

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROYECTO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL
EDIFICIO MULTIFAMILIAR LOS ROSALES DE 10 NIVELES CON
DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Bach. ALARCÓN SAGÁSTEGUI, JHOSIP CARLOS

Bach. ASTO PINEDO, JESUS NOE

LINEA DE INVESTIGACION:

ESTRUCTURAS

ASESOR:

Ing. MORAN GUERRERO, VICTOR MANUEL

TRUJILLO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A **DIOS**, por iluminar mi formación, constantes bendiciones por darme fuerza y sabiduría, y gran apoyo espiritual.

A mi familia por consejos y apoyo durante mi formación profesional.

A mis amigos, por el apoyo para poder concluir el presente trabajo.

Jhosip Carlos Alarcón Sagástegui.



DEDICATORIA

A la Universidad Privada Antenor Orrego, mi Alma Mater por acogerme en sus aulas y haberme aceptado ser parte de ella, así como también agradezco a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación brindándome sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mis padres quienes me brindaron su apoyo constante tanto moral como económico para seguir estudiando y cumplir con mis objetivos trazados y ser el orgullo para ellos y mi familia.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante los cinco años de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Jesús Noé Asto Pinedo.



AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial al Ing. Víctor Manuel Moran Guerrero, por las sabias recomendaciones y preocupación incondicional en este trabajo.

Al Ing. Boris Meza Amado y al Bach. Stewart López Otiniano por las valiosas recomendaciones para el desarrollo de la Presente Tesis.

Finalmente, al jurado evaluador, por las revisiones y sus valiosos comentarios.



RESUMEN

El proyecto, comprende el estudio de reforzamiento estructural de un edificio existente de 10 niveles con disipadores de Fluido Viscoso incorporado en ambas direcciones, El sistema estructural predominante de la edificación en la dirección “X” y “Y” es Muros Estructurales, las placas toman los mayores esfuerzos de la edificación, La cimentación está dado por una platea con una profundidad de desplante de 3.00m un peralte de 0.60m. para controlar el asentamiento.

La edificación sin disipadores no cumple la deriva permisible, teniendo un desplazamiento de (0.010 - 0.013) y de acuerdo a la norma peruana sismorresistente NTE E.030, el máximo es de 0.007. Se estudia la configuración de arreglos de disipador: en diagonal. Asimismo, Se implementó en el modelo virtual disipadores de energía viscosos para lograr un mejor desempeño de la estructura mediante los registros tiempo Historia del REDACIS (Red Nacional de Acelerógrafos del CISMID).

Para poder modelar los disipadores, se realizó un análisis no lineal tiempo historia (FNA), se examinan las respuestas de la estructura empleando disipadores no lineales con exponente $\alpha = 0.5$, establecido en la Normativa ASCE 7-10

En base a conceptos de energía se presentan las expresiones para calcular el amortiguamiento efectivo necesario de una edificación.

Los resultados obtenidos, en el modelo virtual indican que con el empleo de estos dispositivos se puede lograr reducir los desplazamientos en los centros de masa, las derivas de entrepiso, las fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores en los elementos estructurales en cada uno de los niveles.

En el modelo virtual cumple con los límites de distorsiones de entrepiso de acuerdo a nuestra normativa. Se obtuvieron reducciones promedio en la dirección “X” de 36.43% para los desplazamientos espectrales máximos y de 31% para las fuerzas espectrales en la base de la estructura. Se optó por disipadores Taylor Devices, el total de 3 por cada dirección XX-YY, siendo un total de disipadores de 6 por nivel, ubicados en las esquinas de la estructura, donde presentan mayores aceleraciones.

PALABRAS CLAVES:

DERIVA PERMISIBLE (Desplazamiento relativo de entre piso)

DISIPADOR TAYLOR DEVICE (Patente de disipador)



ABSTRACT

The project comprises the study of structural reinforcement of an existing 10-level building with viscous fluid dissipators incorporated in both directions. The predominant structural system of the building in the "X" and "Y" direction is Structural Walls, the plates take The major efforts of the building, The foundation is given by a platea with a depth of shame of 3.00m a cant of 0.60m. To control the settlement.

The building without sinks does not comply with the allowable drift, having a displacement of (0.010 - 0.013) and according to the Peruvian norm NTS E.030 earthquake resistant, the maximum is 0.007. The configuration of heatsink arrangements is studied diagonally. Also, viscous energy dissipators were implemented in the virtual model to achieve a better performance of the structure through the time history records of the REDACIS (National Accelerator Network of CISMID).

In order to be able to model the dissipators, we performed a nonlinear time history analysis (FNA), we examine the structure responses using nonlinear dissipators with exponent $\alpha = 0.5$, established in the ASCE 7-10

Based on energy concepts, expressions are used to calculate the necessary effective damping of a building.

The results obtained in the virtual model indicate that with the use of these devices it is possible to reduce the displacements in the centers of mass, the drifts of mezzanine, the axial forces, cutting and bending moments in the structural elements in each one of the Levels.

In the virtual model meets the limits of distortions of mezzanine according to our regulations. Average reductions in the "X" direction of 36.43% were obtained for the maximum spectral displacements and 31% for the spectral forces at the base of the structure. Taylor Devices dissipators were chosen, the total of 3 for each XX-YY direction, being a total of 6 heaters per level, located in the corners of the structure, where they present greater accelerations.



INDICE

INTRODUCCION	8
CAPITULO I. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	10
1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	10
1.1. DELIMITACION DEL PROBLEMA.....	10
1.2 ANTECEDENTES	10
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.4 OBJETIVOS.....	11
1.4.1 GENERAL	11
1.4.2 ESPECIFICOS	11
1.5 HIPOTESIS	12
1.5.1 HIPOTESIS GENERAL.....	12
1.5.2 VARIABLES Y DEFINICION OPERACIONAL	12
1.5.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTE (VI).....	12
1.5.2.2 VARIABLES DEPENDIENTE (VD)	12
1.6 METODOLOGIA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	12
1.6.1 METODOLOGIA.....	12
CAPITULO II. SISTEMAS DE PROTECCION SISMICA	13
2. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	13
2.1. SISTEMAS DE CONTROL PASIVO	14
2.1.1 AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE	14
2.1.2. DISIPADORES DE ENERGIA	18
2.1.2.1. TIPOS DE DISIPADORES	19
A) DEPENDIENTES DE LA VELOCIDAD	19
A.1) DISIPADORES FLUIDO-VISCOSOS	19
B) DEPENDIENTES DEL DESPLAZAMIENTO	20
B.1) DISIPADORES DE FLUENCIA METALICA Y DISIPADORES POR FRICCION	20
C) DEPENDIENTES DEL DESPLAZAMIENTO Y DE LA VELOCIDAD	21
2.1.3 BALANCE ENERGETICO DE ESTRUCTURAS	21
2.1.4 DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE	23
2.2 SISTEMA DE REFORZAMIENTO TRADICIONAL	26
2.2.1 MUROS ESTRUCTURALES	27



CAPITULO III. DISIPADORES DE ENERGIA DE FLUIDO VISCOSO	28
3. DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO	28
3.1 ECUACION GENERAL	28
3.2 ECUACION DE MOVIMIENTO CON DISIPADORES DE ENERGIA	29
3.3 COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO	30
3.4 DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO CON COMPORTAMIENTO NO LINEAL	30
3.5 EXPONENTE DE VELOCIDAD α	32
3.5.1 RIGIDEZ DEL DISPOSITIVO K	33
3.6 CRITERIOS DE UBICACION	34
3.7 TIPOS DE ARREGLOS	35
3.7.1 DISPOSICION CHEVRON	35
3.7.2 DISPOSICION DIAGONAL	36
3.7.3 DISPOSITIVOS QUE MAS DE UN ENTREPISO	36
3.7.4. OTRAS DISPOSICIONES.....	37
CAPITULO IV. APLICACION AL PROYECTO.....	38
4. DESCRIPCION DEL PROYECTO	38
4.1 UBICACION.....	38
4.2 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO Y DEL ACERO A UTILIZAR.....	38
4.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION	39
4.4 PARAMETROS SISMICOS	39
4.4.1 Zonificación.....	39
4.4.2 Condiciones geotécnicas.....	40
4.4.3 Factor de amplificación sísmica (C)	42
4.4.4 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)	42
4.4.5 Sistemas estructurales.....	43
4.4.6 Reducción de Fuerzas Sísmicas.....	44
4.4.7 Peso sísmico	46
4.5. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS:.....	47
4.6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	47
4.6.1 ANALISIS ESTATICO.....	47
4.6.2 ANALISIS DINAMICO ESPECTRAL	48
4.7 FUERZA CORTANTE MINIMA EN LA BASE	49
4.8 ANALISIS CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN ETABS 2016 ...	49



4.8.1 VISTAS DE LOS ELEMENTOS.....	50
4.8.2 SECCIONES:	50
4.8.3 ANALISIS MODAL ESPECTRAL	51
4.8.4 RESULTADOS DE DERIVAS OBTENIDOS DEL ANALISIS.....	51
4.8.5 ANALISIS TIEMPO HISTORIA SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO.....	52
4.8.6 ANALISIS TIEMPO HISTORIA NO LINEAL RAPIDO (FAST NONLINEAR ANALYSIS).....	52
4.8.7 ANALISIS TIEMPO HISTORIA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO.....	63
4.8.7.1 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO	63
4.8.7.2 VISTAS 3D DEL MODELO.....	65
4.8.8 MODELO CON DISIPADOR	66
4.8.8.1 Coeficiente de Amortiguamiento Dirección X-X	66
4.8.8.2 Coeficiente de Amortiguamiento Dirección Y-Y	66
4.8.9. OPTIMIZANDO LOS VALORES DE C TENEMOS	68
4.8.10 COMPARACION HISTORIA - DESPLAZAMIENTOS	70
4.8.11 VERIFICACION DEL AMORTIGUAMIENTO.....	72
4.8.12 AMORTIGUAMIENTO ADICIONAL DE LA ESTRUCTURA.....	74
CAPITULO V. DISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE AMORTIGUAMIENTO	75
5. CALCULO DE RIGIDEZ.....	75
5.1. AGRUPACION DE DISPOSITIVOS POR NIVELES DE FUERZA	75
5.2 DISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE AMORTIGUAMIENTO	76
5.2.1 FUERZAS DE LOS DISIPADORES OBTENIDAS EN EL ETABS.....	76
5.3 ELECCION DE LOS DISIPADORES DE ENERGIA	80
5.3.1 DISEÑO DEL BRAZO METALICO.....	82
5.3.2 DISEÑO DE CONEXION DISIPADOR – BRAZO METALICO	83
5.4 DISEÑO DEL PERNO DE CONEXION.....	91
CAPITULO VI. RESULTADOS	95
6. DISTORSIONES DE ENTREPISO:.....	95
6.1 COMPARACION DE DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS	97
6.2 ESFUERZOS MAXIMOS EN ELEMENTOS DE CORTE	98
6.3 BALANCE DE ENERGIA	101
CAPITULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	104



CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
CONCLUSIONES.....	1045
RECOMENDACIONES	1056
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	1067
ANEXOS	1088

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura N° 1 Vista en elevación de la Disposición Diagonal.....	14
Figura N° 2 Comparación de Edificación Aislada y Convencional.....	15
Figura N° 3 Estructura Interior y Exterior de Aisladores	16
Figura N° 4 Características del Sistema y Ejemplo de Aplicación.....	17
Figura N° 5 Estructura del Disipador	17
Figura N° 6 Características del Péndulo de Fricción.....	18
Figura N° 7 Comparación de Edificación con Disipadores de Energía	19
Figura N° 8 Disposición Tipo Chevron Taylor	20
Figura N° 9 Disipación de Fricción.....	20
Figura N° 10 Disipadores de Fluencia Metálica(ADAS)	20
Figura N° 11 Disipadores Dependiente del Desplazamiento y la Velocidad.....	21
Figura N° 12 Efecto del Amortiguamiento en las Demandas Sísmicas de Resistencia	23
Figura N° 13 Efecto en el Espectro de Desplazamiento al Incrementar la Rigidez y el Amortiguamiento.	29
Figura N° 14 Efecto en el Espectro de Aceleración al Incrementar la Rigidez y el Amortiguamiento	32
Figura N° 15 Relación Velocidad vs Fuerza del Disipador.....	33
Figura N° 16 Disposiciones Tipo Chevron y Diagonal	35
Figura N° 17 Disposiciones Tipo Chevron.....	35
Figura N° 18 Disposiciones Tipo Diagonal.....	36
Figura N° 19 Disposiciones Tipo Chevron- Doble Entrepiso.....	36
Figura N° 20 Disposiciones Scissors Jack.....	37
Figura N° 21 Disposición Upper Togle Brace.....	37
Figura N° 22 Ubicación del Proyecto.....	38
Figura N° 23 Zonificación de acuerdo a la Sismicidad	40



Figura N° 24 Elevación, Planta en el Programa ETABS.....	50
Figura N° 25 Vistas 3d del Modelo.....	65
Figura N° 26 Planta y Vista 3d del Modelo.....	67
Figura N° 27 Fuerzas en los Disipadores Eje A-A	76
Figura N° 28 Fuerzas en los Disipadores Eje 1-1	77
Figura N° 29 Fuerzas en los Disipadores Eje 14-14.....	78
Figura N° 30 Fuerzas en los Disipadores Eje N-N	79
Figura N° 31 Características de los Disipadores.	80
Figura N° 32 Propiedades geométricas del perfil HSS.....	82
Figura N° 33 Propiedades y dimensiones del Disipador.	83
Figura N° 34 Longitud de los pernos, tuercas y arandelas	85
Figura N° 35 Longitud de los pernos, tuercas y arandelas	86
Figura N° 36 Dimensiones del Perno y las Tuercas	86
Figura N° 37 Longitud de los pernos, tuercas y arandelas	87
Figura N° 38 Dimensiones del Perno	87
Figura N° 39 Longitudes Union Perno - Muro	88
Figura N° 40 Dimensiones del Perno Graficadas	89
Figura N° 41 Colocación del Dispositivo en Disposición diagonal.....	89
Figura N° 42 Detalle Conexión Brazo Metálico-Disipador.....	90
Figura N° 43 Detalle Union Placa Base - Disipador	90
Figura N° 44 Detalle 2 – Conexión Brazo Metálico.....	90
Figura N° 45 Detalle conexión Inferior- Longitud del Perno	91
Figura N° 46 Comparación de Distorsiones X-X.	95
Figura N° 47 Comparación de Distorsiones Y-Y.	96
Figura N° 48 Comparación de Fuerzas Axiales Placa 01.	98
Figura N° 49 Comparación de Fuerzas Cortantes Placa 01.....	99
Figura N° 50 Comparación de Momentos Flectores Placa 01.	100
Figura N° 51 Balance Energético Sin Disipadores	101
Figura N° 52 Balance Energético Con Disipadores.....	101



INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Niveles de Desempeño – Comisión 2000.	24
Tabla N° 2 Niveles de movimiento sísmico (SEAOC).....	25
Tabla N° 3 Comportamiento Deseado Para Edificios Comunes.....	25
Tabla N° 4 Comportamiento estructural de edificios comunes.	26
Tabla N° 5 Valores de los Parámetros “ λ ”	31
Tabla N° 6 Valores de los Parámetros “ B_w ”	32
Tabla N° 7 Valores del Factor Zona	40
Tabla N° 8 Clasificación de los Perfiles de Suelo	41
Tabla N° 9 Valores del Factor Suelo	42
Tabla N° 10 Valores del Periodo T_p y T_l según perfil de suelo	42
Tabla N° 11 Categoría de las Edificaciones	43
Tabla N° 12 Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas	44
Tabla N° 13 Casos de Irregularidad Estructural en Altura	45
Tabla N° 14 Casos de Irregularidad Estructural en Planta	46
Tabla N° 15 Peso de la Edificación	47
Tabla N° 16 Parámetros Sísmicos	48
Tabla N° 17 Cortante Estática y Dinámica.....	49
Tabla N° 18 Factor de Escala	49
Tabla N° 19 Parámetros Sísmicos Proyecto.	51
Tabla N° 20 Derivas sin Disipadores (X-X)- Response Spectrum	51
Tabla N° 21 Derivas sin Disipadores (Y-Y)- Response Spectrum	52
Tabla N° 22 Pseudoaceleración con $R=1$	55
Tabla N° 23 Distorsiones X-X con Disipadores (Time – History).....	62
Tabla N° 24 Distorsiones Y-Y con Disipadores(Time – History).....	62
Tabla N° 25 Límites Máximos de Distorsión	62
Tabla N° 26 . Distorsiones X-X con Disipadores (Time – History)-Con factor de Norma	63
Tabla N° 27 Distorsiones Y-Y con Disipadores(Time – History)-Con factor de Norma. .	63
Tabla N° 28 Desplazamientos Modales en Ambas Direcciones.....	64
Tabla N° 29 Distorsiones con Amortiguadores Calculados X-X.	68
Tabla N° 30 Distorsiones con Amortiguadores Calculados Y-Y.	68
Tabla N° 31 Distorsiones con Amortiguadores Optimizados X-X.....	69



Tabla N° 32 Distorsiones con Amortiguadores Optimizados Y-Y	69
Tabla N° 33 Amortiguamiento Adicional a la Estructura X-X.....	74
Tabla N° 34 Amortiguamiento Adicional a la Estructura Y-Y.....	74
Tabla N° 35 Propiedades del perfil HSS 7.50 x 0.50	75
Tabla N° 36 Fuerzas Obtenidas Eje A-A.....	76
Tabla N° 37 Fuerzas Obtenidas Eje 1-1	78
Tabla N° 38 Fuerzas Obtenidas Eje 14-14	78
Tabla N° 39 Fuerzas Obtenidas Eje N-N.....	79
Tabla N° 40 Dimensiones de los dispositivos seleccionados	80
Tabla N° 41 Dimensiones de las placas base de los disipadores seleccionados.	81
Tabla N° 42 Dimensiones de Agujeros y Pernos. ANSI/AISC 360-05	83
Tabla N° 43 Dimensiones estándares de pernos y tuercas. RCSC 2014.....	85
Tabla N° 44 Dimensiones del Perno Estructural y las tuercas de alta resistencia.	86
Tabla N° 45 Dimensiones estandarizadas de las arandelas	87
Tabla N° 46 Dimensiones estándares de pernos y tuercas Barra de Conexión. RCSC 2014	91
Tabla N° 47 Diámetros estándares de pernos y tuercas Barra de Conexión. RCSC 2014..	91
Tabla N° 48 Comparación de Desplazamientos	97
Tabla N° 49 Porcentaje de Reducción de la Fuerza Axial en la Placa.....	98
Tabla N° 50 Porcentaje de Reducción de la Fuerzas Cortantes en la Placa.....	99
Tabla N° 51 Porcentaje de Reducción de Momentos Flectores en la Placa.....	100



INTRODUCCION

El Perú es un país con una probabilidad de alta ocurrencia de sismos, nos encontramos ubicados en el cinturón de Fuego del Pacífico, donde se produce la subducción de la Placa de Nazca y la Placa de Sudamérica, es decir, estamos entre las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo que estamos expuestos a este peligro, lo que trae consigo la pérdida de vidas humanas y materiales.

Actualmente existen nuevas opciones de diseño fundamentadas en el uso de dispositivos suplementarios de amortiguamiento. Dichos dispositivos tienen la función de disipar la energía que ingresa en el sistema estructural incrementando su amortiguamiento efectivo. El uso de dichos dispositivos controla la incursión de los elementos estructurales en el régimen inelástico

Esto nos exige a tener un buen entendimiento del comportamiento de las estructuras, así como de las tecnologías sísmicas existentes con el fin de reducir el nivel de daño estructural y prevenir posibles fallas catastróficas.

Los sistemas de Amortiguamiento de Fluido-Viscoso (SAFV) son usados desde 1968 en la industria militar y aeronáutica como sistemas de absorción de impactos. En la actualidad se utilizan también como una alternativa para el control de vibraciones en edificios sometidos a la acción de sismos y viento. Actualmente en el mundo existen más de 2000 edificios protegidos por este sistema.

Los SAFV se vienen aplicando exitosamente a nivel mundial en proyectos de reforzamiento estructural y en edificaciones nuevas. A la fecha existen múltiples edificaciones con disipadores de energía, en Trujillo tenemos actualmente un edificio en construcción en la Urbanización “Golf” que están usando disipadores SLB (Shear Link Bozzo).

La experiencia ha demostrado que el uso de los SAFV mejora el desempeño sísmico de los edificios, disminuyendo el riesgo de pérdida de vidas humanas y de materiales



importantes o de valor histórico. Los SAFV permiten un ahorro importante en gastos de reparación y costos indirectos producidos por la interrupción del servicio de la edificación.

En el capítulo I, es el diseño de la investigación en el cual se explica el planteamiento del problema, los objetivos, formulación del problema y metodología usada.

En el Capítulo II, se exponen las características de los sistemas protección por amortiguación. Se presentan los principales tipos de dispositivos de amortiguación junto a una breve explicación de su funcionamiento. Se dedica una sección completa a los amortiguadores de fluido-viscoso revisando sus propiedades, principales disposiciones, criterios de ubicación y recomendaciones de su uso.

En el capítulo III, se describe la definición, importancia y funcionamiento de los disipadores de fluido viscoso y los factores que depende su eficiencia.

En el capítulo IV, se realiza la comparación de resultados con la implementación de disipadores y sin la implementación de estos.

En el capítulo V, se desarrollan las conclusiones y recomendaciones.



CAPITULO I. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. DELIMITACION DEL PROBLEMA

La presente investigación se empleará en una edificación de 10 niveles . El edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Trujillo, en una zona donde el suelo tiene características intermedias (S_2).

El mercado cumple con los requisitos arquitectónicos reglamentarios presentando las siguientes características:

El edificio multifamiliar los Rosales se encuentra ubicado en la Mz. K-5 Lote 10 Urb. Los Rosales de San Andrés, la Arquitectura consta: en el primer piso con 9 estacionamientos, una sala de usos múltiples, del segundo al décimo piso está constituida por 2 departamentos por piso. Los cuales cada departamento consta con dos dormitorios, sala - comedor, cocina, un estudio, sala star, un deposito, patio y dos servicios higiénicos.

El diseño estructural del edificio según la norma E030, clasifica como muros estructurales en ambas direcciones de análisis XX e YY con la finalidad de darle una adecuada rigidez a la estructura y controlar los desplazamientos laterales.

Se hizo el análisis sísmico de la edificación respetando el diseño arquitectónico, concluido el análisis se incorporó los elementos de refuerzo necesarios para que el edificio cumpla con la norma de diseño sismoresistente.

Mientras que para el análisis sísmico de la edificación se tomó como referencia la norma E.030 (Diseño sismorresistente, para el reforzamiento con disipadores se tomó como referencia la norma (ASCE/SEI 7-10).

1.2 ANTECEDENTES

En las últimas décadas del desarrollo de la ingeniería estructural se han presentado medidas para que los edificios sean diseñados de acuerdo a requerimientos mínimos de fuerza lateral. Estas medidas se han concretado a través de códigos y normas de diseño estructural, que a través de lecciones aprendidas de los sismos, han evolucionado a lo largo de los años. Los edificios construidos y diseñados según lo especificado en los códigos de diseño modernos han demostrado un buen comportamiento ante los últimos terremotos ocurridos. Sin embargo, en muchos casos los costos de reparación de las estructuras y elementos no estructurales, como es el caso de la tabiquería, son muy elevados. Además, el procedimiento a realizarse para la reparación implica que la estructura se encontrará inoperativa parcial o



totalmente. Las razones presentadas anteriormente fueron motivo para desarrollar nuevos sistemas de protección sísmica. Estos no solo protegen a la estructura del colapso ante una sollicitación extrema, sino que también permiten lograr un buen comportamiento durante la acción de sismos leves o moderados. Los métodos de protección sísmica están agrupados en tres grupos: sistemas de protección activa, pasiva e híbridos.

En la presente investigación, se estudian dispositivos de protección pasiva, en especial los disipadores de fluido viscoso. El trabajo actual está basado en el estudio realizado por Shing y Whittaker, también se consideraron las recomendaciones de desempeño existentes en el FEMA-HAZUS (Federal Emergency Management Agency) y sugerencias del ACI (American Concrete Institute).

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿En qué medida se mejora las derivas de entrepisos, los desplazamientos, fuerzas y momentos flectores con la implementación de Disipadores de Energía de Fluido Viscoso en el Modelo Virtual del Proyecto de Reforzamiento Estructural del edificio MULTIFAMILIAR LOS ROSALES DE 10 NIVELES?

1.4 OBJETIVOS:

1.4.1 GENERAL:

- Realizar el Proyecto de Reforzamiento Estructural del Edificio Multifamiliar Los Rosales de 10 Niveles con Disipadores de Fluido Viscoso.

1.4.2 ESPECÍFICOS:

- Determinar las derivas de entrepiso de la estructura y evaluar si cumple con el R.N.E-E030.
- Definir los Registros Tiempo Historia de acuerdo al REDACIS (Red Acelerografica del CISMID)
- Elegir y ubicar los Dispositivos de acuerdo al ASCE7-10 así mismo evaluar el Comportamiento Dinámico de la Estructura con el Sistema de Protección Sísmica (Disipadores de Fluido Viscoso) mediante un Análisis Tiempo Historia.
- Determinar el Amortiguamiento y Energía que adquiere la estructura por los Disipadores de Fluido Viscoso
- Evaluar la diferencia de las derivas de entrepisos, desplazamientos, fuerzas y momentos flectores tanto sin disipadores y con el reforzamiento estructural que se propondrá con los Disipadores de Fluido Viscoso.



1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis General

“Se espera que al implementar los disipadores de energía de Fluido Viscoso en el Modelo Virtual del Proyecto de Reforzamiento Estructural del Edificio MULTIFAMILIAR LOS ROSALES DE 10 NIVELES se mejorara las derivas de entrepisos, excentricidad torsional, fuerzas y momentos flectores”

1.5.2 Variables y Definición Operacional:

1.5.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE (VI):

PROYECTO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL UTILIZANDO DISIPADORES DE ENERGIA DE FLUIDO VISCOSO

1.5.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE (VD):

MEJORA DE DERIVAS DE ENTREPISOS, EXCENTRICIDAD TORSIONAL, FUERZAS Y MOMENTOS FLECTORES.

1.6 METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

1.6.1 METODOLOGÍA

Para lograr evaluar el presente proyecto, se enfoca los siguientes puntos:

- Realizar el Modelo Virtual del edificio multifamiliar los rosales de 10 niveles.
- Elaborar el análisis estructural para cargas de gravedad y sollicitaciones sísmicas del edificio multifamiliar los rosales.
- Desarrollar un análisis tiempo-historia y el agrietamiento de las secciones.
- Análisis del edificio sin amortiguamiento(ANL).
- Calculo de los desplazamientos máximos inelásticos.
- Elección de los objetivos de desempeño y la deriva objetivo.
- Determinación del amortiguamiento efectivo.
- Ubicación y disposición de los amortiguadores.
- Definición de las propiedades del amortiguador(K,C,d).
- Evaluar el diseño con disipadores de energía de Fluido Viscoso, analizando los principales parámetros sísmicos tales como derivas de entrepiso, desplazamientos, fuerzas y momentos flectores.



CAPITULO II. SISTEMAS DE PROTECCION SISMICA

2. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

Las investigaciones que se han realizado sobre el comportamiento estructural de edificios en zonas sísmicas, se han enfocado al desarrollo de sistemas de control sismoresistente, tanto para el diseño antisísmico de construcciones nuevas como para la rehabilitación de edificios dañados por estos fenómenos. Esto como una alternativa al diseño sismoresistente convencional basado en los conceptos de ductilidad y redundancia estructural, que permiten reducir en forma significativa las fuerzas inducidas por un sismo severo. Sin embargo, con la reducción de estas fuerzas se está aceptando que la estructura sufrirá daños de cierta magnitud cuando se presente un sismo intenso, ya que obligarán a que la estructura trabaje en el rango no lineal con la consecuente plastificación de algunos de sus elementos. Lo anterior, origina la aparición de deformaciones permanentes, generándose habitualmente daños en los elementos estructurales y no estructurales (como muros divisorios de mampostería, falsos plafones, equipo mecánico, instalaciones, etc.), especialmente en aquellas estructuras que tienen baja ductilidad, o son demasiado flexibles.

Los sistemas de control estructural a diferencia de lo anterior, concentran los daños que se puedan presentar por la acción de un sismo severo, en ciertos elementos o conexiones que pueden ser fácilmente remplazados y cuyo fallo no ponen en peligro la seguridad global de las estructuras o bien el efecto del movimiento sísmico puede ser desviado de la estructura a otros elementos diseñados especialmente para ello, de forma que las vibraciones originadas por la acción del sismo, no dañen las edificaciones y puedan ser amortiguadas, sin daño a la estructura principal. Otro recurso utilizado por esta técnica, es el control con dispositivos mecánicos que ejercen fuerzas reactivas que contrarrestan la acción sísmica sobre las estructuras.

Las investigaciones en este sentido se han inclinado en mayor grado al estudio de cuatro sistemas de control estructural que se clasifican en sistemas de control pasivo, control activo, control semi-activo y control híbrido.

