



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESPUESTA SÍSMICA CON LA
IMPLEMENTACIÓN DE AMORTIGUADORES DE
FLUIDO VISCOSO Y DISIPADORES METÁLICOS
SLB EN EL EDIFICIO SAN BORJA AMP, LIMA -
2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Diego Andre Peralta Tafur

Asesor:

Dr. Omart Demetrio Tello Malpartida

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres Joe, Ana y Elva, por influir
Positivamente en mi formación
A mi esposa Magaly, por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

A mi padre, por su guía y consejos

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Antecedentes.....	17
1.3. Definiciones Conceptuales	25
1.4. Formulación del problema.....	41
1.5. Objetivos	41
1.6. Hipótesis.....	42
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	44
2.1. Población y muestra.....	44
2.2. Materiales, instrumentos y métodos para recolectar y analizar datos.....	46
2.3. Procedimiento	47
2.4. Desarrollo del procedimiento.....	49
CAPÍTULO 3. RESULTADOS	99
3.1. Desplazamiento de centro de masas.....	99
3.2. Distorsiones de Entrepisos.....	101
3.3. Energía disipada.	102
3.4. Fuerzas Axiales de Compresión en Columnas y arriostres	103
3.5. Fuerzas Cortantes en Placas y Vigas.....	105
3.6. Momentos Flectores Positivos en Placas y Vigas.....	107
3.7. Momentos Flectores Negativos en Placas y Vigas.....	109
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	112
4.1. Discusión.....	112
4.2. Conclusiones.....	115
4.3. Costo de implementación	117
REFERENCIAS.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TABLA DE DISEÑO DE DISIPADORES SLB PARTE 1.....	39
TABLA 2. TABLA DE DISEÑO DE DISIPADORES SLB PARTE 2.....	40
TABLA 3. LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN GESTIONADAS EN EL AÑO 2019 EN EL DISTRITO DE SAN BORJA.....	45
TABLA 4. CARGAS MUERTAS ASIGNADAS.....	50
TABLA 5. CARGAS VIVAS ASIGNADAS.....	51
TABLA 6. VALORES DE LOS PARÁMETROS SÍSMICOS PARA EL ANÁLISIS ESTÁTICO.....	54
TABLA 7. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL POR PISO BLANDO EN LA DIRECCIÓN X.....	54
TABLA 8. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL POR PISO BLANDO EN LA DIRECCIÓN Y.....	54
TABLA 9. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL POR PISO BLANDO EN LA DIRECCIÓN X.....	55
TABLA 10. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL POR PISO BLANDO EN LA DIRECCIÓN Y.....	55
TABLA 11. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL POR RESISTENCIA EN LA DIRECCIÓN X.....	56
TABLA 12. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL POR RESISTENCIA EN LA DIRECCIÓN Y.....	56
TABLA 13. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD DE MASA O PESO EVALUACIÓN 1.....	57
TABLA 14. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD DE MASA O PESO EVALUACIÓN 2.....	57
TABLA 15. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD POR TORSIÓN EN LA DIRECCIÓN X.....	58
TABLA 16. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD POR TORSIÓN EN LA DIRECCIÓN Y.....	58
TABLA 17. RESUMEN DE ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD EN ALTURA.....	60
TABLA 18. RESUMEN DE ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD EN PLANTA.....	60
TABLA 19. PORCENTAJE DE FUERZAS CORTANTES EN COLUMNAS Y PLACAS.....	60
TABLA 20. CÁLCULO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.....	60
TABLA 21. PARÁMETROS DEL ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN.....	61
TABLA 22. EVALUACIÓN DE LAS DISTORSIONES DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN X.....	64
TABLA 23. EVALUACIÓN DE LAS DISTORSIONES DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN Y.....	64
TABLA 24. REGISTROS DE ACELERACIÓN.....	65
TABLA 25. PARÁMETROS SÍSMICOS DEL ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN OBJETIVO.....	66
TABLA 26. CALCULO DE LA RIGIDEZ DEL AMORTIGUADOR VISCOSO.....	76
TABLA 27. PROPIEDADES DE LOS AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA LA ITERACIÓN 1.....	76
TABLA 28. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD TORSIONAL PARA LA ESTRUCTURA CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA LA ITERACIÓN 1, DIRECCIÓN X.....	77
TABLA 29. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD TORSIONAL PARA LA ESTRUCTURA CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA LA ITERACIÓN 1, DIRECCIÓN Y.....	77
TABLA 30. PROPIEDADES DE LOS AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA LA ITERACIÓN 2.....	78
TABLA 31. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD TORSIONAL PARA LA ESTRUCTURA CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA LA ITERACIÓN 2, DIRECCIÓN X.....	78
TABLA 32. ANÁLISIS DE IRREGULARIDAD TORSIONAL PARA LA ESTRUCTURA CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA LA ITERACIÓN 2, DIRECCIÓN Y.....	79
TABLA 33. DISTORSIONES DE ENTREPOS PARA TODOS LOS SISMOS DEL EDIFICIO CON AMORTIGUADORES....	79
TABLA 34. ELECCIÓN DE LOS AMORTIGUADORES DISPUESTOS EN LA DIRECCIÓN X.....	81
TABLA 35. ELECCIÓN DE LOS AMORTIGUADORES DISPUESTOS EN LA DIRECCIÓN Y.....	81
TABLA 36. DESPLAZAMIENTOS DE AMORTIGUADORES, DIRECCIÓN X.....	82
TABLA 37. DESPLAZAMIENTOS DE AMORTIGUADORES, DIRECCIÓN Y.....	82
TABLA 38. DIMENSIONES DEL PERFIL HSS.....	83
TABLA 39. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PERFIL HSS.....	84
TABLA 40. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS PERFILES HSS PARA LA DIRECCIÓN X.....	84
TABLA 41. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS PERFILES HSS PARA LA DIRECCIÓN Y.....	85
TABLA 42. PROPIEDADES DE LOS DISIPADORES METÁLICOS SLB.....	89
TABLA 43. PROPIEDADES DE LOS DISIPADORES METÁLICOS SLB, PARA LA ITERACIÓN 1.....	89
TABLA 44. DISTORSIONES EN DIRECCIÓN X DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB, ITERACIÓN 1.....	90
TABLA 45. DISTORSIONES EN DIRECCIÓN Y DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB, ITERACIÓN 1.....	90
TABLA 46. PROPIEDADES DE LOS DISIPADORES METÁLICOS SLB, PARA LA ITERACIÓN 2.....	91
TABLA 47. DISTORSIONES EN DIRECCIÓN X DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB, ITERACIÓN 2.....	92
TABLA 48. DISTORSIONES EN DIRECCIÓN Y DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB, ITERACIÓN 2.....	92

TABLA 49. PROPIEDADES DE LOS DISIPADORES METÁLICOS SLB, PARA LA ITERACIÓN 3.	93
TABLA 50. DISTORSIONES EN DIRECCIÓN X DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB, ITERACIÓN 3.	93
TABLA 51. DISTORSIONES EN DIRECCIÓN Y DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB, ITERACIÓN 3.	94
TABLA 52. DISTORSIONES DE ENTREPISO PARA TODOS LOS CASOS DE SISMO CONSIDERADOS.	94
TABLA 53. VERIFICACIÓN DE LOS DISIPADORES SLB.	96
TABLA 54. PROPIEDADES DEL BRAZO METÁLICO DE LOS DISIPADORES SLB.	97
TABLA 55. DIMENSIONES DEL PERFIL DEL BRAZO METÁLICO PARA LOS DISIPADORES SLB.	97
TABLA 56. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS BRAZOS METÁLICOS DEL DISIPADOR METÁLICO SLB.	98
TABLA 57. COMPONENTES DE ENERGÍA GLOBAL.	102
TABLA 58. PORCENTAJE DE ENERGÍA GLOBAL DISIPADA.	103
TABLA 59. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE DESPLAZAMIENTOS DE CENTROS DE MASAS Y DISTORSIONES DE ENTREPISO, RESPECTO A LA ESTRUCTURA SIN DISIPADORES.	111
TABLA 60. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE FUERZAS INTERNAS, RESPECTO A LA ESTRUCTURA SIN DISIPADORES.	111
TABLA 61. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO.	117
TABLA 62. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE DISIPADORES METÁLICOS SLB.	117

