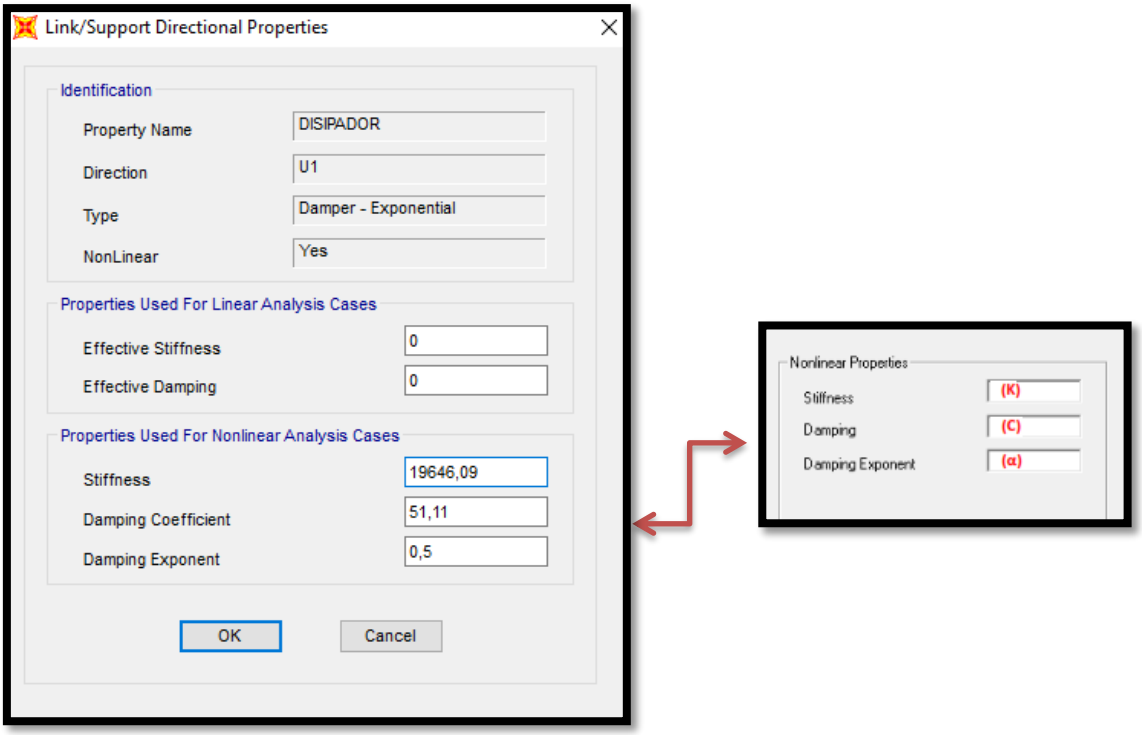


Figura 45 Nonlinear properties
Fuente: Zulema Azuncion

4.6. Ubicación De Los Amortiguadores

Una vez definido los elementos procedemos con la ubicación de los amortiguadores.

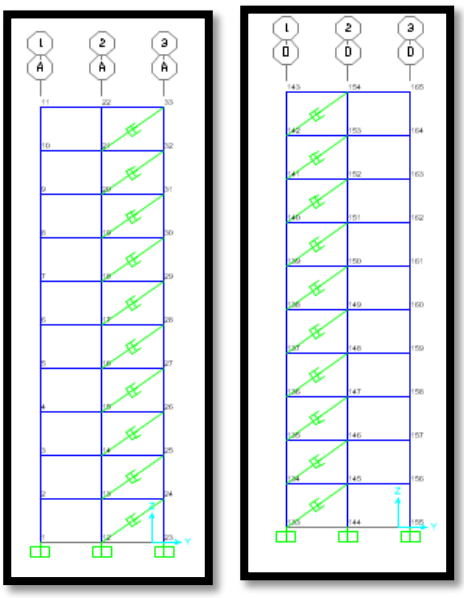


Figura 46 Ubicación de los disipadores
Fuente: Zulema Azuncion

4.7. Respuesta De La Estructura Con Los Disipadores Viscosos.

Se evalúan los desplazamientos obtenidos usando los amortiguadores con sus respectivas propiedades calculadas anteriormente.

4.7.1. Registro PERU_7050

Tabla 12 Deformaciones laterales y derivas del pórtico de 10 pisos

CON DISIPADOR (7050)								
PISO	**∆**	**ENTREPISO**	**∆ OBTENIDA**	**R**	**0.75*R*∆**	**%**	**NEC-15**	**DERIVA≤ 2%**
10	0.0247	3.5	0.0003	8	0.0019	0.19%	2%	OK
9	0.0258	3.5	0.0003	8	0.0019	0.19%	2%	OK
8	0.0269	3.5	0.0001	8	0.0005	0.05%	2%	OK
7	0.0266	3.5	0.0005	8	0.0031	0.31%	2%	OK
6	0.0248	3.5	0.0006	8	0.0036	0.36%	2%	OK
5	0.0227	3.5	0.0010	8	0.0058	0.58%	2%	OK
4	0.0193	3.5	0.0017	8	0.0103	1.03%	2%	OK
3	0.0133	3.5	0.0018	8	0.0106	1.06%	2%	OK
2	0.0071	3.5	0.0018	8	0.0110	1.10%	2%	OK
1	0.0007	3.5	0.0002	8	0.0012	0.12%	2%	OK

Fuente: Zulema Azuncion

4.7.2. Registro Peru_7051

Tabla 13. Deformaciones laterales y derivas del pórtico de 10 pisos

CON DISIPADOR (7051)								
PISO	**∆**	**ENTREPISO**	**∆ OBTENIDA**	**R**	**0.75*R*∆**	**%**	**NEC-15**	**DERIVA≤ 2%**
10	0.0304	3.5	0.0003	8	0.0015	0.15%	2%	OK
9	0.0295	3.5	0.0008	8	0.0050	0.50%	2%	OK
8	0.0266	3.5	0.0015	8	0.0089	0.89%	2%	OK
7	0.0214	3.5	0.0018	8	0.0110	1.10%	2%	OK
6	0.0150	3.5	0.0016	8	0.0098	0.98%	2%	OK
5	0.0093	3.5	0.0013	8	0.0081	0.81%	2%	OK
4	0.0046	3.5	0.0006	8	0.0034	0.34%	2%	OK
3	0.0026	3.5	0.0003	8	0.0019	0.19%	2%	OK
2	0.0015	3.5	0.0002	8	0.0010	0.10%	2%	OK
1	0.0009	3.5	0.0003	8	0.0015	0.15%	2%	OK

Fuente: Zulema Azuncion

Al igual que el pórtico sin disipador también se evalúan la masa participativa que cumplan el 90% de masa efectiva.

Tabla 14 Masa participativa del pórtico

CON DISIPADOR										
	Period	**UX**	**UY**	**SumUX**	**SumUY**	**RX**	**RY**	**SumRX**	**SumRY**	**SumRZ**
1	1.143	0.677	0.014	0.677	0.014	0.006	0.246	0.006	0.246	0.000
2	1.138	0.014	0.694	0.691	0.708	0.280	0.005	0.286	0.251	0.000
3	0.839	0.000	0.000	0.691	0.708	0.000	0.000	0.286	0.251	0.717
4	0.383	0.129	0.000	0.820	0.708	0.000	0.258	0.286	0.508	0.717
5	0.367	0.000	0.168	0.820	0.875	0.391	0.000	0.676	0.508	0.717
6	0.279	0.000	0.000	0.820	0.875	0.000	0.000	0.676	0.508	0.869
7	0.228	0.092	0.000	0.912	0.875	0.000	0.091	0.676	0.600	0.869
8	0.216	0.000	0.087	0.912	0.962	0.138	0.000	0.814	0.600	0.869
9	0.172	0.069	0.000	0.981	0.962	0.000	0.156	0.814	0.756	0.869
10	0.168	0.000	0.000	0.981	0.962	0.000	0.000	0.814	0.756	0.958
11	0.163	0.000	0.027	0.981	0.989	0.090	0.000	0.904	0.756	0.958
12	0.162	0.000	0.004	0.981	0.993	0.013	0.000	0.917	0.756	0.959
13	0.137	0.008	0.000	0.990	0.993	0.000	0.027	0.918	0.783	0.959
14	0.134	0.007	0.000	0.997	0.993	0.000	0.142	0.918	0.926	0.959
15	0.127	0.000	0.000	0.997	0.993	0.000	0.000	0.918	0.926	0.993
16	0.126	0.000	0.005	0.997	0.999	0.005	0.000	0.922	0.926	0.993
17	0.115	0.000	0.000	0.997	0.999	0.048	0.000	0.970	0.926	0.993
18	0.107	0.000	0.000	0.997	0.999	0.000	0.000	0.970	0.926	0.993
19	0.107	0.002	0.000	0.999	0.999	0.000	0.007	0.970	0.933	0.993
20	0.101	0.000	0.001	0.999	1.000	0.002	0.000	0.972	0.933	0.993
21	0.100	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	0.972	0.933	0.997
22	0.096	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.000	0.972	0.933	0.999
23	0.090	0.000	0.000	0.999	1.000	0.000	0.012	0.972	0.946	0.999
24	0.087	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.003	0.972	0.948	0.999
25	0.086	0.000	0.000	1.000	1.000	0.001	0.000	0.973	0.948	0.999
26	0.079	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.973	0.948	1.000
27	0.079	0.000	0.000	1.000	1.000	0.003	0.001	0.976	0.950	1.000
28	0.077	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.976	0.950	1.000
29	0.076	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.977	0.950	1.000
30	0.075	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.001	0.977	0.951	1.000

Fuente: Zulema Azuncion

4.8. Análisis De Resultados

Una vez modelada la estructura se mostrara los resultados obtenidos del análisis en SAP2000 del pórtico con y sin disipador de fluido viscoso sometidos a un análisis de tiempo - historia.

4.8.1. Registro Peru_7050

Tabla 15: desplazamientos del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso

PISOS	SIN DISIPADOR	TH7050
10	0.0475	0.0247
9	0.0448	0.0258
8	0.0373	0.0269
7	0.0326	0.0266
6	0.0271	0.0248
5	0.0211	0.0227
4	0.0145	0.0193
3	0.0100	0.0133
2	0.0072	0.0071
1	0.0041	0.0007

Fuente: Zulema Azuncion

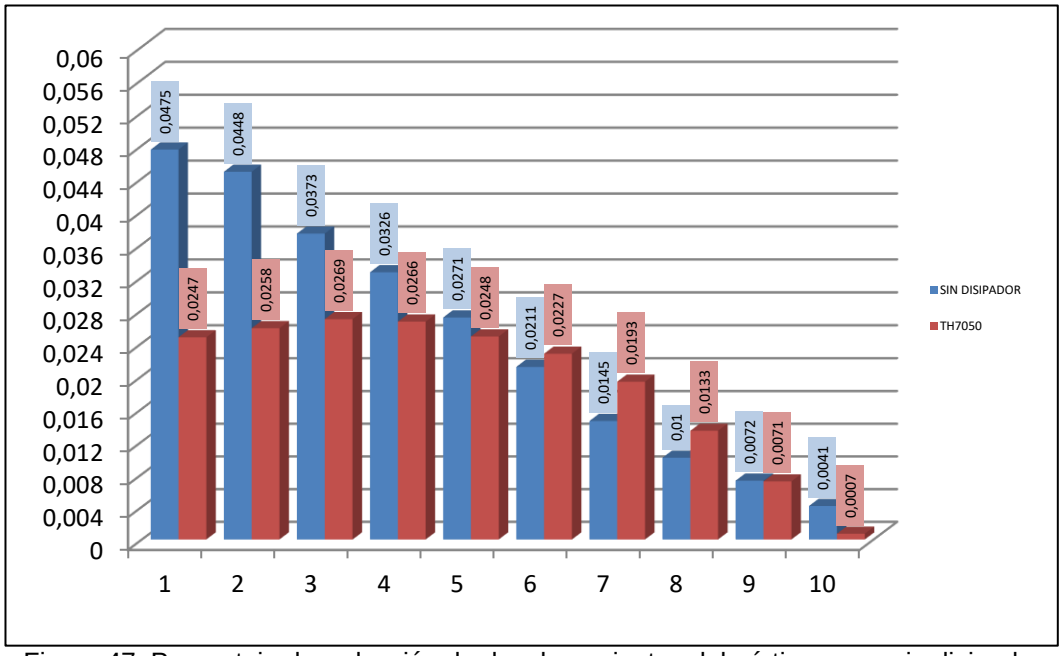


Figura 47: Porcentaje de reducción de desplazamientos del pórtico con y sin disipadores viscosos