2.1. SISTEMAS DE CONTROL PASIVO

Son elementos de carácter reactivo conectados a la estructura de tal forma que disipan y/o desvían la energía de la excitación sísmica, su respuesta no es controlable y no requieren ninguna fuente de energía para su funcionamiento. Los sistemas pasivos son más económicos, sencillos, robustos y fiables que los demás; si se diseñan adecuadamente y los terremotos responden a las características esperadas son eficientes.

La eficacia de estos sistemas se basa en la reducción de las demandas sísmicas en los elementos de una estructura, mejorando su capacidad para disipar energía y haciendo que la estructura se mantenga aproximadamente en el rango lineal elástico sin sufrir daño significativo durante un sismo intenso, contrariamente a lo que ocurre en el diseño convencional en el que se pretende aumentar la capacidad de disipación de energía aceptando la presencia de daños al formarse articulaciones plásticas en los elementos que la disipan.

Los sistemas de control pasivos se agrupan en tres categorías: aislamiento sísmico (de base), disipadores de energía y amortiguadores de masa.

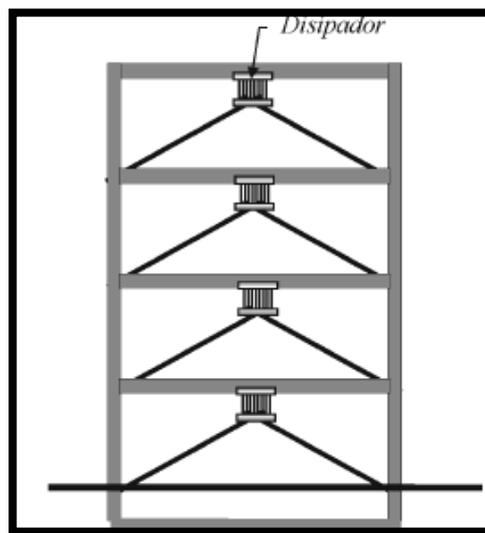


Figura N° 1 Vista en elevación de la Disposición Diagonal

2.1.1 AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE

El objetivo principal del aislamiento sísmico de base es independizar o desacoplar las construcciones de las aceleraciones horizontales del terreno, colocando entre la cimentación y la superestructura dispositivos flexibles al movimiento horizontal y rígidos al desplazamiento vertical, capaces de soportar las cargas verticales originadas por el peso

propio de la estructura. Este sistema está pensado especialmente para protección sísmica de edificios y puentes y no proporciona ninguna protección frente a la acción del viento.

El aislamiento de base no se aconseja para edificios muy esbeltos ni situados en terreno muy blando siendo más recomendable en estructuras rígidas cimentadas sobre terrenos firmes. Los aisladores incrementan considerablemente el período fundamental de las estructuras y para la condición mencionada se evita que puedan entrar en resonancia con los períodos contenidos en la excitación sísmica al alejarlo de la zona del espectro de respuesta donde se encuentra la máxima respuesta del terreno.

El aislamiento de base también es útil para la rehabilitación sísmica de edificios existentes, aunque tiene una mayor complejidad que cuando se aplica a construcciones nuevas.

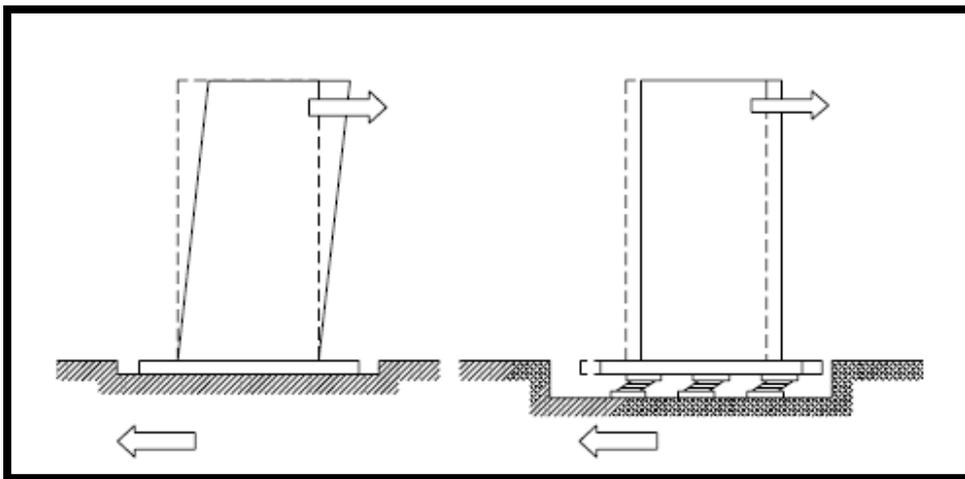


Figura N° 2 Comparación de Edificación Aislada y Convencional

Hay varios antecedentes que demuestran la evolución que ha tenido el aislamiento sísmico de base hasta llegar a los sistemas que actualmente conocemos. Se tiene conocimiento, por ejemplo, que ya desde principio del presente siglo existían varios mecanismos para lograr el objetivo de aislar los edificios y desacoplarlos de la acción dañina de los sismos, utilizando para ello rodillos metálicos, esferas de acero, cables columnas oscilantes y capas de arena. Todos estos sistemas eran más intuitivos que efectivos.

El concepto de aislamiento de base, se ha convertido en una práctica real en las dos últimas décadas con el desarrollo de sistemas de forma circular o cuadradas a base de capas

de neopreno o goma reforzadas con chapas delgadas de acero que los hace muy flexibles lateralmente y rígidos en la dirección vertical, capaces de permitir que los edificios donde se instalan se muevan lateralmente de forma similar a un sistema de cuerpo rígido, sin que se presenten distorsiones angulares en los elementos de la estructura, bajo movimientos fuertes del terreno ya que las deformaciones se concentran en el sistema de aislamiento.

Con este tipo de aisladores se dota de flexibilidad a los edificios pero su capacidad para disipar energía es muy baja, por lo que con frecuencia se combinan con otros elementos como disipadores de energía o amortiguadores para formar un sistema flexible más eficiente que limita los desplazamientos a valores menores.

La siguiente imagen nos muestra un esquema de la estructura interior y vista exterior de los aisladores

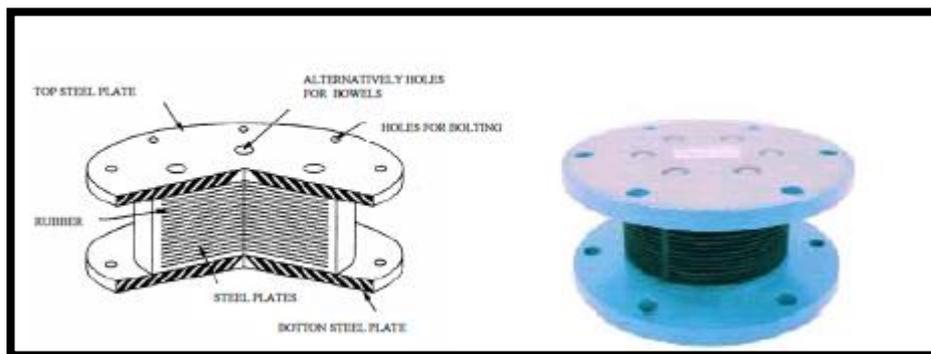


Figura N° 3 Estructura Interior y Exterior de Aisladores

Para limitar los desplazamientos de los sistemas de aislamiento a valores prácticos, en años recientes se desarrolló un sistema que es muy similar al anterior, pero que contiene en su interior un núcleo de plomo (este sistema es conocido en lengua inglesa como LRB “Lead Rubber Bearings”) para aumentar su capacidad de disipación de energía. Este sistema resultó bastante efectivo y la principal ventaja respecto al anterior es un mejor control de los desplazamientos de base.

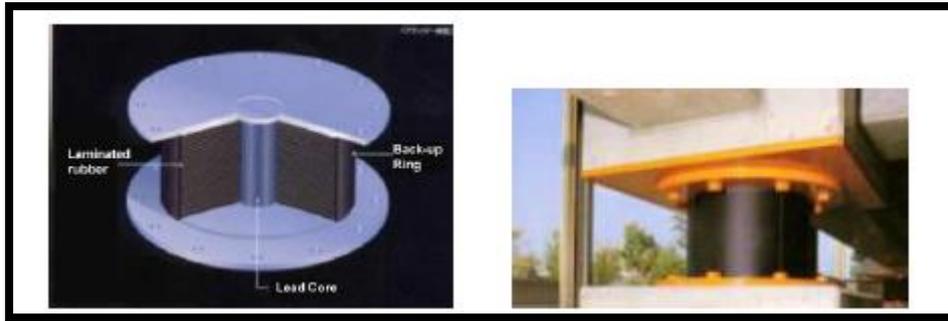


Figura N° 4 Características del Sistema y Ejemplo de Aplicación.

Otro sistema de aislamiento sísmico es el aislamiento de base por fricción. En este caso la estructura se apoya en juntas deslizantes cuyas fuerzas de fricción se oponen al movimiento disipando energía. El principal parámetro en este tipo de aislamiento es el coeficiente de fricción de la superficie de contacto y su principal ventaja es el coste y no tener prácticamente limitación en la carga vertical que pueden transmitir.

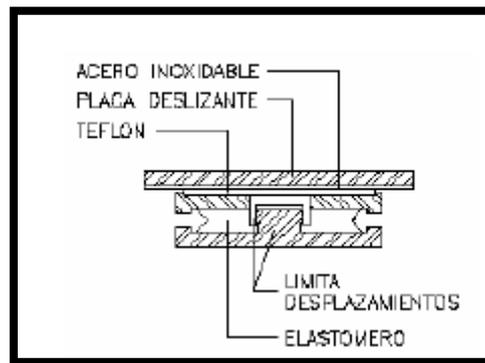


Figura N° 5 Estructura del Disipador

Una modalidad del aislamiento friccional, es el péndulo de fricción (FPS). Este sistema consta de dos chapas deslizantes, una de ellas con curvatura cóncava recubierta con una capa de acero inoxidable, contiene un deslizador articulado que se mueve sobre la superficie curva. El lado del deslizador en contacto con la superficie esférica está cubierta con un material de baja fricción, el otro lado del deslizador es también esférico cubierto con acero inoxidable e incrustado en una cavidad esférica, también cubierta con un material de baja fricción.

La curvatura de las chapas deslizantes permite que una estructura con algún desplazamiento originado por la acción de un sismo se eleve proporcionando la fuerza

restitutiva que hace que regrese a su posición inicial utilizando el peso propio de la estructura, minimizando de esta manera los desplazamientos finales. Ésta es una característica distinta con los aisladores anteriores, los cuales no tienen una fuerza restitutiva propia que permita que la estructura regrese a su posición inicial, pudiéndose presentar desplazamientos permanentes significativos.

El comportamiento dinámico de los aisladores de fricción comparado con los aisladores de goma o neopreno es cualitativamente distinto, ya que el de los primeros es claramente no lineal, mientras que el de los segundos es básicamente lineal. Este hecho trae como consecuencia que los apoyos de fricción pueden potencialmente transmitir más que los de goma frecuencias altas a la superestructura de una edificación, lo cual no es recomendable si existe equipo sensible cuya protección es de interés principal.

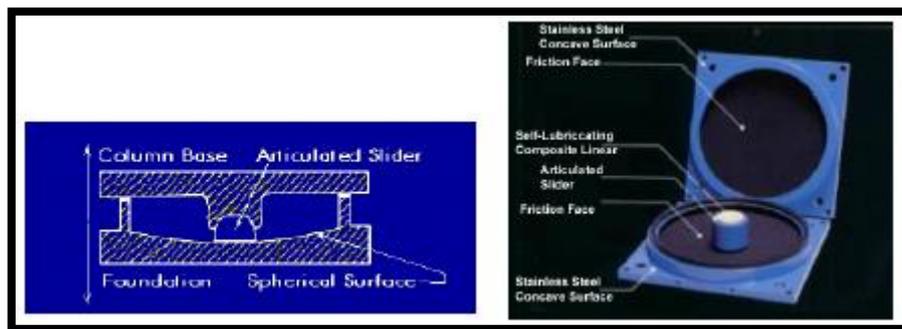


Figura N° 6 Características del Péndulo de Fricción

Actualmente el aislamiento sísmico de base es ampliamente aceptado en las regiones con alto riesgo sísmico en el mundo, para protección de las estructuras de edificación sujetas a sismos severos. Existen varios ejemplos de ello principalmente en los Estados Unidos de América y Japón, donde hay evidencia de edificios que se han construido con este sistema y que han tenido un buen comportamiento durante los sismos de Northridge y Kobe respectivamente. Un número menor de edificios con aislamiento de base se ha construido en otros países como Nueva Zelanda e Italia entre otros.

2.1.2. DISIPADORES DE ENERGÍA

Los disipadores de energía son dispositivos que se instalan en el interior de las construcciones y se conectan a su estructura de tal forma que cuando esta vibra se generan deformaciones en estos y se disipa energía. Estos dispositivos se usan principalmente con el fin de amortiguar las vibraciones horizontales que la acción de un sismo transmite a los edificios.

A diferencia del aislamiento de base, los disipadores de energía también son útiles para oscilaciones horizontales producidas por el viento y pueden ser empleados en casos en que el aislamiento de base no es útil como en terrenos blandos y para edificios muy esbeltos.

Los disipadores de energía guardan cierta similitud con los aisladores de base, pero difieren de éstos en que no requieren resistir el peso de la construcción y por tanto pueden ser más sencillos, económicos y de menor tamaño. De hecho, es recomendable que se incorporen posteriormente a la construcción del resto de la estructura para reducir las cargas verticales que soporten, las cuales pueden disminuir su capacidad de disipar energía.

Los disipadores para ser eficientes deben tener las siguientes cualidades: alta capacidad de disipación de energía; facilidad para ser reemplazados si han sufrido daño después de algún movimiento sísmico fuerte, sencillez, economía, robustez, bajo o nulo mantenimiento, fiabilidad y durabilidad. Es importante que el inicio de disipación de la energía se presente para pequeños desplazamientos del elemento.

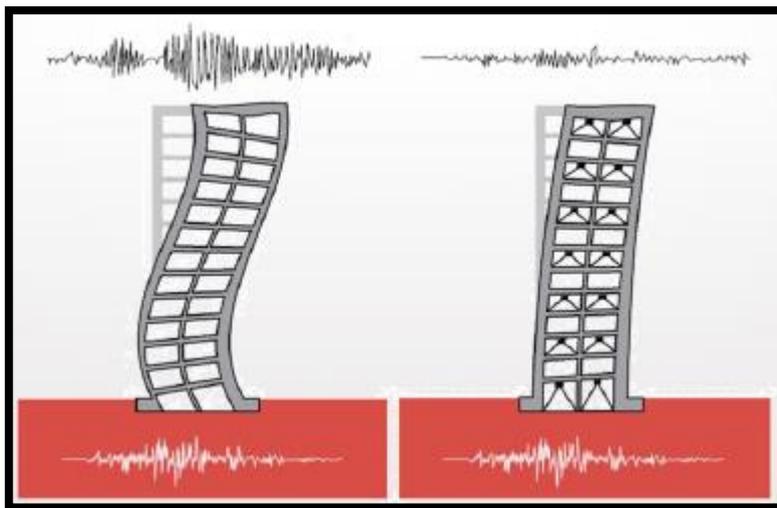


Figura N° 7 Comparación de Edificación con Disipadores de Energía

2.1.2.1. TIPOS DE DISIPADORES:

A) DEPENDIENTES DE LA VELOCIDAD:

A.1) DISIPADORES FLUIDO-VISCOSOS:

Estos dispositivos inician la disipación de energía con la velocidad relativa de entrepiso.

No generan ningún efecto en la rigidez de la estructura por lo cual el periodo de la misma se mantiene intacto.

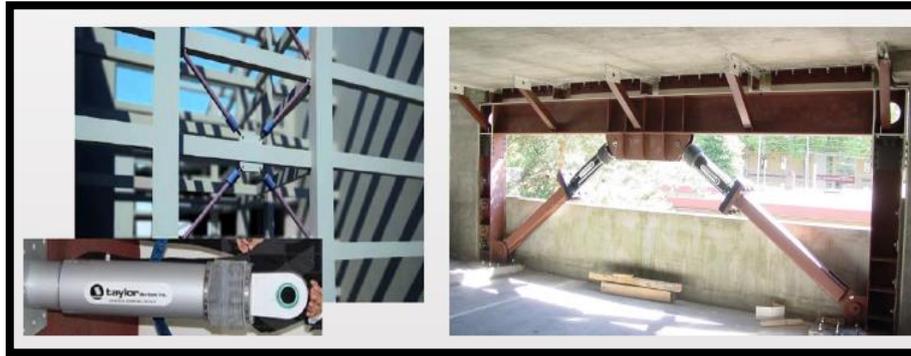


Figura N° 8 Disposición Tipo Chevron Taylor

B) DEPENDIENTES DEL DESPLAZAMIENTO:

B.1) DISIPADORES DE FLUENCIA METÁLICA Y DISIPADORES POR FRICCIÓN:

Son aquellos dispositivos que inician la disipación de energía con el movimiento relativo de entrepiso. Esto se refleja como un incremento en la rigidez de la estructura modificando de esta manera el periodo de la misma.

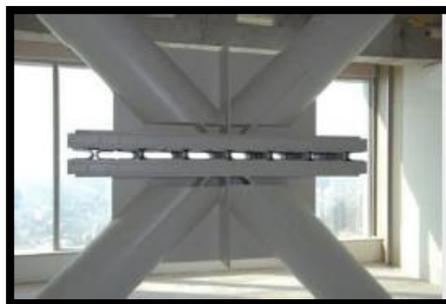


Figura N° 9 Disipación de Fricción



Figura N° 10 Disipadores de Fluencia Metálica(ADAS)

C)DEPENDIENTES DEL DESPLAZAMIENTO Y DE LA VELOCIDAD:

Estos dispositivos son capaces de iniciar su acción al menor desplazamiento y/o velocidad. Gracias a que el período de vibración del dispositivo es prácticamente invariable, nos permite linealizar su acción; de este modo poder obtener un modelo más sencillo.

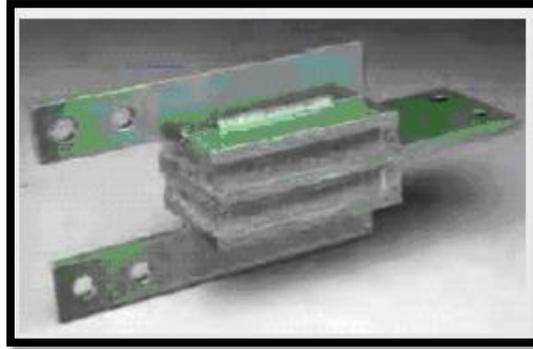


Figura N° 11 Disipadores Dependiente del Desplazamiento y la Velocidad.

2.1.3 BALANCE ENERGÉTICO DE ESTRUCTURAS:

Procedimientos de diseño alternativo han sido desarrollados con incorporación de sistemas de protección sismorresistente en la estructura, estos sistemas pueden tomar la forma de sistemas de aislamiento sísmico o dispositivos suplementarios de disipación de energía. Un análisis al comportamiento y efectos de estos sistemas puede comenzar con la consideración de la distribución de la energía en la estructura. Durante un evento sísmico, una cantidad finita de energía entra a la estructura. Esta energía de entrada es transformada en energía cinética y energía potencial (deformación), las cuales deben ser absorbidas o disipadas a través del calor. Si no hubiese amortiguamiento, las vibraciones podrían existir por todo el tiempo. Por otro lado, siempre existe algún nivel de amortiguación inherente la cual absorbe parte de la energía de entrada y reduce la amplitud de vibración hasta que el movimiento cese. El desempeño estructural puede ser mejorado si una porción de la energía de entrada puede ser absorbida, no por la estructura misma, pero si por algún tipo de dispositivo suplementario. Esto se muestra claramente en la relación de la conservación de la energía.

EDIFICIO SIN DISIPADORES



E. VISCOSA



E. VISCOSA

$$E_i = E_e + E_h + E_v = \text{CONSTANTE}$$

Cuando se adiciona los disipadores de fluido viscoso es una reducción de la de la disipación inelástica o histeretica (E_h), así se deduce de la Ecuación General de Balance Energético, la energía de entrada (E_i) se mantiene constante durante el evento sísmico. El edificio ya no tiene que absorber la totalidad de energía sísmica por si mismo, sino que una porción de esta energía es absorbida por el sistema de amortiguamiento (E_v).

El incremento del amortiguamiento genera una reducción del espectro de pseudoaceleraciones y, por tanto, una disminución de la resistencia demandada como mostramos en la siguiente figura.

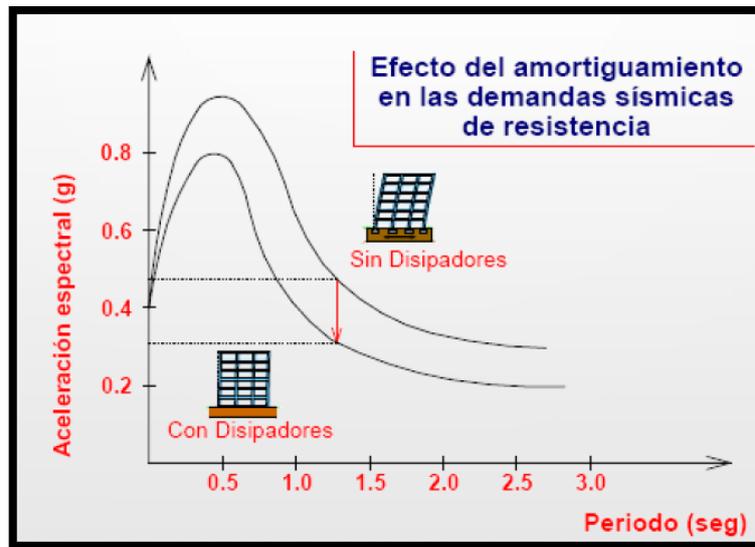


Figura N° 12 Efecto del Amortiguamiento en las Demandas Sísmicas de Resistencia

2.1.4 DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE

El Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) define cinco niveles de desempeño:

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Características Principales
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando sus servicios.
Ligero	Operacional	Agrietamiento en elementos estructurales. Daño en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en contenidos y elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evacuación funcionan con normalidad.
Moderado	Seguridad de Vidas	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse. Puede ser necesario cerrar el edificio.



Severo	Pre-Colapso	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.
Completo	Colapso	Pérdida parcial o total de soporte. Colapso parcial o total. No es posible la reparación.

Tabla N° 1 Niveles de Desempeño – Comisión 2000.

El desempeño esperado de la edificación describe un comportamiento sísmico que puede considerarse satisfactorio para una edificación sometida a movimientos sísmicos de diferentes intensidades.

El desempeño esperado está íntimamente ligado a la definición de los niveles de amenaza sísmica que puede ser expresado en forma probabilística (movimiento asociado con una probabilidad de ocurrencia) o determinística (movimiento máximo esperado para un evento). Estos movimientos están relacionados con el periodo medio de retorno (tiempo medio en años entre la ocurrencia de sismos que producen efectos del mismo orden de severidad) o con la probabilidad de excedencia (representación estadística de la posibilidad que las consecuencias de un sismo excedan un nivel de efectos determinados, en años).

$$T = - \frac{t}{\ln(1 - p)}$$

T = Periodo medio de retorno, en años.

p = Probabilidad de excedencia.

t = Tiempo de exposición, en años.



La Comité VISION 2000 define cuatro niveles de amenaza sísmica.

Movimiento Sísmico de Diseño	Intervalo de Recurrencia	Probabilidad de excedencia
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy Raro	970 años	10% en 100 años

Tabla N° 2 Niveles de movimiento sísmico (SEAOC)

Para realizar un diseño sísmico basado en el desempeño es necesario definir cuidadosamente los objetivos de diseño y los niveles de demanda sísmica esperados. Para ello, el Comité VISION 2000 presenta una matriz conceptual para la sección de los objetivos de desempeño para las estructuras de ocupación estándar, esenciales y críticas.

Los objetivos del diseño sísmico se establecen precisando el nivel de daño que se acepta en una edificación luego de un sismo.

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de desempeño mínimo
Sismo Frecuente	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	Operacional
Sismo Raro	Seguridad
Sismo Muy raro	Próximo a colapso

Tabla N° 3 Comportamiento Deseado Para Edificios Comunes



SISMO DE DISEÑO	ACELERACION (g)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
Sismos Frecuentes (43 años)	0.20	Perfectamente elástico.
Sismos Ocasionales (72 años)	0.25	Practicamente elástico.
Sismos raros (475 años)	0.40	Importantes incursiones inelásticas con pérdida de resistencia y rigidez. Estructura reparable.
Sismos muy raros (970 años)	0.50	Severas incursiones inelásticas, perdida casi total de rigidez y resistencia. No resulta práctico reparar la estructura.

Tabla N° 4 Comportamiento estructural de edificios comunes.

2.2 SISTEMA DE REFORZAMIENTO TRADICIONAL

Desde el punto de vista estructural, el reforzamiento consiste en la modificación de las características estructurales de la edificación (rigidez, resistencia y capacidad de disipación de energía) las cuales permiten que la estructura pueda tener un diseño sísmico aceptable.

Estas técnicas requieren de una inversión económica considerable, además de no satisfacer las demandas arquitectónicas. Así mismo, las estructuras que tienen el sistema de reforzamiento tradicional presentan el inconveniente de que la estructura sufre daños permanentes frente a sismos severos, los cuales son irreparables.

El reforzamiento estructural es el proceso que se realiza con el fin de conseguir una respuesta aceptable ante un evento sísmico. Dicho refuerzo dependerá de las condiciones en las que se encuentren las estructuras y se consigue mediante modificaciones en el diseño (refuerzos en los componentes estructurales).



2.2.1 MUROS ESTRUCTURALES

Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80 % del cortante en la base.



CAPITULO III. DISIPADORES DE ENERGIA DE FLUIDO VISCOSO

3. DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

Los disipadores de fluido viscoso funcionan según el principio de flujo de fluido a través de orificios. Un pistón de acero viaja a través de las cámaras que se llenan con aceite de silicona (inerte, no inflamable, no tóxico y estable para largos periodos de tiempo), la presión entre las dos cámaras causa que el aceite de silicona fluya a través de un orificio en la cabeza del pistón y la energía sísmica se transforma en calor, el cual se disipa en la atmósfera.

3.1 ECUACION GENERAL

La relación fuerza/velocidad para este tipo de disipador se puede expresar de la siguiente forma:

$$F_{md} = C_{md}\dot{X}^n \quad \text{Ecuación 3.1}$$

$$E_D = \int |F_{dm}| dx \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde:

F_{md} : Fuerza de amortiguamiento del dispositivo.

C_{md} : Coeficiente de amortiguamiento del dispositivo.

x : Desplazamiento relativo entre los extremos del dispositivo.

\dot{X} : Es la velocidad relativa entre los extremos del amortiguador.

n : Exponente de la velocidad, $0.25 < n < 2.0$

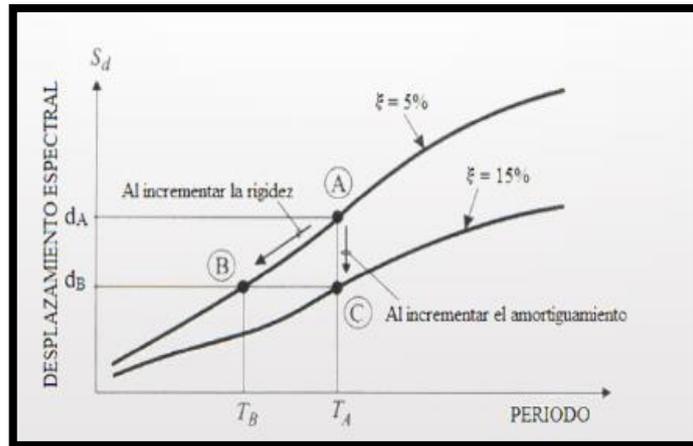


Figura N° 13 Efecto en el Espectro de Desplazamiento al Incrementar la Rigidez y el Amortiguamiento.

Elemento Damper Utilizado por los Programas para Modelar Disipadores de Energía de Fluido Viscoso



$$f = kd_k = c\dot{d}_c^{cexp} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Donde:

f: Fuerza del dispositivo.

k: Constante de rigidez del resorte.

d_k: Deformación axial del resorte.

C: Coeficiente de amortiguamiento.

d' c: Velocidad relativa entre los extremos del amortiguador.

Cexp: Exponente de la Velocidad.

3.2 ECUACION DE MOVIMIENTO CON DISIPADORES DE ENERGIA

$$[M]\{\ddot{X}\} + ([C_{nd}] + [C_{md}])\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = -[M]\{I\}a_g \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde:

[M]: Matriz de masa.

[C_{md}]: Matriz de amortiguamiento, correspondiente al amortiguamiento natural.



$[C_{md}]$: Matriz de amortiguamiento, correspondiente a los dispositivos de amortiguamiento viscoso que depende de C_{md} y la localización de los amortiguadores.