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EDIFICACIÓN REHABILITADA	14
FIGURA 2 ESQUEMA DE AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO TAYLOR.	25
FIGURA 3 FUERZA EN LOS AMORTIGUADORES DEBIDO A DISTINTOS VALORES DE “A”	26
FIGURA 4 ENERGÍA DISIPADA POR EL AMORTIGUADOR DE FLUIDO VISCOSO TAYLOR.	27
FIGURA 5 MODELO DE MAXWELL PARA FLUIDOS VISCOELÁSTICOS.....	28
FIGURA 6 INFLUENCIA DE LA RIGIDEZ EN LA FUERZA DEL ELEMENTO LINK.....	28
FIGURA 7 MODELAMIENTO DE AMORTIGUADOR EN SOFTWARE ETABS	30
FIGURA 8 CURVA FUERZA DESPLAZAMIENTO TÍPICA DEL DISIPADOR METÁLICO SLB	32
FIGURA 9 DISIPADORES SLB	32
FIGURA 10 ESQUEMA DE DISIPADOR SLB APOYADO SOBRE ARRIOSTRES DE ACERO	33
FIGURA 11. DESPLAZAMIENTO RELATIVO EN LOS EXTREMOS DEL DISIPADOR SLB.	34
FIGURA 12. ESQUEMA DE DISIPADORES SOBRE MUROS DESACOPADOS.....	35
FIGURA 13. INFLUENCIA DEL PARÁMETRO “N” SOBRE LA VARIABLE “Z”, MODELO BOUC-WEN.	36
FIGURA 14. TABLA DE DISEÑO DE AMORTIGUADORES TAYLOR DEVICES	38
FIGURA 15. DIMENSIONES DE LOS DISIPADORES SLB	40
FIGURA 16. VISTA EN PLANTA DEL NIVEL TÍPICO.....	49
FIGURA 17. MODELO MATEMÁTICO REALIZADO EN ETABS.....	52
FIGURA 18. VISTA EN PLANTA DEL NIVEL TÍPICO DEL MODELO MATEMÁTICO.....	52
FIGURA 19. ANÁLISIS POR DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA.....	59
FIGURA 20. ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN R=3.6	61
FIGURA 21. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISO SISMO EN LA DIRECCIÓN X.	62
FIGURA 22. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISO SISMO EN LA DIRECCIÓN Y.	63
FIGURA 23. ESPECTRO OBJETIVO DE PSEUDO ACELERACIONES.....	66
FIGURA 24. REGISTRO DE ACELERACIONES DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN ESTE – OESTE.....	67
FIGURA 25. COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTOS DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN ESTE – OESTE.....	68
FIGURA 26. COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE PSEUDO VELOCIDAD DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN ESTE – OESTE.	68
FIGURA 27. COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN ESTE – OESTE.	69
FIGURA 28. REGISTRO DE ACELERACIONES DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN NORTE – SUR.....	69
FIGURA 29. COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTOS DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN NORTE – SUR.....	70
FIGURA 30. COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE PSEUDO VELOCIDAD DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN NORTE – SUR.....	70
FIGURA 31. COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN DEL SISMO DE LIMA 1966 DIRECCIÓN NORTE – SUR.	71
FIGURA 32. VISTA EN 3D DE LA ESTRUCTURA INCORPORADA CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO.	72
FIGURA 33. VISTA EN PLANTA DE NIVEL TÍPICO CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO.....	72
FIGURA 34. VISTA EN ELEVACIÓN EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Y CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO.....	73
FIGURA 35. VISTA EN ELEVACIÓN EN LA DIRECCIÓN DEL EJE X CON AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO.....	73
FIGURA 36. LONGITUD DEL BRAZO METÁLICO HORIZONTAL DEL DISIPADOR TIPO 1.....	74
FIGURA 37. LONGITUD DEL BRAZO METÁLICO HORIZONTAL DEL DISIPADOR TIPO 2.....	75
FIGURA 38. LONGITUD DEL BRAZO METÁLICO HORIZONTAL DEL DISIPADOR TIPO 3.....	75
FIGURA 39. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISOS EN LA DIRECCIÓN X PARA EL EDIFICIO CON AMORTIGUADORES.	80
FIGURA 40. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISOS EN LA DIRECCIÓN Y PARA EL EDIFICIO CON AMORTIGUADORES.....	80
FIGURA 41. ESQUEMA DE FUERZAS ACTUANTES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS BRAZOS METÁLICOS.....	83
FIGURA 42. VISTA EN PLANTA DE LA ESTRUCTURA INCORPORADA CON DISIPADORES METÁLICOS SLB.	86
FIGURA 43. VISTA EN 3D DE LA ESTRUCTURA INCORPORADA CON DISIPADORES METÁLICOS SLB.....	87
FIGURA 44. VISTA EN ELEVACIÓN EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Y CON DISIPADORES METÁLICOS SLB.	87
FIGURA 45. VISTA EN ELEVACIÓN EN LA DIRECCIÓN DEL EJE X CON DISIPADORES METÁLICOS SLB.	88
FIGURA 46. LAZO HISTERÉTICO DE DISIPADOR METÁLICO SLB.....	90
FIGURA 47. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN X CON LA INCORPORACIÓN DE DISIPADORES SLB.	95
FIGURA 48. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN Y CON LA INCORPORACIÓN DE DISIPADORES SLB.....	95
FIGURA 49. DESPLAZAMIENTO DE CENTRO DE MASAS EN LA DIRECCIÓN X CON LA INCORPORACIÓN DE DISIPADORES SLB.....	100
FIGURA 50. DESPLAZAMIENTO DE CENTRO DE MASAS EN LA DIRECCIÓN Y CON LA INCORPORACIÓN DE DISIPADORES SLB.....	100
FIGURA 51. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN X CON LA INCORPORACIÓN DE DISIPADORES SLB.	101
FIGURA 52. DISTORSIONES MÁXIMAS DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN Y CON LA INCORPORACIÓN DE DISIPADORES SLB.....	102

FIGURA 53. FUERZAS AXIALES EN ARRIOSTRES.....	104
FIGURA 54. FUERZAS AXIALES EN COLUMNAS.....	104
FIGURA 55. CORTANTE EN PLACAS.....	106
FIGURA 56. CORTANTE EN VIGAS.....	106
FIGURA 57. MOMENTOS POSITIVOS EN PLACAS.....	108
FIGURA 58. MOMENTOS POSITIVOS EN VIGAS.....	108
FIGURA 59. MOMENTOS NEGATIVOS EN PLACAS.....	110
FIGURA 60. MOMENTOS NEGATIVOS EN VIGAS.....	110

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 COMPORTAMIENTO DEL AMORTIGUADOR DE FLUIDO VISCOSO TAYLOR.....	26
ECUACIÓN 2 RIGIDEZ EN SERIE BRAZO METALICO Y AMORTIGUADOR.....	30
ECUACIÓN 3 RIGIDEZ EQUIVALENTE DEL ELEMENTO LINK	30
ECUACIÓN 4. FUERZA INELÁSTICA, MODELO DE BOUC - WEN.....	35
ECUACIÓN 5. VARIABLE Z, MODELO DE BOUC - WEN	36
ECUACIÓN 6. CÁLCULO DE LA MASA PARTICIPATIVA DEL EDIFICIO.	51
ECUACIÓN 7 CALCULO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN “C”	53
ECUACIÓN 8. PSEUDO ACELERACIÓN ESPECTRAL.	61