Fuente: Zulema Azuncion

Tabla 16: Porcentaje de reducción de derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso

PISOS	SIN DISIPADOR	TH7050
10	0.0046	0.0019
9	0.0129	0.0019
8	0.0081	0.0005
7	0.0094	0.0031
6	0.0103	0.0036
5	0.0113	0.0058
4	0.0077	0.0103
3	0.0048	0.0106
2	0.0053	0.0110
1	0.0070	0.0012

Fuente: Zulema Azuncion

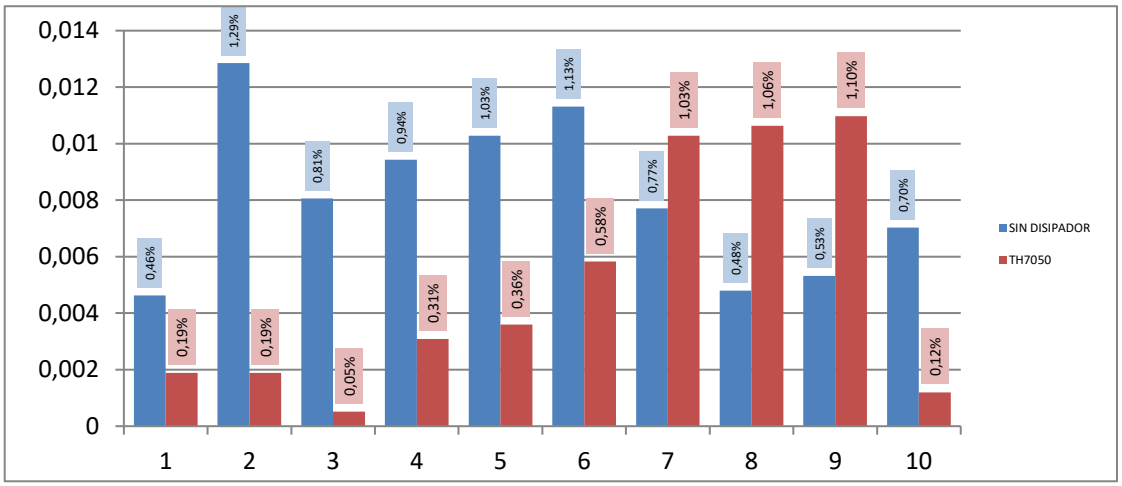


Figura 48: Derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso

Fuente: Zulema Azuncion

En la tabla 16 podemos observar que la estructura sin disipador tiene una deriva de 1.29% en el piso 9 mientras que el mismo pórtico con disipadores de fluido viscoso bajo el registro 7050 tiene una deriva de 0.19%

4.8.2. Registro Peru_7051

Tabla 17: Porcentaje de reducción de desplazamientos del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso

PISOS	SIN DISIPADOR	TH7051
10	0.0475	0.0304
9	0.0448	0.0295
8	0.0373	0.0266
7	0.0326	0.0214
6	0.0271	0.0150
5	0.0211	0.0093
4	0.0145	0.0046
3	0.0100	0.0026
2	0.0072	0.0015
1	0.0041	0.0009

Fuente: Zulema Azuncion

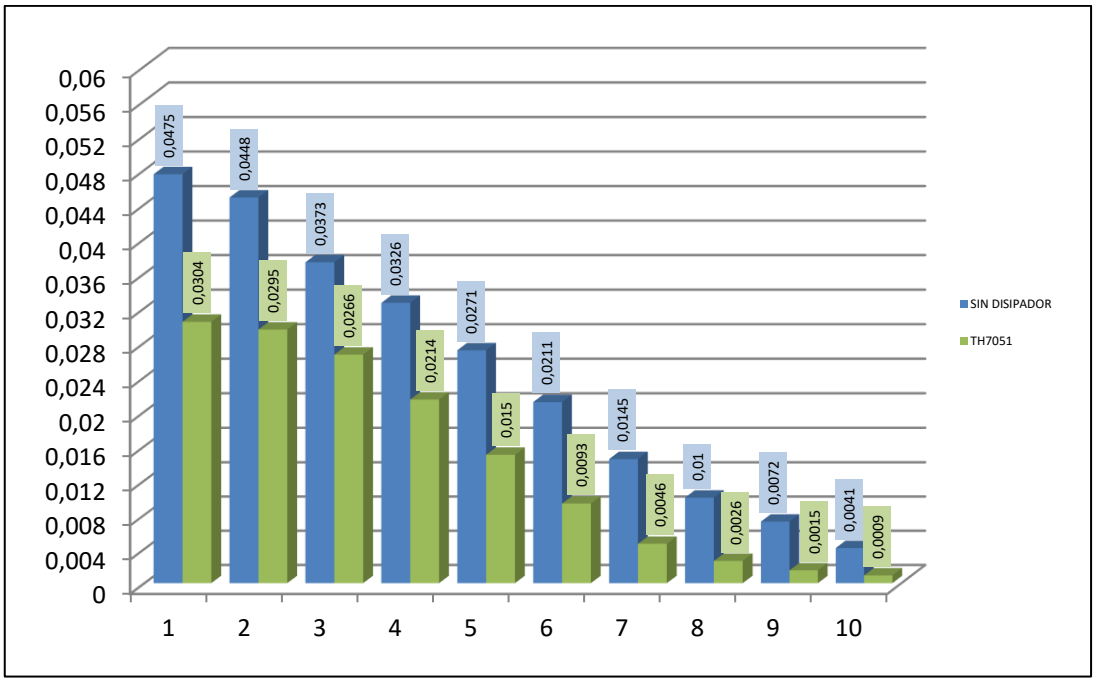


Figura 49: Porcentaje de reducción de desplazamientos del pórtico con y sin disipadores viscosos

Fuente: Zulema Azuncion

Tabla 18: Porcentaje de reducción de derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso

PISOS	SIN DISIPADOR	TH7051
10	0.0046	0.0015
9	0.0129	0.0050
8	0.0081	0.0089
7	0.0094	0.0110
6	0.0103	0.0098
5	0.0113	0.0081
4	0.0077	0.0034
3	0.0048	0.0019
2	0.0053	0.0010
1	0.0070	0.0015

Fuente: Zulema Azuncion

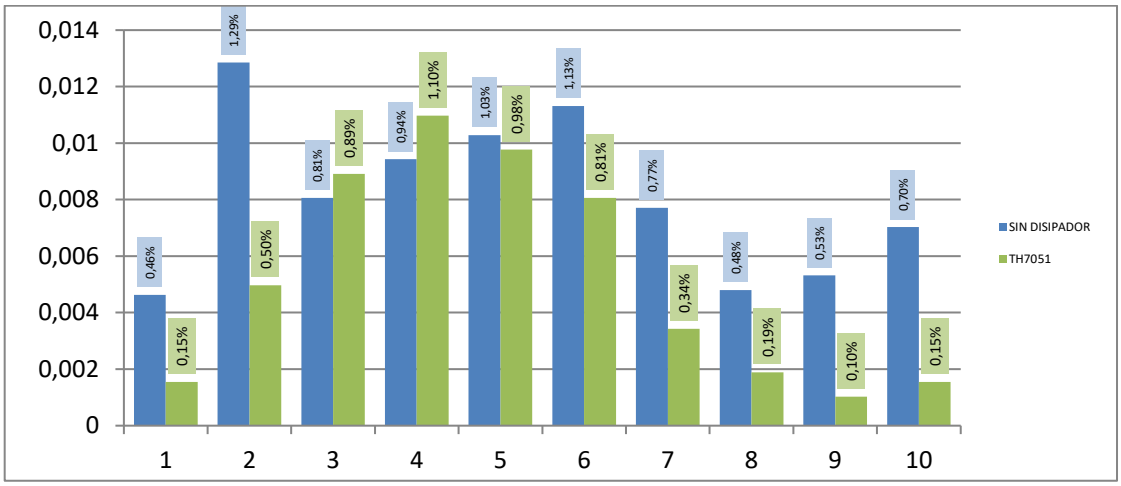


Figura 50: Derivas del pórtico con y sin disipadores de fluido viscoso
Fuente: Zulema Azuncion

En la tabla 14 podemos observar que la estructura sin disipador tiene una deriva de 1.29% en el piso 9 mientras que el mismo pórtico con disipadores de fluido viscoso es de 0.50%.

4.9. Analisis Desplazamiento vs tiempo

Se obtuvo del software Sap2000 el máximo desplazamiento de la estructura en la dirección UY, analizaremos el nudo 33 sometido a los registros utilizados.