$[K]$: Matriz de rigidez

3.3 COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO

Debido a que el sistema puede tener N tipos de amortiguadores, entonces la matriz de amortiguamiento de los dispositivos puede descomponerse en:

$$[C_{md}] = C_{md1}[C_1] + C_{md2}[C_2] + \dots + C_{mdN}[C_N] \text{ Ecuación 3.5}$$

Donde:

C_{mdi} : Corresponde al coeficiente de amortiguamiento del dispositivo i.

$$2\xi_{nd1}w_1 = \frac{\{\phi_1\}^T [C_{md}] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}} \text{ Ecuación 3.6}$$

Donde:

$\{\phi_1\}$: Es el vector de forma modal correspondiente al modo fundamental.

$$2\xi_{nd1}w_1 = C_{md1} \frac{\{\phi_1\}^T [C_1] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}} + C_{md2} \frac{\{\phi_1\}^T [C_2] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}} + \dots + C_{mdN} \frac{\{\phi_1\}^T [C_N] \{\phi_1\}}{\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\}} \text{ Ec.3.7}$$

FEMA 273, define como razón de amortiguamiento efectivo a la suma de la razón de amortiguamiento crítico natural (propio de la estructura) y la razón de amortiguamiento crítico atribuible a los dispositivos de disipación de energía suplementario.

$$\xi_{eff} = \xi_{nd} + \xi_{md} \text{ Ecuación 3.8}$$

Donde:

ξ_{eff} : Razón de amortiguamiento efectivo.

ξ_{nd} : Razón de amortiguamiento crítico natural.

ξ_{md} : Razón de amortiguamiento crítico debido a los dispositivos viscosos.

3.4 DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO CON COMPORTAMIENTO NO LINEAL

$$\xi_{md} = \frac{\sum \lambda c_{mdi} U_n^{1+n} \cos^{1+n} \theta_t}{2\pi w_i^{2-n} \sum m_i u_i^2} \text{ Ecuación 3.9}$$

Donde:

λ : Valor según tabla.

c_{mdi} : Coeficiente de amortiguamiento del dispositivo i.

u_n : Desplazamiento relativo entre los bordes del dispositivo i, en la dirección i, en la dirección horizontal.



n : Exponente de velocidad.

θ_i : Ángulo de inclinación del dispositivo i , con respecto a la horizontal.

w_i : Es la frecuencia de vibración del modo i .

m_i : Corresponde a la masa del piso i .

u_i : Desplazamiento relativo del piso i .

EXPONENTE " η "	PARÁMETRO " 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

Tabla N° 5 Valores de los Parámetros " λ "

Donde:

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha} r^2 (1 + \frac{\alpha}{2})}{r(2+\alpha)} \text{ Ecuación 3.10}$$

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

$$u_i = A \varphi_i \text{ Ecuación 3.11}$$

Donde:

φ_i : Desplazamiento modal del piso i , correspondiente al modo fundamental de vibración.

A : Es la amplitud del movimiento.

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

$$\xi_{md} = \frac{\sum^{\lambda} c_{mdi} \theta_n^{1+n} \cos^{1+n} \theta_t}{2\pi A^{1-n} w_i^{2-n} \sum (\frac{w_t}{g}) \varphi_t^2} \text{ Ecuación 3.12}$$

Donde A es igual:

$$A = \frac{g x r_i x s_a x T_1}{4 x B_{mD} x \pi^2} \text{ Ecuación 3.13}$$

Tabla:

Effective Damping, β (percentage of critical)	$B_{11}, B_{1D}, B_R, B_{1M}, B_{1D}, B_{1M}$ or B_{1M} (where period of the structure = T_0)
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

Tabla N° 6 Valores de los Parámetros “Bw”

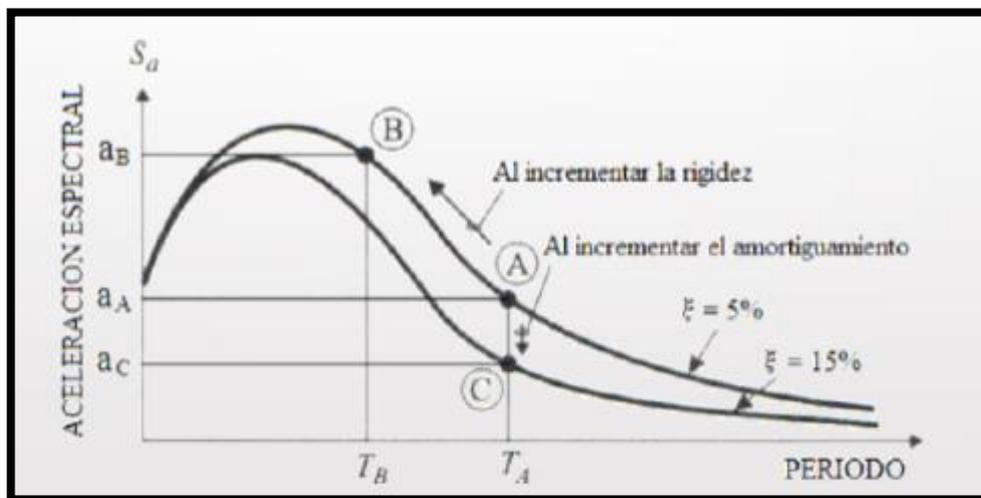


Figura N° 14 Efecto en el Espectro de Aceleración al Incrementar la Rigidez y el Amortiguamiento

3.5 EXPONENTE DE VELOCIDAD α

El exponente de velocidad “ α ” es la reacción del dispositivo ante los impactos de velocidad y determina el comportamiento histerético de los disipadores empleados.

El disipador con $\alpha = 1$ se llama disipador viscoso lineal, en el que la fuerza de amortiguamiento es proporcional a la velocidad relativa.

Los disipadores con $\alpha < 1$ se llaman disipadores viscosos no lineales, que son eficaces en la reducción de choques de alta velocidad.

En la Figura 15 muestra las relaciones de fuerza-velocidad de los tres diferentes tipos de disipadores viscosos. Esta cifra demuestra la eficacia de los disipadores no lineales en la minimización de choques de alta velocidad. Para una pequeña velocidad relativa, el

disipador con un valor de α menor que 1 puede dar una fuerza de amortiguamiento más grande que los otros dos tipos de amortiguadores.

Para los disipadores viscosos no lineales el valor de α está en un rango de 0.25 a 2.0, sin embargo, CDV Representaciones recomienda utilizar un rango entre 0.4 y 0.5 para edificaciones con registros sísmicos.

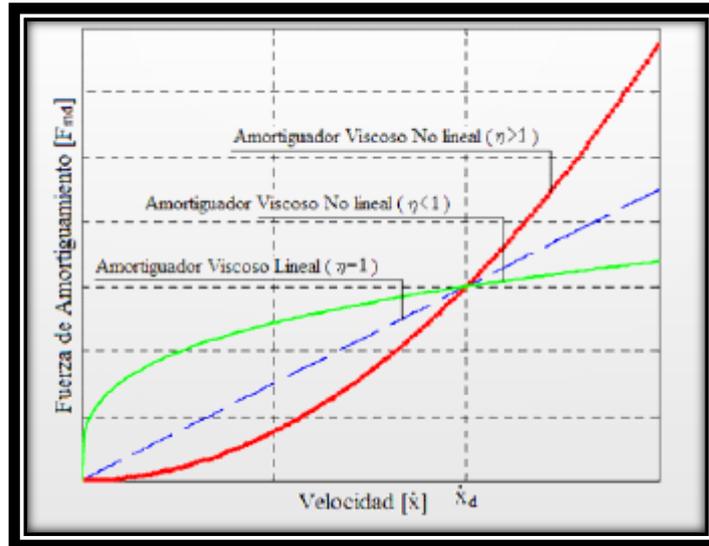


Figura N° 15 Relación Velocidad vs Fuerza del Disipador

3.5.1 RIGIDEZ DEL DISPOSITIVO K

La rigidez del dispositivo es la rigidez del brazo metálico que se conecta a la estructura principal; ya que los amortiguadores están adosados a la estructura mediante estos brazos; por lo que la rigidez axial del dispositivo es mucho menor a la del brazo.

La rigidez del brazo metálico se determina mediante la siguiente formula:

$$K = \frac{EA}{L} \text{ Ecuación 3.14}$$

Donde:

E : Modulo de Elasticidad del Acero

A : Área de la sección del brazo metálico.

L : Longitud del brazo metálico.

Es muy común utilizar perfiles HSS o tipo PIPE por razones de estética y por las facilidades al momento de la instalación.



El perfil metálico debe tener un área significativa, ya que de esta forma se minimiza las deflexiones elásticas del dissipador y maximizar las del dissipador. Así mismo, es importante que el perfil metálico tenga suficiente momento de inercia y área para que no se exceda en su resistencia contra el pandeo en la dirección de compresión.

En el proceso del diseño del brazo metálico se deben validar las siguientes ecuaciones:

$$\phi T_n = \phi * F_y * A < T_u \quad \text{Ecuación 3.15}$$

Donde:

T_n : Tensión n.al.

ϕ : Factor de reducción (0.9).

A : Área bruta de la sección del brazo metálico.

T_u : Tensión última obtenida a partir de las fuerzas en el dissipador

$$\phi P_n = \phi * F_{cr} * A < P_u \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Donde:

P_n : Compresión nominal.

P_u : Compresión última, obtenida de las fuerzas del dissipador.

3.6 CRITERIOS DE UBICACIÓN

Para determinar la ubicación y el número de amortiguadores, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se sugiere ubicarlos inicialmente en las zonas de velocidades máximas y en los entrepisos que experimentan mayor desplazamiento relativo. La ubicación óptima de los amortiguadores se logra mediante un proceso iterativo.

- Tener en cuenta la arquitectura de la edificación, por lo que los profesionales involucrados en el proyecto deben llegar a un acuerdo en la ubicación, de tal forma que no afecte el los requerimientos del diseño arquitectónico.

Así mismo, la norma ASCE 7-10 recomienda:

- Ubicar como mínimo dos dispositivos en la dirección a reforzar.
- Ubicar los dispositivos en todos los niveles.

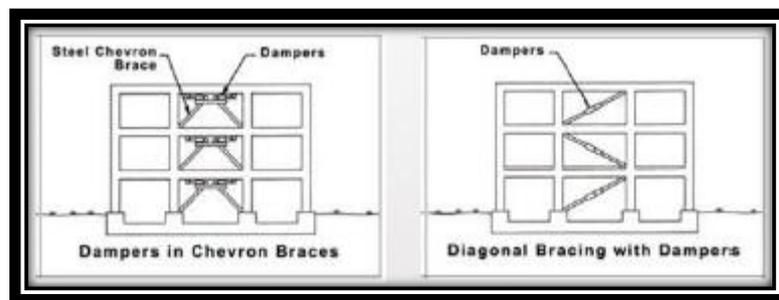


Figura N° 16 Disposiciones Tipo Chevron y Diagonal

3.7 TIPOS DE ARREGLOS

3.7.1 DISPOSICION CHEVRON

En este tipo de arreglo los dispositivos se colocan en forma paralela al plano (horizontal), de tal forma que absorben directamente las fuerzas de sismo, por lo que la eficiencia es del 100%.

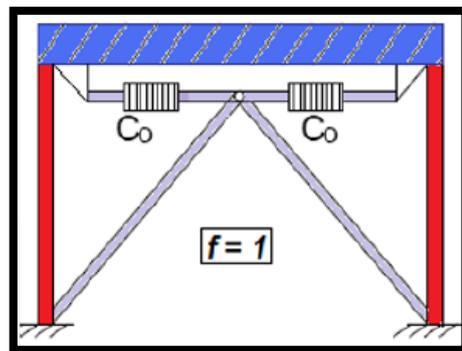


Figura N° 17 Disposiciones Tipo Chevron

3.7.2 DISPOSICION DIAGONAL

En este tipo de arreglo los dispositivos se colocan en forma diagonal del pórtico, anexado a un nudo rígido (unión viga columna). Este tipo de arreglo es menos eficiente que el Chevron por lo que el amortiguamiento depende el ángulo de inclinación del brazo metálico que sostiene el dissipador.

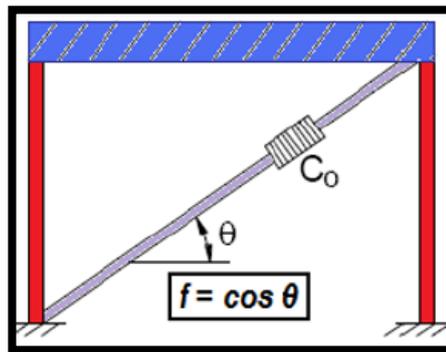


Figura N° 18 Disposiciones Tipo Diagonal

3.7.3 DISPOSITIVOS QUE MAS DE UN ENTREPISO

Mayor efectiva en cuanto a derivas cuando se conecta dos o más entrepisos.

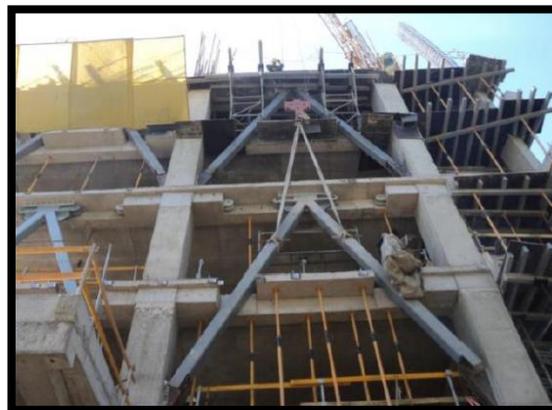


Figura N° 19 Disposiciones Tipo Chevron- Doble Entrepiso

3.7.4. OTRAS DISPOSICIONES

Nuevas formas de colocar los dispositivos a nivel de ensayos en la empresa americana Taylor.

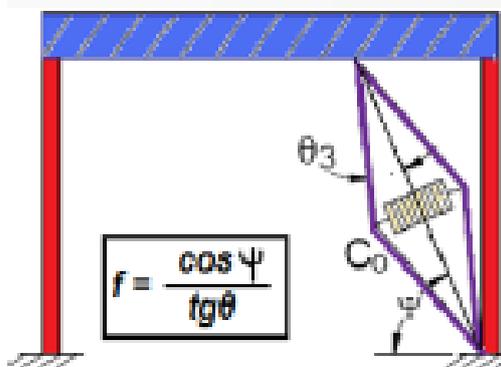


Figura N° 20 Disposiciones Scissors Jack

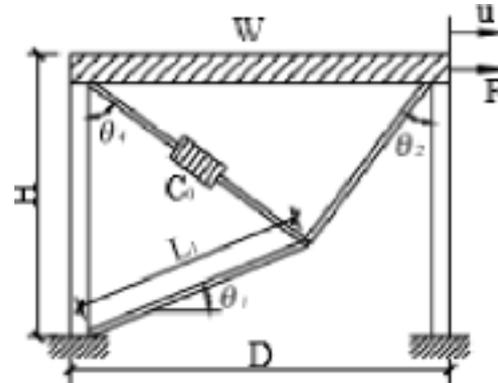


Figura N° 21 Disposición Upper Toggle Brace.

CAPITULO IV. APLICACIÓN AL PROYECTO

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

La edificación a evaluar tiene la siguiente ubicación: Mz. K-5 Lote 10 Urb. Los Rosales de San Andrés

4.1 UBICACIÓN

Geográficamente, el edificio en estudio se ubica en la región costa de nuestro país, específicamente en la Región La Libertad, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo. Esta edificación es de tipo importante.

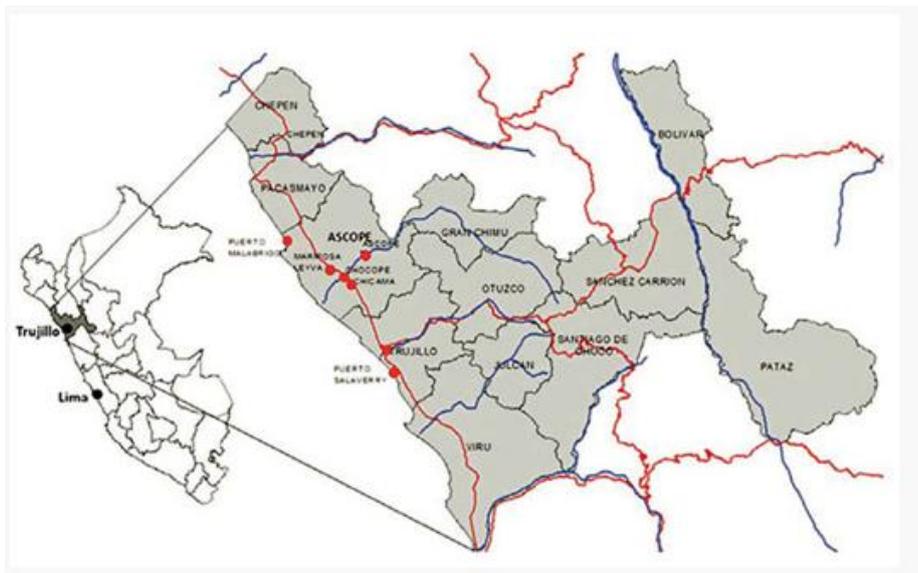


Figura N° 22 Ubicación del Proyecto.

4.2 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO Y DEL ACERO A UTILIZAR

Las características del concreto y del acero especificadas para el diseño son:

- Resistencia a la compresión de concreto: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto: $E_c = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del concreto: $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de Poisson: $u = 0.15$



□ Esfuerzo de fluencia del acero: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

□ Módulo de elasticidad del acero: $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

4.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION

Para las edificaciones, el tipo de análisis estructural que comúnmente se usa es el análisis dinámico espectral o el análisis tiempo historia. Actualmente en nuestro reglamento nacional de edificaciones (RNE-E.030) se viene usando el análisis tiempo historia como un complemento del análisis dinámico espectral, por lo que es necesario al momento de evaluar las edificaciones que emplean disipadores de energía.

Uno de los objetivos del análisis estructural es determinar las fuerzas internas en los elementos estructurales con el propósito de diseñarlos, así también permite estimar los desplazamientos laterales en la edificación.

En el RNE, la norma de diseño sismo resistente E.030, específica que para edificaciones de concreto armado el límite permisible de desplazamiento lateral es del 0.7%, esto se conoce como deriva.

4.4 PARAMETROS SISMICOS

4.4.1 Zonificación:

En la norma el Perú se divide en 4 zonas. Está basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica.

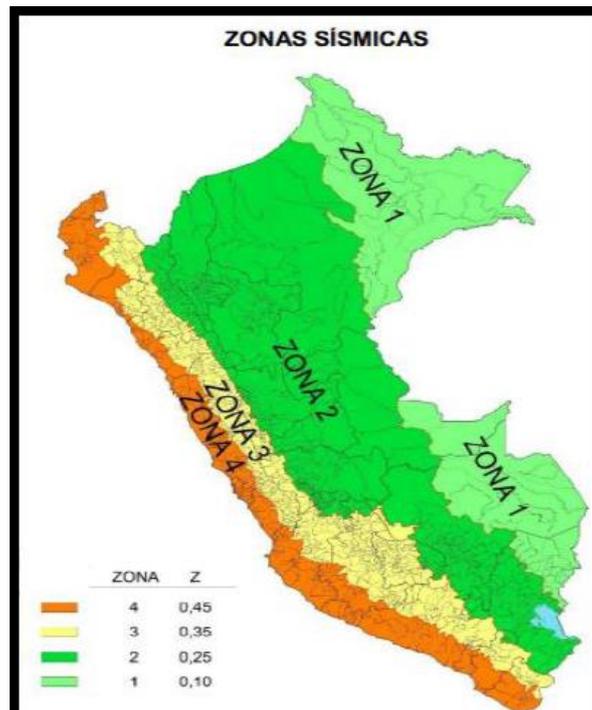


Figura N° 23 Zonificación de acuerdo a la Sismicidad

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Tabla N° 7 Valores del Factor Zona

4.4.2 Condiciones geotécnicas:

- **Perfiles de Suelo:**

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s), o alternativamente el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} obtenidos mediante un ensayo estándar de penetración (SPT) para suelos granulares o el promedio ponderado de la resistencia al corte no drenada (\bar{S}_u) para suelos cohesivos.

Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación.

Para los suelos granulares se calcula \bar{N}_{60} considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos cohesivos la resistencia al corte no drenado \bar{S}_u se



calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de \bar{N}_{60} para los estratos con suelos granulares y de \bar{S}_u para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la más desfavorable, es decir, la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geológicas

Los tipos de perfiles de Suelo:

- Perfil Tipo S0: Roca Dura
- Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos
- Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios
- Perfil Tipo S3: Suelos Blandos
- Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

Clasificación de los Perfiles de Suelo			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N° 8 Clasificación de los Perfiles de Suelo

En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se deberán usar los valores correspondientes al perfil tipo S2.

▪ **Parámetros de sitio (S,TP y TL):**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y los periodos TP y TL.



FACTOR "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 9 Valores del Factor Suelo

Periodo "T _P " y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla N° 10 Valores del Periodo T_p y T_l según perfil de suelo

4.4.3 Factor de amplificación sísmica (C):

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll}
 T < T_P & C = 2.5 \\
 T_P < T < T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right) \\
 T > T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)
 \end{array}$$

4.4.4 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U):

Cada estructura debe ser clasificada según su categoría, a cada cual le corresponde un factor de uso.



CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud, como hospitales, institutos o similares, según clasificación del Ministerio de Salud, ubicados en las zonas sísmicas 4 y 3 que alojen cualquiera de los servicios indicados en la Tabla N° 5.1.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Hospitales no comprendidos en la categoría A1, clínicas, postas médicas, excepto edificios administrativos o de consulta externa. (Ver nota 2) - Puertos, aeropuertos, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como colegios, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificios en centros educativos y de salud no incluidos en la categoría A. Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como teatros, estadios, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 3

Tabla N° 11 Categoría de las Edificaciones

4.4.5 Sistemas estructurales:

En lo que respecta a estructuras de Concreto Armado, según la NTE E.030 se puede encontrar los siguientes sistemas estructurales:

Pórticos: Por lo menos el 80 % del cortante en la base actúa sobre las columnas.

- Muros Estructurales: Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80 % del cortante en la base.
- Dual: Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros varía entre el 20 % y el 80 % del cortante del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 25% del cortante en la base.



- Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL): Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos.

4.4.6 Reducción de Fuerzas Sísmicas:

En la reducción de fuerzas sísmicas interviene un coeficiente básico y unos factores por irregularidad.

El coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R_0) depende del sistema estructural, si en una misma dirección de análisis hay más de un sistema se debe usar el menor coeficiente.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	8
Otras estructuras de acero:	
Arriostres Excéntricos	7
Arriostres Concéntricos	6
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Tabla N° 12 Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas

Una estructura puede presentar 2 tipos básicos de irregularidad, los cuales son en altura o planta, y cada uno tiene casos particulares de irregularidad que presentan un factor (I_a o I_p). Para cada tipo se debe escoger el caso de irregularidad con el menor valor, y de no presentar se considerará 1.



IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_s
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión (deriva) de entrepiso es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión (deriva) de entrepiso es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 85 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,5 (Ver Tabla N° 10)
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Se exceptúan los techos cuyo peso sea inferior al del piso inmediato inferior.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes. Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 50 % de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Tabla N° 13 Casos de Irregularidad Estructural en Altura



IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del extremo opuesto del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso excede de 50 % del máximo permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 3 veces el desplazamiento relativo del extremo opuesto del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el desplazamiento relativo de entrepiso excede de 50 % del máximo permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	$0,75 \left(3,0 \frac{\Delta_{\min}}{\Delta_{\max}} \right)$
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Tabla N° 14 Casos de Irregularidad Estructural en Planta

Finalmente, el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas se obtiene mediante:

$$R = R I_0 I_p$$

4.4.7 Peso sísmico:

El peso sísmico (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga.

- ✓ En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- ✓ En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- ✓ En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- ✓ En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.



- ✓ En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

4.5. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS:

Para el análisis sísmico se tiene que usar uno de los siguientes: Análisis estático de fuerzas estáticas equivalentes o análisis dinámico modal espectral.

Se considerará un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

Después se realiza el Análisis Tiempo-Historia y se procede con el fast no linear analysis que se debe de proceder para los disipadores de fluido viscoso.

4.6. ANALISIS DE RESULTADOS

4.6.1 ANALISIS ESTÁTICO

Según el Artículo 17 la Norma E.030, el Análisis Estático es un método que representa las fuerzas sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en cada nivel de la edificación.

En el inciso 16.3 de la Norma E.030 se explica la forma de calcular el peso del edificio para efectos del análisis estático, la cual depende de la categoría del edificio. Como antes se mencionó, el edificio pertenece a la categoría C, para la cual la Norma E.030 indica tomar el 25% de la carga viva, además de las cargas permanentes.

Estimación Peso Sísmico		
Cm=	2176	ton
Cv=	542.67	ton
Ps=	2447.335	ton

Tabla N° 15 Peso de la Edificación

Así mismo, es necesario el cálculo del cortante basal para determinar las cargas sísmicas laterales que serán asignadas al centro de la masa de cada entrepiso de la estructura. La cortante basal se determina mediante la fórmula expresada en la norma E.030:

$$V_x = \frac{ZxUxCxS}{R} x P$$

Estimación de Peso Sísmico

$$V_x = V_y = \frac{0.45x1x1.15x1.05}{6} x 2447.335$$

$$V_x = V_y = 221.64 \text{ Tn. m}$$



4.6.2 ANALISIS DINAMICO ESPECTRAL

El análisis dinámico es un procedimiento más completo para analizar sísmicamente una estructura. La Norma E.030 en su inciso 14.1, indica que cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados del análisis dinámico. Según la Norma E.030 existen dos formas de realizar el análisis dinámico: por medio de procedimientos de combinación espectral o por medio de un análisis tiempo-historia. La Norma E.030 también indica que para edificios convencionales puede usarse cualquiera de los dos, pero para edificios importantes necesariamente se realizará un análisis tiempo-historia.

- ✓ Primero Analizaremos La Edificación como si fuera Común de ahí se procederá a realizar el Análisis Tiempo- Historia.

PARÁMETRO	VALOR	
	DIRECCION X-X	DIRECCION X-X
ZONA (Z)	0.45	0.45
USO (U)	1	1
SUELO (S)	1.05	1.05
Reducción Fuerza Sísmica(R)	6	6
Factor de Amplificación (C)	1.15	1.15

Tabla N° 16 Parámetros Sísmicos

$$S_a = \frac{ZxUxSxC}{R} xg$$

S_a : Aceleración Espectral g.

Entonces, el Factor Escala será:

$$F.E_Y = F.E_X = \frac{ZxUxS}{R} xg = \frac{0.45x1x1.05}{6} x9.81 = 0.7725$$



4.7 FUERZA CORTANTE MÍNIMA EN LA BASE

Una vez realizado el análisis dinámico se obtuvieron las siguientes respuestas máximas de fuerzas cortantes.

NIVEL	Sismo en X-X		Sismo en Y-Y	
	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$
Piso 1	206.63 Tn	207.00 Tn	206.63 Tn	154.87

Tabla N° 17 Cortante Estática y Dinámica

La Norma E.030 en su inciso 18.2.c, señala que la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado en el análisis estático para estructurales regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares. De no cumplir con esta condición será necesario escalar todas fuerzas obtenidas para obtener las fuerzas de diseño. En nuestro caso, para una estructura irregular se tiene:

	DIRECCION X-X	DIRECCION Y-Y
$V_{\text{Dinámico}}(Tn)$	207.00	157.87
$0.90 V_{\text{Estático}}$	185.97	185.97
$f = 0.90 V_{\text{Estático}} / V_{\text{Dinámico}}$	0.90	1.18

Tabla N° 18 Factor de Escala

Como se ve, no se cumple con la condición de fuerza cortante mínima en la base en la Dirección Y-Y, por lo que para diseñar los elementos por 1.18 en la dirección Y-Y.