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta sísmica de un edificio de oficinas al incorporarle amortiguadores de fluidos viscosos y disipadores metálicos SLB, la investigación fue de tipo aplicada, el método de análisis fue haciendo uso de estadística descriptiva mediante tabulaciones, tablas y gráficos. La muestra en estudio se determinó empleando muestreo no probabilístico, esta consiste en un edificio de concreto armado de 7 niveles con una azotea, ubicada en el distrito de San Borja. Inicialmente se evalúa la estructura sin disipadores, determinando las distorsiones máximas y dejando en evidencia un problema de torsión, posterior a ello, se incorporan amortiguadores de fluido viscoso para controlar las distorsiones manteniéndolas dentro de un nivel de seguridad mayor, además, se busca controlar las torsiones; del mismo modo, se incorporan disipadores metálicos SLB, con el apoyo del software ETABS se realiza el análisis sísmico tiempo historia para determinar la respuesta estructural de los edificios con amortiguadores y disipadores. Los principales resultados del análisis de los edificios con amortiguadores y disipadores, fueron, en relación a los desplazamientos de centros de masas, reducción entre el 38% al 45%; en relación a las distorsiones máximas de entrepisos, reducción entre el 32% al 45%; respecto a los momentos flectores, reducción entre el 46% al 49%; mientras que, las fuerzas cortantes se redujeron en 54% para ambos casos. Finalmente se concluye que la estructura con amortiguadores de fluido viscoso disipo más energía sísmica que los disipadores metálicos SLB, además, los amortiguadores de fluido viscoso mejoraron la respuesta de columnas y placas en mayor medida que los disipadores SLB, para el caso de las vigas los disipadores metálicos SLB controlaron mejor las fuerzas internas que los amortiguadores de fluido viscoso.

Palabras clave: Amortiguadores de fluido viscoso, Disipadores metálicos SLB, Distorsiones, Fuerzas internas.

ABSTRACT

This research work aimed to determine the seismic response of an office building by incorporating viscous fluid dampers and SLB metal dissipators, the research was applied, the analysis method was using descriptive statistics through tabulations, tables and graphs. The study sample was determined using non-probabilistic sampling, this consists of a 7-level reinforced concrete building with a roof terrace, located in the San Borja district. Initially, the structure without dissipators is evaluated, determining the maximum distortions and revealing a torsion problem, after that, viscous fluid dampers are incorporated to control the distortions, keeping them within a higher level of safety, in addition, it seeks to control the twists; Likewise, SLB metal heatsinks are incorporated, with the support of ETABS software, the time-history seismic analysis is carried out to determine the structural response of buildings with dampers and heatsinks. The main results of the analysis of the buildings with shock absorbers and dissipators were, in relation to the displacements of centers of masses, a reduction between 38% and 45%; in relation to the maximum distortions of mezzanines, reduction between 32% to 45%; regarding bending moments, reduction between 46% to 49%; while, the shear forces were reduced by 54% for both cases. Finally, it is concluded that the structure with viscous fluid dampers dissipated more seismic energy than the metallic SLB heatsinks, in addition, the viscous fluid dampers improved the response of columns and plates to a greater extent than the SLB heatsinks. SLB metal heatsinks controlled internal forces better than viscous fluid dampers.

Keywords: Viscous fluid dampers, SLB metal dissipators, Distortions, Internal forces.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

¿Que se está haciendo en el mundo para proteger edificios?

Desde hace algunas décadas atrás la ingeniería sismorresistente enfrenta el desafío de tratar que las estructuras permanezcan inmediatamente operativas posterior a un sismo de gran magnitud.

Como lo manifiesta la cámara chilena de construcción durante los sismos del 2010 y 2011 en Chile y Japón, respectivamente, algunas edificaciones se entregaron a un proceso de refacción luego de presentar daño no estructural originando pérdidas de operación parcial o total.

Los recientes terremotos ocurridos en Chile (2010) y Japón (2011) han dejado de manifiesto la alta vulnerabilidad sísmica de las estructuras y de sus contenidos. En el caso de Chile, no pocos son los casos de estructuras que, sin presentar daños estructurales de consideración, sufrieron daños no estructurales que causaron pérdidas parciales o totales de operación. (Cámara chilena de construcción, 2011, p.1).

Si bien es cierto, los sistemas de protección sísmica tienen algunas décadas empleándose en el mundo, es con la ocurrencia de sismos severos cuando los inversionistas fijan su atención en estos dispositivos para emplearlos en sus proyectos, además, la eficiencia de estos sistemas se pone a prueba con la ocurrencia de sismos de gran magnitud, como lo indica la cámara chilena de construcción.

Se espera que luego de los terremotos de Chile en febrero del 2010 y del ocurrido en marzo del presente año en Japón se genere un nuevo auge, al igual que lo ocurrido

en la década de 1990 con los terremotos de Northridge (1994) y Kobe (1995), en la masificación de la aplicación de sistemas de protección sísmica en estructuras. En particular, debido a la cantidad de edificaciones que, contando con sistemas de protección sísmica en Japón, registraron un excelente desempeño sísmico. (Cámara chilena de construcción, 2011, p.4).

Disipadores metálicos y amortiguadores de fluido viscoso, experiencia extranjera

El empleo de sistemas de disipación de energía sísmica en el extranjero es más antiguo y más frecuente que en el interior del País, los primeros países en emplear disipadores sísmicos fueron EEUU, México, Japón, entre otros. Según Ramos y Rodríguez (2019) “El uso de disipadores de fluido viscoso sobre estructuras de ingeniería civil empezó en 1993. La primera aplicación fue en el Centro Médico San Bernardino County – Los ángeles, California – USA, donde se colocaron 186 disipadores”. (p. 6).

Una de las primeras aplicaciones de disipadores sísmicos metálicos en Estados Unidos fue para la rehabilitación, según Gentaio y Lafuente (2016) “Se trata de un edificio en el centro de San Francisco en California, que resultó dañado con el sismo de Loma Prieta en 1989”. (p.134).

Como suele suceder cuando se emplean dispositivos de disipación de energía, se escogen objetivos de desempeño mayores para proteger al edificio.

En el proyecto de rehabilitación se planteó el objetivo de controlar y minimizar los daños, de manera de permitir recuperar el funcionamiento normal del edificio rápidamente después de un sismo severo, sin mayores interrupciones en las operaciones normales que en sus instalaciones se llevaban a cabo (se trata de una sede bancaria). (Genatios y Lafuente, 2016, p.134).

Figura 1. Edificación rehabilitada



Fuente. Genatios y Lafuente (2016)

Por otro lado; México es uno de los países de habla hispana que posee gran cantidad de edificios con disipadores sísmicos, el empleo de amortiguadores y disipadores metálicos en edificios altos han logrado que estas estructuras tengan óptimos comportamientos sismorresistentes a un costo relativamente bajo. Según Genatios y Lafuente (2016)

En México, a partir del año 2000 se utilizaron amortiguadores con fluidos viscosos (tipo Taylor) en la construcción de la Torre Mayor de la ciudad de México (Tena-Colunga, 2003). Se trata de un edificio muy esbelto, de 57 niveles y 225 m de altura, ubicado en la Avenida Paseo de la Reforma (la llamada “zona de lago” de Ciudad de México. Es el edificio más alto en Latinoamérica (225 m de altura). Alberga un hotel, oficinas, comercios y restaurantes. Tiene 13 niveles de estacionamientos (4 subterráneos) y un helipuerto. Se instalaron un total de 98 dispositivos de disipación desde el piso 13 al 57. (p. 136).

En cuanto al empleo de disipadores metálicos, México edificó la torre Paradox una de las torres más altas de Latinoamérica con disipadores SLB, la firma del ingeniero Bozzo lo describe:

La torre Paradox de México es de las más altas de Latinoamérica con 62 niveles y claramente la de mayor complejidad geométrica por ser tres torres muy altas inclinadas e unidas entre sí, en los cuales se empleó los disipadores SLB que ha permitido el ahorro de 2000 ton de peso para la cimentación.

Adicionalmente durante el sismo del 19 de septiembre del 2017 se pudo comprobar la respuesta elástica sin daño alguno de la estructura. Esto se puede afirmar con total seguridad dado que unos meses antes hubo otro sismo de menor intensidad y se solicitó medición de desplomes o movimientos en la cubierta. Después del sismo del 19 de septiembre se volvieron a medir estos puntos mostrándose casi un 100% de recuperación, es decir respuesta elástica sin daño alguno. (Página web Luis bozzo estructuras y proyectos).