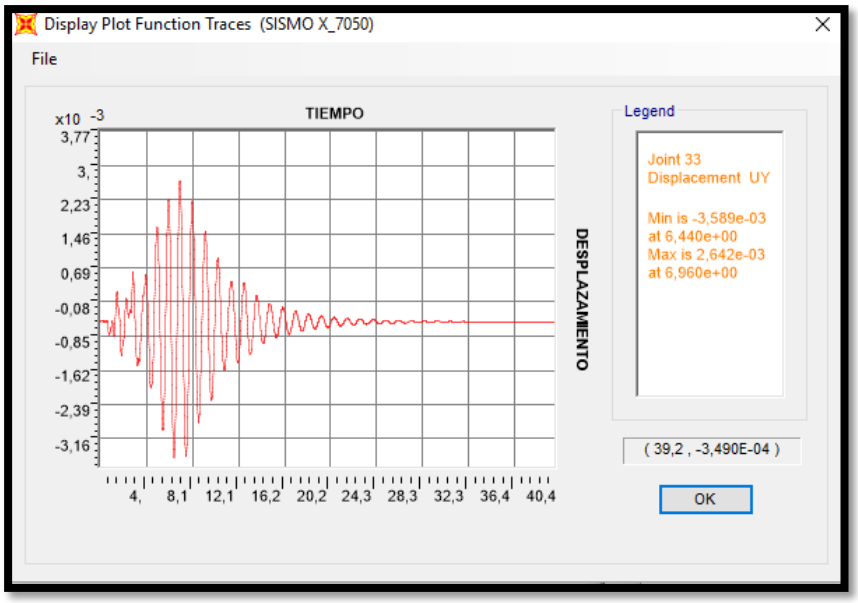


Figura 51: Desplazamiento VS Tiempo 7050 en X (nudo33)
Fuente: Zulema Azuncion

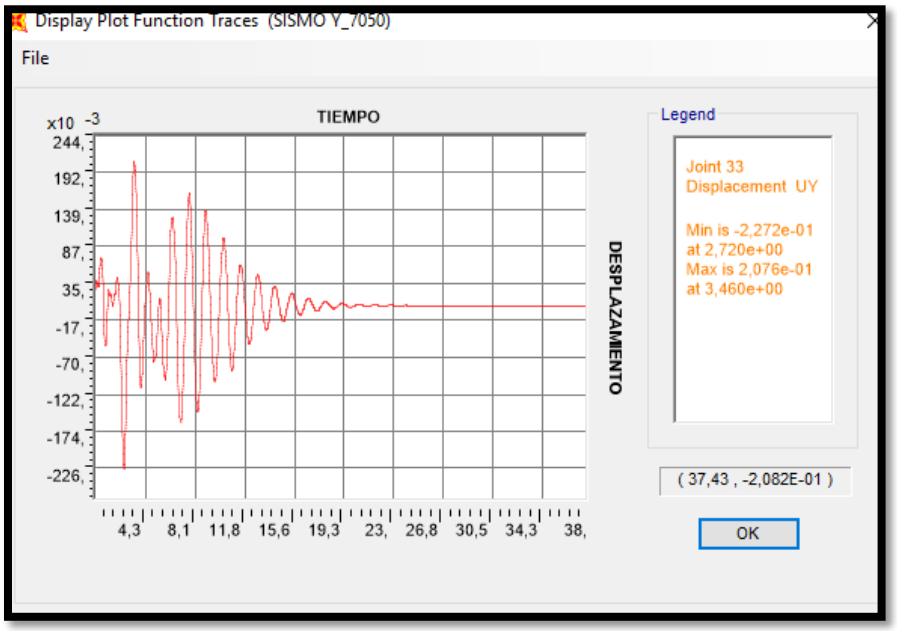


Figura 52: Desplazamiento vs Tiempo 7050 en X (Nudo 33)
Fuente: Zulema Azuncion

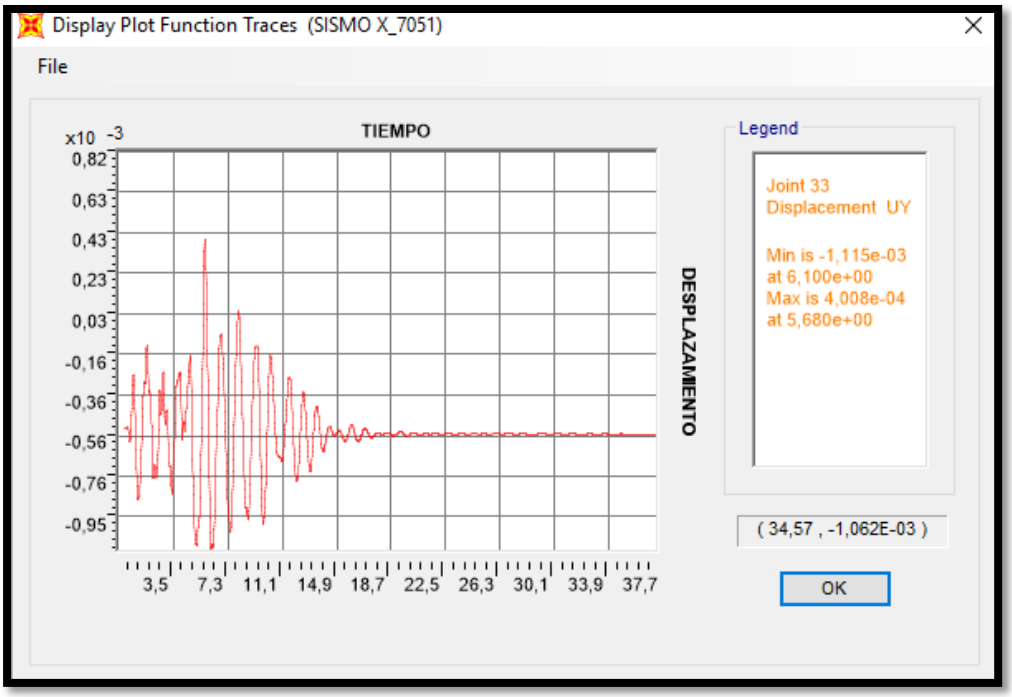


Figura 53: Desplazamiento vs Tiempo 7051 en x (Nudo 33)
Fuente: Zulema Azuncion

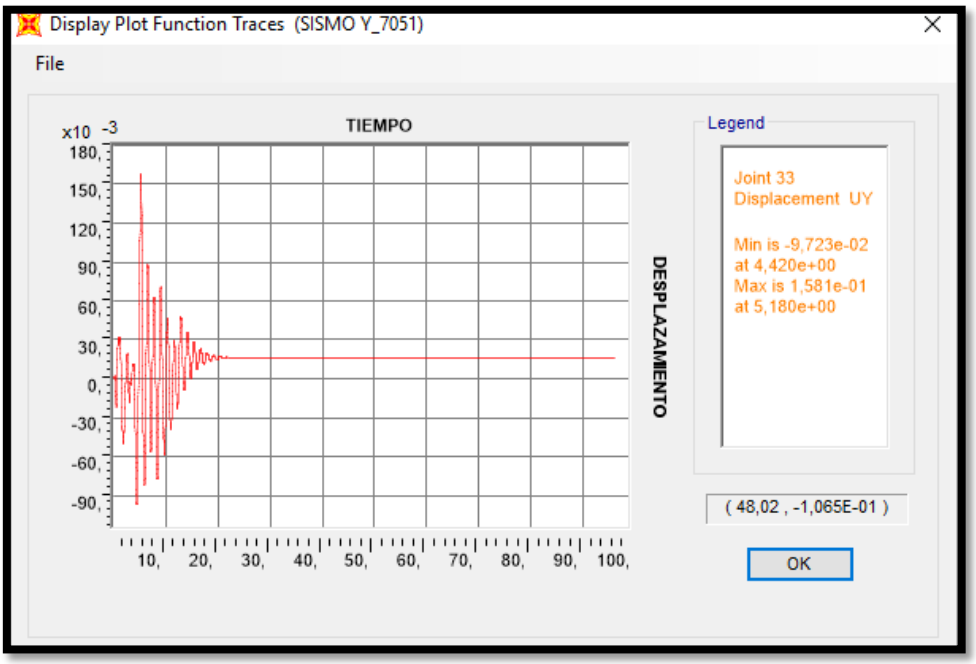


Figura 54: Desplazamiento vs Tiempo 7051 en Y (Nudo 33)
Fuente: Zulema Azuncion

4.10. Balance de Energía.

Evaluamos el comportamiento de los dispositivos en la disipación de energía de entrada a través del siguiente gráfico que lo obtenemos mediante SAP2000, este gráfico nos demuestra que existe una reducción de energía en la que la estructura reduce daños es decir que si existe una disipación de energía ante un evento sísmico:

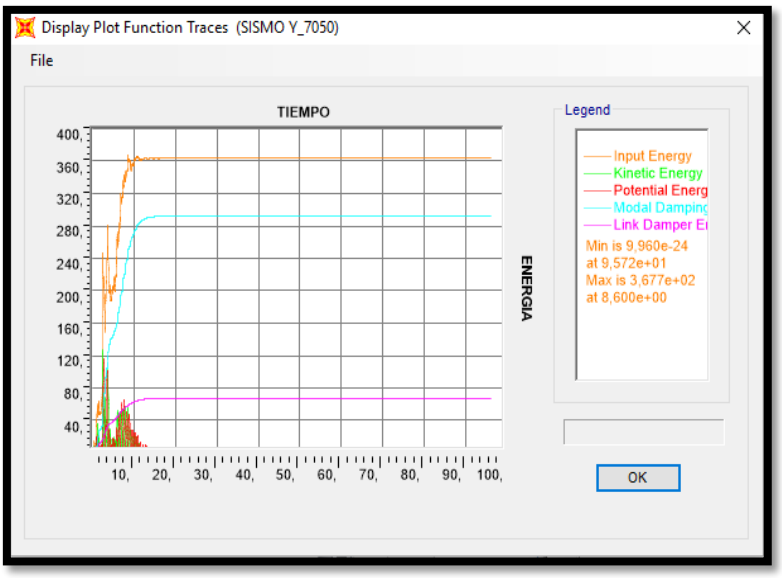


Figura 55: Distribución de energía sometido al registro 7050
Fuente: Zulema Azuncion

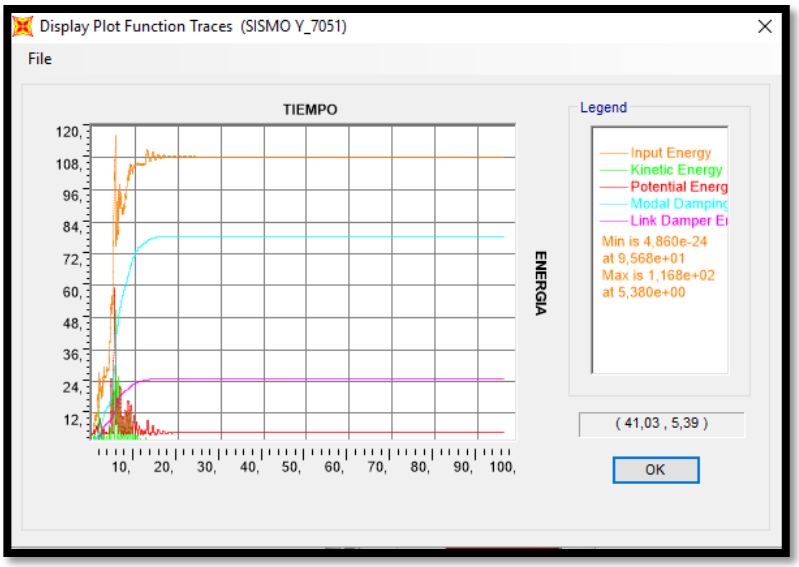


Figura 56: Distribución de energía sometido al registro 7051
Fuente: Zulema Azuncion

4.11. Curva de Histéresis

El siguiente gráfico muestra el comportamiento del disipador observando una disposición elíptica, el área de la curva representa la energía disipada.

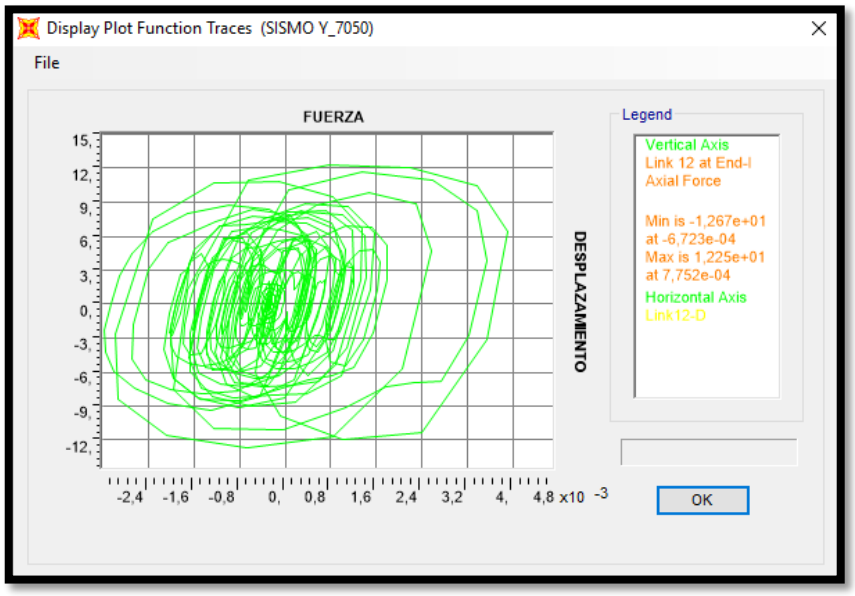


Figura 57: Histéresis del disipador 12 sometido al registro 7050
Fuente: Zulema Azuncion

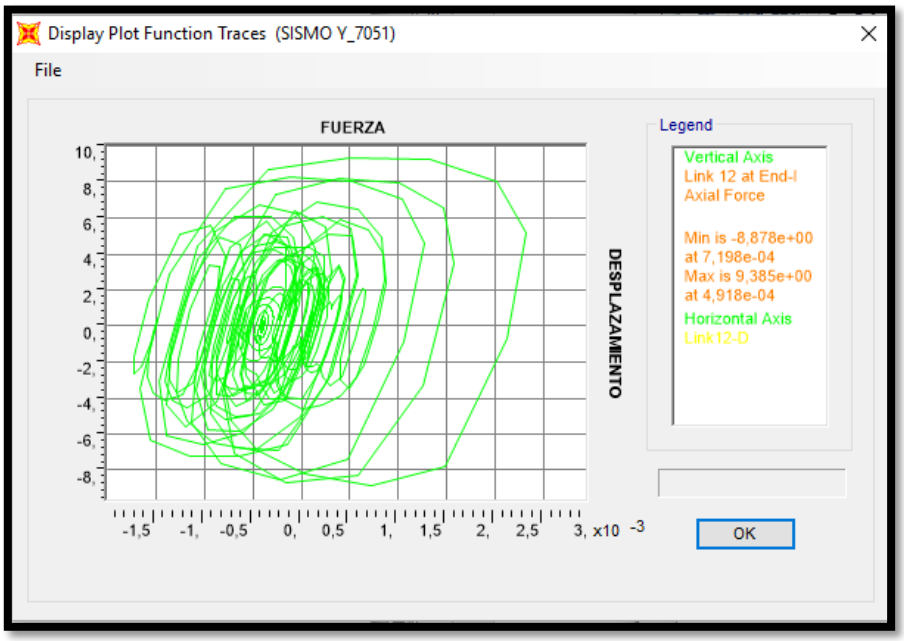


Figura 58: Histéresis del disipador 12 sometido al registro 7051
Fuente: Zulema Azuncion

4.12. Diseño Del Amortiguador.

Para poder diseñar el dispositivo tenemos que tener en cuenta los valores de las fuerzas de cada disipador que ha sido analizado por medio de tiempo-historia.