4.8 ANÁLISIS CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN ETABS 2016

Se va a desarrollar como ejemplo el cálculo de una edificación de 10 niveles, destinado a departamentos, el cual presenta la siguiente sección:

4.8.1 VISTAS DE LOS ELEMENTOS

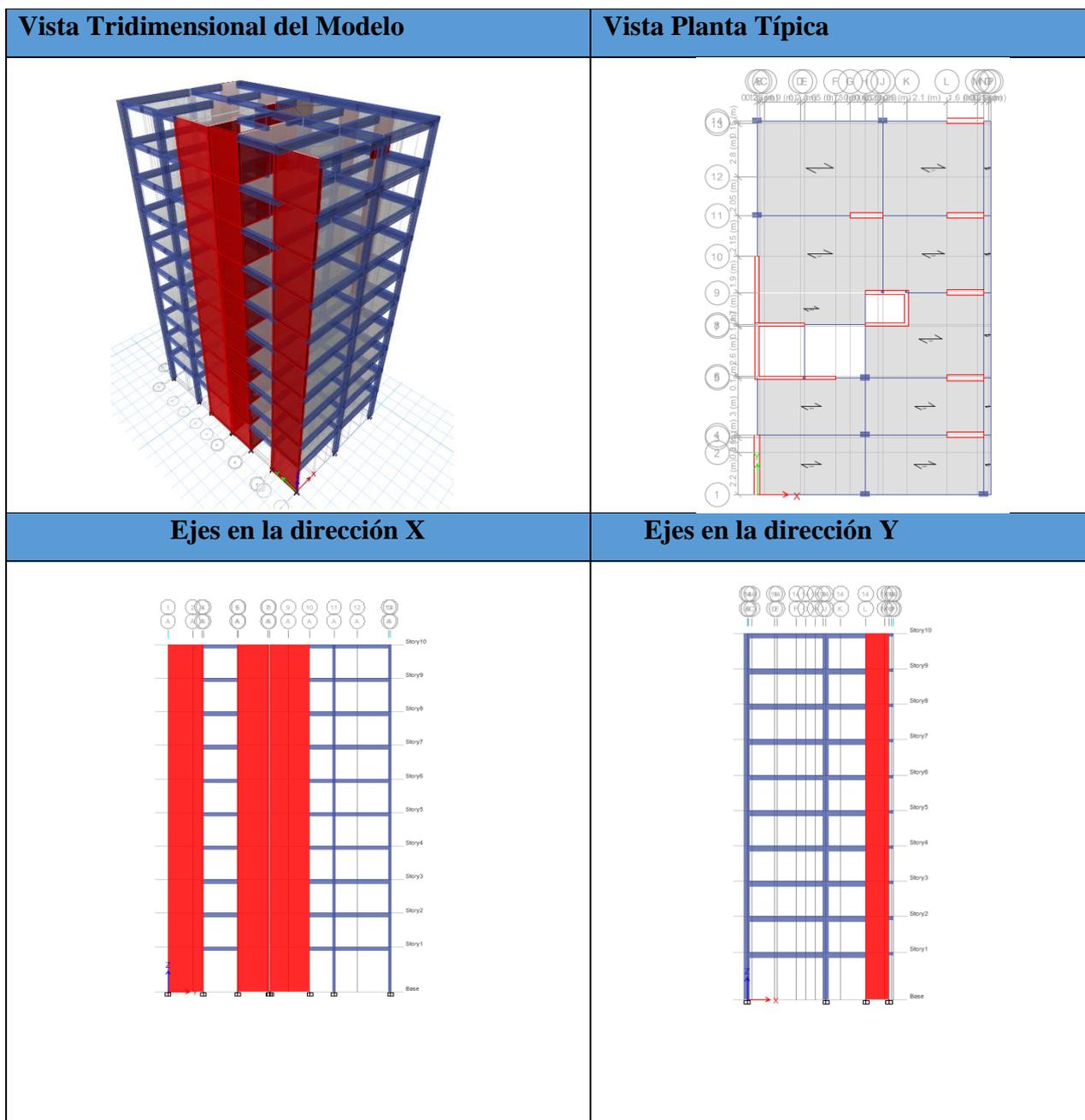


Figura N° 24 Elevación, Planta en el Programa ETABS.

4.8.2 SECCIONES:

Cargas consideradas:

Cargas muertas $D = 500 \text{ kg/m}^2$.

Cargas Vivas $L = 250 \text{ kg/m}^2$, 100 kg/m^2 (Azotea)

Brazos rígidos:



Se ha tomado en cuenta un factor de rigidez de 0.5 para las uniones de vigas con columnas.

4.8.3 ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

Como primer punto se va a considerar el análisis modal espectral de la edificación presentada en el apartado anterior a fin de verificar sus distorsiones de entrepiso.

Se ha considerado el espectro de la Norma Peruana E-030 tal como se muestra:

ANALISIS SISMICO	
Z=	0.45
U=	1
C=	1.15384615
S	1.05
Rx	6
Ry	6

Tabla N° 19 Parámetros Sísmicos Proyecto.

4.8.4 RESULTADOS DE DERIVAS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS

a) MODAL ESPECTRAL

Dirección X-X

TABLE: Distorsiones de Entrepiso			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story10	DESPLXX Max	X	0.007288
Story9	DESPLXX Max	X	0.007848
Story8	DESPLXX Max	X	0.008457
Story7	DESPLXX Max	X	0.008974
Story6	DESPLXX Max	X	0.009288
Story5	DESPLXX Max	X	0.009302
Story4	DESPLXX Max	X	0.008909
Story3	DESPLXX Max	X	0.007968
Story2	DESPLXX Max	X	0.006296
Story1	DESPLXX Max	X	0.002734

Tabla N° 20 Derivas sin Disipadores (X-X)- Response Spectrum

Dirección Y-Y

TABLE: Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story10	DESPLY Y Max	Y	0.006209
Story9	DESPLY Y Max	Y	0.006821



Story8	DESPLY Y Max	Y	0.007484
Story7	DESPLY Y Max	Y	0.008051
Story6	DESPLY Y Max	Y	0.008453
Story5	DESPLY Y Max	Y	0.008624
Story4	DESPLY Y Max	Y	0.008467
Story3	DESPLY Y Max	Y	0.007823
Story2	DESPLY Y Max	Y	0.006471
Story1	DESPLY Y Max	Y	0.002984

Tabla N° 21 Derivas sin Disipadores (Y-Y)- Response Spectrum

Las distorsiones sobrepasan a las permitidas por la norma técnica E-30, , por lo que se plantea en este caso el uso de disipadores viscosos.

4.8.5 ANALISIS TIEMPO HISTORIA SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

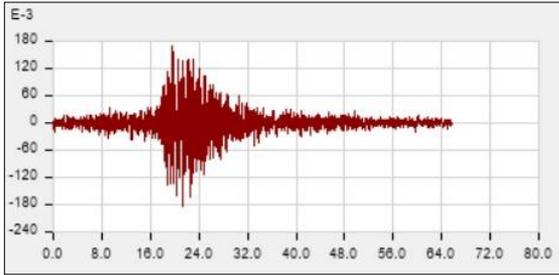
Para este punto consideraremos el modelo inicial el cual contempla columnas de 50x30cm y vigas de 25x40cm, 30x50cm, 50x30cm así mismo de 25x25, y placas de espesor de 20cm y 30 cm

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales. Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consistirá en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración serán obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se podrán usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

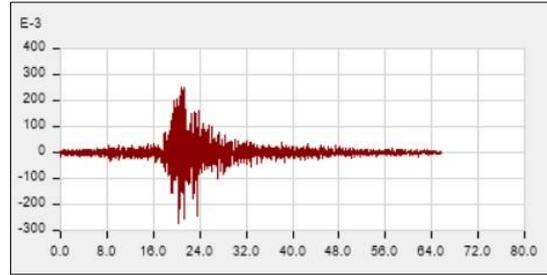
4.8.6 ANALISIS TIEMPO HISTORIA NO LINEAL RAPIDO (FAST NONLINEAR ANALYSIS)

a) Este tipo de análisis es muy eficiente y rápido cuando se trata de elementos con comportamiento no lineal previamente definido y localizado como es el caso de disipadores de energía y aisladores de base. El fast nonlinear analysis o FNA es un análisis modal no lineal con vectores Ritz dependientes de la carga. Para este punto se consideraremos tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno.

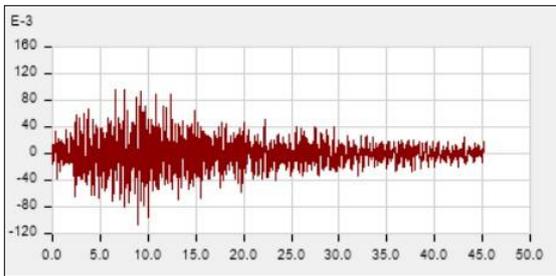
- Sismo del 17 de octubre de 1966 - Huacho.
- Sismo del 31 de mayo de 1970 - Huaraz.
- Sismo del 03 de octubre de 1974 - Cañete.



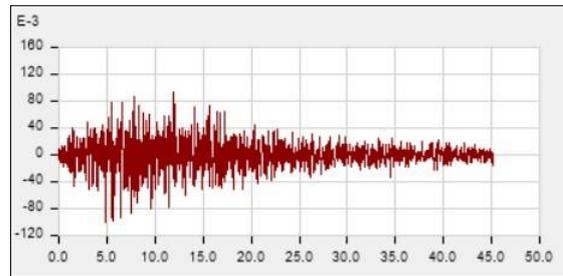
SISMO 1966 E-W



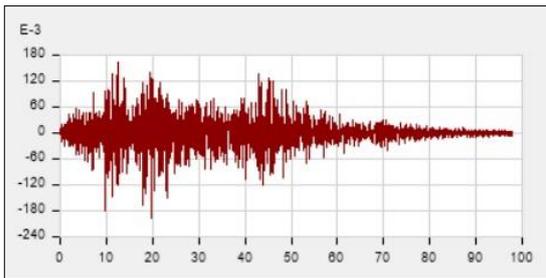
SISMO 1966 N-S



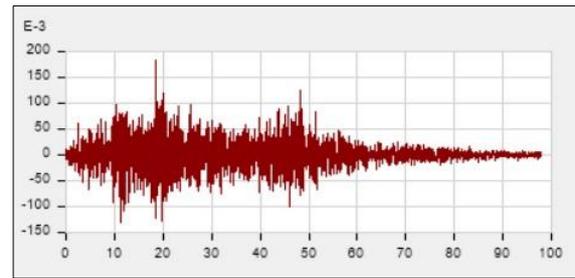
SISMO 1970 E-W



SISMO 1970 N-S



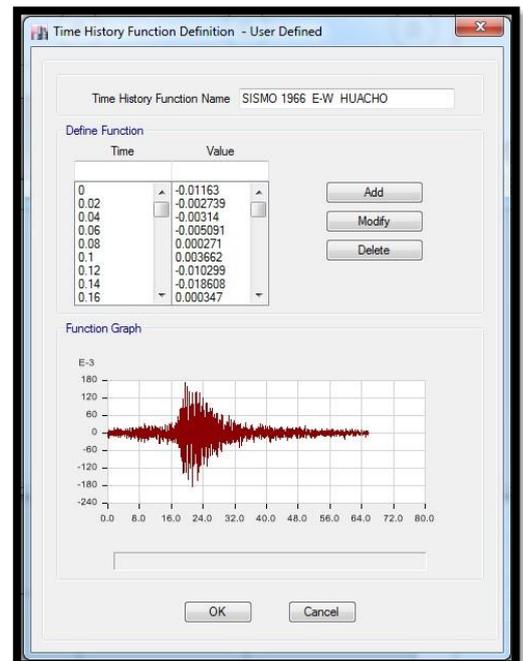
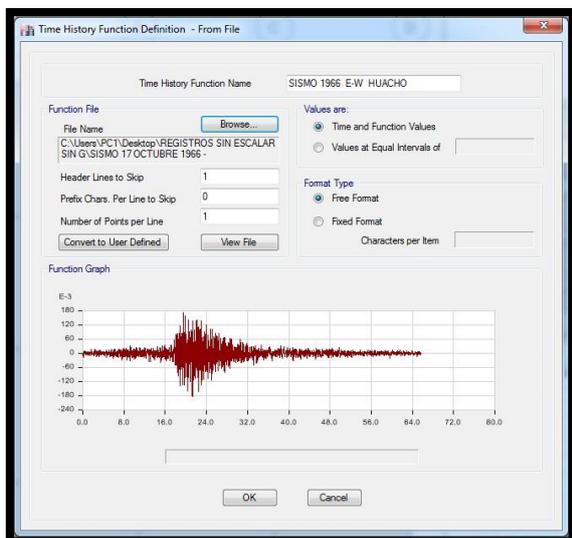
SISMO 1974 E-W



SISMO 1974 N-S

En ETABS 2016:

Cargamos los 03 conjuntos de registros de aceleraciones del terreno:





- b) Todos los registros sísmicos deben de ser escalados al espectro de diseño o espectro objetivo. **El programa ETABS 2016 realiza esta tarea**, para lo cual se debe introducir el espectro de diseño y el registro a escalar.

Para el escalamiento de los registros sísmicos se debe fijar el espectro objetivo fijado en la Norma Peruana E-030.

ACELERACION ESPECTRAL

Z =	0.45
U =	1
S =	1.05
Tp =	0.6
TL =	2
C =	$1 + 7.5 (T / Tp)$
C =	$2.5 * (Tp / T)$
C =	$2.5 * (Tp * TL / T^2)$
R =	1

FACTOR DE ZONA

FACTOR DE USO

FACTOR DE SUELO

PERIODO CORTO DEL SUELO

PERIODO LARGO DEL SUELO

PARA $T < 0.2 Tp$

PARA $Tp < T < TL$

PARA $T > TL$

REDUCCION SISMICA

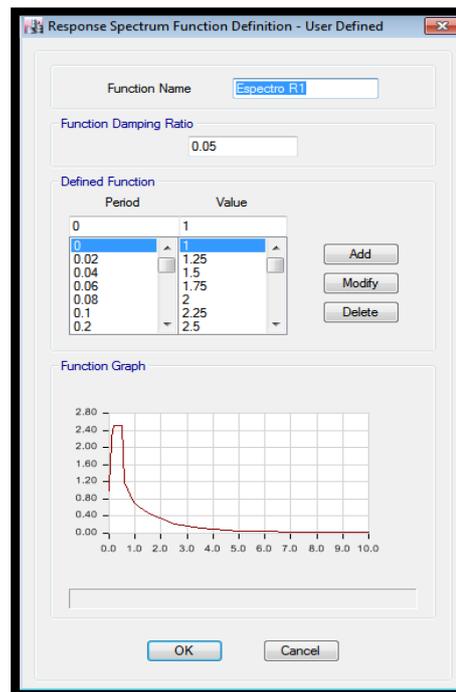
T	Sa
0.000	1.0000
0.03	1.3750
0.06	1.7500
0.12	2.5000
0.10	2.5000
0.20	2.5000
0.30	2.5000
0.40	2.5000
0.50	1.4175
0.60	1.1813
0.70	1.0125
0.80	0.8859
0.90	0.7875
1.00	0.7088
1.10	0.6443
1.20	0.5906
1.30	0.5452
1.40	0.5063
1.50	0.4725
1.60	0.4430
1.70	0.4169
1.80	0.3938

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} g$$

1.90	0.3730
2.00	0.3544
2.10	0.3375
2.20	0.3222
2.30	0.3082
2.40	0.2953
2.50	0.2835
3.00	0.1575
3.50	0.1157
4.00	0.0886
4.50	0.0700
5.00	0.0567
5.50	0.0469
6.00	0.0394
7.00	0.0289
8.00	0.0221
9.00	0.0175
10.00	0.0142

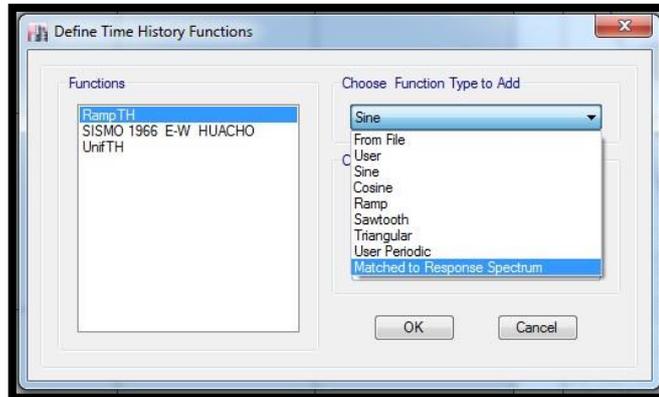
Tabla N° 22 Pseudoaceleración con R=1

Datos Ingresados en el Programa Etabs.



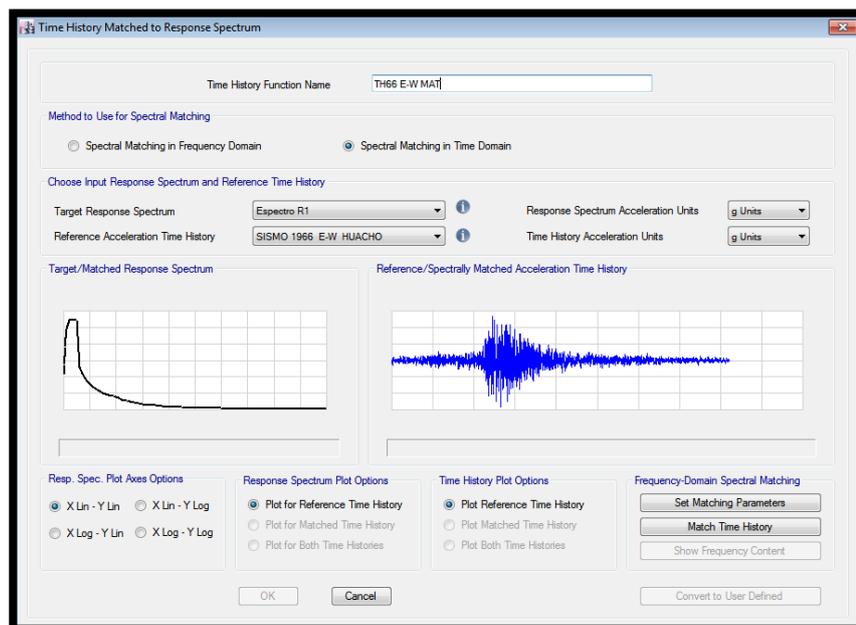
c) Escalamiento de registros sísmicos

Una vez definido el espectro objetivo se procede a escalar los registros sísmicos a dicho registro.

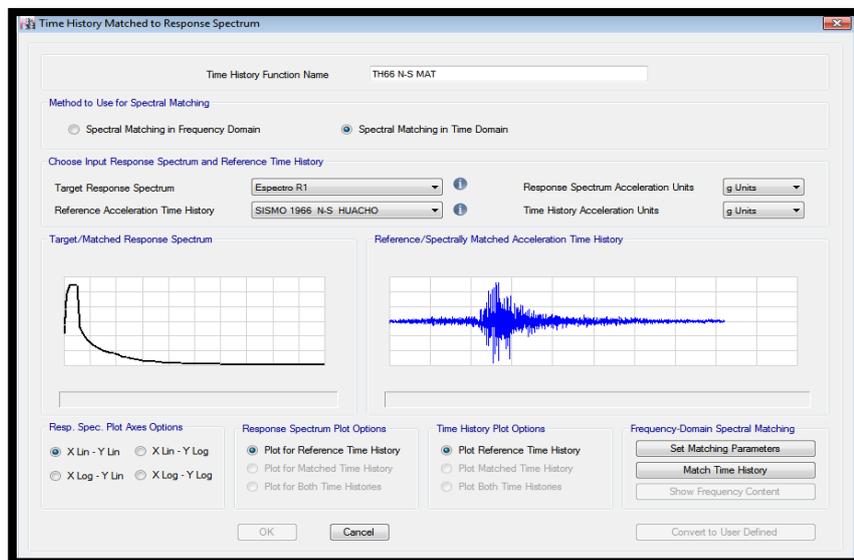


d) Se procede a realizar el escalamiento en el Programa Etabs

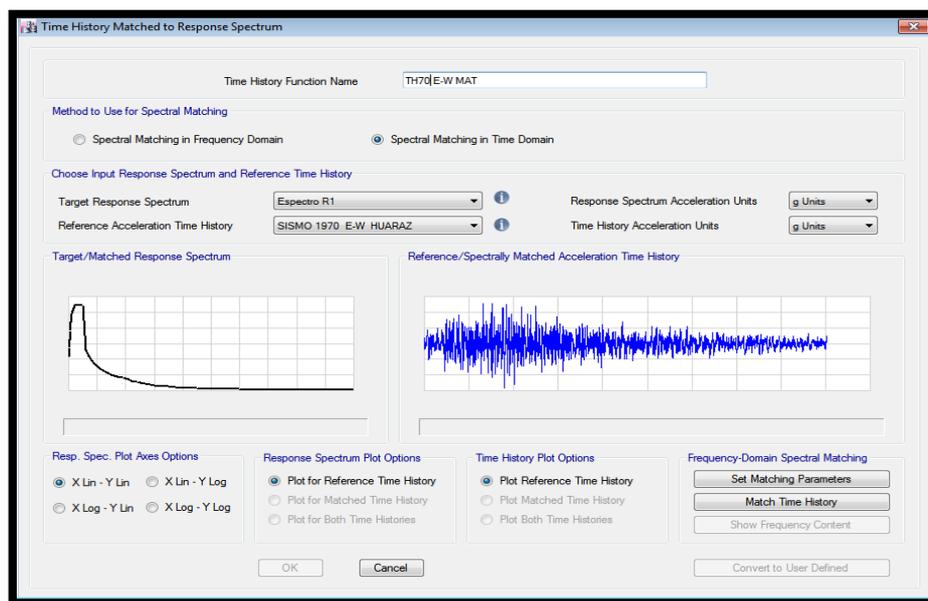
Escalamiento del TH66 E-W MAT:



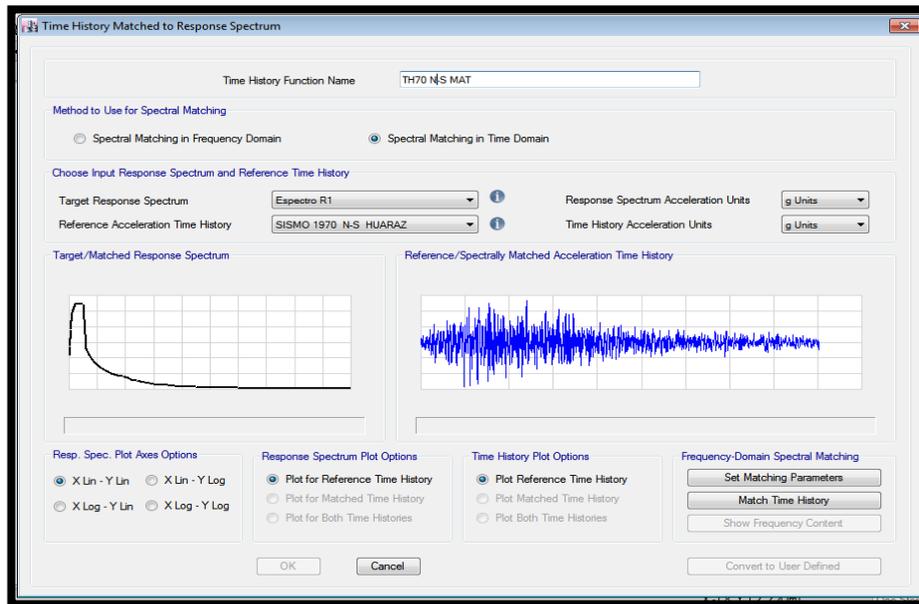
Escalamiento del TH66 N-S MAT:



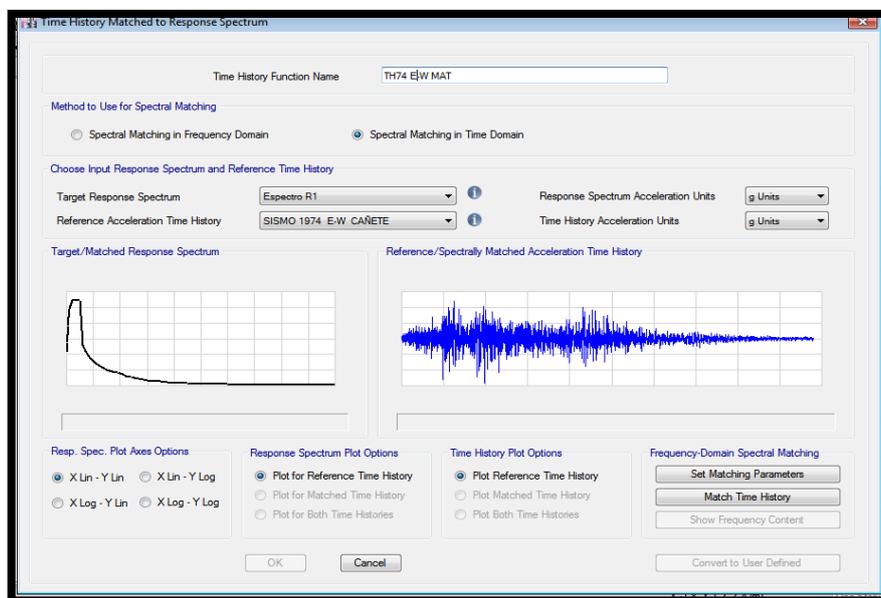
Escalamiento del TH70 E-W MAT:



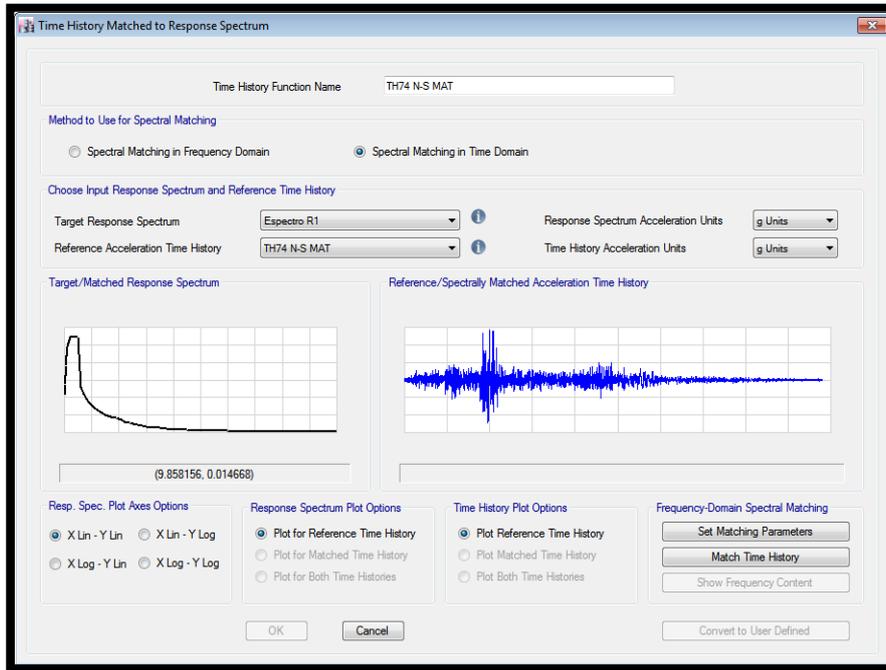
Escalamiento del TH70 N-S MAT:



Escalamiento del TH74 E-W MAT:

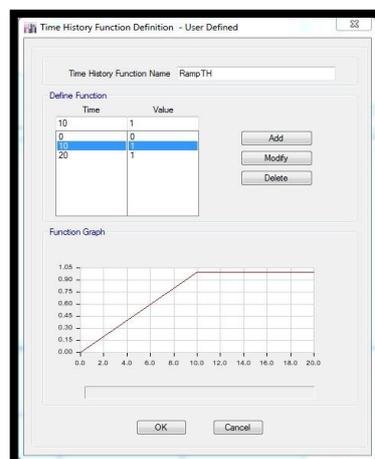
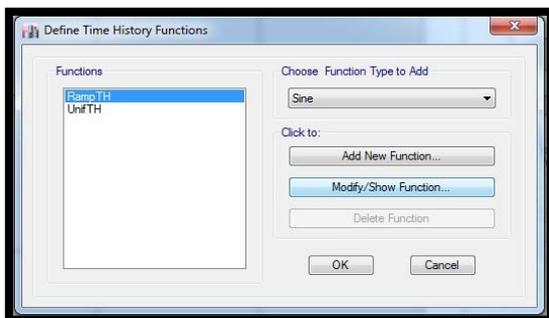


Escalamiento del TH74 N-S MAT:

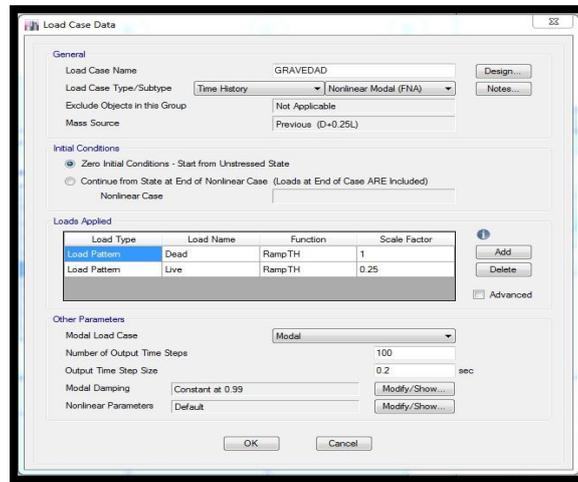


- e) Para proceder con el análisis tiempo historia no lineal se debe contar con un estado de carga gravitacional del tipo tiempo historia, ya que la carga de gravedad está presente siempre antes del evento sísmico, para lo cual se debe definir una función RAMP del tipo tiempo historia, esta función debe ser una función lenta que combinada con un amortiguamiento crítico alto (0.999), nos proporciona una buena aproximación a un estado de carga estático. El estado de carga gravitacional parte de las consideraciones iniciales de cero (0).

Definimos la función rampa

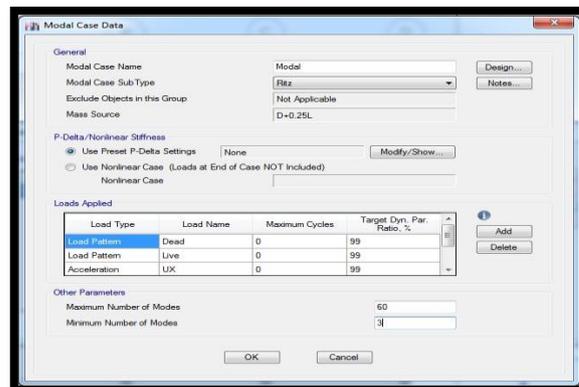


Definimos el estado de carga gravitacional



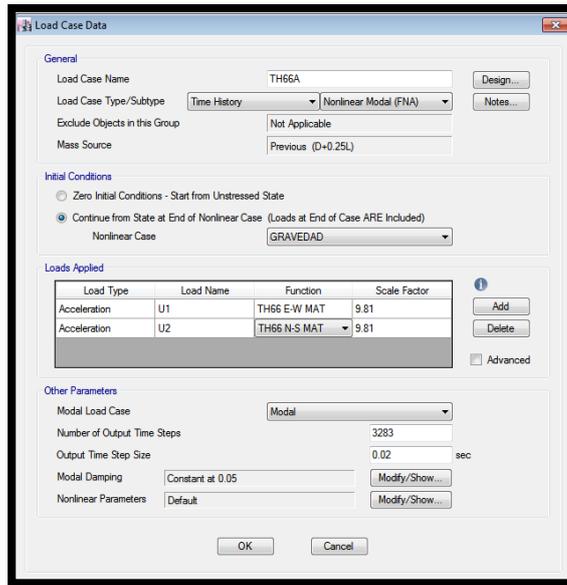
- f) Se debe considerar para el presente análisis un análisis modal no lineal del tipo vectores RITZ dependientes de carga, los modos a considerar a fin de conseguir resultados satisfactorios son como mínimo el doble del número de disipadores proyectados en la estructura. Para el presente análisis se considerarán un total de 60 modos.