Disipadores metálicos y amortiguadores de fluido viscoso, experiencia nacional

El empleo de disipadores de energía en el Perú ha sido en menor cuantía en comparación con la experiencia extranjera, el primer edificio con disipadores sísmicos en el Perú fue el Casino Mubarak que empleo disipadores metálicos SLB, según la revista costos edición 264 (2016).

Desde el 2004, cuando se construyó el Casino Mubarak, el primer edificio con sistemas de protección sísmica, el mercado inmobiliario y sus clientes finales han cambiado su percepción sobre estos dispositivos, pasando de ser un lujo a un valor altamente apreciado que puede garantizar el éxito de un proyecto, inclusive, en un escenario de desaceleración del mercado inmobiliario. (p.20)

Otra aplicación de disipadores metálicos por fluencia de metales tipo SLB en el Perú se dio en la mega planta Pucussana de la corporación Lindley, la revista costos (2014) explica:

Este proyecto de infraestructura privada es uno de los más grandes del país y está destinado a convertirse en el más grande de su tipo en Latinoamérica cuando sea ejecutada al 100%. Solo en su primera etapa tiene un área construida de más de 90,000 m², en los cuales se han instalado aproximadamente 266 disipadores.

Los beneficios más evidentes para el propietario del proyecto son la protección de los ocupantes y de la estructura. Pero también se destaca la capacidad de la planta para seguir operando luego de un evento sísmico severo, los reducidos o nulos costos de reparaciones y la protección de la valiosa maquinaria. (p.57).

También se han empleado amortiguadores de fluido viscoso en nuestro medio, el primer caso del empleo de amortiguadores fue para reforzar la torre de control del aeropuerto Jorge Chavez en el año 2006. Cassabone et al (2007) indica que:

La torre del aeropuerto de Lima diseñada y construida hace 50 años tiene 10 pisos. Es vulnerable sísmicamente por a problemas de configuración y detallado. Se decidió recientemente retro capacitar la estructura para reducir su riesgo sísmico a los estándares vigentes.

Se consideraron varias opciones. Se decidió retro capacitar la estructura reduciendo la demanda sísmica incorporando de disipadores viscosos en ubicaciones seleccionadas.

La Filosofía consistía en proveer a la estructura de suficiente capacidad de disipación de energía para garantizar su respuesta elástica durante el sismo de diseño de la norma vigente. (p.1.)

Otra aplicación de amortiguadores de fluido viscoso se dio en el año 2015, cuando se inauguró el edificio más alto de Perú a la actualidad, la torre banco de la nación. El artículo del foro World fórum office explica que:

La Torre Banco de la Nación es un edificio de 66.580 m² construidos, con 138 metros de altura en 30 plantas. Cuenta con 16 disipadores de energía sísmica y su coste, según declara la constructora, ha sido de S/. 412 millones (US\$ 128 millones de ó US\$ 1.922 por m² construido).

Importancia de edificios de oficinas

Los edificios de oficinas en el Perú son usados ampliamente por empresas para desarrollar actividades estratégicas, de gestión y de operación, el portal BBC offices (2019) indica que “Contar con una oficina genera credibilidad, confianza y formalidad”, a las empresas.

El empleo de dispositivos que son capaces de disipar energía sísmica permite a los inversionistas evitar significantes pérdidas económicas por cese temporal de operaciones en las oficinas debido a daño estructural o no estructural, además puede disminuir considerablemente el costo de post inversión.

Por todos los argumentos presentados, es necesario evaluar la respuesta sísmica con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB en edificios en Lima.

1.2. Antecedentes

- Diaz Marco (2014). Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos. Universidad Privada Antenor Orrego. Tiene como objetivo evaluar el diseño estructural inicialmente planteado y optimizar el diseño reestructurando el modelo

incorporando amortiguadores de fluido viscoso. En el documento se muestra a un edificio categorizado como esencial de 6 niveles el cual al ser evaluado por el investigador no cumple con los controles de desplazamientos que indica la norma E.030, posterior a ello el edificio es reestructurado replanteando las dimensiones de las placas más rígidas de tal forma que se evite la irregularidad por torsión para finalmente adicionar amortiguadores de fluido viscoso empleando el método del análisis dinámico tiempo historia no lineal. Los resultados de la investigación arrojaron que la energía disipada por los amortiguadores fue de 53.51%. Los desplazamientos de piso se redujeron en un rango entre 38% a 41%. Las derivas de entrepiso se redujeron entre 38% a 50%. Las fuerzas axiales en la columna más esforzada resultaron 165.47 toneladas, con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso se redujeron a 110.02 toneladas (33.51% de reducción). Las fuerzas cortantes en la placa más esforzada resultaron 391.79 toneladas, con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso, se redujeron a 227.89 toneladas (41.83% de reducción). Los momentos flectores en la placa más esforzada resultó 1490.69 toneladas, con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso, se redujeron a 852.13 toneladas (42.84% de reducción). La aceleración en el piso más alto se redujo de 24.41 m/seg² a 14.53 m/seg² (40.48% de reducción). La velocidad se redujo de 1.76 m/seg a 1.01 m/seg (42.51% de reducción). El período se mantuvo igual al de la estructura sin amortiguadores, debido a que los amortiguadores no alteran la rigidez de la estructura. El investigador concluye que la incorporación de los amortiguadores de fluido viscoso no altera los modos, ni los periodos de vibración. La estructura no toma el 100% de la energía del sismo como si fuera una estructura tradicional, sino, tan solo un porcentaje debido a la incorporación de amortiguadores. La

implementación de amortiguadores logra disminuir los desplazamientos hasta en un 41.81%, las derivas de 38.57% a 51.10%. Además, se redujeron las fuerzas cortantes desde un 32.04% hasta un 48.58%, así como los momentos flectores desde un 47.93% hasta un 35.30%. La investigación da a conocer el procedimiento a seguir para la implementación de amortiguadores de fluido viscoso, también muestra la influencia que tiene la incorporación de amortiguamiento sobre una estructura esencial.

- Luis Bozzo et al (2020). Comparison of seismic design procedures for structures equipped with hysteretic dampers. 17th World conference on earthquake engineering. El paper tiene como objetivo describir y comparar 3 procedimientos para el diseño de disipadores histeréticos metálicos SLB. La investigación muestra 3 procedimientos de diseño para una misma estructura, el primer procedimiento consiste en diseñar la estructura sin ningún disipador, el segundo procedimiento consiste en diseñar la estructura con la implementación de disipadores SLB a través de un procedimiento iterativo y finalmente el último procedimiento consiste en diseñar la estructura con la implementación de disipadores SLB a través de un procedimiento basado en el desempeño. Los autores obtuvieron como resultado que el enfoque del diseño basado en el desempeño proporcionó dispositivos con una anchura y espesor reducidos con respecto a la estructura diseñada con el procedimiento de iteración inversa e iteración directa. En relación a la estructura sin disipadores, los procedimientos de diseño por desplazamientos y por iteración inversa del disipador SLB redujeron notablemente las aceleraciones de piso. La estructura diseñada por el método de iteración inversa logró reducir las derivas hasta 0.004; sin embargo, la estructura diseñada por el método basado en el desplazamiento obtuvo 0.005 de deriva, superando aproximadamente en un 20% los desplazamientos de la estructura diseñada por el método de iteración

inversa. Los autores concluyen que es posible diseñar los disipadores Shear Link Bozzo empleando cualquiera de los 3 métodos, no obstante, el método que arrojo resultados más económicos es el tercer método, diseño basado por desplazamientos. Sin embargo, los autores aclaran que si el objetivo es el control de las distorsiones los procedimientos de diseño iterativo directo e iteración inversa son más efectivos por su simplicidad inherente. La importancia de esta investigación radica en exponer y comparar procedimientos de diseño de disipadores de energía metálicos SLB para luego validarlos. Así mismo, los autores validan la aplicación de cualquiera de los métodos descritos en dicha investigación.