Tabla 19: Fuerzas en los disipadores del pórtico

DISIPADOR	FUERZA (Tn)	FUERZA (Kip)	FUERZA DE DISEÑO
1	23.52	51.85	55
2	6.3	13.89	55
3	18.89	41.64	55
4	17.44	38.45	55
5	18.43	40.63	55
6	16.32	35.98	55
7	16.68	36.77	55
8	17.09	37.68	55
9	18.19	40.10	55
10	12.25	27.01	55
11	23.7	52.25	55
12	7.15	15.76	55
13	18.88	41.62	55
14	17.37	38.29	55
15	18.49	40.76	55
16	16.37	36.09	55
17	16.6	36.60	55
18	16.87	37.19	55
19	18.11	39.93	55
20	12.35	27.23	55

Fuente: Zulema Azuncion

Tabla 20: Números de amortiguadores

FUERZA DE DISEÑO	# DE DISIPADORES
55	20

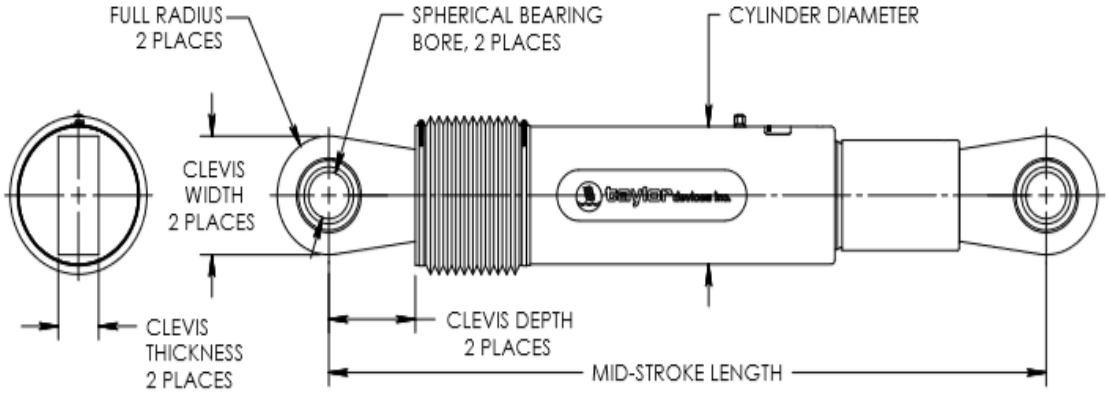
Fuente: Zulema Azuncion

Una vez obtenida la fuerza de diseño y el número de amortiguadores se procede a establecer las propiedades del dispositivo de acuerdo a lo estipulado en las características ofrecidas por el fabricante.

El principal fabricante de disipadores es Taylor Devices por lo que he hemos empleado la siguiente tabla:

taylor devices inc.

FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES



FORCE	SPHERICAL BEARING BORE DIA. (INCHES)	MID-STROKE LENGTH (INCHES)	STROKE (INCHES)	CLEVIS THICKNESS (INCHES)	CLEVIS WIDTH (INCHES)	CLEVIS DEPTH (INCHES)	CYLINDER DIA. (INCHES)	WEIGHT (lbs.)
55 KIP	1.50	34.13	±3	1.63	4 MAX.	3.25	4-1/2 MAX.	90
110 KIP	2.00	42.00	±4	2.13	4-3/4 MAX.	4.00	5-3/4 MAX.	185
165 KIP	2.25	47.00	±4	2.25	6 MAX.	5.10	7-1/4 MAX.	300
220 KIP	2.75	48.75	±4	2.75	7-1/2 MAX.	5.88	8-1/4 MAX.	425
330 KIP	3.00	51.75	±4	3.00	8 MAX.	6.38	9-1/2 MAX.	600
440 KIP	3.50	62.00	±5	3.50	9 MAX.	7.50	11-1/4 MAX.	900
675 KIP	4.00	62.00	±5	4.50	12-3/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1300
900 KIP	5.00	74.00	±5	5.50	12-3/4 MAX.	10.75	16-3/4 MAX.	2650
1450 KIP	6.00	84.00	±5	6.00	13-3/4 MAX.	12.00	20-1/4 MAX.	4100
1800 KIP	7.00	88.25	±5	7.00	16-1/4 MAX.	12.50	22-1/4 MAX.	5500

Figura 59: Propiedades del dispositivo Taylor

Fuente: Taylor Devices

Los dispositivos que hemos seleccionado son los amortiguadores de 55 Kip a 110 Kip. En las tablas 19-20 mostramos el cálculo de las dimensiones de los dispositivos

4.13. Ventajas Del Disipador De Fluido Viscoso

4.13.1. Técnicas.

- Disipa la energía sísmica un 20% a 40%
- Reduce daños estructurales
- Mejora el desempeño de la estructura
- Disminuyen las derivas máximas

4.13.2. Funcionales.

- Sistema efectivo para las estructuras de mediana y grandes alturas
- No solo se puede implementar en nuevas estructuras, también refuerza estructuras ya construidas.
- Después del evento sísmico severo la estructura vuele a su posición inicial.

4.13.3. Económicas.

- Según CVR producciones unos de los fabricantes del disipador el valor se puede estimar cerca del 1% al 3% del valor total del proyecto.

Capítulo V

Conclusiones Y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Para concluir la presente investigación consideramos que cada uno de los sistemas de protección sísmica tiene ventajas y desventajas pero el más utilizado es el sistema pasivo debido a que es confiable, eficiente y por lo que no requieren mantenimiento constante. Los sistemas de pasivos son más simples de modelar en software de ingeniería estructural a diferencia de los demás por la complejidad y método de cálculo.

- Al analizar los desplazamientos y derivas de ambos pórticos con y sin disipador viscoso sometidos a los dos registros sísmicos 7050 y 7051 cumplen con la norma NEC-15 el cual no debe exceder el 2% siendo la máxima deriva en el pórtico analizado de 1%

- Por ultimo las ventajas del disipador viscoso estudiado en esta investigación es que reduce los daños, aun después de un sismo severo la estructura vuelve a su posición inicial sin necesidad de mantenimiento.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que la estructura este muy bien diseñada (por capacidad) que cumpla todos los requisitos de la norma y el reglamento para que no exista ningún inconveniente al momento de implementar el disipador.

- Se recomienda realizar un estudio exhaustivo con otros tipos de disipadores para elegir el que más convendría en la estructura.

- Se recomienda que al terminar el diseño con el disipador se debe comprobar los desplazamientos de la estructura para evitar problemas de torsión.

- Se recomienda modelar la estructura mediante acelerogramas provistos por el Instituto Geofísico ya que son registros más precisos y confiables, obtenidas con los tipos del suelo del país.

ANEXOS

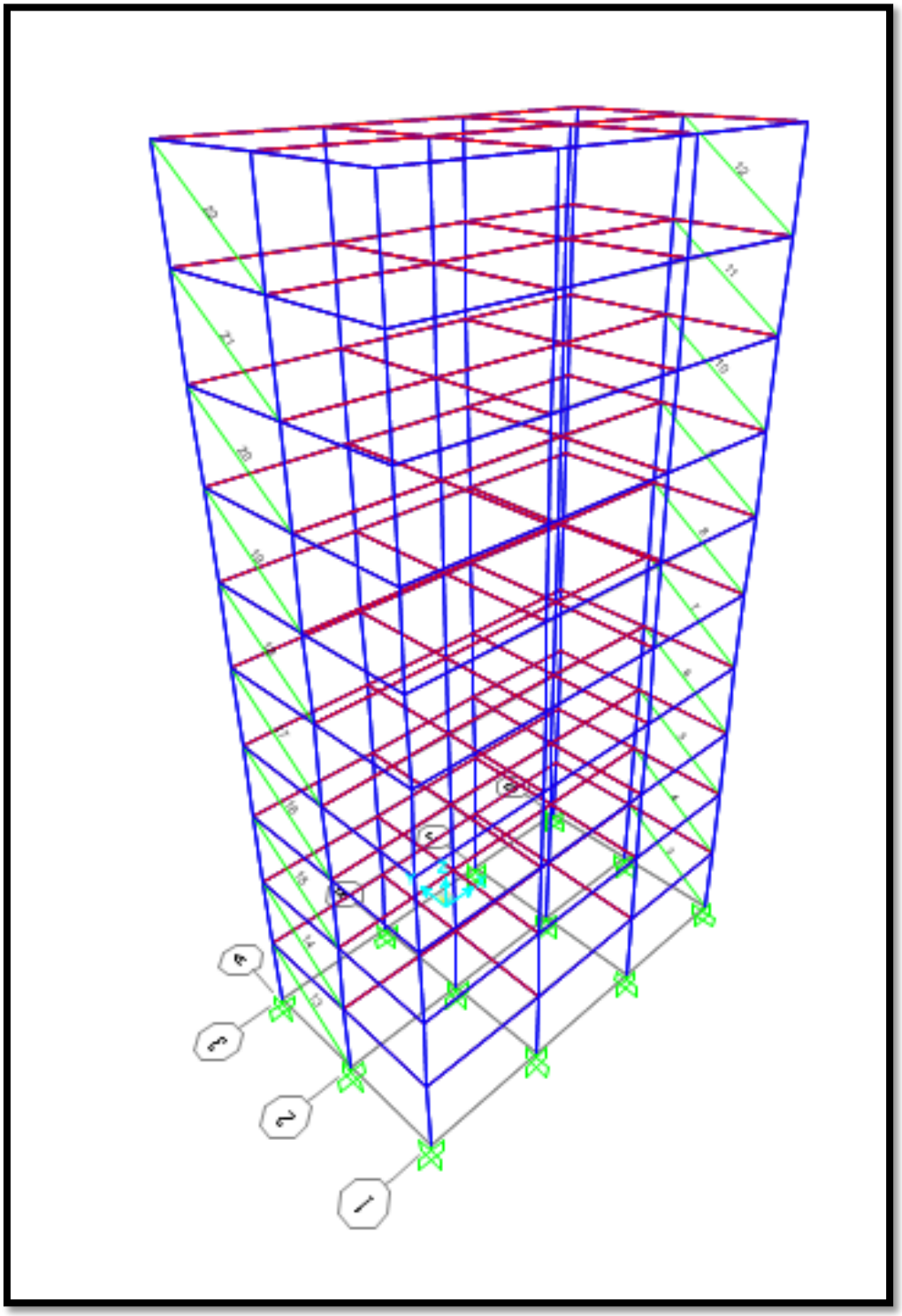
Anexo 1: Tabla de datos para el espectro de diseño.

T (Seg)	Sa (g)	Sa*I / R (g)
0.00	1.389	0.174
0.763 seg	1.389	0.174
1.00	0.926	0.116
1.50	0.504	0.063
2.00	0.327	0.041
2.50	0.234	0.029
3.00	0.178	0.022
3.50	0.141	0.018
4.00	0.116	0.014
4.50	0.097	0.012
5.00	0.083	0.010
5.50	0.072	0.009
6.00	0.063	0.008
6.50	0.056	0.007
7.00	0.050	0.006
7.50	0.045	0.006
8.00	0.041	0.005
8.50	0.037	0.005
9.00	0.034	0.004
9.50	0.032	0.004
10.00	0.029	0.004
10.50	0.027	0.003
11.00	0.025	0.003
11.50	0.024	0.003

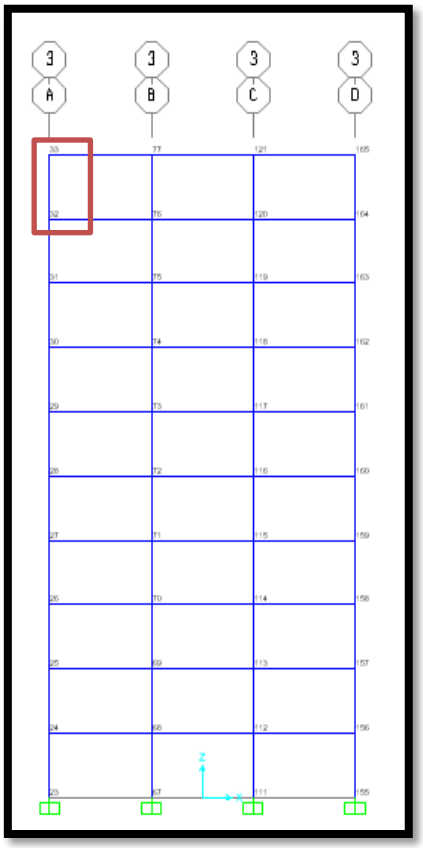
Anexo 2: Tipo de perfil de suelo para el diseño

Tipo de Perfil de Suelo	Descripción	Definición
○ A ○ B ○ C ◉ D ○ E	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos rígidos que cumplan con la definición 2 ó 3.	1.- 360 m/s > Vs ≥ 180 m/s 2.- 50 > N ≥ 15.0 3.-100 kPa (≈ 1 kgf/cm2) > Su ≥ 50 kPa (≈0.5 kgf7cm2)