En las cargas aplicadas consideramos los Load Patterns Dead y Live, así como también las aceleraciones en X, Y y que considere los links.



- g) Se debe definir los estados de carga del tipo tiempo historia para cada registro sísmico considerando dos escenarios por registro (A y B), esto se consigue intercambiando los registros en ambas direcciones de análisis (A: U1=E-W, U2=N-S y B: U1=N-S, U2=E-W).

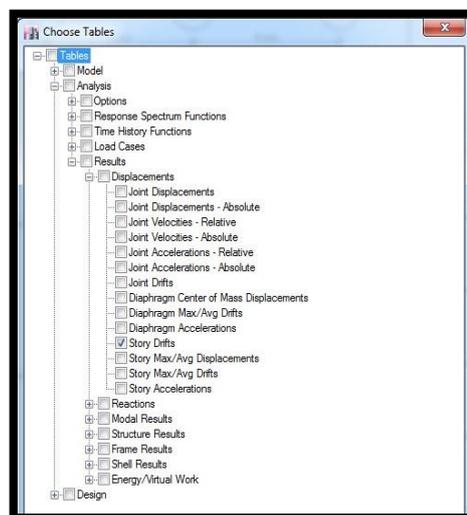
Todos los estados de carga Tiempo Historia continúan del estado de carga gravitacional.



Una vez definidos todos los pasos mencionados es factible correr el programa.

h) Resultados obtenidos del análisis Tiempo – historia sin disipadores:

Desplazamientos: En el menú Display – show Tables podemos solicitar al programa los desplazamientos obtenidos para los casos de análisis considerados



PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B
10	0.011227	0.007995	0.001401	0.012407	0.013312	0.012865
9	0.01236	0.008409	0.001498	0.013354	0.014171	0.013866
8	0.013614	0.008844	0.001552	0.013885	0.01479	0.014829
7	0.014607	0.009138	0.001531	0.013685	0.014908	0.01609
6	0.015241	0.009151	0.001459	0.012783	0.014478	0.017047
5	0.01531	0.008874	0.001567	0.012839	0.016862	0.017332



4	0.014729	0.008297	0.001677	0.013476	0.013998	0.016862
3	0.013485	0.007171	0.001692	0.013099	0.012791	0.015228
2	0.011117	0.005746	0.001508	0.011189	0.011532	0.012524
1	0.005042	0.002657	0.000719	0.00534	0.005495	0.005676

Tabla N° 23 Distorsiones X-X con Disipadores (Time – History)

PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B
10	0.012409	0.00178	0.001332	0.018362	0.012973	0.013681
9	0.01342	0.002456	0.001421	0.01965	0.014734	0.011637
8	0.014473	0.00245	0.001487	0.020162	0.015214	0.012533
7	0.015235	0.002295	0.001446	0.01936	0.015072	0.01314
6	0.015435	0.002	0.001269	0.017564	0.015433	0.013516
5	0.014856	0.001833	0.001	0.016841	0.015225	0.013799
4	0.013601	0.001794	0.000977	0.016685	0.013777	0.013334
3	0.012737	0.001724	0.000959	0.016614	0.013402	0.012191
2	0.010712	0.001472	0.000865	0.014622	0.011623	0.009948
1	0.004967	0.000713	0.000454	0.006908	0.005321	0.004498

Tabla N° 24 Distorsiones Y-Y con Disipadores (Time – History)

La norma E-030 indica: Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1.25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 14.

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_f / h_{ef})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Tabla N° 25 Límites Máximos de Distorsión

A fin de usar los valores usados por la tabla N° 11 podemos multiplicar los resultados del análisis tiempo historia por un factor $1/1.25 = 0.8$

Distorsiones obtenidas (Multiplicadas por 0.8):

Dirección X – X (Límite 0.007)

PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B	NORMA E-030 POR FACTOR 0.8
10	0.011227	0.007995	0.001401	0.012407	0.013312	0.012865	0.0106496
9	0.01236	0.008409	0.001498	0.013354	0.014171	0.013866	0.0113368
8	0.013614	0.008844	0.001552	0.013885	0.01479	0.014829	0.0118632



7	0.014607	0.009138	0.001531	0.013685	0.014908	0.01609	0.012872
6	0.015241	0.009151	0.001459	0.012783	0.014478	0.017047	0.0136376
5	0.01531	0.008874	0.001567	0.012839	0.016862	0.017332	0.0138656
4	0.014729	0.008297	0.001677	0.013476	0.013998	0.016862	0.0134896
3	0.013485	0.007171	0.001692	0.013099	0.012791	0.015228	0.0121824
2	0.011117	0.005746	0.001508	0.011189	0.011532	0.012524	0.0100192
1	0.005042	0.002657	0.000719	0.00534	0.005495	0.005676	0.0045408

Tabla N° 26 . Distorsiones X-X con Disipadores (Time – History)-Con factor de Norma

Dirección Y – Y (Limite 0.007)

PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B	NORMA E-030 POR FACTOR 0.8
10	0.012409	0.00178	0.001332	0.018362	0.012973	0.013681	0.0146896
9	0.01342	0.002456	0.001421	0.01965	0.014734	0.011637	0.01572
8	0.014473	0.00245	0.001487	0.020162	0.015214	0.012533	0.0161296
7	0.015235	0.002295	0.001446	0.01936	0.015072	0.01314	0.015488
6	0.015435	0.002	0.001269	0.017564	0.015433	0.013516	0.0140512
5	0.014856	0.001833	0.001	0.016841	0.015225	0.013799	0.0134728
4	0.013601	0.001794	0.000977	0.016685	0.013777	0.013334	0.013348
3	0.012737	0.001724	0.000959	0.016614	0.013402	0.012191	0.0132912
2	0.010712	0.001472	0.000865	0.014622	0.011623	0.009948	0.0116976
1	0.004967	0.000713	0.000454	0.006908	0.005321	0.004498	0.0055264

Tabla N° 27 Distorsiones Y-Y con Disipadores(Time – History)-Con factor de Norma.

Se observa que todas las distorsiones superan el límite de 0.007 por lo que se considera el uso de disipadores viscosos como medida de corrección.

4.8.7 ANALISIS TIEMPO HISTORIA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

El primer paso para utilizar disipadores de fluido viscoso es estimar sus propiedades, en este caso es importante estimar el coeficiente de amortiguamiento C, la rigidez del brazo metálico y el factor α .

4.8.7.1 Estimación del coeficiente de amortiguamiento:

En este caso vamos a considerar el uso de disipadores no lineales por lo que utilizaremos la siguiente relación:

$$B_{visc.} = \frac{\sum j \lambda c_j \theta_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} W^{2-\alpha} \sum_i m_i \theta_i^2} \text{ Ecuación 3.17}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha} r^2 (1 + \frac{\alpha}{2})}{r(2+\alpha)} \text{ Ecuación 3.18}$$



B_{visc} : Amortiguamiento Viscoso Objetivo.

T : Periodo de la estructura.

θ_i : Modo de vibración del periodo fundamental.

θ_{rj} : Desplazamiento relativo del modo de vibración fundamental.

θ_j : Ángulo de inclinación del disipador.

m_i : Masa de entrepiso.

r : Función gamma.

A : Amplitud del desplazamiento del modo fundamental de la estructura.

W : Frecuencia Angular fundamental de la estructura ($w=2\pi f$)

α : Exponente de velocidad.

Se obtiene los desplazamientos del modo fundamental y el periodo de la estructura. (Para ello revisamos el desplazamiento modal en ambas direcciones:

DATOS PROGRAMA	DATOS NORMALIZADOS
3.32E-05	1.00E+00
3.06E-05	9.19E-01
2.76E-05	8.30E-01
2.42E-05	7.29E-01
2.05E-05	6.18E-01
1.66E-05	4.99E-01
1.25E-05	3.76E-01
8.49E-06	2.55E-01
4.82E-06	1.45E-01
1.82E-06	5.47E-02

DATOS PROGRAMA	DATOS NORMALIZADOS
1.11E-05	1.00E+00
1.00E-05	9.02E-01
8.85E-06	7.99E-01
7.62E-06	6.88E-01
6.32E-06	5.70E-01
4.99E-06	4.50E-01
3.66E-06	3.31E-01
2.42E-06	2.18E-01
1.32E-06	1.19E-01
4.86E-07	4.38E-02

DIRECCION X-X
5.47E-02
1.45E-01
2.55E-01
3.76E-01
4.99E-01
6.18E-01
7.29E-01
8.30E-01
9.19E-01
1.00E+00

DIRECCION YY
4.38E-02
1.19E-01
2.18E-01
3.31E-01
4.50E-01
5.70E-01
6.88E-01
7.99E-01
9.02E-01
1.00E+00

Tabla N° 28 Desplazamientos Modales en Ambas Direcciones.

Dichos modos serán normalizados a la unidad para poder estimar el valor del coeficiente de amortiguamiento.

Consideraciones:

- Se ha partido de un amortiguamiento estimado debido a los disipadores de 10.45%
- Se ha considerado la siguiente ubicación para los disipadores por lo que se tienen 6 disipadores por piso.

4.8.7.2 VISTAS 3D DEL MODELO

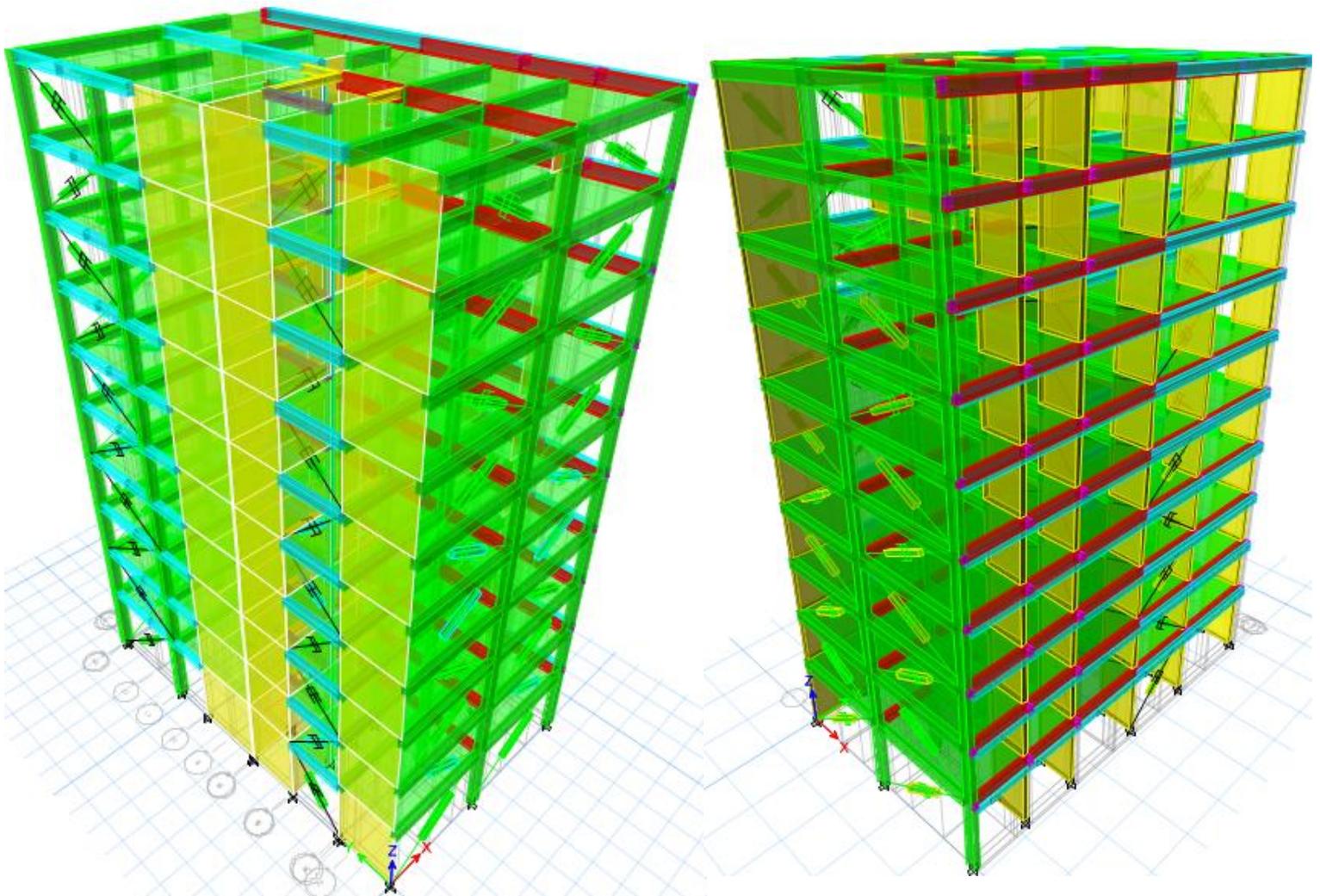


Figura N° 25 Vistas 3d del Modelo.



4.8.8 MODELO CON DISIPADOR

4.8.8.1 Coeficiente de Amortiguamiento Dirección X-X

CALCULO DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO EN DISIPADORES NO LINEALES $\alpha < 1$

DIRECCION X - X

T= 1.366 seg $\beta_{visc} = 15\%$
 $\alpha = 0.5$ $\beta_{mD} = 1.35$

$$\beta_{visc} = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_l m_l \phi_l^2}$$

N° de dis. por nivel= 3 Angulo= 25°

NIVEL	FORMA MODAL ϕ_i	ϕ_i^2	ϕ_{rj}	MASA (Ton)	COSe	$\sum \phi_i^2 x_{mi}$	$\sum (\phi_{rj})^{1+\alpha} x_{cos}^1$
1	5.47E-02	0.003	0.055	23.37334	0.906308	0.07	0.01105
2	1.45E-01	0.021	0.090	22.77855	0.906308	0.48	0.02336
3	2.55E-01	0.065	0.110	22.77855	0.906308	1.49	0.03168
4	3.76E-01	0.141	0.121	22.77855	0.906308	3.22	0.03612
5	4.39E-01	0.243	0.123	22.77855	0.906308	5.67	0.03712
6	6.18E-01	0.382	0.119	22.77855	0.906308	8.69	0.03545
7	7.29E-01	0.531	0.111	22.77855	0.906308	12.10	0.03197
8	8.30E-01	0.688	0.101	22.77855	0.906308	15.68	0.02758
9	3.19E-01	0.845	0.090	22.77855	0.906308	19.25	0.02317
10	1.00E+00	1.000	0.081	10.61876	0.906308	10.62	0.01976
		5.42552	3.925333124			77.27	0.27727

Coeficiente de Participación

$$A = \frac{g \times \Gamma_i \times S_a \times T_1}{4 \times \beta_{mD} \times \pi^2}$$

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

$\Gamma_i = 1.44286$ $\lambda = 3.49608$
 $A = 0.16325$ m $\omega^{2+\alpha} = 9.86492$
 $A^{1+\alpha} = 0.40405$

$\Sigma C = 299.4533 \cdot n \cdot (s/m)^{1/(1+\alpha)}$

Cx = 100 $\cdot n \cdot (s/m)^{1/(1+\alpha)}$

4.8.8.2 Coeficiente de Amortiguamiento Dirección Y-Y

DIRECCION Y - Y

T= 0.893 seg $\beta_{visc} = 15\%$
 $\alpha = 0.5$ $\beta_{mD} = 1.35$

$$\beta_{visc} = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_l m_l \phi_l^2}$$

N° de dis. por nivel= 3 Angulo= 30°

NIVEL	FORMA MODAL ϕ_i	ϕ_i^2	ϕ_{rj}	MASA (Ton)	COSe	$\sum \phi_i^2 x_{mi}$	$\sum (\phi_{rj})^{1+\alpha} x_{cos}^1$
1	4.38E-02	0.002	0.044	23.37334	0.866025	0.05	0.00740
2	1.19E-01	0.014	0.076	22.77855	0.866025	0.33	0.01676
3	2.18E-01	0.048	0.093	22.77855	0.866025	1.08	0.02496
4	3.31E-01	0.109	0.113	22.77855	0.866025	2.49	0.03046
5	4.50E-01	0.203	0.119	22.77855	0.866025	4.61	0.03324
6	5.70E-01	0.325	0.120	22.77855	0.866025	7.41	0.03367
7	6.88E-01	0.473	0.117	22.77855	0.866025	10.77	0.03229
8	7.99E-01	0.638	0.111	22.77855	0.866025	14.53	0.02981
9	3.02E-01	0.814	0.104	22.77855	0.866025	18.55	0.02699
10	1.00E+00	1.000	0.098	10.61876	0.866025	10.62	0.02456
		5.12E+00	3.626			70.43	0.26012

Coeficiente de Participación

$$A = \frac{g \times \Gamma_i \times S_a \times T_1}{4 \times \beta_{mD} \times \pi^2}$$

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

$\Gamma_i = 1.48427$ $\lambda = 3.49608$
 $A = 0.09759$ m $\omega^{2+\alpha} = 18.6635$
 $A^{1+\alpha} = 0.31239$

$\Sigma C = 425.5836 \cdot n \cdot (s/m)^{1/(1+\alpha)}$

Cy = 142 $\cdot n \cdot (s/m)^{1/(1+\alpha)}$

Se inician las iteraciones con un valor de $C_{xx} = 100 \text{ (t-s/m)}^{1/\alpha}$ y $C_{yy} = 142 \text{ (t-s/m)}^{1/\alpha}$

Un rango preliminar para la rigidez del brazo es de $K=35000 \text{ t/m}^2$

Consideraremos un valor de $\alpha=0.5$

Una vez definido los disipadores y dibujados en el modelo podemos ver los resultados de los desplazamientos en tablas.

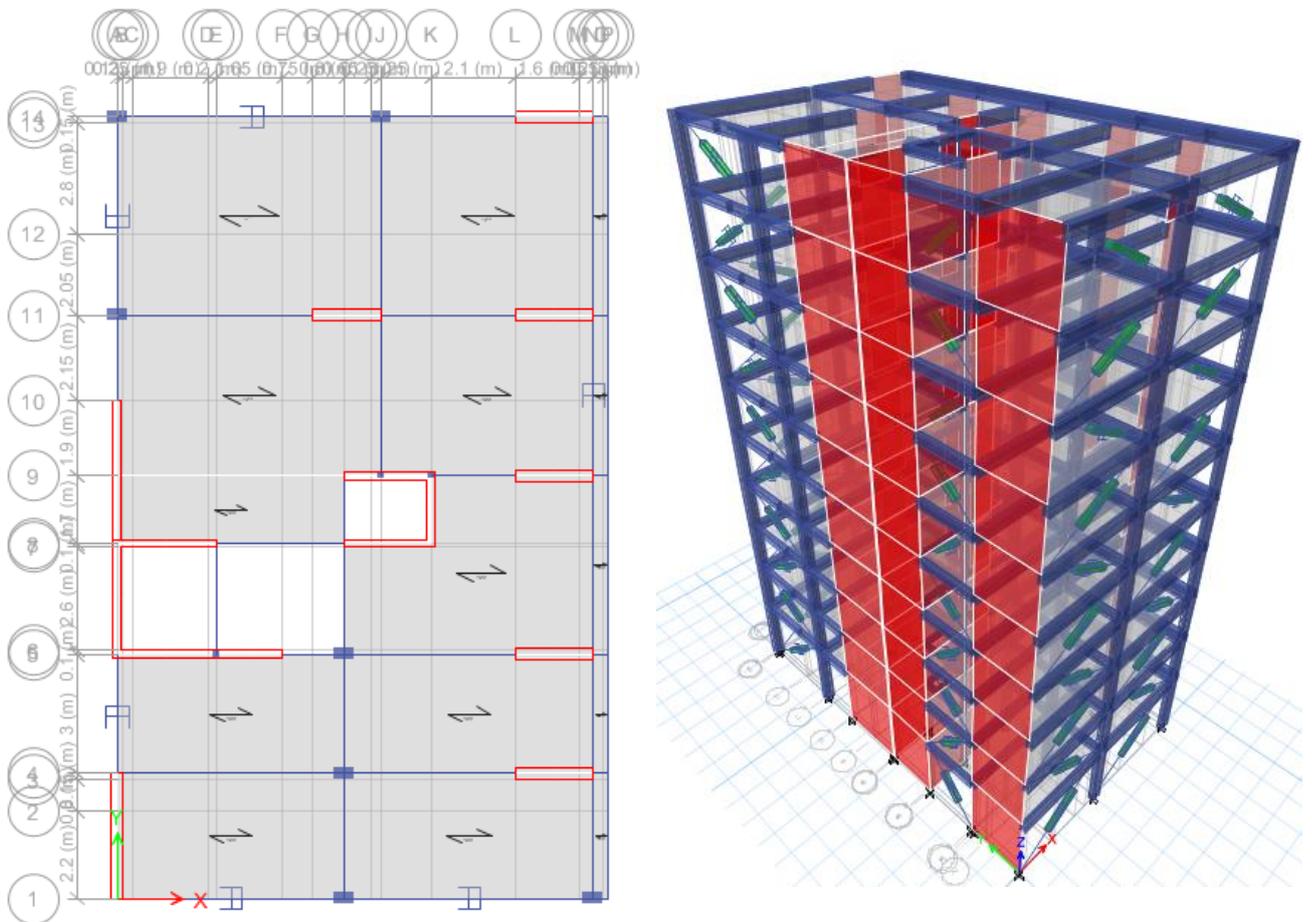


Figura N° 26 Planta y Vista 3d del Modelo.

A partir del modelo considerado se obtienen las siguientes distorsiones:

PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B	NORMA E-030 POR FACTOR 0.8
10	0.006133	0.005819	0.000491	0.006037	0.007848	0.007176	0.0062784
9	0.006847	0.006098	0.000565	0.00649	0.00832	0.008038	0.006656
8	0.007746	0.006417	0.00065	0.006939	0.008736	0.009084	0.0072672
7	0.00848	0.006646	0.000724	0.007359	0.008948	0.010015	0.008012



6	0.009125	0.006895	0.000782	0.007618	0.00881	0.010747	0.0085976
5	0.009401	0.006878	0.0008	0.007721	0.008306	0.011076	0.0088608
4	0.009324	0.006662	0.000786	0.007506	0.007669	0.010939	0.0087512
3	0.008567	0.005886	0.000693	0.006807	0.006812	0.009987	0.0079896
2	0.006982	0.004634	0.000548	0.005504	0.005573	0.008118	0.0064944
1	0.003121	0.002001	0.000223	0.002494	0.002661	0.003623	0.0028984

Tabla N° 29 Distorsiones con Amortiguadores Calculados X-X.

Dirección Y – Y

PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B	NORMA E-030 POR FACTOR 0.8
10	0.004394	0.000713	0.000299	0.006892	0.004798	0.005165	0.0055136
9	0.004817	0.000693	0.00033	0.007846	0.005535	0.005795	0.0062768
8	0.005256	0.00053	0.000352	0.008917	0.006302	0.006472	0.0071336
7	0.005432	0.000773	0.000374	0.009817	0.007138	0.007256	0.0078536
6	0.005645	0.000918	0.000378	0.010253	0.007891	0.007854	0.0082024
5	0.005925	0.001039	0.00038	0.010206	0.008518	0.008202	0.0081648
4	0.005904	0.00113	0.000395	0.009504	0.008582	0.007987	0.0076032
3	0.005564	0.001183	0.000386	0.008737	0.00821	0.00734	0.0069896
2	0.004583	0.001033	0.000309	0.007107	0.006644	0.005877	0.0056856
1	0.002109	0.000521	0.000164	0.003227	0.003121	0.002606	0.0025816

Tabla N° 30 Distorsiones con Amortiguadores Calculados Y-Y.

4.8.9. Optimizando los valores de C tenemos:

$C=350 (t-s/m)^{1/\alpha}$ para la dirección X – X , Mientras que en la dirección Y-Y utilizaremos un $C=250 (t-s/m)^{1/\alpha}$

- a) Resultados obtenidos del análisis Tiempo – historia con disipadores:



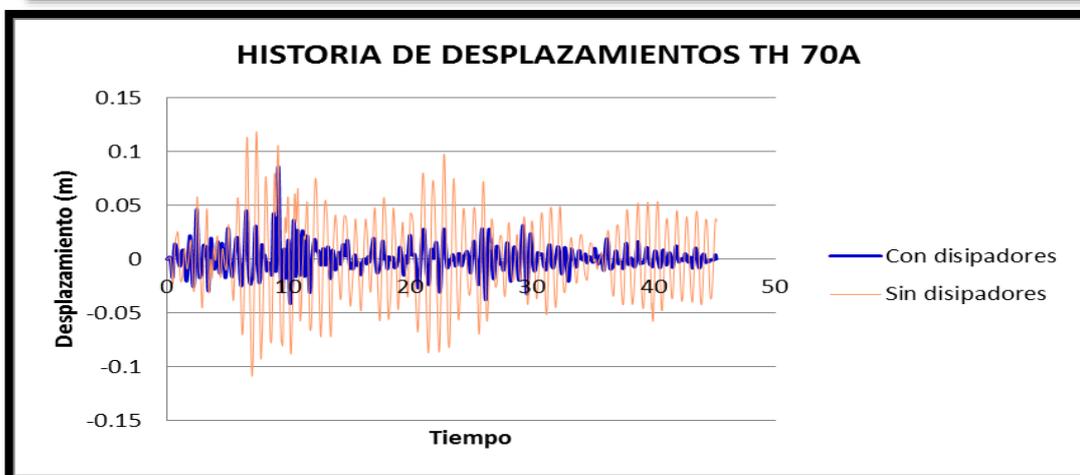
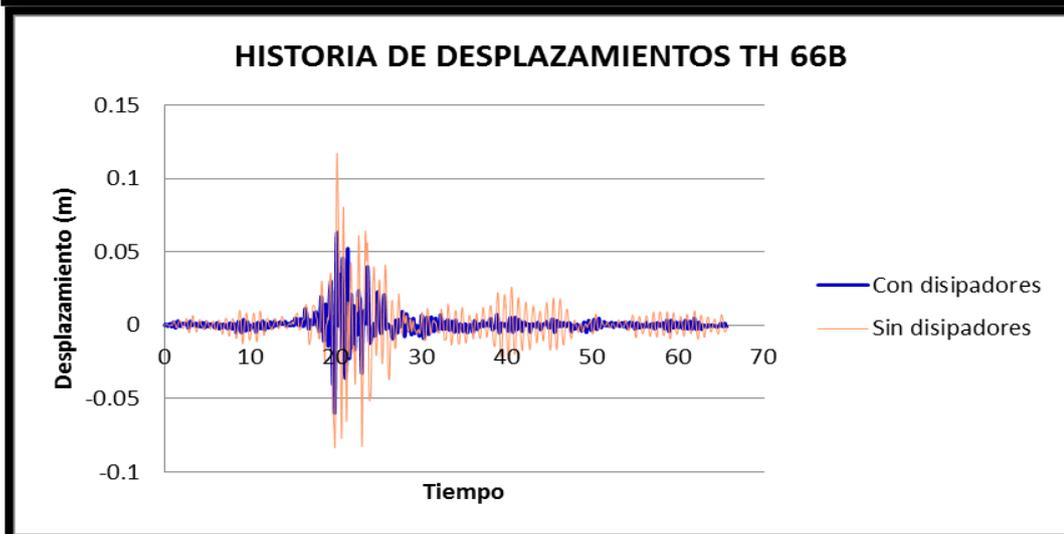
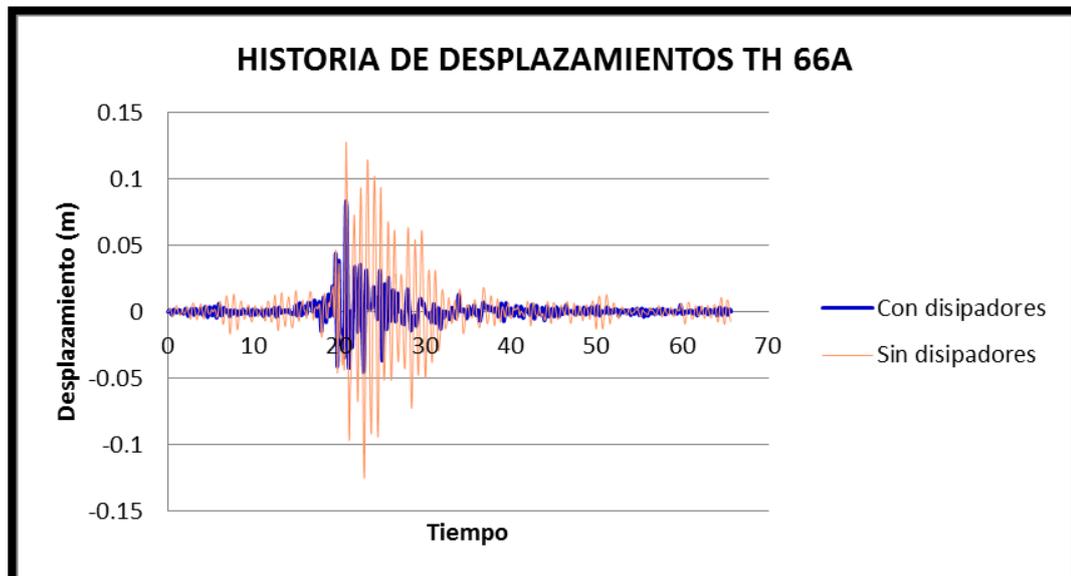
PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B	NORMA E-030 POR FACTOR 0.8
10	0.004357	0.00373	0.000565	0.003328	0.004972	0.004273	0.0039776
9	0.005038	0.004204	0.000601	0.003689	0.005461	0.005072	0.0043688
8	0.005909	0.004775	0.000633	0.004338	0.006033	0.006101	0.0048808
7	0.006751	0.005327	0.000667	0.004862	0.00651	0.007078	0.0056624
6	0.007538	0.005813	0.000679	0.005274	0.006833	0.007917	0.0063336
5	0.007849	0.00602	0.000702	0.005408	0.006956	0.008502	0.0068016
4	0.007993	0.00601	0.000673	0.005528	0.006873	0.008616	0.0068928
3	0.00749	0.005474	0.000666	0.005328	0.006473	0.0084	0.00672
2	0.006372	0.004495	0.000597	0.004683	0.005714	0.007094	0.0056752
1	0.002928	0.002006	0.000281	0.002247	0.002784	0.003274	0.0026192