- Luis Bozzo et al (2020). Experimental vs numerical correlation for a shaking table test of a concrete precast model structure equipped with SLB devices. 17th World conference on earthquake engineering. El paper tiene como objetivo mostrar la correlación experimental y numérica para una estructura de concreto prefabricado de 2 grados de libertad equipados con disipadores SLB. En el documento se muestra una estructura prefabricada de concreto con elementos flexibles sobre una mesa vibratoria, a la estructura se le adicionan muros desacoplados unidos a la estructura por medio de los disipadores SLB, durante los ensayos la estructura es sometida a distintas historias de aceleraciones. Los errores del procedimiento analítico varían entre 23% al 5% para aceleraciones y entre 52% a 2% para desplazamientos, además se demuestra que mientras más fuerte es la señal el error es menor, a pesar de ello el autor considera que los resultados son satisfactorios para predecir el comportamiento de la estructura. Los elementos estructurales permanecieron en el rango lineal elástico, debido a que el dispositivo SLB disipo gran parte de la energía de entrada total. Los dispositivos SLB presentaron resultados satisfactorios para el modelo de Wen con un valor de $n=2$. A

pesar de presentar discontinuidad en los muros desacoplados, ni los resultados experimentales, ni los resultados analíticos mostraron presencias de rótulas plásticas. Las distorsiones de entrepiso estuvieron por debajo de 0.0035 y la estructura permaneció en el rango elástico lineal. La importancia de esta investigación radica en que el autor logra proporcionar un modelo matemático con resultados aceptables para predecir el comportamiento de una estructura con muros desacoplados equipados con disipadores metálicos SLB.

- Juan Fuentes (2015). Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso. Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo de la tesis consiste en conocer la influencia del parámetro “ α ” y los arreglos de las diagonales de apoyo de los amortiguadores sísmicos sobre la respuesta estructural de un edificio común de 5 niveles. La tesis muestra la comparación de la respuesta sísmica al modificar las propiedades del amortiguador, particularmente del exponente de amortiguamiento “ α ” para valores de “1” y “0.25”, además modifica la disposición de las diagonales metálicas que sujetan los dispositivos para cada valor de “ α ”, los arreglos estudiados son: diagonal, diagonal doble y Chevron, haciendo uso de un análisis no lineal tiempo historia para el caso de “ α ” =0.25 y análisis lineal tiempo historia para el caso de “ α ”=1. Los resultados arrojaron que la configuración óptima fue el arreglo tipo Chevron, esto se reflejó en menores coeficientes de amortiguamiento para una misma deriva objetivo, así mismo, la disposición de doble diagonal mostró ser menos eficiente. La adición de amortiguadores al edificio no modificó los periodos, ni los modos fundamentales. Los desplazamientos en la azotea en la dirección x se redujeron en promedio 22% y en la dirección y se redujeron 31%. Así mismo, la reducción del cortante basal fue de 30.8 % aproximadamente para los 3 distintos arreglos. El autor

concluye que cuando se emplean valores de “ α ” igual a 0.25 se necesitarán dispositivos de menor capacidad para lograr el mismo amortiguamiento efectivo que se obtendría si se utilizara valores de “ α ” igual a 1, sin embargo, cuando se emplea valores de “ α ” igual a 1 se espera una mayor reducción de fuerzas en los elementos. El arreglo Chevron tiene mejor comportamiento que el arreglo de doble diagonal y el arreglo de diagonal simple. La importancia de esta investigación radica en que se puede conocer la variación de la respuesta estructural con la implementación de amortiguadores con diferentes valores de exponente de amortiguamiento y distintos arreglos.

- Gian Carlos Casana (2018). Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con disipadores de energía en la ciudad de tumbes – 2018. Universidad Privada del Norte. El objetivo de la tesis consiste en determinar el desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos implementando disipadores de energía en la ciudad de tumbes. La tesis analiza la respuesta de una estructura de hoteles categorizada como edificación común con la incorporación de amortiguadores de fluido viscoso con disposición doble diagonal, el investigador evalúa la situación de la estructura actual y eleva el desempeño de la estructura para lograr un comportamiento elástico post sismo según la metodología Hazus. La tesis emplea el método de análisis sísmico no lineal tiempo historia para obtener la respuesta del edificio. Los resultados arrojaron reducciones de desplazamientos de centros de masa en la azotea se redujeron 46% para el eje x y 53% para el eje y. Del mismo modo, las distorsiones de entrepiso se redujeron entre 28% a 55% para el eje x y de 48% a 56% para el eje y. En cuanto a la reducción de los momentos flectores en las placas la máxima reducción fue del 48% y respecto a la reducción de las fuerzas cortantes en las placas fue del 33%. La tesis concluye que es posible proteger a un edificio y que permanezca en el rango elástico controlando las

distorsiones de entrepiso según lo dispuesto por la metodología Hazus y el comité visión 2000, además se reducen las fuerzas en los elementos estructurales. La importancia de la investigación radica en demostrar que es posible controlar las distorsiones de entrepisos y de esta manera evitar que la estructura incurriera en el rango inelástico, protegiendo su contenido y brindando servicios inmediatamente post sismo.

- Diego Guevara y Percy Torres (2012). Diseño de un edificio aporcado con amortiguadores de fluido viscoso en disposición diagonal. Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo de la tesis consiste en mejorar la respuesta estructural de un edificio de 7 niveles ubicado en Lima, incorporando amortiguadores de fluido viscoso con valores de coeficiente exponencial “ $\alpha=1$ ” y “ $\alpha=0.5$ ”. El edificio en estudio posee 7 niveles y es categorizado como edificio común y cuenta con 730 m² de área techada por nivel, la estructura superaba la deriva permitida por la norma 0.007, por tal motivo se decide reforzar con amortiguadores de fluido viscoso empleando la metodología HAZUS para reducir la deriva hasta 0.0058. La estructura se analiza en el programa Etabs empleando el método del análisis dinámico tiempo historia lineal, para el caso de la estructura con coeficiente exponencial “ $\alpha=1$ ” y el método del análisis dinámico tiempo historia no lineal, para el caso de la estructura con coeficiente exponencial “ $\alpha=0.5$ ”. La investigación da como resultado que para el caso de estudio de la estructura con amortiguadores con coeficiente exponencial lineal las derivas tuvieron una reducción entre 34% a 62%, en el caso de estudio de la estructura con amortiguadores con coeficiente exponencial “ $\alpha=0.5$ ”, las derivas tuvieron una reducción entre 33% a 68%. La energía disipada en promedio fue de 79% para el amortiguador lineal con “ $\alpha=1$ ” y 80% para el amortiguador no lineal con “ $\alpha=0.5$ ”. Las

fuerzas cortantes en la columna más desfavorable se redujeron un 30.17% y los momentos flectores se redujeron un 38.86%. Los investigadores concluyeron que las derivas pudieron reducirse de 0.009 a 0.0058, valor con el cual el daño será de nivel moderado según la metodología Hazus y el comité visión 2000, a pesar de que los amortiguadores con coeficiente exponencial “ $\alpha=1$ ” y “ $\alpha=0.5$ ”, tuvieron reducciones similares de derivas, el coeficiente de amortiguamiento para el amortiguador lineal fue de 420 ton s/m y para el caso del amortiguador no lineal fue de 90 ton s /m, lo cual deja en evidencia la efectividad del amortiguador no lineal sobre el amortiguador lineal. La importancia de esta investigación radica en presentar los procedimientos de análisis y diseño de los amortiguadores de fluido viscoso lineales y no lineales, además muestra la aplicación de la metodología Hazus como una herramienta para poder controlar el daño estructural en función a objetivos de desempeño.

- Abdelouahab Ras y Nadir (2014). Study of nonlinear fluid viscous damper behaviour in seismic Steel structures design. Arabian journal for science and engineering.