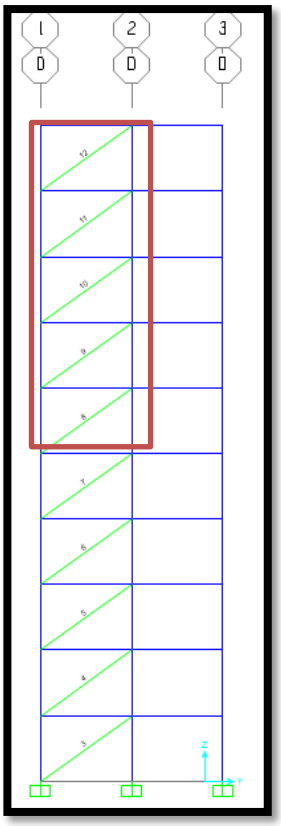
Anexo 3: Estructura con disipadores



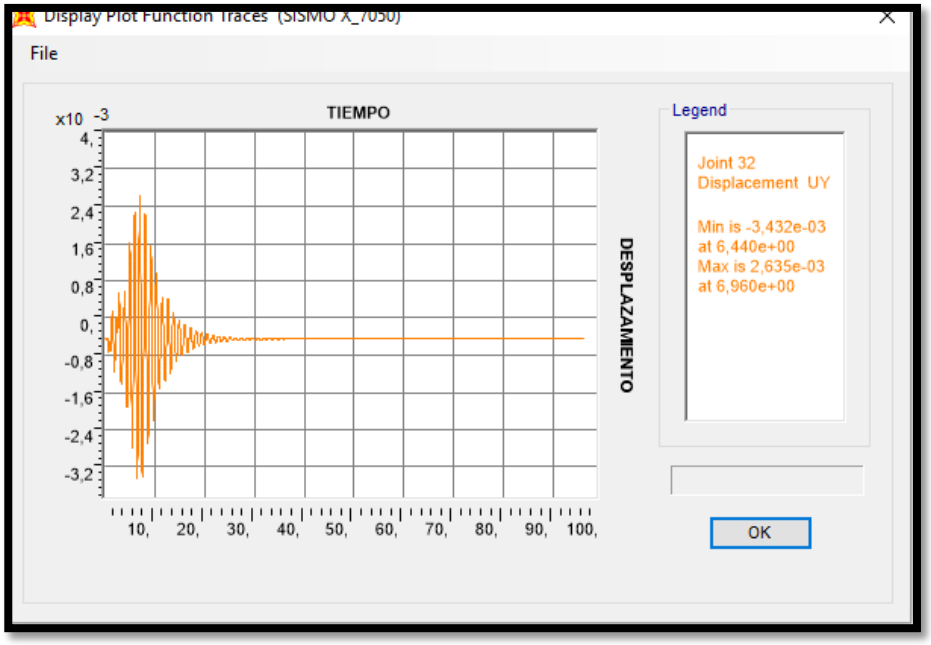
Anexo 4: Nudos a analizar

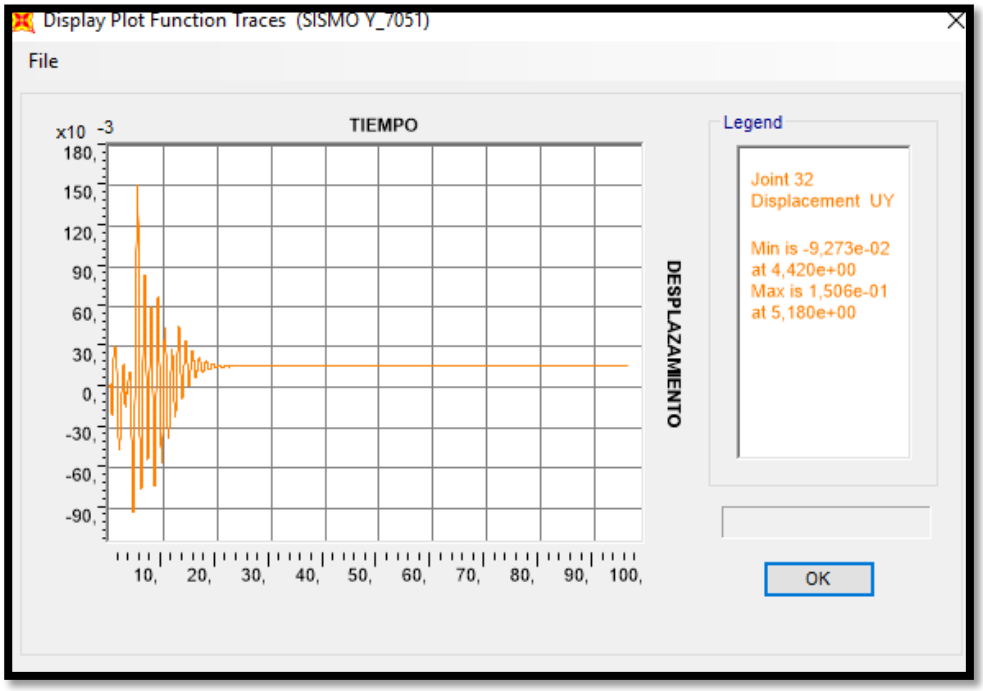


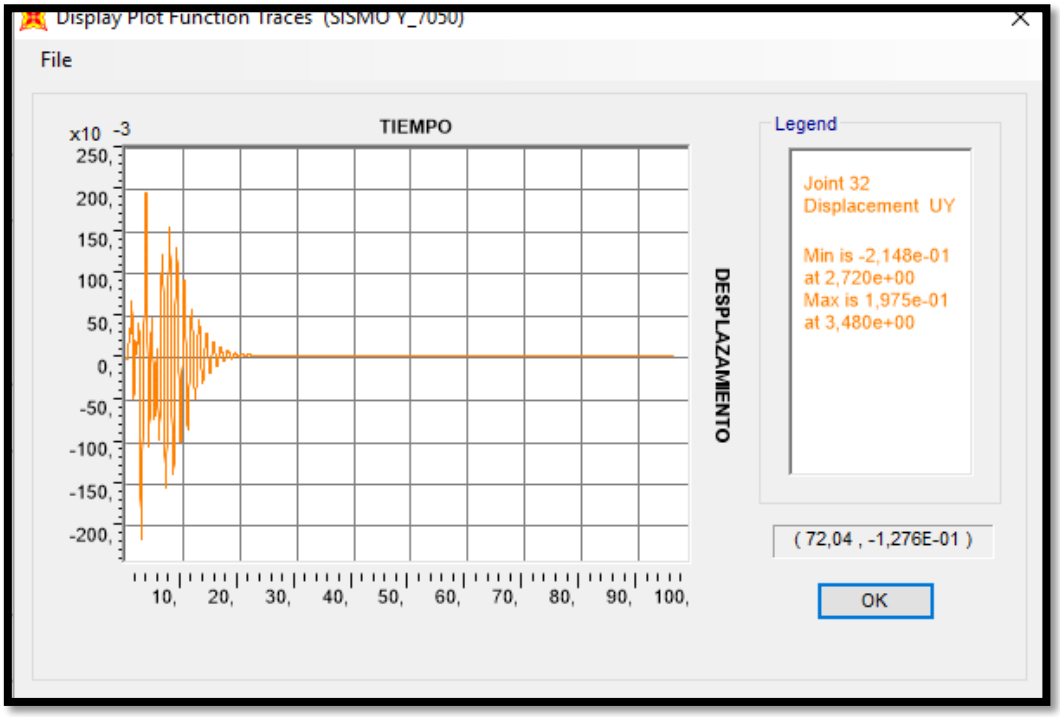
Anexo 5: Disipadores analizados

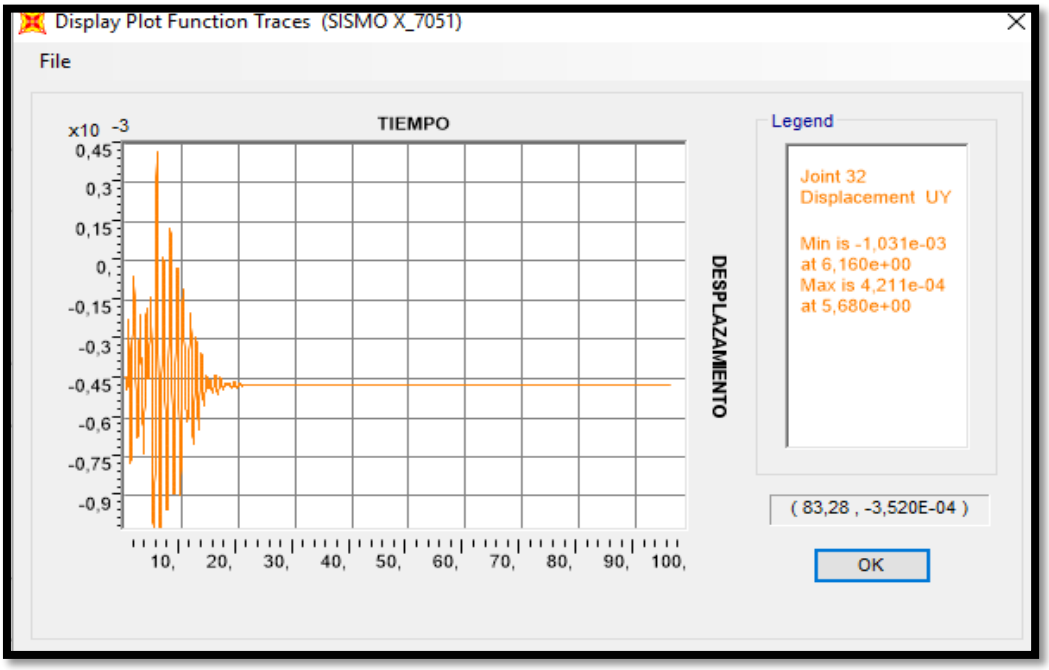


Anexo 6: Desplazamiento vs tiempo del nudo 32

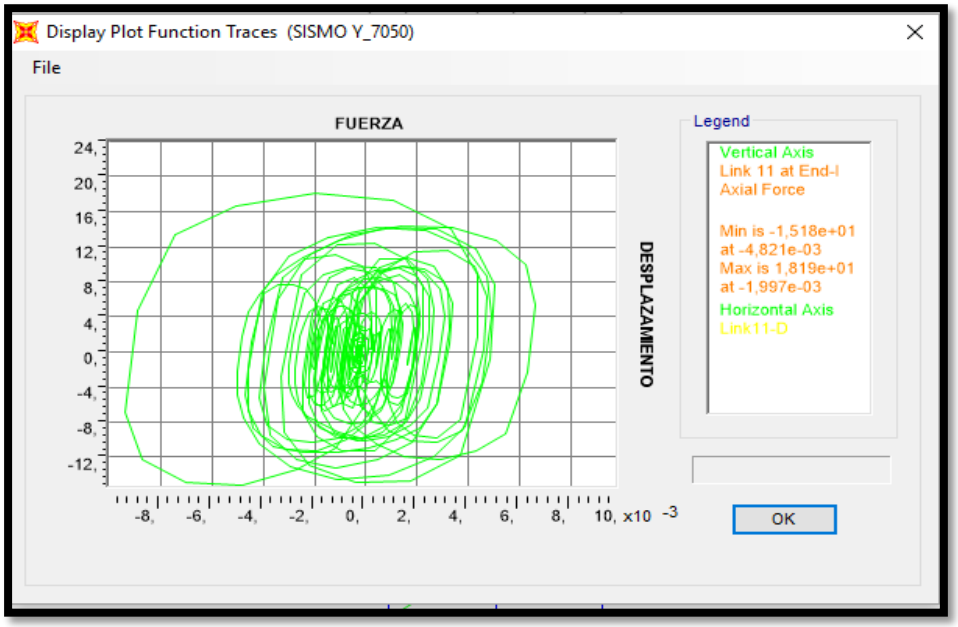


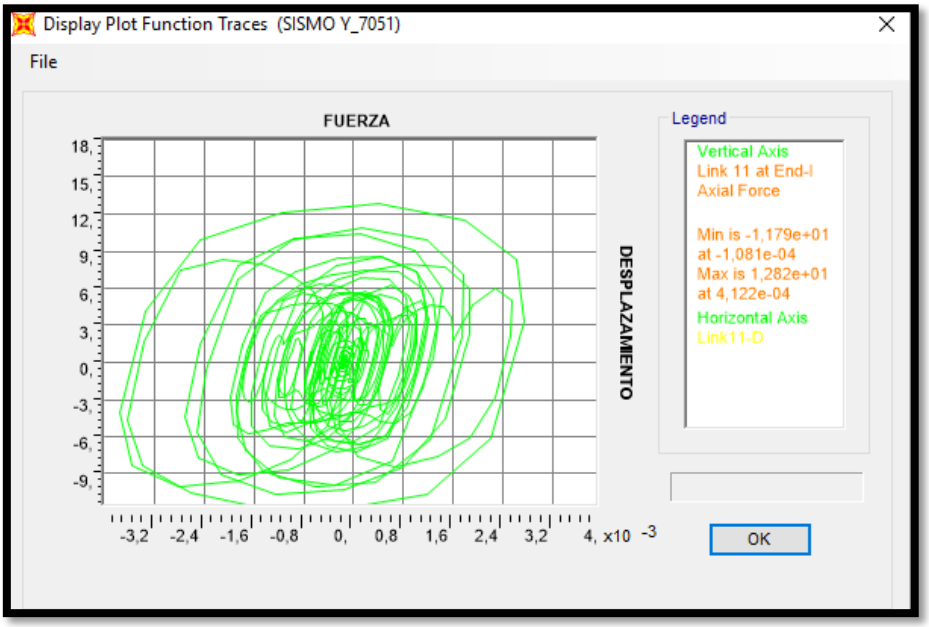



Display Plot Function Traces (SISMO Y_7050)
File
x10 -3
TIEMPO
250,
200,
150,
100,
50,
0,
-50,
-100,
-150,
-200,
10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100,
DESPLAZAMIENTO
Legend
Joint 32
Displacement UY
Min is -2,148e-01
at 2,720e+00
Max is 1,975e-01
at 3,480e+00
(72,04 , -1,276E-01)
OK