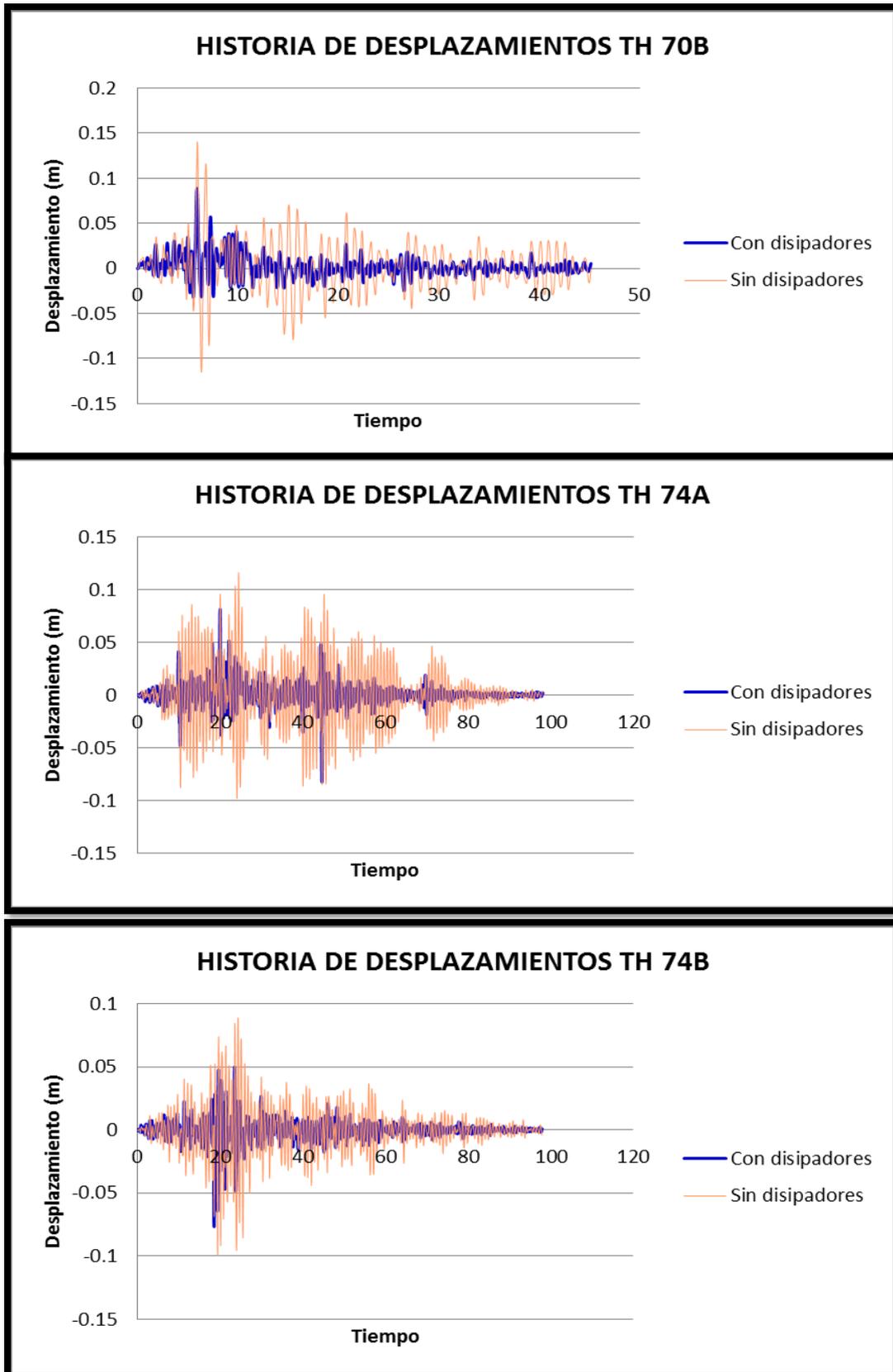
Tabla N° 31 Distorsiones con Amortiguadores Optimizados X-X.

PISO	TH66A	TH66B	TH70A	TH70B	TH74A	TH74B	NORMA E-030 POR FACTOR 0.8
10	0.003894	0.000769	0.000361	0.005192	0.003868	0.004928	0.0041536
9	0.00445	0.000946	0.000411	0.006102	0.004427	0.00552	0.0048816
8	0.005004	0.001146	0.000187	0.007092	0.004927	0.006072	0.0056736
7	0.005373	0.001316	0.000478	0.00799	0.005428	0.006613	0.006392
6	0.005576	0.001403	0.000481	0.00848	0.005866	0.00686	0.006784
5	0.005644	0.001513	0.000471	0.008635	0.005866	0.006446	0.006908
4	0.005584	0.001571	0.000456	0.008135	0.006797	0.007254	0.006508
3	0.005214	0.001615	0.000437	0.007322	0.006758	0.006967	0.0058576
2	0.004477	0.00143	0.000368	0.006166	0.006007	0.005816	0.0049328
1	0.002235	0.000765	0.000189	0.00293	0.002946	0.002704	0.0023568

Tabla N° 32 Distorsiones con Amortiguadores Optimizados Y-Y

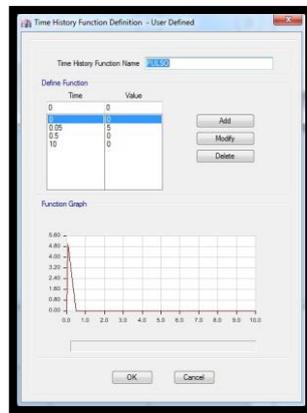
4.8.10 Comparación historia - desplazamientos



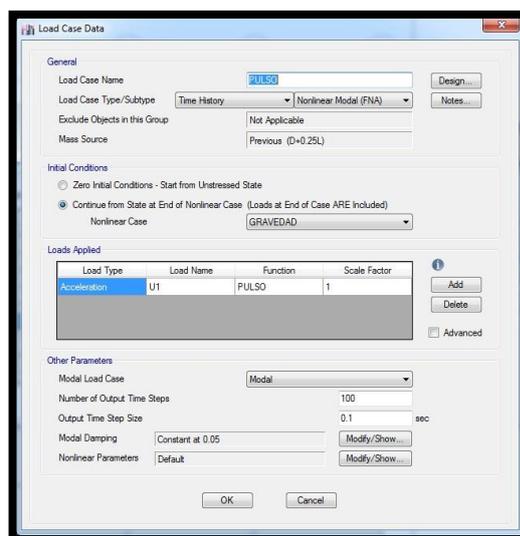


4.8.11 Verificación del amortiguamiento:

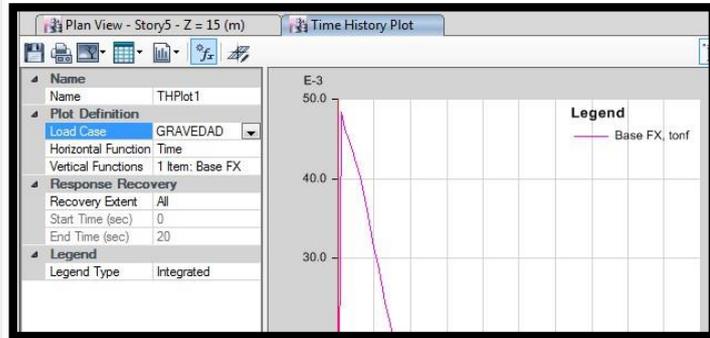
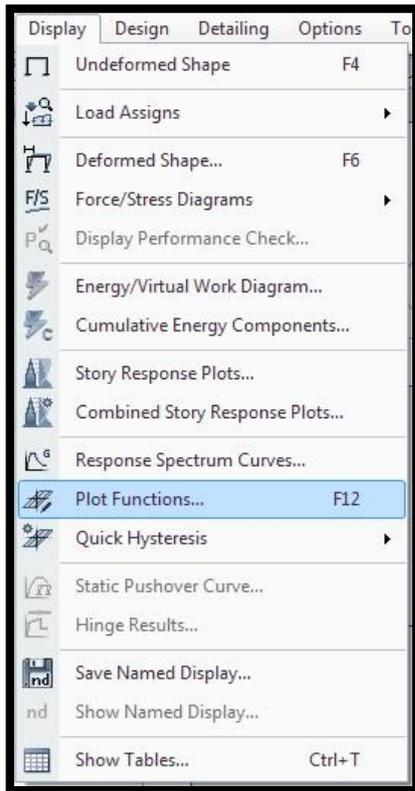
Como primer paso debemos definir una función pulso como tiempo – historia:



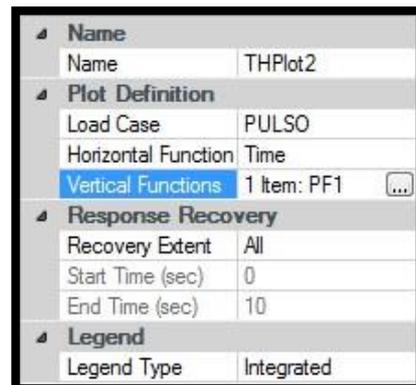
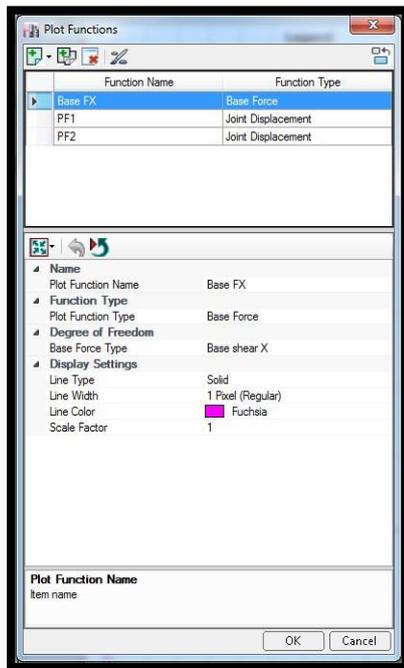
Definimos al pulso como caso de carga:



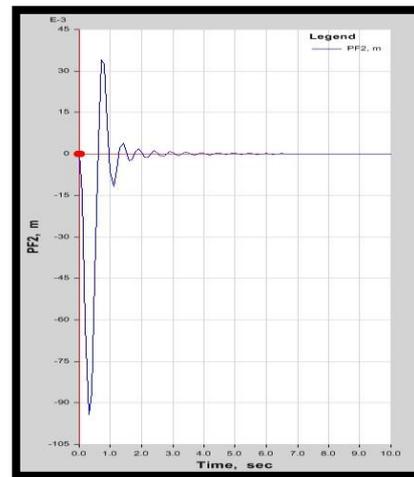
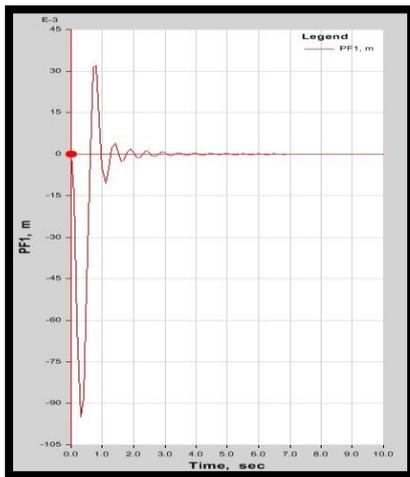
Para poder ver las gráficas de la función pulso definimos las funciones a plotear.



Definimos un desplazamiento en la dirección X-X y un desplazamiento en la dirección Y-Y.



Se muestran las respuestas del desplazamiento en vibración libre para el último nivel en dirección X-X e Y-Y



Amortiguamientos en el Programas Etabs

4.8.12 Amortiguamiento Adicional de la Estructura Dirección X – X

DECREMENTO LOGARITMICO	
INGRESE n :	3
INGRESE X1 :	0.031715
INGRESE X2 :	0.0038
$\delta = \ln (X1 / X2) :$	2.1218
$\zeta =$	0.1119
$\beta =$	6.19%

Tabla N° 33 Amortiguamiento Adicional a la Estructura X-X

Dirección Y – Y

DECREMENTO LOGARITMICO	
INGRESE n :	3
INGRESE Y1 :	0.008951
INGRESE Y2 :	0.001425
$\delta = \ln (Y1 / Y2) :$	1.8376
$\zeta =$	0.0970
$\beta =$	4.70%

Tabla N° 34 Amortiguamiento Adicional a la Estructura Y-Y



CAPITULO V. DISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE AMORTIGUAMIENTO

5. CALCULO DE RIGIDEZ

Se ha considerado el uso de un perfil metálico para el brazo que contiene el amortiguador. Las propiedades del perfil se muestran en el siguiente cuadro:

DIMENSIONES HSS 7.50 x 0.50				
D ext. (in)	D int. (in) (in)	Espesor	Área	Inercia (in)
7.50	7.04	0.465	10.30	63.90

Tabla N° 35 Propiedades del perfil HSS 7.50 x 0.50

Con los datos del perfil metálico se procede a realizar el cálculo de la rigidez del brazo metálico con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{E A}{L}$$

Donde:

Módulo de elasticidad del acero $E = 29000 \text{ ksi}$

Área del perfil metálico $A = 10.30 \text{ in}^2 = 66.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Longitud $L = 3.43 \text{ m}$

Con los datos establecidos, la rigidez del brazo metálico es:

$$K = 39,485 \text{ tn.}$$

5.1. AGRUPACION DE DISPOSITIVOS POR NIVELES DE FUERZA

En las siguientes tablas se muestran los valores de las fuerzas máximas de cada disipador bajo el análisis de tiempo historia. Así mismo, las fuerzas fueron normalizadas para trabajar con valores del mercado (165 Kip, 220 Kip).

5.2 DISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE AMORTIGUAMIENTO

5.2.1 FUERZAS DE LOS DISIPADORES OBTENIDAS EN EL ETABS

Eje 1-1

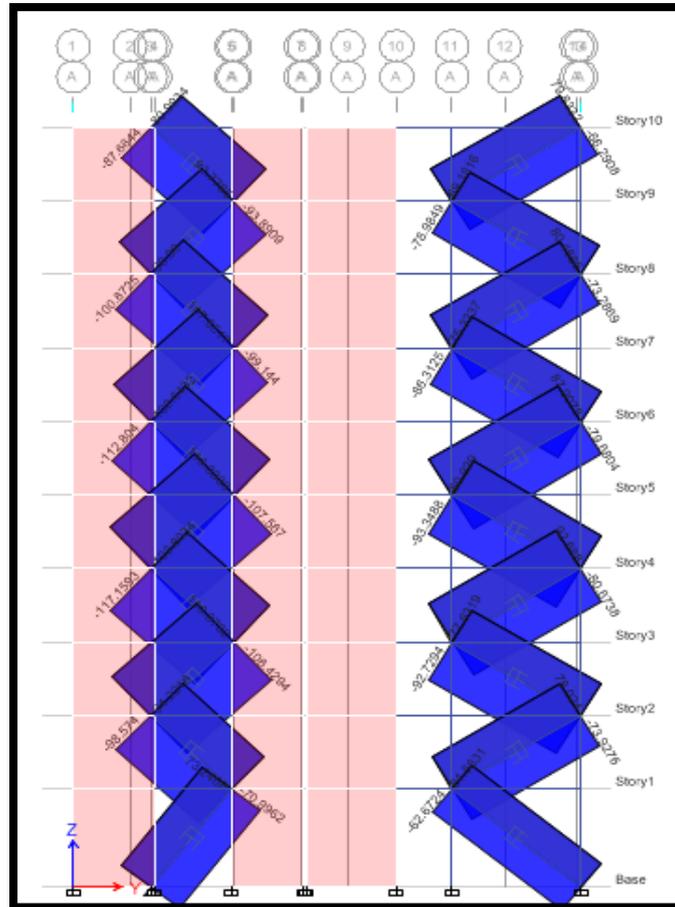


Figura N° 27 Fuerzas en los Disipadores Eje 1-1

A continuación, se presenta un resumen de resultados de las fuerzas y cantidad de disipadores para cada dirección de análisis.

Eje 1-1

Piso	Disipador 1		Disipador 2	
	Fuerza(tn)	Fuerza(kip)	Fuerza(tn)	Fuerza(kip)
01	73.24	161.46	62.67	138.16
02	71.57	157.78	78.02	172.00
03	80.87	178.28	92.73	204.43
04	87.16	192.15	92.69	204.34
05	88.33	194.73	93.45	206.02
06	86.80	191.36	87.91	193.81
07	93.65	206.46	86.31	190.28
08	90.87	200.33	80.47	177.40
09	93.89	206.99	78.98	174.12
10	90.00	198.41	79.83	175.99

Tabla N° 36 Fuerzas Obtenidas Eje 1-1

Eje F-F

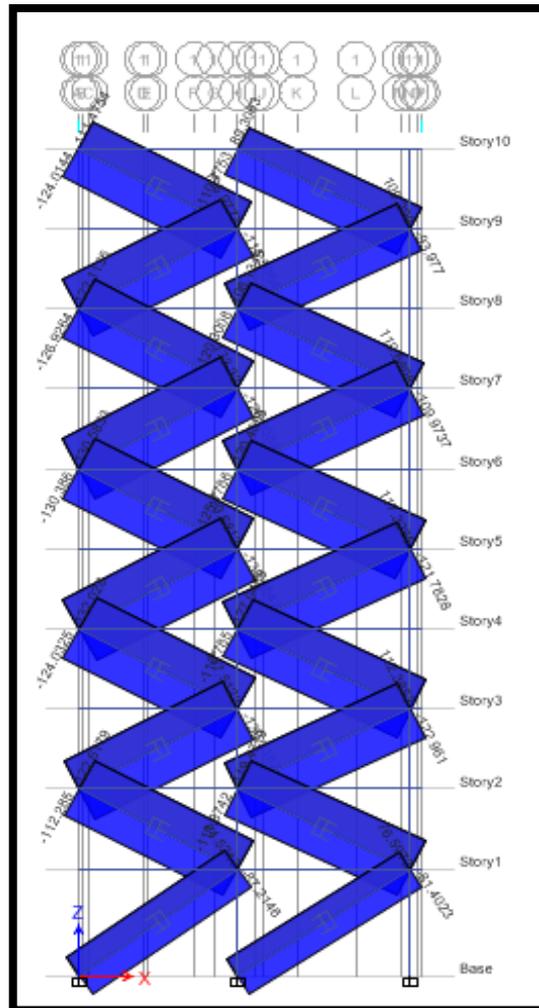


Figura N° 28 Fuerzas en los Disipadores Eje F-F

A continuación, se presenta un resumen de resultados de las fuerzas y cantidad de disipadores para cada dirección de análisis.

Eje F-F

Piso	Disipador 1		Disipador 2	
	Fuerza(tn)	Fuerza(kip)	Fuerza(tn)	Fuerza(kip)
01	87.21	192.26	81.40	179.45
02	92.62	204.19	89.47	197.25
03	90.32	199.12	92.96	204.97
04	87.16	192.15	87.05	191.91
05	83.56	184.21	81.78	180.29
06	80.58	177.65	85.18	187.79
07	83.32	183.69	79.68	175.66
08	86.93	191.65	80.30	177.03
09	86.98	191.76	89.30	196.87
10	84.01	185.21	90.48	199.47

Tabla N° 37 Fuerzas Obtenidas Eje F-F

EJE – A-A

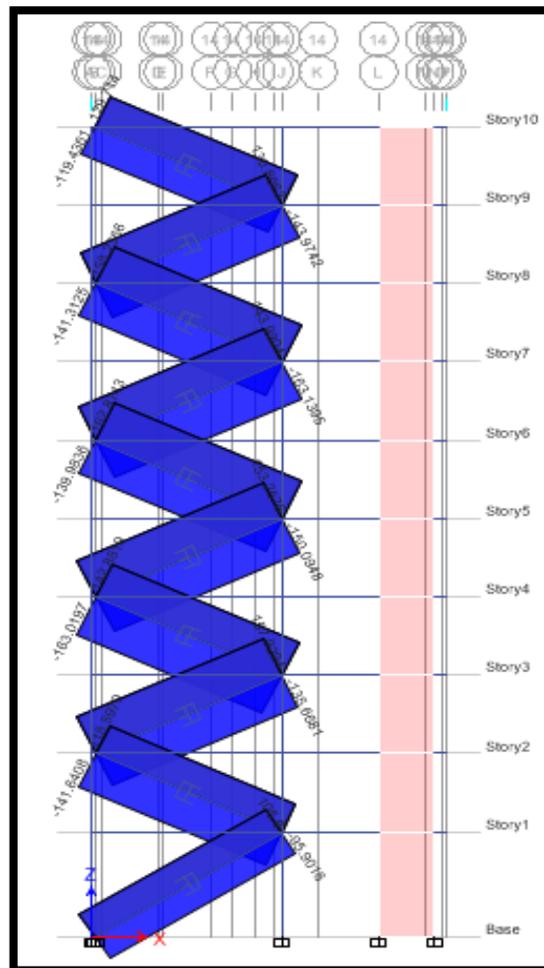


Figura N° 29 Fuerzas en los Disipadores Eje A-A

A continuación, se presenta un resumen de resultados de las fuerzas y cantidad de disipadores para cada dirección de análisis.

Piso	Disipador	
	Fuerza(tn)	Fuerza(kip)
01	85.60	188.71
02	81.64	179.98
03	87.93	193.85
04	94.28	207.85
05	93.26	205.60
06	92.87	204.74
07	93.14	205.37
08	88.24	194.53
09	93.97	207.17
10	89.71	197.77

Tabla N° 38 Fuerzas Obtenidas Eje A-A

EJE - 7-7

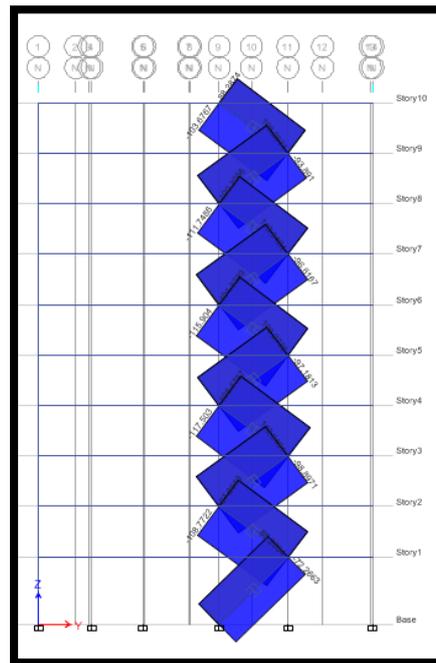


Figura N° 30 Fuerzas en los Disipadores Eje 7-7

A continuación, se presenta un resumen de resultados de las fuerzas y cantidad de disipadores para cada dirección de análisis.

Piso	Disipador 1	
	Fuerza(tn)	Fuerza(kip)
01	85.20	187.83
02	88.77	195.70
03	82.65	182.21
04	87.50	192.90
05	86.27	190.19
06	94.25	207.78
07	83.94	185.05
08	81.75	180.23
09	86.26	190.17
10	83.68	184.48

Tabla N° 39 Fuerzas Obtenidas Eje 7-7

5.3 ELECCION DE LOS DISIPADORES DE ENERGIA

De acuerdo con los resultados obtenidos y con la información obtenida, se procede a definir las propiedades de los dispositivos de amortiguamiento con la ayuda de diferentes fabricantes.

El principal fabricante de los dispositivos de amortiguamiento es Taylor Devices, por lo que las tablas de dicho fabricante han sido empleadas para esta investigación. Los dispositivos seleccionados son los de capacidades 165 Kip, 220 Kip. En las tablas N° 44 y N° 45 se muestran las dimensiones de estos dispositivos.

El diseñador deberá brindar los valores de fuerzas obtenidas normalizadas a los valores del mercado, los cuales cuentan con su propio factor de seguridad, por lo que no se requerirá de ninguna amplificación adicional.

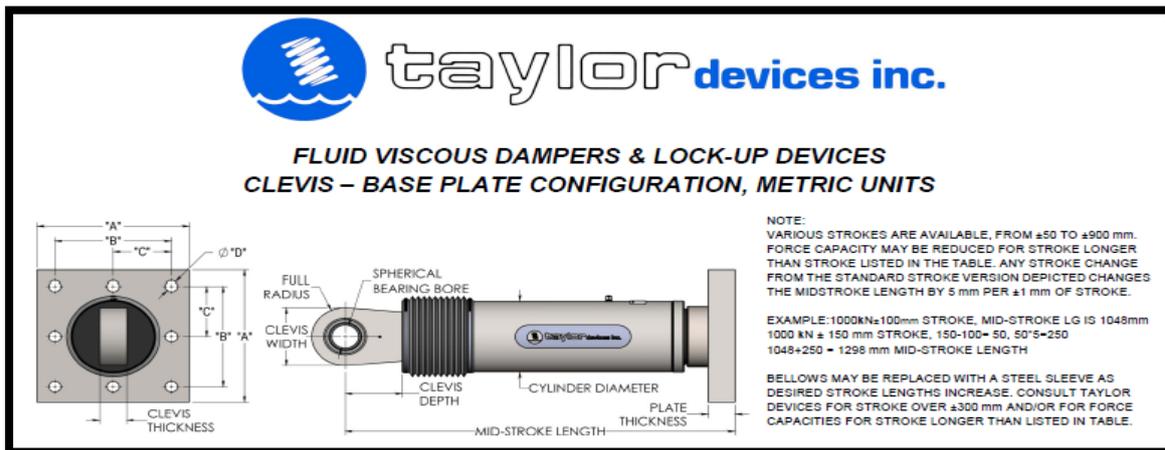


Figura N° 31 Características de los Disipadores.

Force (cm)	Spherical (cm)	Mid-Stroke Length (cm)	Stroke (cm)	Clevis Thickness (cm)	Clevis Width (cm)	Clevis Depth (cm)	Cylinder Dia (cm)	Weight (lbs)
165 KIP	5.715	101.60	±4	5.715	15.24	12.954	18.415	400
220 KIP	6.985	104.775	±4	6.985	19.05	14.935	20.96	560

Tabla N° 40 Dimensiones de los dispositivos seleccionados



FORCE	"A"	"B"	"C"	"D"	Plate Thickness (cm)
165 KIP	34.29	25.40	12.70	2.84	6.10
220 KIP	41.91	31.75	15.875	3.175	7.62

Tabla N° 41 Dimensiones de las placas base de los disipadores seleccionados.

5.3.1 DISEÑO DEL BRAZO METALICO

Los disipadores de fluido viscoso se encuentran dentro de los perfiles metálicos, por lo que el diseño se basa en la variable “K”, la cual es empleada en el modelamiento.

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

HSS9.625–
HSS6.875

Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>		Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion		
	in.	lb/ft								in. ²	<i>J</i>	<i>C</i>
	in. ⁴	in. ³								in.	in. ³	in. ⁴
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 N° 32 Propiedades geométricas del perfil HSS

Las características especificadas son:

- Área del perfil metálico : $A = 10.3 \text{ in}^2$
- Radio del perfil metálico : $r = 2.49 \text{ in}$
- Longitud de diseño : $L = 157.48 \text{ in}$
- Módulo de elasticidad del acero: $E_{ac} = 29000 \text{ ksi}$
- Esfuerzo de fluencia : $F_y = 35 \text{ ksi}$
- Resistencia en tensión : $F_u = 50 \text{ ksi}$

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 x 29000}{\left(\frac{157.48}{2.49}\right)^2} = 71.56 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = (0.658^{\frac{F_y}{F_e}}) x F_y = (0.658^{\frac{35}{71.56}}) x 35 = 28.52 \text{ Ksi}$$

$$\phi P_n = \phi x F_{cr} x A = 0.9 x 28.52 x 10.3 = 199.90 \text{ kips} = 86.63 \text{ Tn}$$

$$\phi T_n = \phi x F_y x A = 0.9 x 35 x 7.84 = 246.96 \text{ kips} = 112.02 \text{ Tn}$$

Se realiza la comparación con la fuerza más desfavorable:

$$\phi P_n = 95.28 \text{ Tn} > 94.28 \text{ Tn} \quad \text{Cumple}$$

$$\phi T_n = 112.02 > 94.28 \text{ Tn} \quad \text{Cumple}$$

5.3.2 DISEÑO DE CONEXIÓN DISIPADOR – BRAZO METALICO

La figura 33 nos indica las propiedades y las dimensiones de la placa base para un disipador viscoso de 220 Kip.