Tiene como objetivo mostrar la influencia de incorporar amortiguadores de fluido viscoso con distintos valores de coeficiente exponencial a una estructura de acero.

En el artículo se realiza un modelo 3D considerando la respuesta sísmica de un edificio de 12 niveles de acero ante distintos tipos de coeficiente exponencial de amortiguadores de fluido viscoso, para el desarrollo se emplea el método del análisis no lineal tiempo historia con el software Sap 2000.

La incorporación de amortiguamiento generó reducciones de desplazamientos hasta un 62 % en comparación con la estructura sin amortiguadores. Además, las fuerzas axiales disminuyeron en un 55% y los momentos flectores se redujeron en un 45%.

Los autores concluyen que el uso de dispositivos con coeficientes exponenciales no lineales mejora considerablemente la respuesta estructural en comparación con los amortiguadores que poseen coeficientes exponenciales lineales.

La importancia de esta investigación radica en analizar la diferencia del comportamiento de una estructura de acero con la incorporación de amortiguadores de fluido viscoso con distintos valores de coeficiente exponencial.

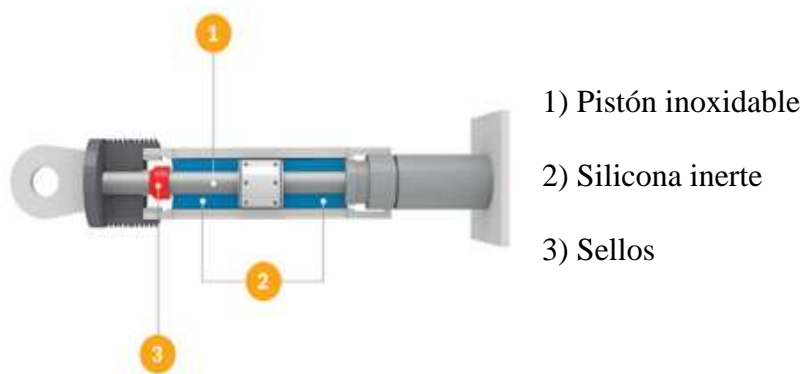
1.3. Definiciones Conceptuales

1.3.1. Amortiguadores de fluidos viscosos

Villareal y Díaz (2016) detallan el funcionamiento de los amortiguadores de fluido viscoso.

“Ante una excitación sísmica, se produce el deslizamiento del pistón dentro del cilindro, este movimiento ocasiona el paso del fluido de una cámara a otra, a su vez genera una presión diferencial, la misma que origina la fuerza de amortiguamiento”. (p.9)

Figura 2 Esquema de amortiguadores de fluido viscoso Taylor.



Fuente: CDV representaciones.

1.3.2. Modelo Matemático para Amortiguadores de Fluido Viscoso Taylor

Taylor devices, fabricante de amortiguadores de fluido viscoso indica que el comportamiento del amortiguador es determinado por la ecuación 1:

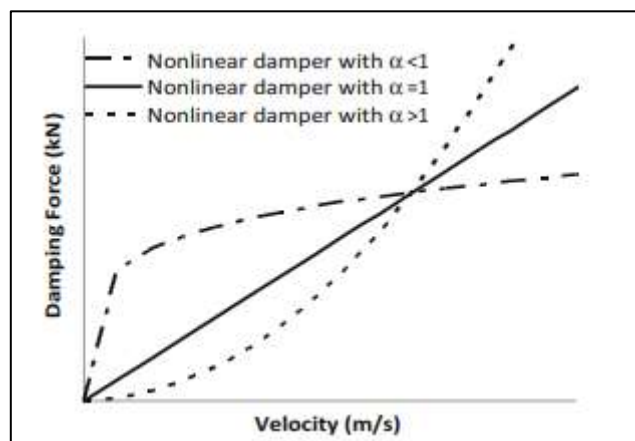
Ecuación 1 Comportamiento del amortiguador de fluido viscoso Taylor.

$$F_d = C_d \dot{U}^\alpha$$

Donde F_d es la fuerza del disipador, C_d es la constante de amortiguamiento, \dot{U} es la velocidad relativa entre ambos extremos del disipador y α es un exponente que usualmente varía entre 0.2 y 2 para aplicaciones sísmicas.

En la figura 3 se muestra la influencia del exponente “ α ” en la fuerza del disipador, se aprecia que para valores de “ α ” menores a 1 la fuerza del disipador es muy elevada para velocidades pequeñas.

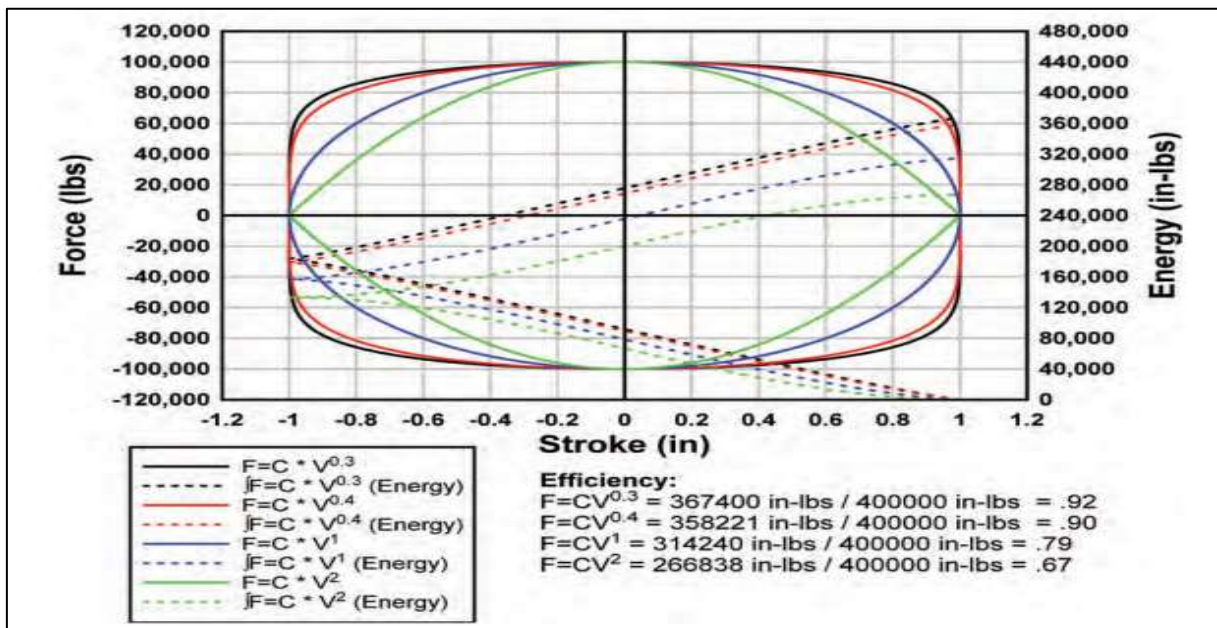
Figura 3 Fuerza en los amortiguadores debido a distintos valores de “ α ”.



Fuente: Ras y Boumechra (2014)

La energía absorbida por el amortiguador es calculada como la suma de la multiplicación de la fuerza por el desplazamiento del amortiguador y se muestra en la figura 4.

Figura 4 Energía disipada por el amortiguador de fluido viscoso Taylor.



Fuente: Taylor devices (2020)

1.3.3. Propiedades del amortiguador

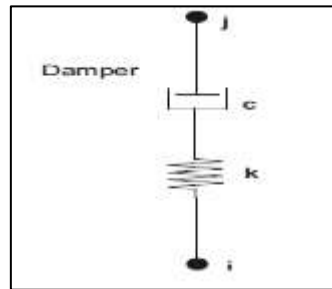
Siguiendo las recomendaciones del proveedor, el amortiguador de fluido viscoso será modelado en el software Etabs empleando el elemento Link, con una propiedad denominada damper exponential, que sigue el modelo de Maxwell para fluidos visco elásticos, el modelo matemático de Maxwell solicita asignar las siguientes propiedades del amortiguador.