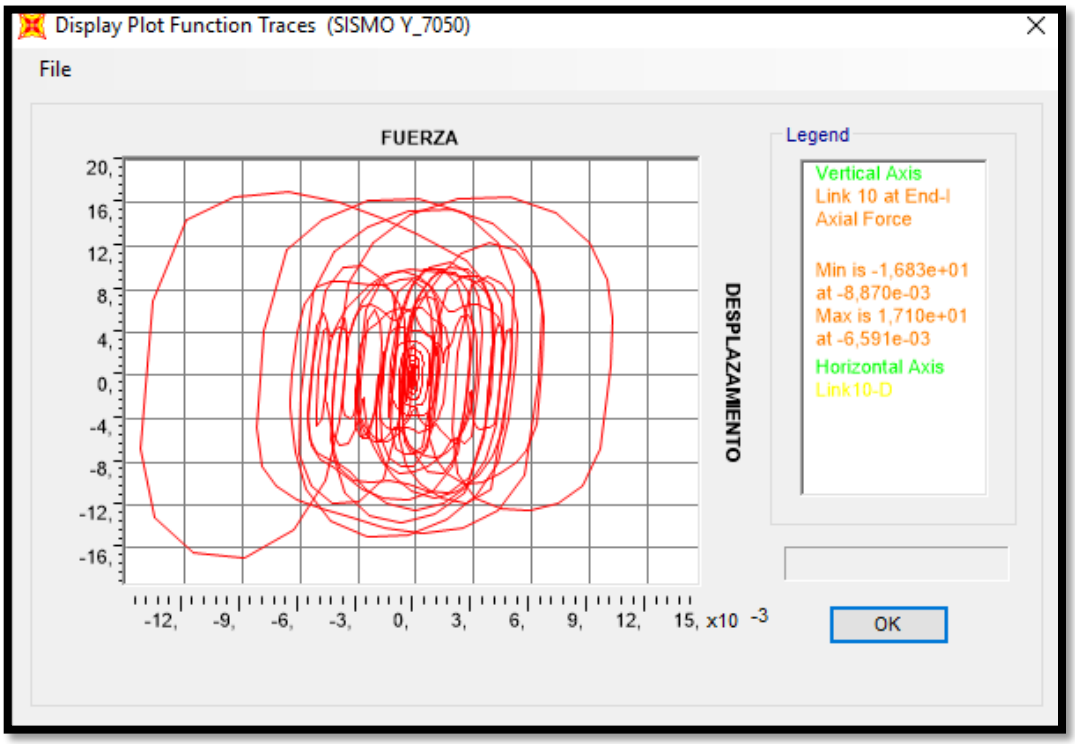

Display Plot Function Traces (SISMO X_7051)
File
x10 -3
TIEMPO
0,45
0,3
0,15
0,
-0,15
-0,3
-0,45
-0,6
-0,75
-0,9
10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100,
DESPLAZAMIENTO
Legend
Joint 32
Displacement UY
Min is -1,031e-03
at 6,160e+00
Max is 4,211e-04
at 5,680e+00
(83,28 , -3,520E-04)
OK