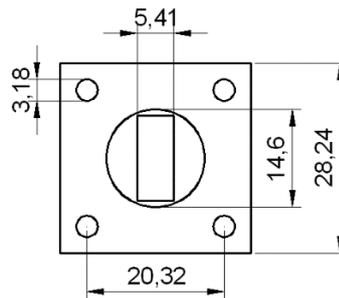


Figura N° 33 Propiedades y dimensiones del Disipador.

De acuerdo a la fig.33 notamos que el diámetro del orificio es : $\frac{3.18}{2.54} = 1.25''$

De acuerdo a la siguiente tabla:

TABLE J3.3 Nominal Hole Dimensions, in.				
Bolt Diameter	Hole Dimensions			
	Standard (Dia.)	Oversize (Dia.)	Short-Slot (Width × Length)	Long-slot (Width × Length)
1/2	9/16	5/8	9/16 × 11/16	9/16 × 11/4
5/8	11/16	13/16	11/16 × 7/8	11/16 × 19/16
3/4	13/16	15/16	13/16 × 1	13/16 × 17/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 × 1 1/8	15/16 × 23/16
1	1 1/16	1 1/4	1 1/16 × 15/16	1 1/16 × 2 1/2
≥ 1 1/8	d + 1/16	d + 5/16	(d + 1/16) × (d + 3/8)	(d + 1/16) × (2.5 × d)

Tabla N° 42 Dimensiones de Agujeros y Pernos. ANSI/AISC 360-05



Tomaremos en cuenta que estamos trabajando con un agujero estándar (STD), el cual es recomendado por la AISC para la mayoría de aplicaciones.

Sabemos que: $db + 1/8" = dh$  $db = dh - 1/8"$

Dónde:

db : *Diametro del perno*

dh : *Diametro del agujero (se halla de acorde a la grafica)*

Utilizando la formula $db = 1.25" - 1/8" = 1.125"$ (Diámetro de perno a Utilizar)

Para determinar el tipo de pernos, arandelas y tuercas se han seguido las especificaciones de los códigos AISC, ASTM y RCSC, los cuales son empleados como guías de diseño para conexiones emperradas.

Tipo de perno a emplear

Los pernos de alta resistencia pueden satisfacer las disposiciones de las normas ASTM 325 y A490.

Los pernos A325 son de acero con mediano contenido de carbono, tratados al calor, su resistencia mínima a la tensión es de 120 ksi (entre 1/2" y 1") y una resistencia máxima de 105 ksi (entre 1 1/8" y 1 1/2").

Los pernos A490 son también tratados al calor, pero son de acero aleado, tienen una resistencia mínima a la tensión entre 150 a 170 ksi para diámetros de 1/2" a 1 1/2".

Los pernos A325 y A490 están divididos en dos grupos según su clasificación metalúrgica.

El grupo 1 es el más usual, se usan a altas temperaturas.

El grupo 3 es resistente a la corrosión, son de alta resistencia.

Los pernos del tipo 2 han sido removidos de las especificaciones RCSC, los cuales aparecen en ediciones anteriores.

En la figura N°22 se muestra la nomenclatura en la cabeza de los pernos ASTM A325 y A490.

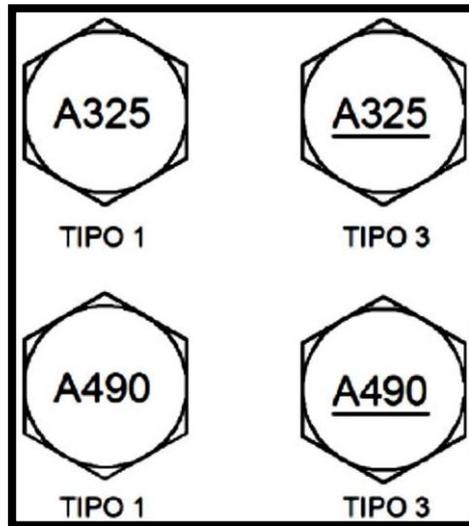


Figura N° 34 Longitud de los pernos, tuercas y arandelas

Longitud de los pernos, tuerca y arandelas.

Las dimensiones de los pernos y tuercas de alta resistencia están estandarizadas y normadas de acuerdo al código RCSC. Las dimensiones de estos se encuentran en la tabla C-2.1 de la RCSC 2004, son las que se muestran a continuación.

Diámetro Nominal del Perno <i>db</i> , in.	Dimensiones de Pernos Estructurales de Cabeza Hexagonal Pesada			Dimensiones de Tuercas Hexagonales Pesadas	
	Ancho a través de cara plana <i>F</i> , <i>plg.</i>	Altura <i>H1</i> , <i>plg.</i>	Longitud Roscada <i>T</i> , <i>plg.</i>	Ancho a través de cara plana <i>W</i> , <i>plg.</i>	Altura <i>H2</i> , <i>plg.</i>
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1 1/16	25/64	1 1/4	1 1/16	39/64
3/4	1 1/4	15/32	1 3/8	1 1/4	47/64
7/8	1 7/16	35/64	1 1/2	1 7/16	55/64
1	1 5/8	39/64	1 3/4	1 5/8	63/64
1 1/8	1 13/16	11/16	2	1 13/16	1 7/64
1 1/4	2	25/32	2	2	1 7/32
1 3/8	2 3/16	27/32	2 1/4	2 3/16	1 11/32
1 1/2	2 3/8	15/16	2 1/4	2 3/8	1 15/32

Tabla N° 43 Dimensiones estándares de pernos y tuercas. RCSC 2014

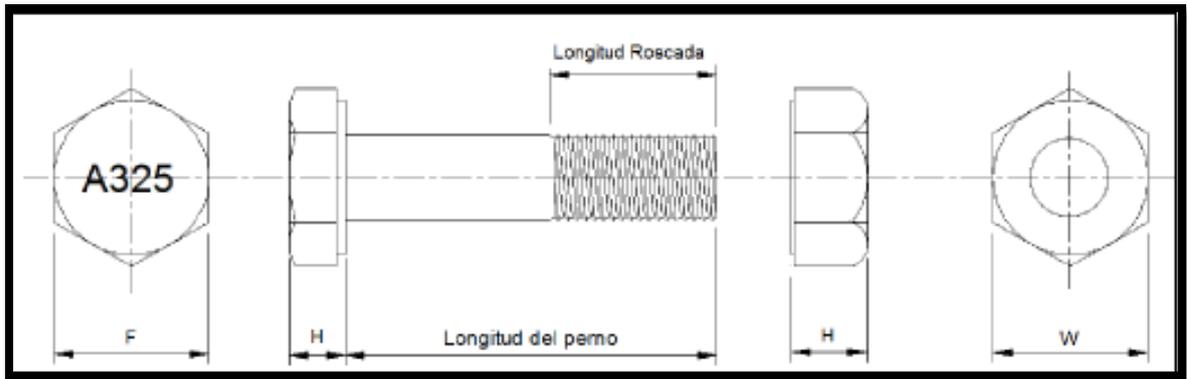


Tabla N° 44 Dimensiones del Perno Estructural y las tuercas de alta resistencia.

De acuerdo a la tabla N°41, se fijan las dimensiones del perno de 1.125", que como se mencionó anteriormente serán los que se empleen en la conexión brazo metálico – dissipador, las dimensiones de este perno se muestran en la tabla N°42 y se detallan en las figuras 33.

En este caso 1.125" es equivalente a 1 1/8" la cual seleccionamos en la tabla.

Unidades	Diametro Nominal del Perno	Ancho a través de la cara plana(F)	Altura (H1)	Longitud Roscada (T)	Ancho a través de la cara plana(W)	Altura (H2)
Pulgadas(in)	1 1/8 o 1.125"	1 $\frac{13}{16}$	11/16	2	1 $\frac{13}{16}$	1 $\frac{7}{64}$
Centímetros(cm)	2.856	4.60	1.746	5.08	4.6	2.818
				Dimensiones del Perno		
				Dimensiones de la Tuerca		

Figura N° 35 Longitud de los pernos, tuercas y arandelas

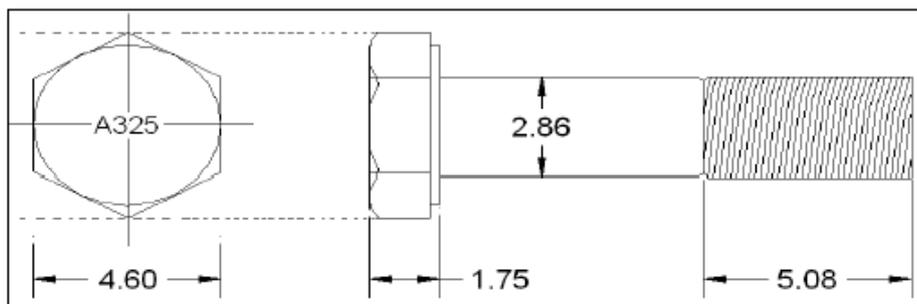


Figura N° 36 Dimensiones del Perno y las Tuercas

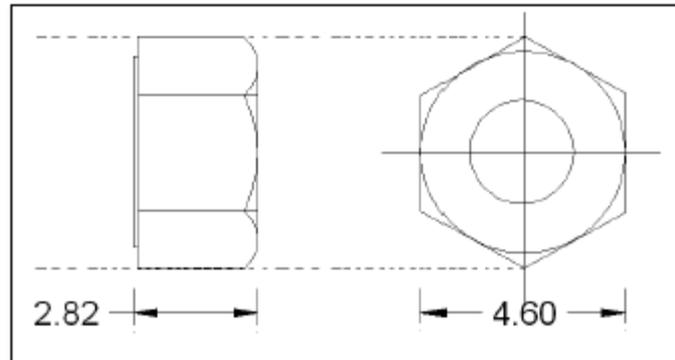


Figura N° 37 Longitud de los pernos, tuercas y arandelas

El tipo de arandela que se debe utilizar en conjunto con los pernos de alta resistencia están normalizadas bajo el código ASTM F436; las dimensiones estandarizadas de las arandelas se detallan en la siguiente tabla.

Ø (Perno)	B	A	C	
	Nominal	Nominal	Min.	Max.
1/4	.625	.281	.051	.080
5/16	.688	.344	.051	.080
3/8	.813	.406	.051	.080
7/16	.922	.469	.051	.080
1/2	1.063	.531	.097	.177
9/16	1.188	.625	.110	.177
5/8	1.313	.688	.122	.177
3/4	1.468	.813	.122	.177
7/8	1.750	.938	.136	.177
1	2.000	1.063	.136	.177
1 1/8	2.250	1.188	.136	.177
1 1/4	2.500	1.375	.136	.177
1 3/8	2.750	1.500	.136	.177

Tabla N° 45 Dimensiones estandarizadas de las arandelas

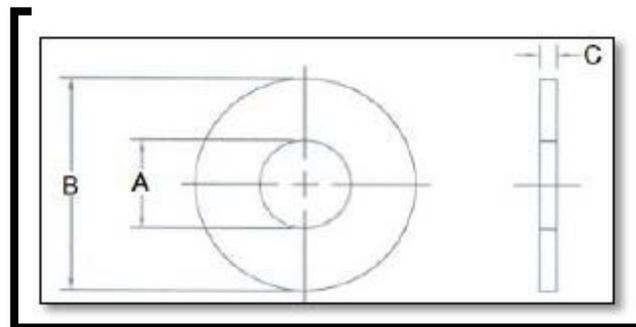


Figura N° 38 Dimensiones del Perno

Unidades	Diametro Nominal del Perno	Diámetro Exterior (OD)	Diametro Interior (LD)	Espesor Máximo (Tmax)
Pulgadas (in)	1 1/8	2.25	1.188	0.177

Centímetros(cm)	2.857	5.715	3.017	0.449
-----------------	-------	-------	-------	-------

Tabla 46 - tabla C-2.2 de la norma RCSC

Teniendo estas dimensiones podemos hallar la longitud del perno.

La longitud del perno es igual a la suma de las placas a unir (Grip), más los espesores de las arandelas, más el valor dado en la tabla C-2.2 de la norma RCSC y por último, el valor resultante se redondea al siguiente valor de 1/4" para longitudes de Grip menores a 5", e incrementos de 1/2" para pernos donde el Grip sea mayor a 5" de longitud.

Diámetro Nominal del Perno <i>db, plg.</i>	Para Determinar la Longitud requerida, Anadir al Grip, <i>plg.</i>
1/2	11/16
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
1 3/8	1 3/4
1 1/2	1 7/8

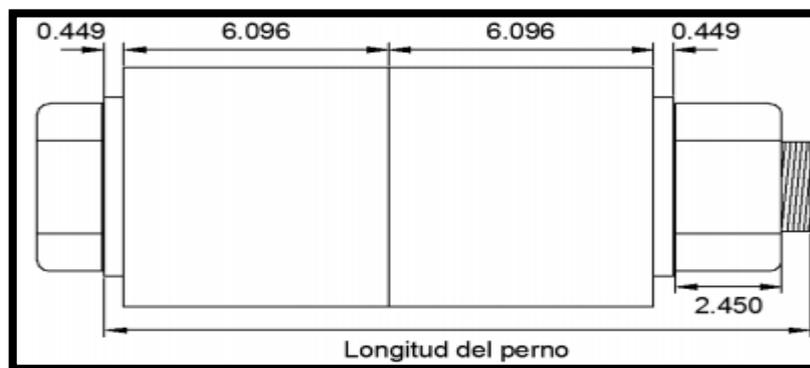


Figura N° 39 Longitudes Union Perno - Muro

$$\text{Longitud del perno} = 2(\text{arandelas}) + \text{Grip} + 1 \frac{1}{2}''$$

$$\text{Longitud del perno} = 2(0.449) + 2(6.096) + 3.81$$

$$\text{Longitud del perno} = 16.9 \text{ cm}$$

Este valor se debe redondear al valor de 1/4".

Longitud del perno= 16.9 cm

Teniendo definidas las dimensiones del perno, podemos graficar:

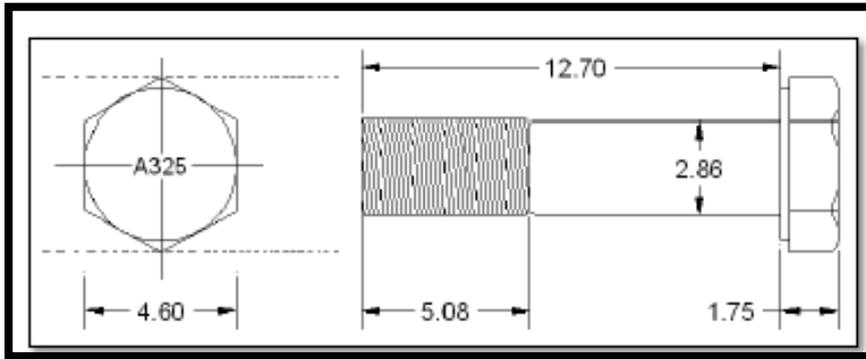


Figura N° 40 Dimensiones del Perno Graficadas

La resistencia mínima a la tensión de los pernos A325 para diámetros de $1 \frac{1}{8}'' - 1 \frac{1}{2}''$ es de 120 ksi, en consecuencia, la resistencia de diseño de cada uno de ellos será:

$$\phi R_n = \phi A_b F_u$$

Donde:

ϕR_n : Resistencia de diseño de tracción y de corte.

ϕ : Factor de resistencias, 0.75 (LRFD)

A_b = Área bruta del perno

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4}$$

F_u = Tensión nominal

$$\phi R_n = 0.75 \times 0.785 \times 120$$

$$\phi R_n = 70.65 \text{ kip} = 32.05 \text{ tn}$$

Entonces, verificando la resistencia frente a las fuerzas de tensión tenemos:

$$\phi R_n \geq T_u \phi R_n = 4 \text{ pernos} \times 32.05 \frac{T_n}{\text{perno}} = 128.20 T_n > 94.28 T_n$$

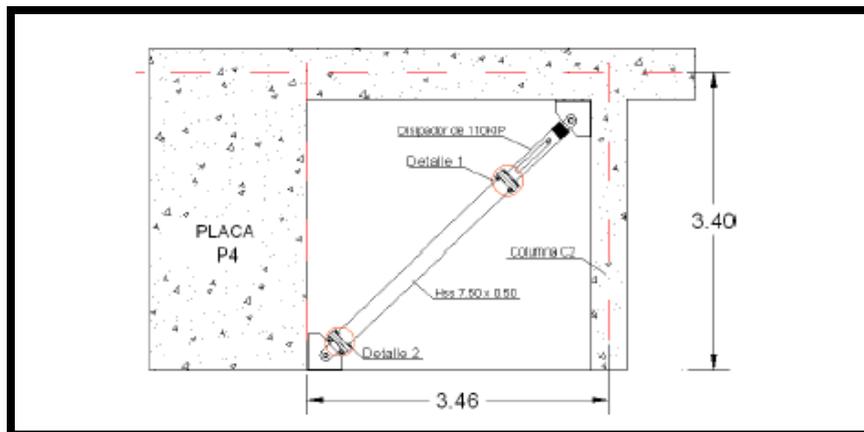


Figura N° 41-Colocación del Dispositivo en Disposición diagonal

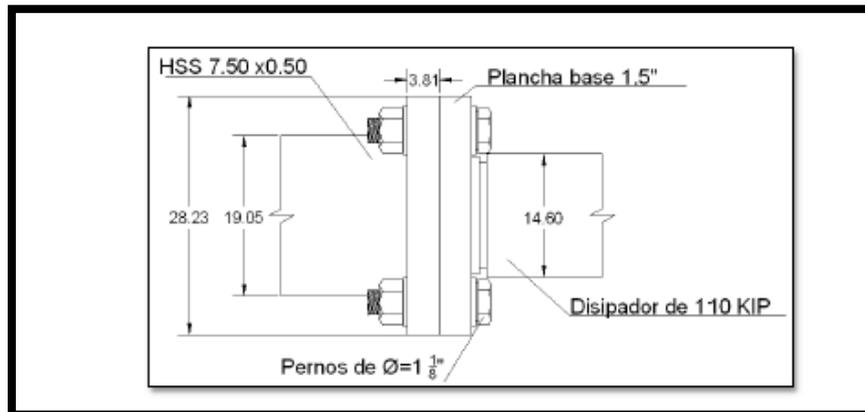


Figura N° 42 Detalle Conexión Brazo Metálico-Disipador.

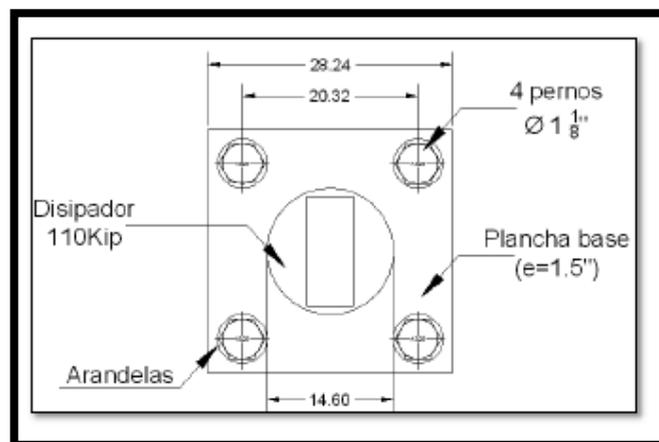


Figura N° 43 Detalle Union Placa Base - Disipador

Al ser iguales las fuerzas que se generan a lo largo del brazo metálico, se empleó la misma placa base y disposición de pernos para la unión del brazo metálico

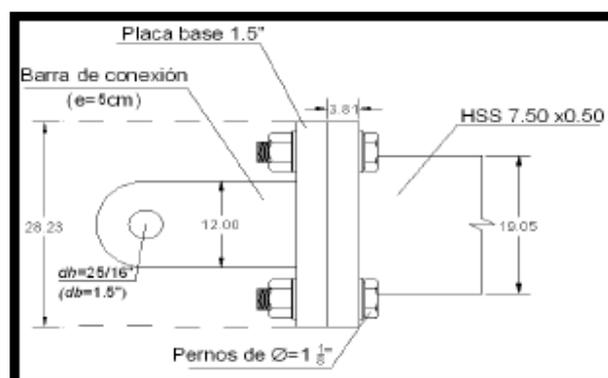


Figura N° 44 Detalle 2 – Conexión Brazo Metálico.

5.4 DISEÑO DEL PERNO DE CONEXIÓN

El perno que une la barra de conexión con las cartelas debe ser diseñado para recibir altas solicitaciones de corte, por lo que se optó emplear un perno A490 de diámetro 1.5", el cual posee un diámetro significativo.

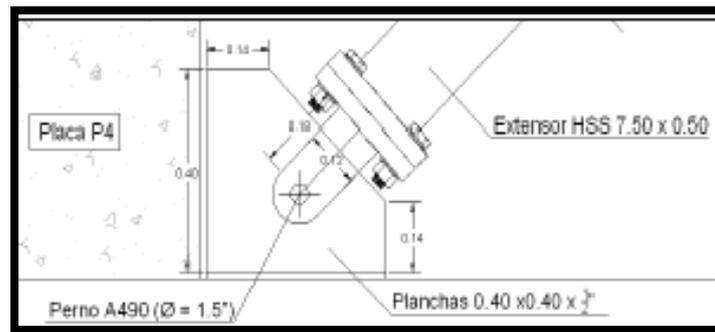


Figura N° 45 Detalle conexión Inferior- Longitud del Perno

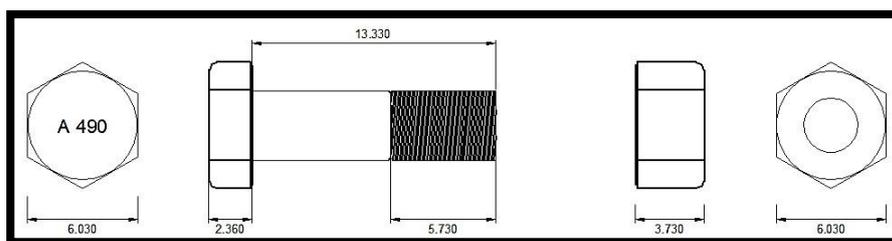
Tomando como referencia la tabla N° 21 se han definido las dimensiones del perno de 1/2", así mismo de las tablas 23 y 25 se han obtenido las dimensiones de la arandela y el valor del incremento Grip. Para el cálculo de la longitud del perno se ha considerado el espesor de 5cm para la barra de conexión.

Unidades	Diaméto Nominal del Perno	Ancho a través de la cara plana	Altura(H1)	Longitud Roscada (T)	Ancho a través de la cara plana (W)	Altuta(H2)
in	1 1/2	2 3/8	15/16	2 1/4	2 3/8	1 15/32
cm	3.81	6.03	2.381	5.73	6.04	3.731

Tabla N° 46 Dimensiones estándares de pernos y tuercas Barra de Conexión. RCSC 2014

Unidades	Diámetro Nominal del Perno	Diámetro Exterior(OD)	Diámetro Interior (LD)	Espesor Máximo(Tmáx)
In	1 1/2	3	1.625	0.177
Cm	3.81	7.62	4.128	0.449

Tabla N° 47 Diámetros estándares de pernos y tuercas Barra de Conexión. RCSC 2014



El esfuerzo máximo de corte de un perno estructural estará determinado por:



$$\phi R_n = \phi m F_v; \quad \phi P_n = \phi A_b n$$

Donde:

ϕR_n : Resistencia de diseño de tracción y corte

ϕ : Factor de resistencia, 0.75(LRFD)

F_u : 0.75 F_u (falla en la parte lisa)

F_v : 0.5 F_u (Falla en la parte lisa)

F_v : 0.4 F_u (Falla en la parte rocosa)

A_b : Área bruta del perno

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4}$$

ϕP_n : Fuerza cortante máxima

n : Número de pernos

F_u : Tensión nominal

El valor de “m” es igual a 1 cuando el perno esta sometido a cortante simple; será igual a 2 cuando la conexión esta en cortante doble.

Para el diseño generalmente se considera que la falla será en la parte rosca del perno por ser el caso más conservado. Es decir se asume un $F_v = 0.4 F_u$; el F_u para un perno A490 es igual a 350ksi.

Verificando la resistencia de diseño de tracción y de corte, tenemos:

$$\phi R_n = \phi m F_v$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 2 \times (0.4 \times 350)$$

$$\phi R_n = 270 \text{ ksi}$$

Verificando la fuerza cortante máxima, tenemos:

$$\phi P_n = \phi R_n \times A_b \times n$$

$$\phi P_n = 270 \times \frac{\pi \times 1.5^2}{4} \times 1$$

$$\phi P_n = 477.12 \text{ kip} = 216.41 \text{ tn}$$

$$\phi P_n = 216.41 \text{ tn} \geq 94.28 \text{ tn} \dots \text{Cumple}$$

5.5 CALCULO DE COSTOS

5.5.1 PRECIOS UNITARIOS DE LOS DISPOSITIVOS

Los disipadores viscosos Taylor tienden por lo general a presentar una baja incidencia económica en el presupuesto total de los proyectos donde son implementados.

CDV Representaciones, empresa importadora y comercializadora de productos especializados para la construcción, es la representante de la marca Taylor en el Perú. Para poder determinar el costo de cada disipador, esta empresa solicita la siguiente información:

1.Fuerza Máxima
2. Coeficiente de Amortiguamiento



3. Exponente de Velocidad
Indicar la Disposición del Dispositivo
Cantidad de Dispositivos

5.5.2 CONSIDERACIONES

1. El precio de los disipadores es muy sensible con las cantidades que se requieren, no es lo mismo solicitar 1 disipador, que 25 del mismo tipo, el precio variará.
2. La información presentada es únicamente para fines educativos, por lo tanto no podrá ser usada o tomada como referencia oficial por alguna empresa y/o entidad. Se prohíbe la difusión cuyo objetivo sea diferente a los fines de la presente tesis.
3. Los precios NO incluyen IGV.
4. Precios dados en US\$ dólares USA
5. Lugar de entrega: Almacenes del cliente en Lima o Callao.
6. Los precios incluyen 02 PIN de montaje de acero inoxidable para cada uno de los disipadores.
7. Precios de los disipadores sísmicos incluyen ensayos de presión hidrostática y ensayos de velocidad (a cada disipador) para verificar fuerzas pico. Los ensayos serán hechos en los laboratorios del fabricante. La carga de prueba de cada disipador será 150% la carga de diseño.
8. Precios incluyen capacitación/asesoría en obra para la correcta colocación y montaje de los disipadores sísmicos.
9. Precios NO incluyen diagonales metálicas ni anclajes embebidos ni ningún otro accesorio metálico complementario.
10. Disipadores sísmicos cotizados cuentan con protección anticorrosiva para uso en interiores
11. Garantía del fabricante: 35 años

Además recomienda que para el diseño de los dispositivos se hayan tenido en cuenta las recomendaciones del ASCE 7-10 (Capítulo 18), y que los registros tiempo historia empleados estén acorde a la realidad del proyecto (es decir tomados en un suelo S2 – Trujillo), señala que estos registros deben de haber sido escalados adecuadamente al espectro de diseño (considerando las condiciones de importancia, tipo de suelo, etc.) Para este trabajo



se tomaron en consideración las recomendaciones señaladas; de esta manera para el cálculo de costos se cuenta con los siguientes resultados del diseño.

Una vez se brindó la información requerida, los precios unitarios que se obtuvieron fueron los siguientes:

Disipador de 165KIP: 6700 dólares

Disipador de 220KIP: 8500 dólares

Así mismo, CDV representaciones nos brinda las siguientes consideraciones relativas al precio: - Los precios NO incluyen IGV. - El precio de los disipadores es muy sensible con las cantidades que se requieren, no es lo mismo solicitar 1 disipador, que 25 del mismo tipo; el precio variará en cada caso.

-La actualización de precios se da muchas veces mensualmente, por lo que los precios para este proyecto no podrán ser empleados para otros trabajos de investigación.

-Los precios establecidos incluyen ensayos de presión hidrostática y ensayos de velocidad (a cada disipador) para verificar las fuerzas pico. Los ensayos serán hechos en los laboratorios del fabricante. La carga de prueba de cada disipador será 150% de la carga de diseño.