Rigidez (k). En la ecuación 1, propuesta por Taylor devices, no está incluido el término rigidez debido a que es una simplificación del modelo de Maxwell. El manual de referencia del software Computer and structures inc (2017) sobre el valor de rigidez (k), comenta que “el usuario puede estar tentado a colocar un valor elevado de rigidez de tal

manera que se obtenga amortiguamiento puro, pero esto puede ser poco conservador. Es mejor obtener un valor realista del fabricante del dispositivo y detalles de las conexiones”.

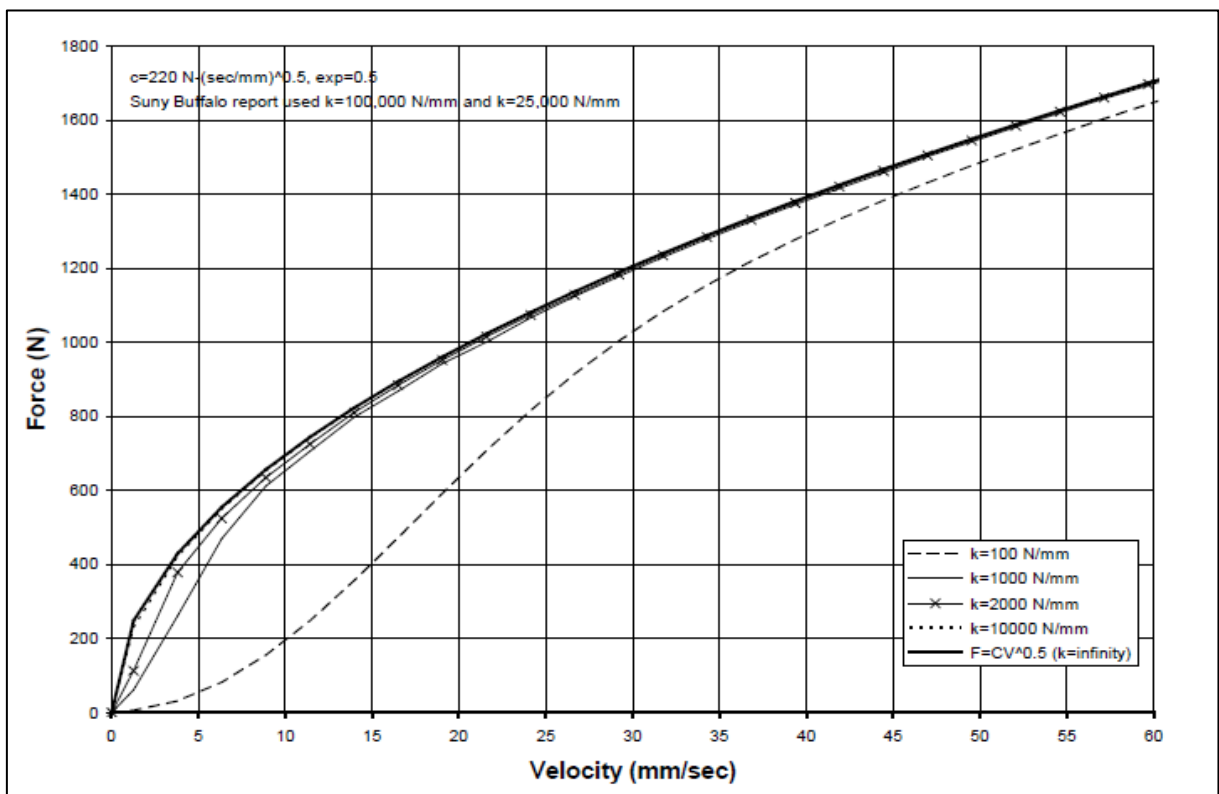
(p.280).

Figura 5 Modelo de Maxwell para fluidos viscoelásticos.



Fuente: Computer and structures inc. (2017)

Figura 6 Influencia de la rigidez en la fuerza del elemento link.



Fuente: Computer and structures inc. (2017)

La figura 6 muestra la influencia de la variación de la rigidez k sobre la fuerza del elemento link, Computer and structures inc (2017) “La ecuación 1 es equivalente a poseer una rigidez $k = \infty$, también cuando el valor de $k = 10\,000\text{ N/mm}$ los valores son muy similares a los valores de $k = \infty$ ”. (p.6).

Ensayos experimentales de la empresa Taylor devices concluyen que los amortiguadores tienen comportamiento de amortiguamiento puro, es decir cuando k tiende al infinito, ver la figura 6.

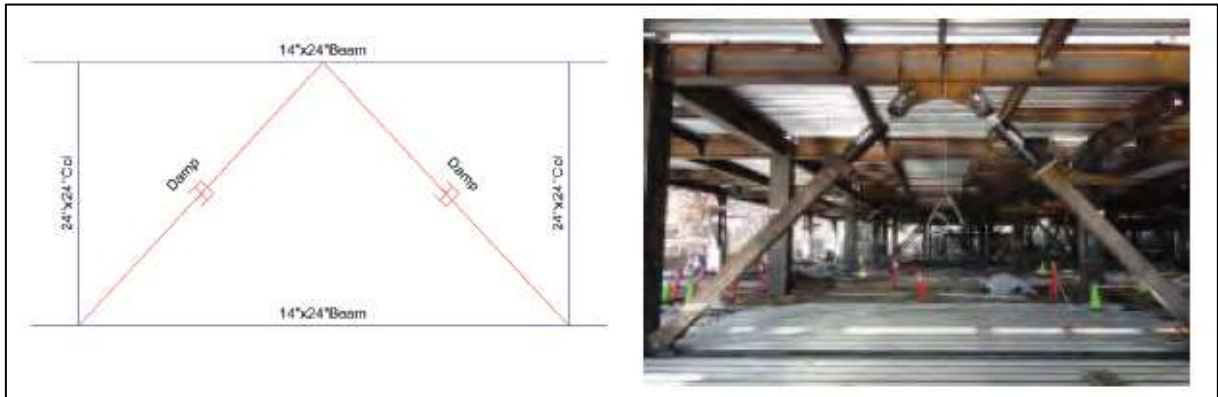
Sin embargo, el amortiguador suele ir acompañado de un brazo metálico para que pueda ser anexo a la estructura, el cual tiene una rigidez finita definida que irá en serie con la rigidez del amortiguador. Al respecto Taylor devices (2020)

La definición del amortiguador de fluido viscoso en Etabs sigue la ecuación constitutiva descrita anteriormente más un resorte en serie con una constante k , como se muestra en la figura 5. Esta propiedad está basada en la ecuación de Maxwell para modelos visco elásticos teniendo un exponente de amortiguamiento viscoso.

La constante del resorte en serie refleja la rigidez del amortiguador “ k_d ” y el brazo metálico “ $k_{extender}$ ”, usualmente empleado para conectar los amortiguadores de un piso a otro.

Teóricamente ambas rigideces interactúan en series como se muestra en la ecuación 2. (p. 45-46)

Figura 7 Modelamiento de amortiguador en software Etabs



Fuente: Taylor devices (2020)

Ecuación 2 Rigideces en serie brazo metálico y amortiguador.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_d} + \frac{1}{k_{\text{extender}}}$$

Finalmente, para el cálculo de la rigidez del elemento link Taylor devices (2020) concluye que “en prácticamente todas las aplicaciones el diseñador puede asumir que la rigidez del amortiguador es infinita, porque Taylor devices manufactura cada dispositivo para que cumpla la ecuación constitutiva entre fuerza y velocidad, entonces k será representado por la rigidez axial del brazo metálico”. (p.46)

Ecuación 3 Rigidez equivalente del elemento link

$$k = k_{\text{extender}}$$

Coefficiente de Amortiguamiento Cd. El coeficiente de amortiguamiento será calculado de tal forma que satisfaga los controles de desplazamientos objetivos, Taylor devices está preparado para manufacturar dispositivos con valores de coeficiente de amortiguamiento que el diseñador requiera.