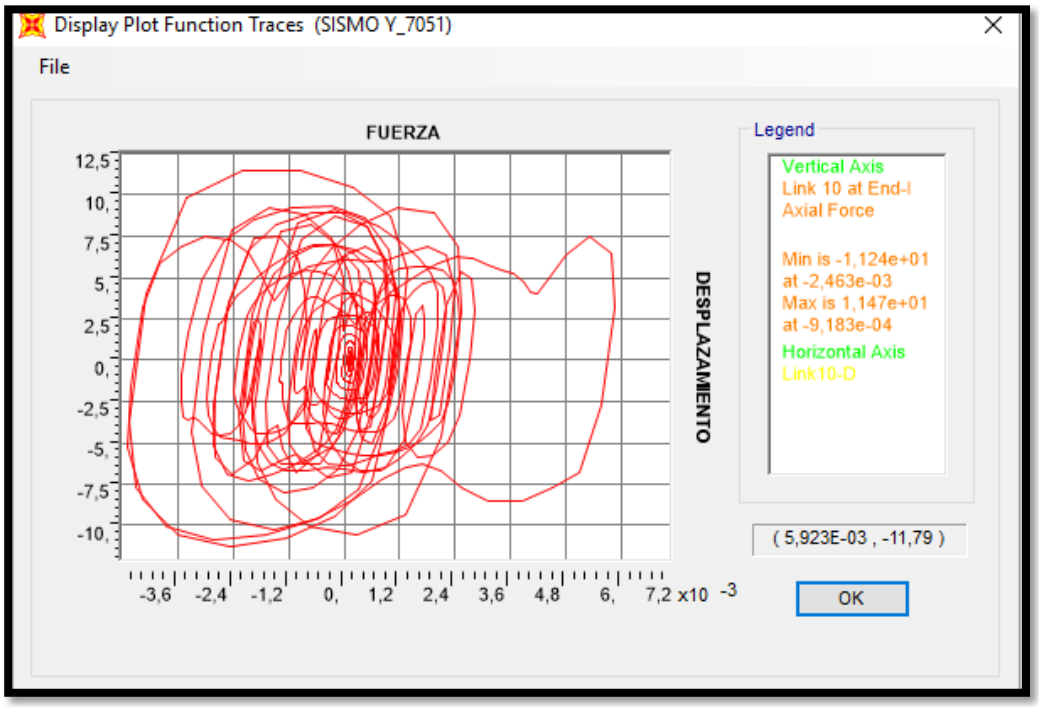
Anexo 7: Histéresis del disipador 11



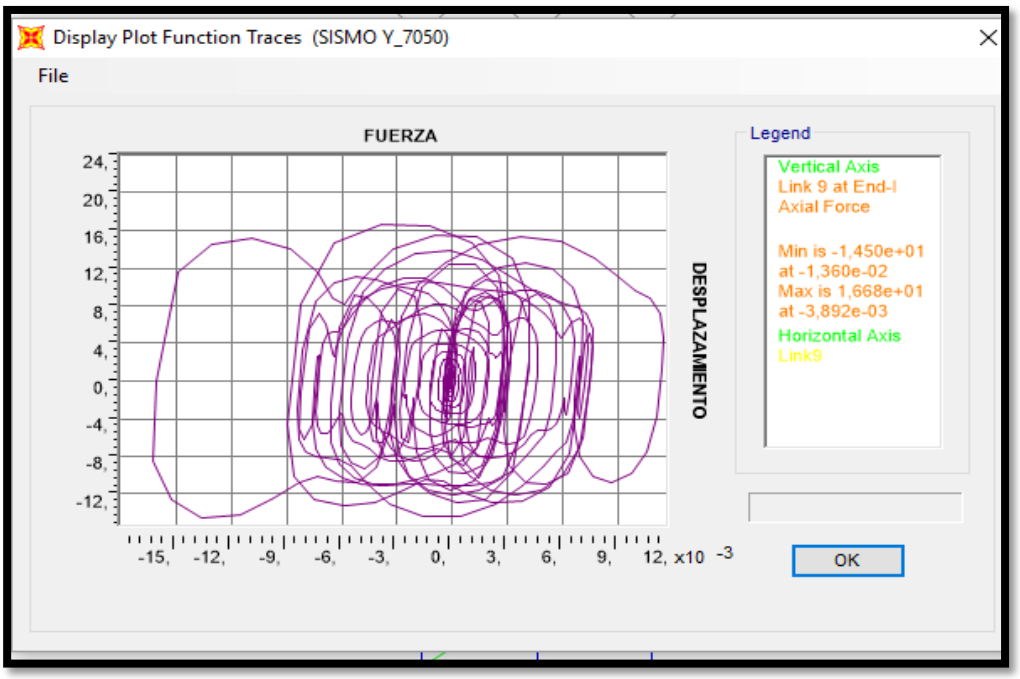


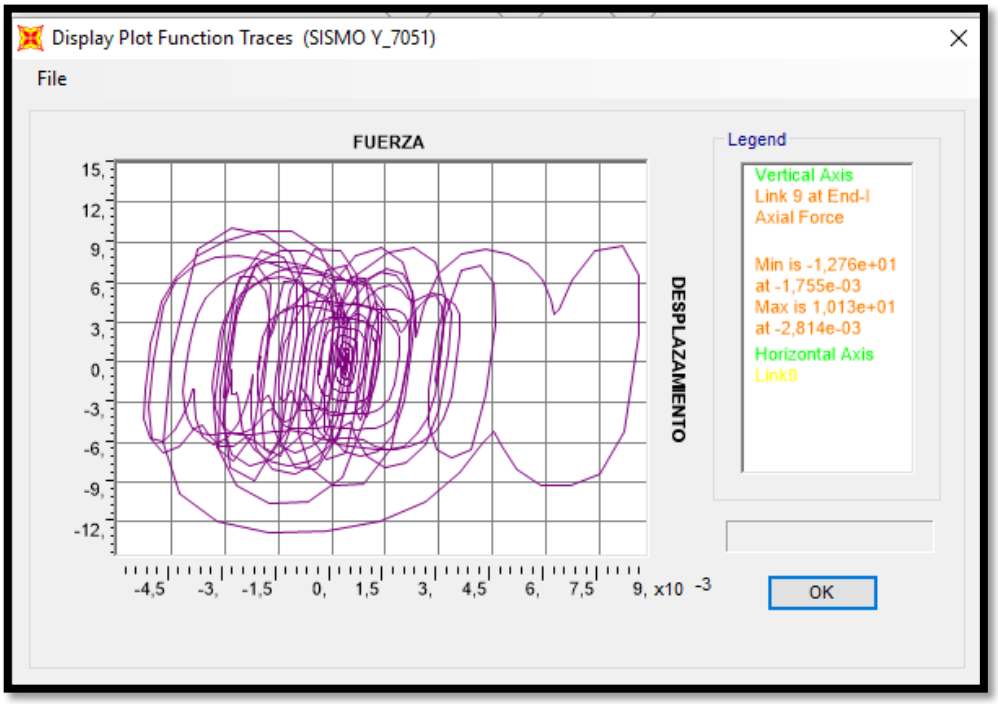
Anexo 8: Histéresis del disipador 10



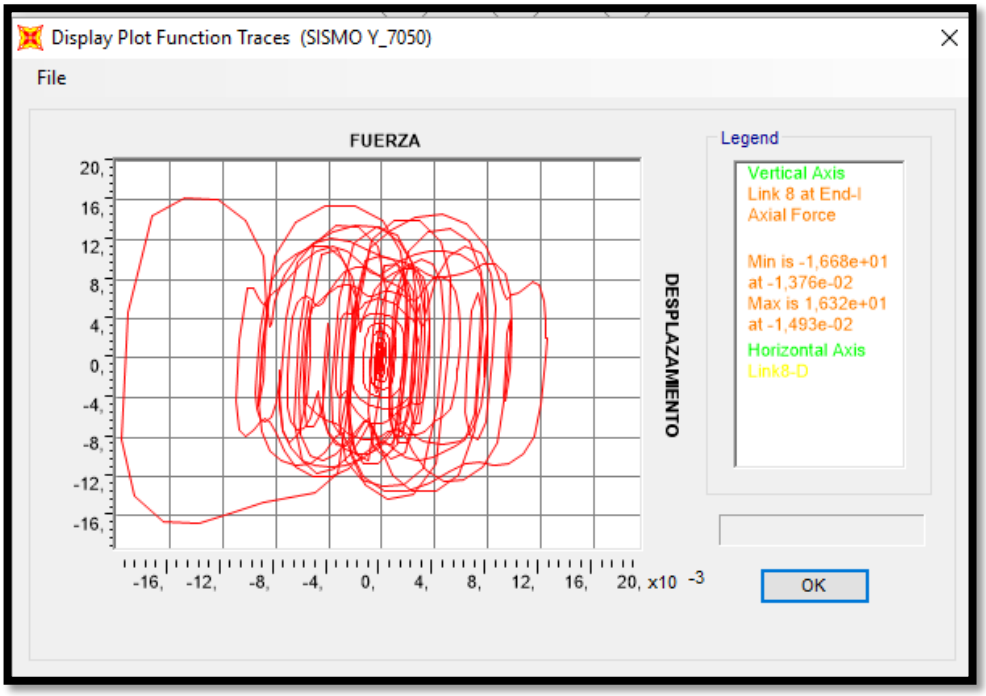


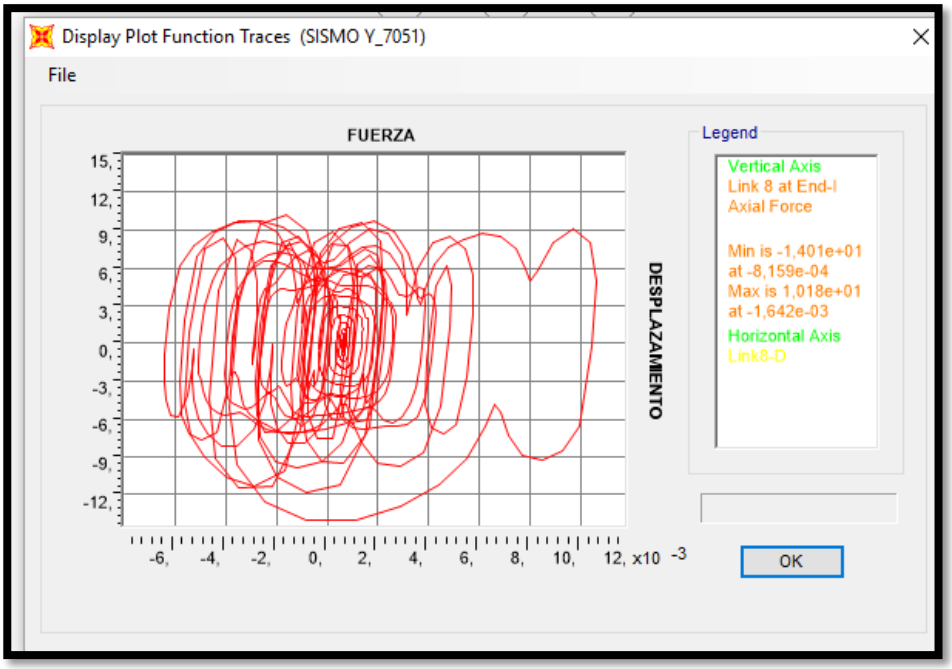
Anexo 9: Histéresis del disipador 9



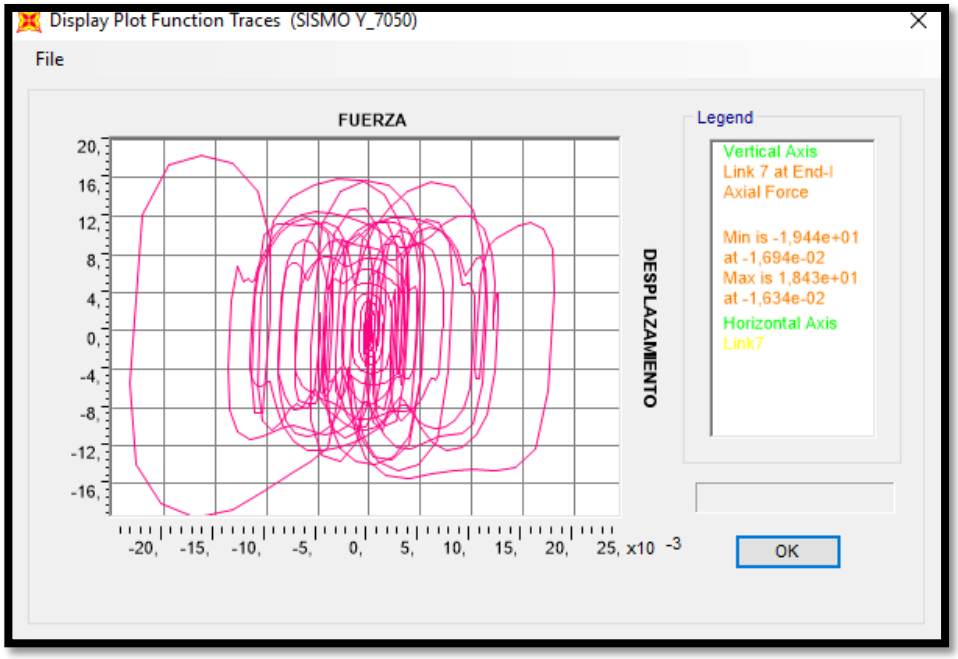


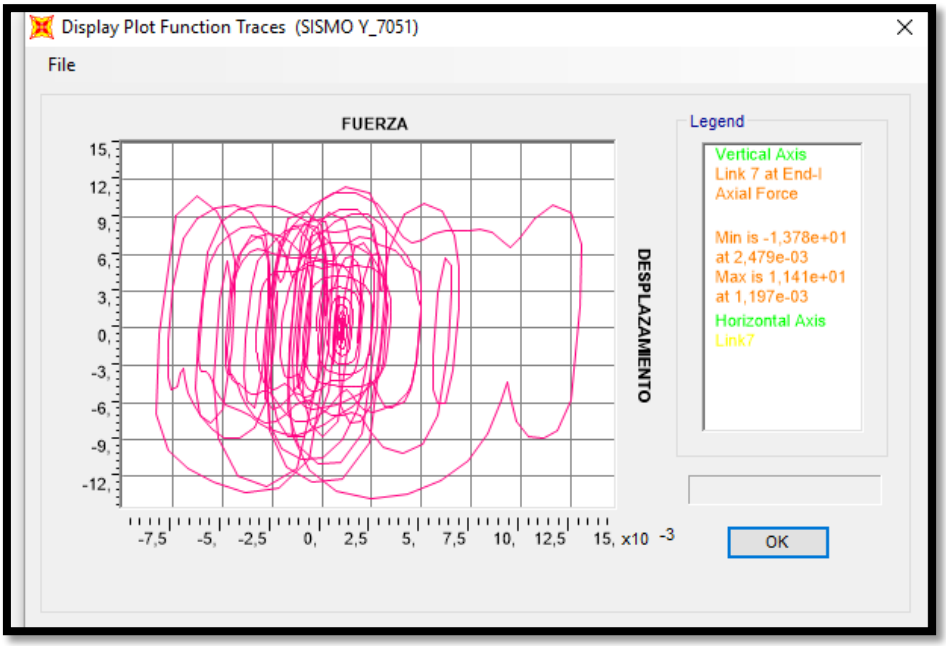
Anexo 10: histéresis del disipador 8



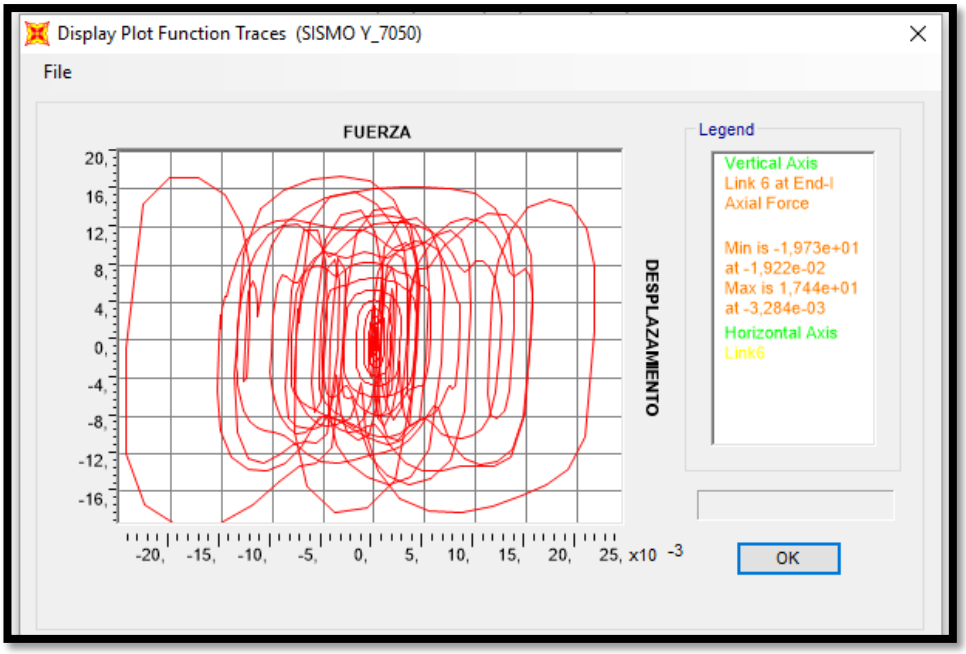


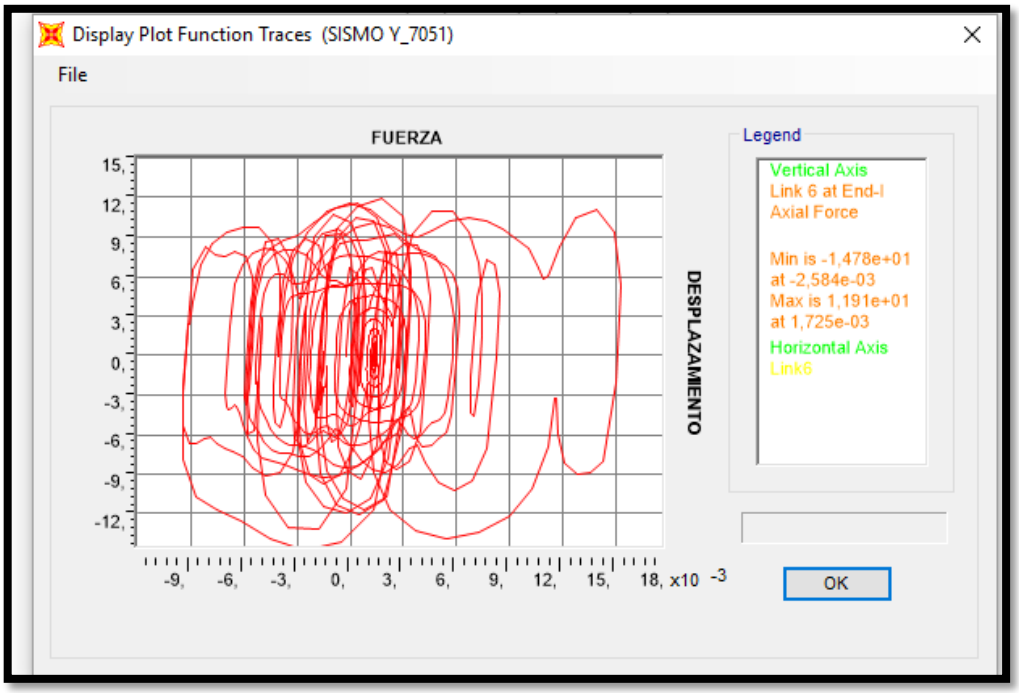
Anexo 11: histéresis del disipador 7



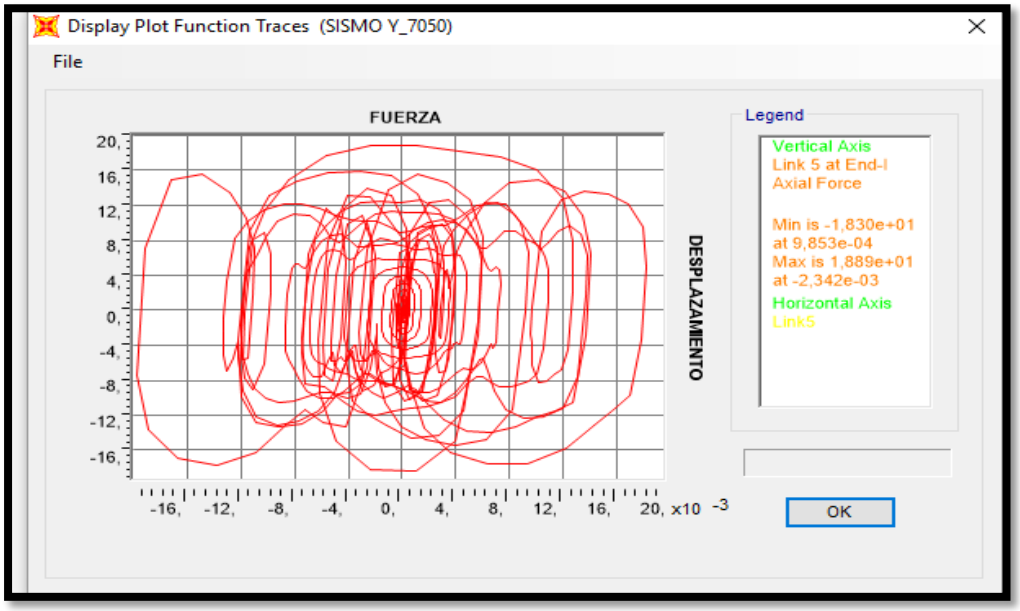


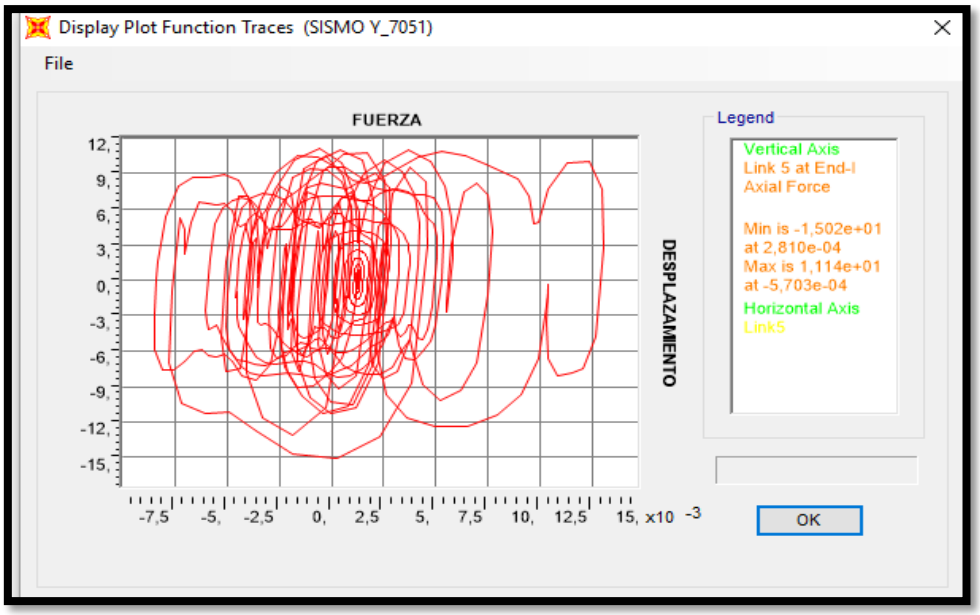
Anexo 12: Histéresis del disipador 6



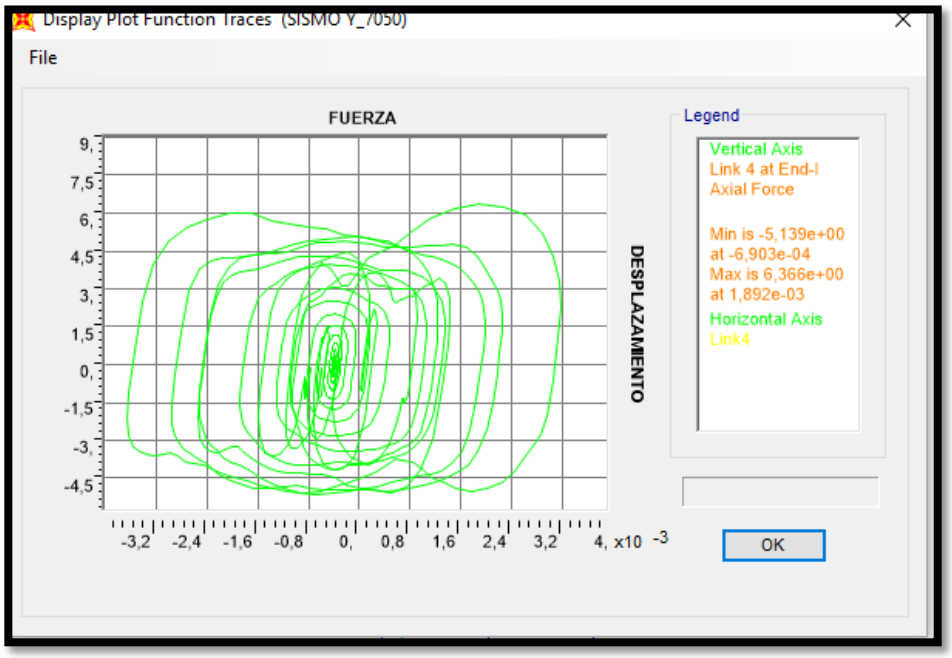


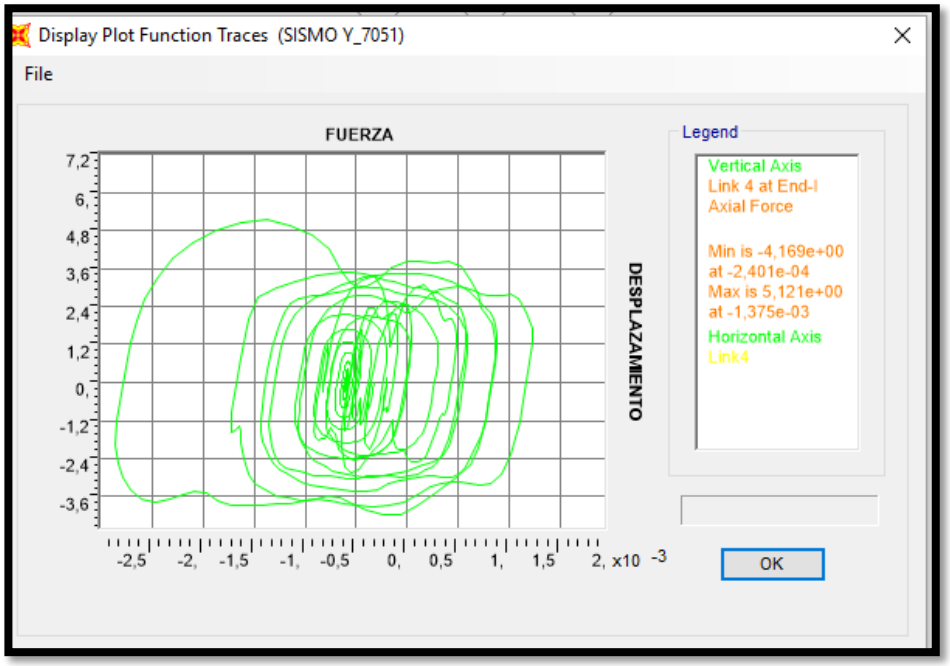
Anexo 12: Histéresis del disipador 5





Anexo 13: Histéresis del disipador 4





Anexo 14: Especificaciones Taylor

DATOS Y ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA PARA DISIPADORES SÍSMICOS TAYLOR

Los Amortiguadores de Fluido Viscoso de Taylor Devices cuentan con un exitoso historial de más de 40 años al servicio del Gobierno y de la industria pesada de EE.UU. Taylor Devices ha producido más de dos millones de Amortiguadores de Fluidos Viscosos desde 1955, diseñados y elaborados en una sola planta de fabricación en North Tonawanda, Nueva York, EE.UU.

Los cilindros presurizados y los acabados de todos los amortiguadores, están mecanizados a partir de una aleación de acero laminado, internamente roscados y templados. Todos los cilindros amortiguadores de Taylor Devices están clasificados y sometidos a pruebas a fin de soportar una presión mínima de 20,000 psi, según las normas del Gobierno de EE.UU. Todos los productos de Taylor Devices no están propensos a fallas en las barras de acoplamiento, soldaduras, piezas moldeadas o uniones, proporcionando al dispositivo la amortiguación más compacta y confiable disponible.

Todos los vástagos de los pistones son maquinados a partir del acero inoxidable laminado tipo 17-4 PH, templado, pulido a mano para un acabado superficial tipo espejo de 2 micro pulgadas, e impregnadas con Teflon® mediante un proceso patentado.

Todos los sellos de presión dinámica son fabricados en exclusiva y están patentados por Taylor Devices, y son maquinados partir de un bloque de polímero estructural. Nuestros sellos no son elastoméricos y por lo tanto, no se requiere cambios o ajustes periódicos en los sellos.

El fluido de funcionamiento es de silicona inerte, fabricada según las normas federales de EE.UU., ambientalmente seguro e inerte estéticamente. Este líquido es formulado exclusivamente para Taylor Devices, y está clasificado como no inflamable e incombustible según las regulaciones OSHA.

Todos los conductos del flujo de amortiguación internos son del tipo anti-obstrucción y descarga anular. Los orificios son del tipo fluido en estado sólido, con compensación pasiva de temperatura, sin partes móviles, resortes, válvulas de retención ni bobinas. El rango de la temperatura de funcionamiento es de -40°F a +160°F.

Todos amortiguadores de fluido viscoso Taylor son fabricados libres de mantenimiento. No requiere depósitos, tubería externa, indicadores del nivel del fluido, acumuladores o realizar cambios de aceite periódicos. Por lo tanto, todos los usuarios se benefician de nuestros más de 50 años de experiencia en el diseño y fabricación de los productos de amortiguación por fluidos.

Cada uno de los amortiguadores de fluido viscoso de Taylor, son probados individualmente con los esfuerzos y velocidades máximas especificadas por el cliente antes de la entrega.

BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, R. (2008). *Analisis Sismico de Edificios* (1 ed.). Quito: Centro de investigaciones Cientificas.