CAPITULO VI. RESULTADOS

6. DISTORSIONES DE ENTREPISO:

a) DIRECCION X-X

SIN DISIPADORES

PISO	DISTORSIONES
10	0.0106496
9	0.0113368
8	0.0118632
7	0.012872
6	0.0136376
5	0.0138656
4	0.0134896
3	0.0121824
2	0.0100192
1	0.0045408

CON DISIPADORES

PISO	DISTORSIONES
10	0.0039776
9	0.0043688
8	0.0048808
7	0.0056624
6	0.0063336
5	0.0068016
4	0.0068928
3	0.00672
2	0.0056752
1	0.0026192

Comparación de Derivas

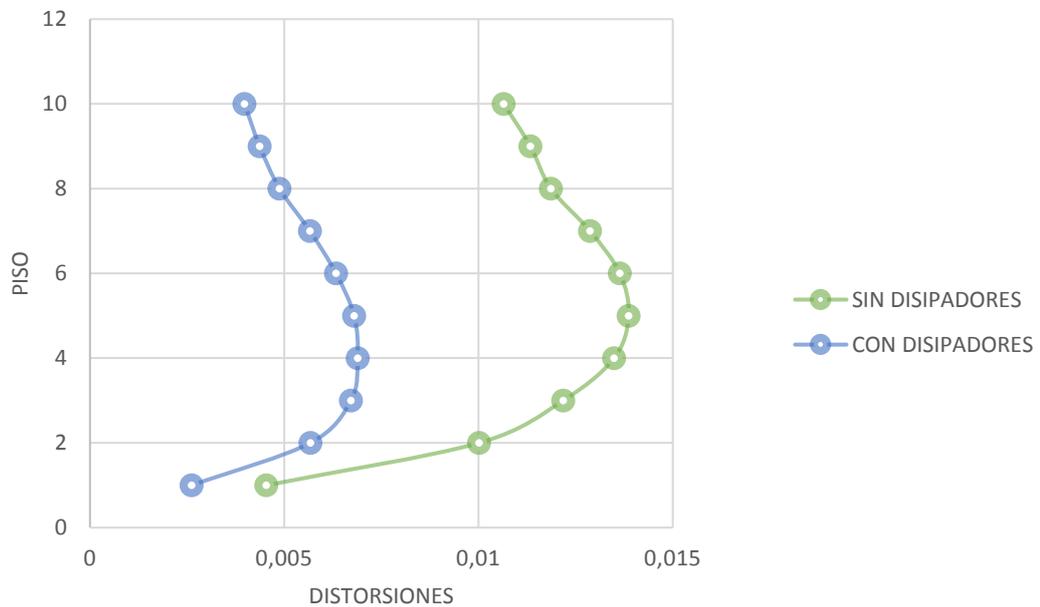


Figura N° 46 Comparación de Distorsiones X-X.



b) DIRECCION Y-Y
SIN DISIPADORES

PISO	DISTORSIONES
10	0.0146896
9	0.01572
8	0.0161296
7	0.015488
6	0.0140512
5	0.0134728
4	0.013348
3	0.0132912
2	0.0116976
1	0.0055264

CON DISIPADORES

PISO	DISTORSIONES
10	0.0041536
9	0.0048816
8	0.0056736
7	0.006392
6	0.006784
5	0.006908
4	0.006508
3	0.0058576
2	0.0049328
1	0.0023568

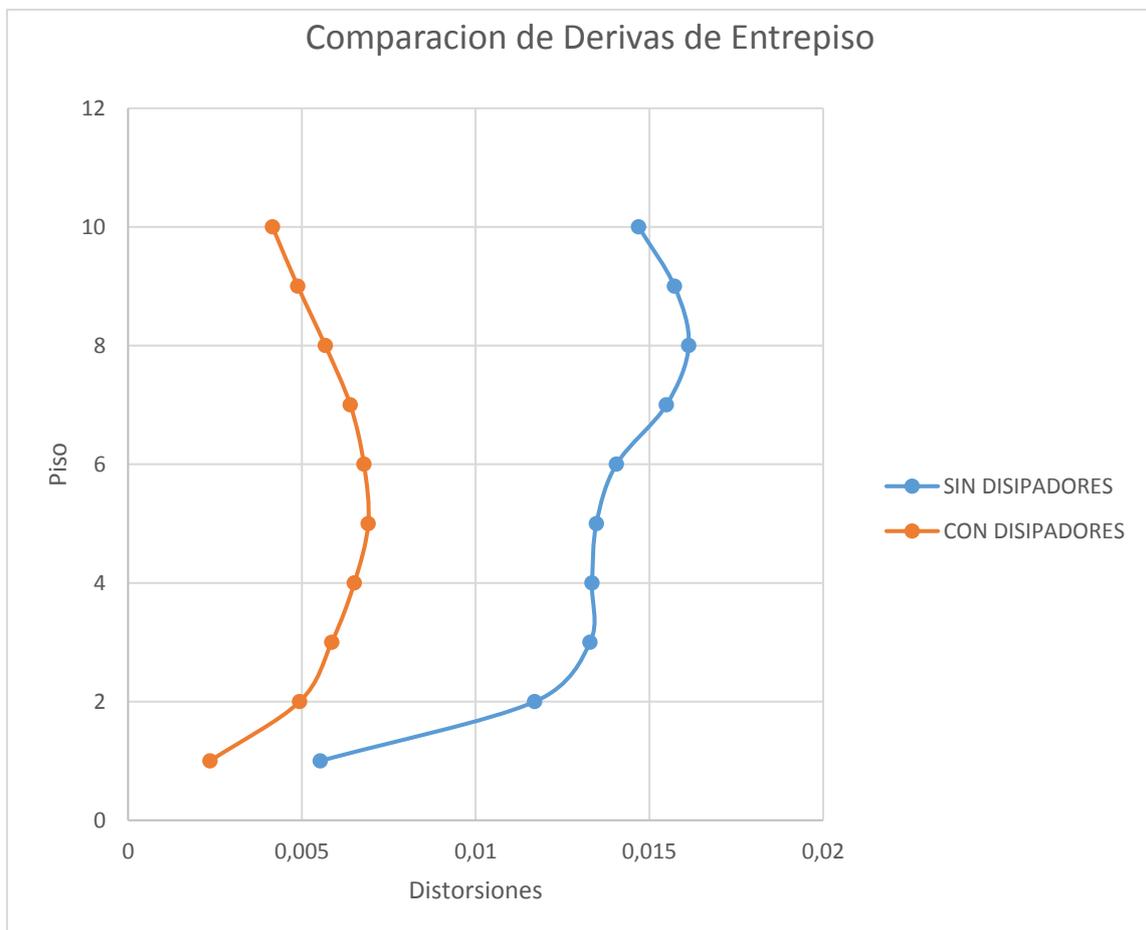


Figura N° 47 Comparación de Distorsiones Y-Y.



6.1 COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS

a) Modelo Sin Disipadores

DIRECCION X-X (Cm)	
PISO 10	22.234
PISO 9	19.5881
PISO 8	17.5728
PISO 7	15.2607
PISO 6	12.9208
PISO 5	10.4126
PISO 4	7.8146
PISO 3	5.2594
PISO 2	2.9365
PISO 1	1.0872

DIRECCION Y-Y (Cm)	
PISO 10	30.5872
PISO 9	24.6028
PISO 8	21.3645
PISO 7	18.4706
PISO 6	15.6841
PISO 5	12.9648
PISO 4	10.0877
PISO 3	7.1408
PISO 2	4.1906
PISO 1	1.6324

b) Modelo Con Disipadores

DIRECCION X-X (Cm)	
PISO 10	14.943
PISO 9	12.2751
PISO 8	12.4818
PISO 7	10.998
PISO 6	9.3561
PISO 5	7.599
PISO 4	5.7899
PISO 3	3.9573
PISO 2	2.255
PISO 1	0.8484

DIRECCION Y-Y (Cm)	
PISO 10	16.0166
PISO 9	13.7972
PISO 8	12.3645
PISO 7	10.779
PISO 6	9.0444
PISO 5	7.2735
PISO 4	5.4954
PISO 3	3.7698
PISO 2	2.1735
PISO 1	0.8371

REDUCCION (%)		
PISO	DIR. X-X	DIR. Y-Y
PISO 10	32.79	47.66
PISO 9	37.33	43.92
PISO 8	28.97	42.13
PISO 7	27.93	41.64
PISO 6	27.59	42.33
PISO 5	27.02	43.90
PISO 4	25.91	45.52
PISO 3	24.76	47.21
PISO 2	23.20	48.13
PISO 1	21.96	48.72

Tabla N° 48 Comparación de Desplazamientos



6.2 ESFUERZOS MÁXIMOS EN ELEMENTOS DE CORTE

a) FUERZA AXIAL EN PLACA

PISO	FUERZA AXIAL EN PLACA-01 (TH66)		
	SIN DISIPADORES(Tn)	CON DISIPADORES(Tn)	REDUCCIÓN(%)
10	17.30	2.12	87.75
9	39.40	3.84	90.25
8	63.25	9.03	85.72
7	94.67	18.81	80.13
6	137.73	33.03	76.02
5	184.11	50.20	72.74
4	230.98	68.88	70.18
3	277.96	87.72	68.44
2	325.00	103.69	68.09
1	356.79	113.44	68.20

Tabla N° 49 Porcentaje de Reducción de la Fuerza Axial en la Placa

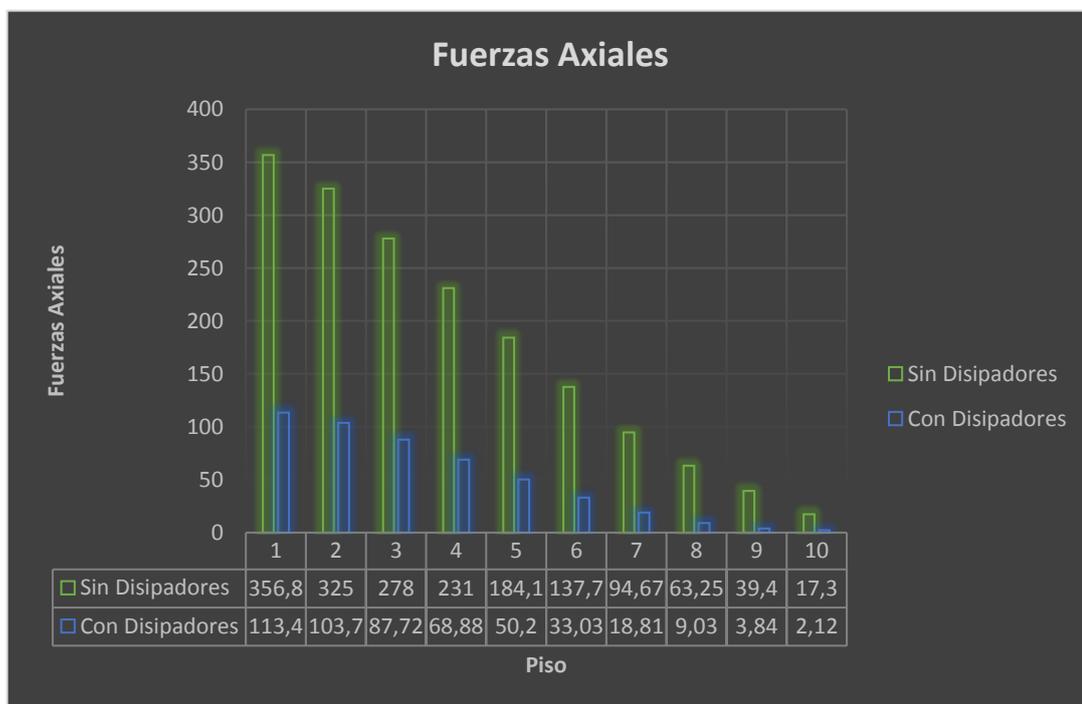


Figura N° 48 Comparación de Fuerzas Axiales Placa 01.



b) **FUERZAS CORTANTES EN PLACAS**

PISO	FUERZAS CORTANTES EN PLACA-01 (TH66)		
	SIN DISIPADORES(Tn)	CON DISIPADORES(Tn)	REDUCCIÓN(%)
10	27.73	22.22	19.87
9	63.15	23.26	63.17
8	65.92	52.92	19.72
7	75.65	45.17	40.29
6	91.87	74.61	18.78
5	105.96	63.29	40.27
4	114.81	98.51	14.20
3	129.93	77.00	40.74
2	131.66	100.03	24.02
1	221.62	137.37	38.02

Tabla N° 50 Porcentaje de Reducción de la Fuerzas Cortantes en la Placa

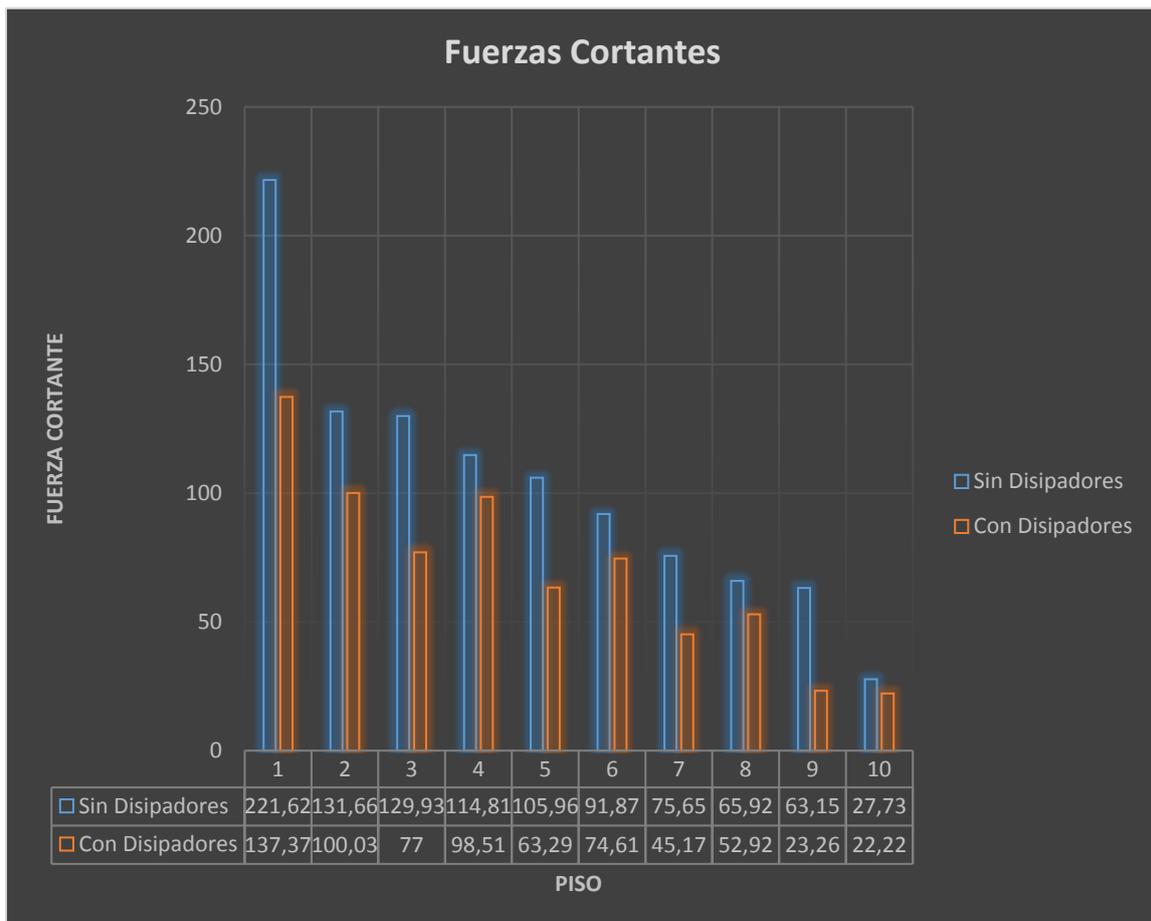


Figura N° 49 Comparación de Fuerzas Cortantes Placa 01.



c) **MOMENTOS FLECTORES EN PLACAS**

PISO	MOMENTO FLECTORES EN PLACA-01 (TH66)		
	SIN DISIPADORES(Tn)	CON DISIPADORES(Tn)	REDUCCIÓN(%)
10	135.79	74.35	45.24
9	235.20	111.09	52.77
8	246.29	134.17	45.52
7	275.47	128.80	53.24
6	306.15	136.75	55.33
5	327.29	154.00	52.95
4	352.06	198.69	43.56
3	448.90	231.00	48.54
2	625.59	370.97	40.70
1	1325.61	819.11	38.21

Tabla N° 51 Porcentaje de Reducción de Momentos Flectores en la Placa

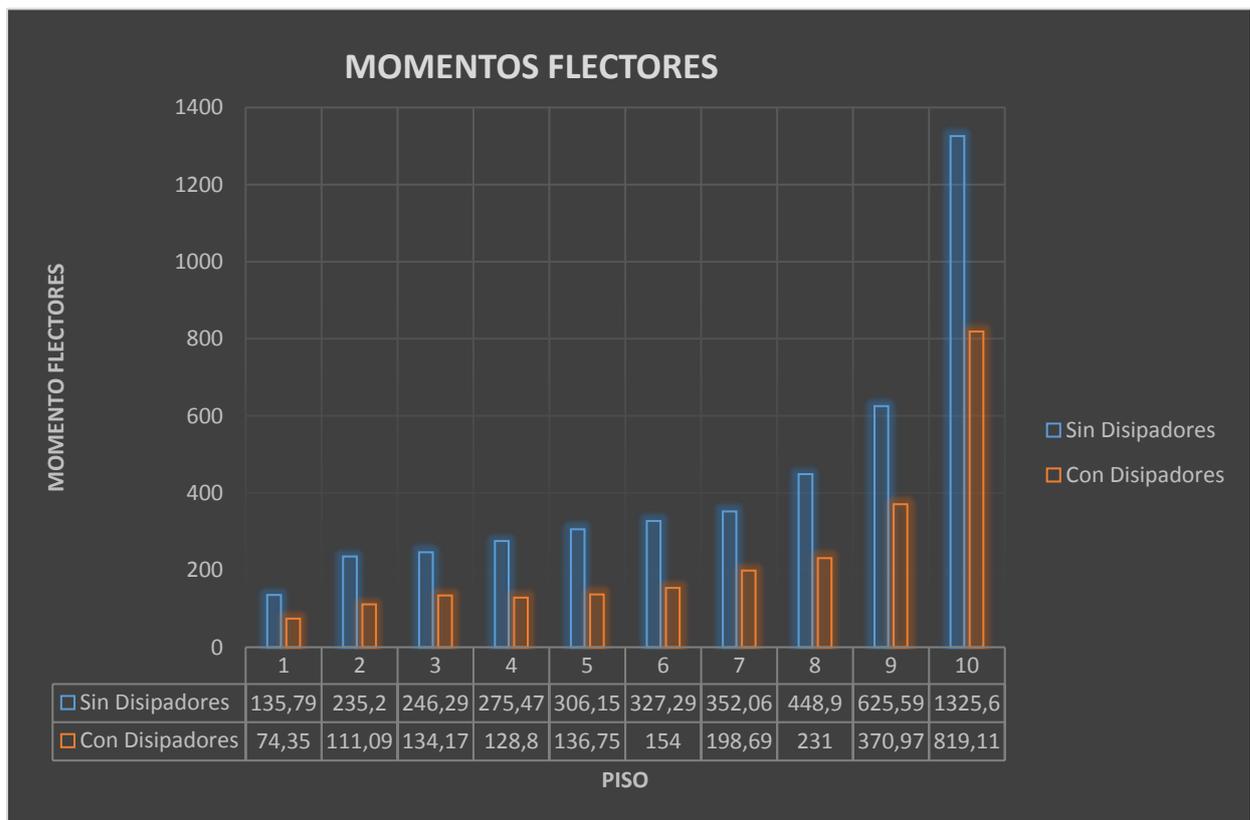


Figura N° 50 Comparación de Momentos Flectores Placa 01.

6.3 BALANCE DE ENERGÍA

El porcentaje de disipación de energía del sistema de amortiguamiento se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Disipación de energía} = \frac{E. \text{ del sistema amortiguado}}{E. \text{ del sismo}}$$

Los valores deben ser representativos siguiendo la tendencia de la curva para un determinado tiempo.

SIN DISIPADORES

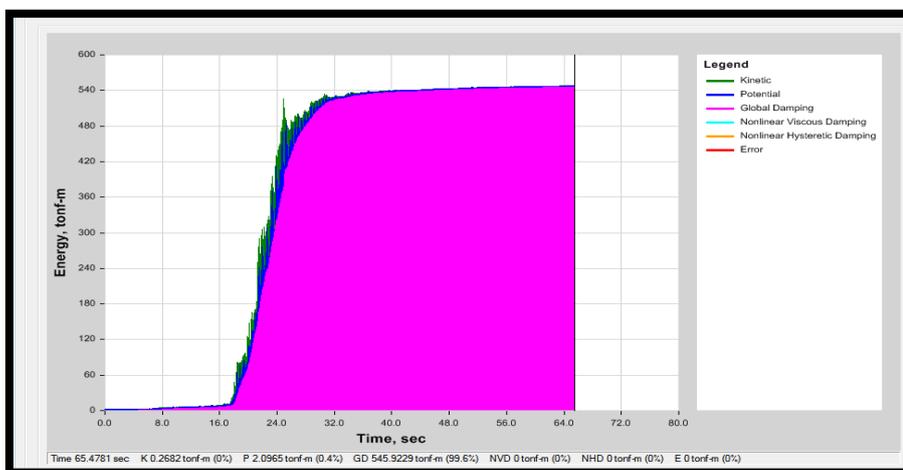


Figura N° 51 Balance Energético Sin Disipadores

CON DISIPADORES

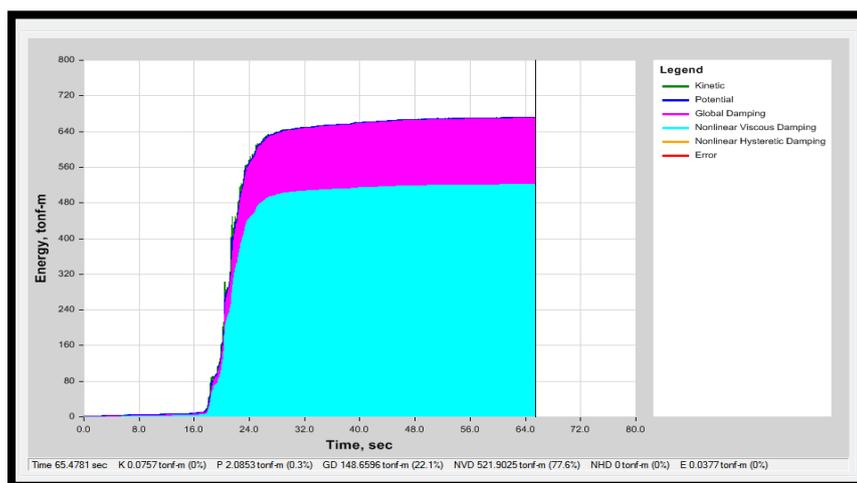


Figura N° 52 Balance Energético Con Disipadores



De la gráfica sin disipadores tenemos el valor Energía Acumulada: 548.2876 Tn-m

De la gráfica con disipadores tenemos el valor Energía Acumulada: 672.7231 Tn-m

$$\% \text{ Disipación de energía} = \frac{672.7231}{548.2876} = 81.50\%$$

Con esto observamos que los disipadores tienen un buen funcionamiento en cuanto a la disipación de energía.



CAPITULO VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El amortiguamiento efectivo que se calculó en ambas direcciones depende del cociente entre la deriva espectral máxima obtenida en la estructura sin disipadores y la deriva objetivo que se pretende obtener.
- La cantidad de disipadores debe de ser proporcional en las direcciones X-Y, cuando no cumplimos con este parámetro, no se logró los resultados esperados, así mismo se deben ubicar en las esquinas donde se presentan mayores aceleraciones.
- Con los Disipadores de Energía se logra reducir las derivas de un 28% a un 58% este resultado es concordante con anteriores investigaciones que nos dicen que los dispositivos logran incrementar el amortiguamiento.
- Se identificó que el software Etabs v2016.0.3 requiere utilizar el análisis por vectores de RITZ para proporcionar resultados satisfactorios. El análisis por Eigenvectors no funciona para este tipo de modelamiento.
- Cuando se calcula el amortiguamiento de los dispositivos con la metodología ASCE 7-10 se tuvo que mejorar este parámetro para poder tener un mejor comportamiento del edificio.
- La adición de disipadores a la estructura no modifica los periodos teniendo un valor de $T=1.366$ seg, con esto se verifica que los disipadores de fluido viscoso solo agregan amortiguamiento.
- La reducción de los desplazamientos en la Dirección X oscila del 20% al 38% y en la dirección Y del 41% al 48%.
- El mayor porcentaje de reducción en la dirección X, la dimensión corta del edificio, se debe a que se proveyó mayor amortiguamiento efectivo puesto que era la dirección que tenía mayores derivas de entrepiso.



CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En el modelo virtual, se verifican las derivas sin el amortiguamiento los valores se encuentran dentro del intervalo de 0.010 al 0.013 con lo cual no cumplen con los límites establecidos en el RNE-E030, para la distorsión del entrepiso que es de 0.007.
- Se usaron tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno (Terremoto 66, Terremoto 70, Terremoto 74) cada uno de los cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales.
- Se ubicaron tres disipadores tanto en la Dirección X como en la Dirección Y, con un coeficiente de amortiguamiento $C_x = 350$ (t-s/m) y $C_y = 250$ (t-s/m) respectivamente. Se ha cumplido con lo mínimo establecido en el ASCE7-10.
- Los resultados de este trabajo muestran que es posible lograr un amortiguamiento adicional del orden 6.19%(X-X) y 4.70%(Y-Y), con lo cual la estructura tiene un mejor comportamiento.
- En estructuras con un diseño tradicional como la expuesta en este trabajo, la estructura se encarga de tomar el 100% de la energía de entrada, pero al adicionar disipadores de energía dentro de la misma, la disipación de energía sísmica la realizan los disipadores y reducen la energía sísmica absorbida por la estructura, estos absorben la energía hasta en un 81.50%, lo cual genera menores daños en la edificación.
- Con los Disipadores de Energía se logra reducir las derivas de un 65% a un 75% con lo cual el presente edificio cumple con el R.N.E-E030.
- La implementación de los Disipadores de Fluido Viscoso a la estructura, ha producido una disminución de los desplazamientos máximos presentados en la dirección X baja del 20% al 38% y en la dirección Y baja del 41% al 48%.
- Se han empleado en el diseño un total de 6 disipadores por nivel con lo cual se observó que se logra reducir las fuerzas axiales en un intervalo del 68% al 91%, las fuerzas cortantes del 14% al 41% y los momentos flectores del 38% al 55% con lo cual se logra una mejoría en la estructura.



RECOMENDACIONES

- Para poder usar la tabla de distorsiones máximas que nos brinda la Norma E-030, cuando se realiza un Análisis Tiempo Historia se debe multiplicar por un factor 0.8 a los valores obtenidos del análisis dinámico.
- Se recomienda modelar la edificación empleando acelerogramas que hayan sido tomados en suelos que reflejen la realidad sobre la cual se proyecta el edificio, estos registros sísmicos deberán ser provistos por el Instituto Geofísico Del Perú o podrán obtenerse del REDACIS (Red Acelerografica del CISMID).
- En la medida de lo posible, y conciliando con la arquitectura, se recomienda alejar los dispositivos de fluido-viscoso del centro de masa; de ese modo trabajarán en la zona de máximas velocidades logrando mayor efectividad.
- Para hacer uso de la metodología simplificada es necesario cumplir con los requisitos mínimos propuestos por el ASCE7-10, estos también ayudan a optimizar el proceso de estimación del valor de “C”.
- El ASCE7-10 nos dice que se deben de ubicar como mínimo dos disipadores por cada dirección, así mismo se recomienda usar de manera proporcional en cada dirección los disipadores.
- Se recomienda para hallar el amortiguamiento adicional que se le añade a la estructura usar la metodología del ASCE 7-10.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alejandro Muñoz Pelaez (2009). Ingeniería Sismorresistente, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

American Institute of steel construction (AISC) (2005). Steel construction manual (13th edition). Estados Unidos.

Anil K Chopra (2014). Dinámica de Estructuras (Cuarta Edición), Pearson Educación, México.

American Institute of steel construction (AISC) (2005). Steel construction manual (13th edition). Estados Unidos.

BLANCO BLASCO, Antonio (1990 – 1991). Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado, Libro 2 de la colección del Ingeniero Civil, Lima.

BOCANEGRA DÍAZ, Félix (1999). Bases Metodológicas de la Investigación Científica, Editorial Publicencia, Trujillo. 140p.

Boza Zuen y Galán Danny (2013). Diseño de un edificio aporricado con disipadores en arreglo Chevron. (Tesis). Lima: PUCP

Díaz la Rosa Sánchez, Marco Antonio (2014). Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos taylor para una edificación esencial de 6 pisos (Tesis). Trujillo: UPAO.

Federal Emergency Management Agency FEMA. Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – NEHRP. FEMA273 - 274. Washington, D.C., 1997.



LUIS M. Bozzo y ALEX H. Barbat (2000). Diseño Sismorresistente de Edificios – Técnicas Convencionales y Avanzadas, Editorial Reverté, Barcelona.

Harmsen Teodoro (2005) Diseño de estructuras de concreto armado. (Cuarta Edición). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hwang, Jenn-Shin (2002) Seismic Design of Structures with Viscous Dampers. Taiwán.

Mario Paz (1992). Dinámica Estructural, Editorial Reverté. Barcelona

Morales, Luisa y Contreras Juan (2012). Protección de una edificación existente con disipadores de energía. (Tesis). Lima: PUCP.

Morales Roberto (2002). Diseño en Concreto Armado. Instituto de la Construcción y Gerencia. ICG.

OVIEDO, Ricardo (2008). Dispositivos pasivos de disipación de energía para diseño sismorresistente de estructuras. (Tesis de Maestría). Lima: UNI, 2008.



ANEXOS