Avilés, R. (2001). *Dispositivos para el control de vibraciones.* Valdivia .

Camara Chilena de Construcción. (2011). *Protección Sísmica de Estructuras.* Chile.

Carranza, J. (2015). *Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de trujillo.* Perú.

Cuntó, I. (2014). *Uso de disipadores viscosos en edificios de hormigon armado en la ciudad de Guayaquil para el mejoramiento del desempeño sismico.* . Guayaquil.

Izaguirre, A. (2007). *Sistema de Aisladores Sismicos de Base Para Edificios* . Mexico.

Lama, W. (2013). *Analisis y diseño de estructuras de acero con disipadores viscoelasticos para la ciudad de Guayaquil.* Guayaquil.

Lama, W. (2013). *Analisis y Diseño de Estructuras de acero con disipadores viscoelasticos para la ciudad de Guayaquil.* Guayaquil.

Pardo, J. P. (2007). *Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energia de fluido viscos tipo lineal.* Valdivia.

Sadowski, J. C. (2015). *Analisis sismico de una edificacion con disipadores de fluido viscoso.* Lima.

Universidad Cesar Vallejo. (2013). *Amortiguadores y disipadores sismicos.* Lima.

Villarreal, G., & Oviedo, R. (2009). *Edificaciones con disipadores de energía.* Lima.

www.wipedia.com. (s.f.).

Presidencia
de la República
del Ecuador

Plan Nacional de Ciencia y Tecnología
Innovacion y saberes

senescyt

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO	Análisis Comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en SAP2000

AUTOR/ES: Lenny Zulema Azuncion Vinces	REVISORES: Ing Carlos Cusme Vera MGs.E. Ing. Adolfo Fernando Villacreses Vera Ing. Douglas Daniel Iturburu Salvador
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: De Ciencias Matematicas y Fisicas
CARRERA: Ingenieria civil	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Nº DE PÁGS: 85

ÁREAS TEMÁTICAS: Estructuras
Analisis del portico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso.

PALABRAS CLAVE:
ANALISIS - PORTICO - CONVENCIONAL - DISIPADORES - FLUIDO VISCOSO.

RESUMEN:

El Ecuador se encuentra en una zona donde los eventos sísmicos ocurren con mayor frecuencia y peligrosidad, provocando daños estructurales en las edificaciones en la mayor parte del país; por ello estas edificaciones demandan elementos estructurales adicionales como son los disipadores de energía que tienen la finalidad de elevar el rango de seguridad. El presente trabajo se enfoca en los disipadores de fluido viscoso en una edificación cualquiera, el análisis de esta estructura fue realizada en el programa SAP2000 donde nos muestra el comportamiento estructural ante un supuesto evento sísmico. Se realizó un estudio del comportamiento del pórtico de 10 pisos con disipadores no lineales sometido a un espectro de respuesta donde muestra una reducción de derivas de entre piso, conociendo de esta manera las ventajas del uso de disipadores en las estructuras. El sistema de protección sísmica en la que está ambientada esta investigación son los disipadores viscosos tipo Taylor, tecnología que lleva más de 60 años implementándose mundialmente. Los disipadores de energía sísmica no solo se usan para disipar la energía que genera el evento sísmico sino también se ha ido implementando para que aumentar la capacidad estructural ahora que los disipadores de energía sísmica no solo se usan para disipar la energía que genera el evento sísmico sino también se ha ido implementando para que aumentar la capacidad estructural.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	Nº. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTOS PDF:	x SI	☐ NO
CONTACTOS CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0995728699-3138104	E-mail: zulema.azuncion_2505@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÒN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS Telèfono: 2-283348	