Exponente de Amortiguamiento α . El exponente de amortiguamiento es determinado por el diseñador y proporcionado al proveedor para manufacturar un dispositivo con las propiedades indicadas. El valor de α dependerá de la cantidad de orificios en los pistones.

Como se explicó previamente, para aplicaciones sísmicas los valores de α suelen variar entre 0.2 y 2, según Ras y Boumechra (2019), “el uso de amortiguadores con un valor de α mayor a 1 es ineficiente”, así mismo Juan fuentes (2015) indica que “cuando se emplean valores de α igual a 0.25 se necesitarán dispositivos de menor capacidad para lograr el mismo amortiguamiento efectivo que se obtendría si se utilizara valores de α igual a 1”. En la presenta investigación se empleará un valor de $\alpha=0.5$ y $\alpha=0.25$.

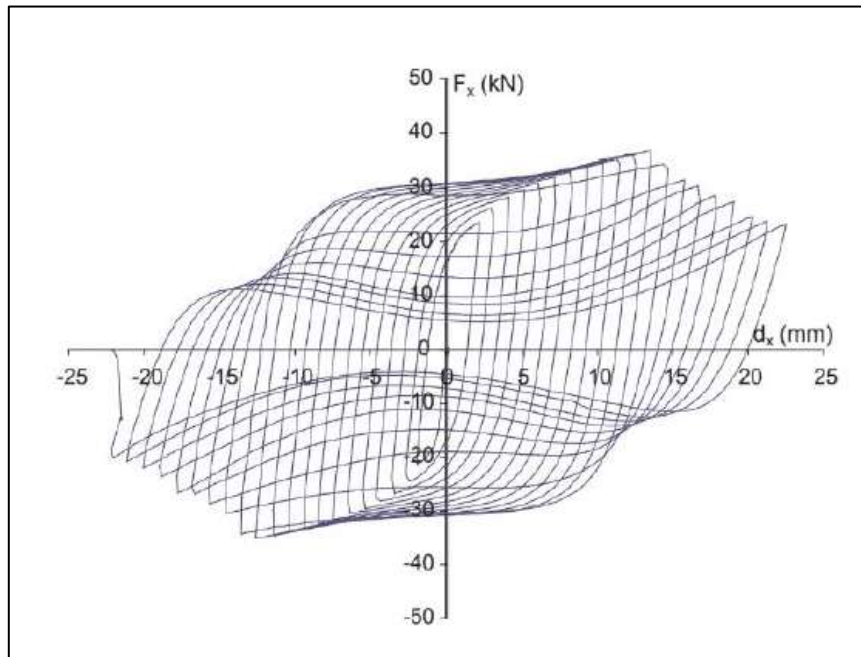
1.3.4. Disipadores metálicos por fluencia de metales

Según Ciliento (2018):

Los disipadores de energía metálicos pueden disipar energía a través de un mecanismo que implica la deformación inelástica de los metales de los que están hechos.

Las respuestas típicas de fuerza – desplazamientos para ciclos de carga controlados se muestran en la figura 8. (p.9).

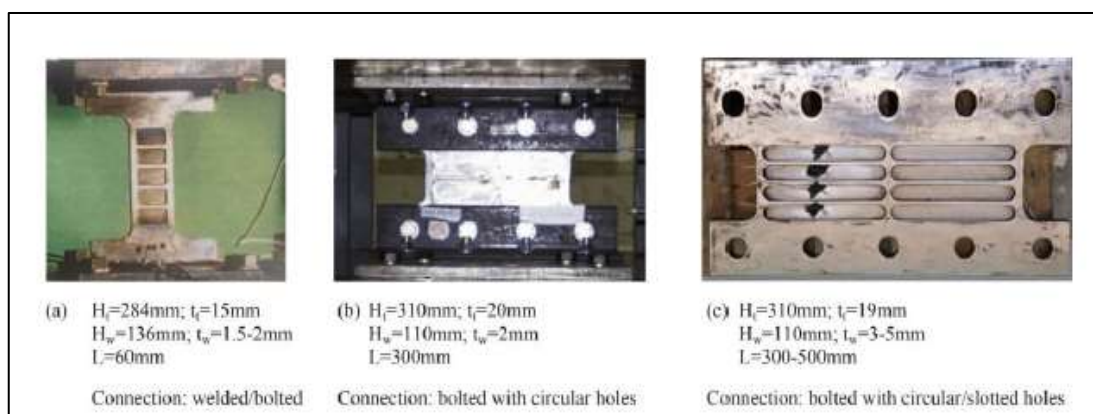
Figura 8 Curva fuerza desplazamiento típica del disipador metálico SLB



Fuente: Ciliento (2018)

La figura 9 muestra algunos de los muchos disipadores SLB que están disponibles en el mercado peruano.

Figura 9 Disipadores SLB



Fuente: Ciliento (2018)

La fluencia del disipador se da debido al desplazamiento relativo en los extremos del disipador como se aprecia en la figura 10 y 11.

Figura 10 Esquema de disipador SLB apoyado sobre arriostres de acero

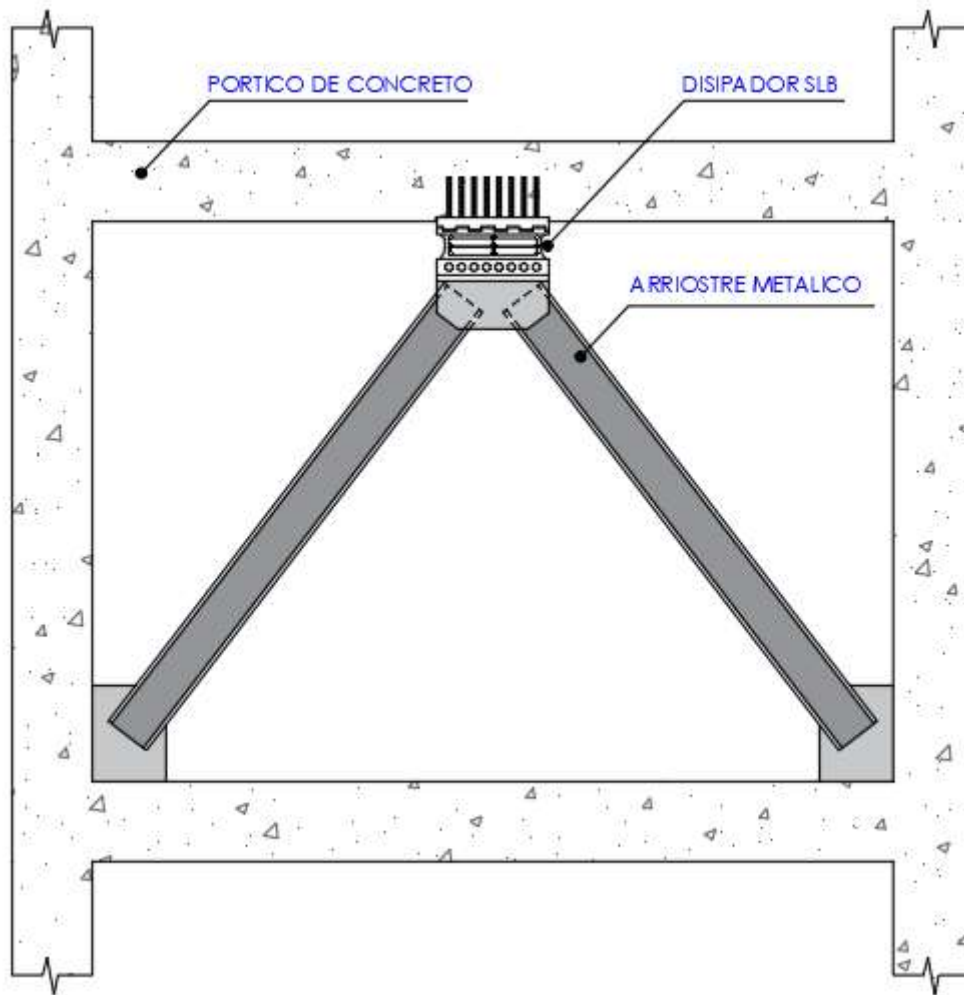
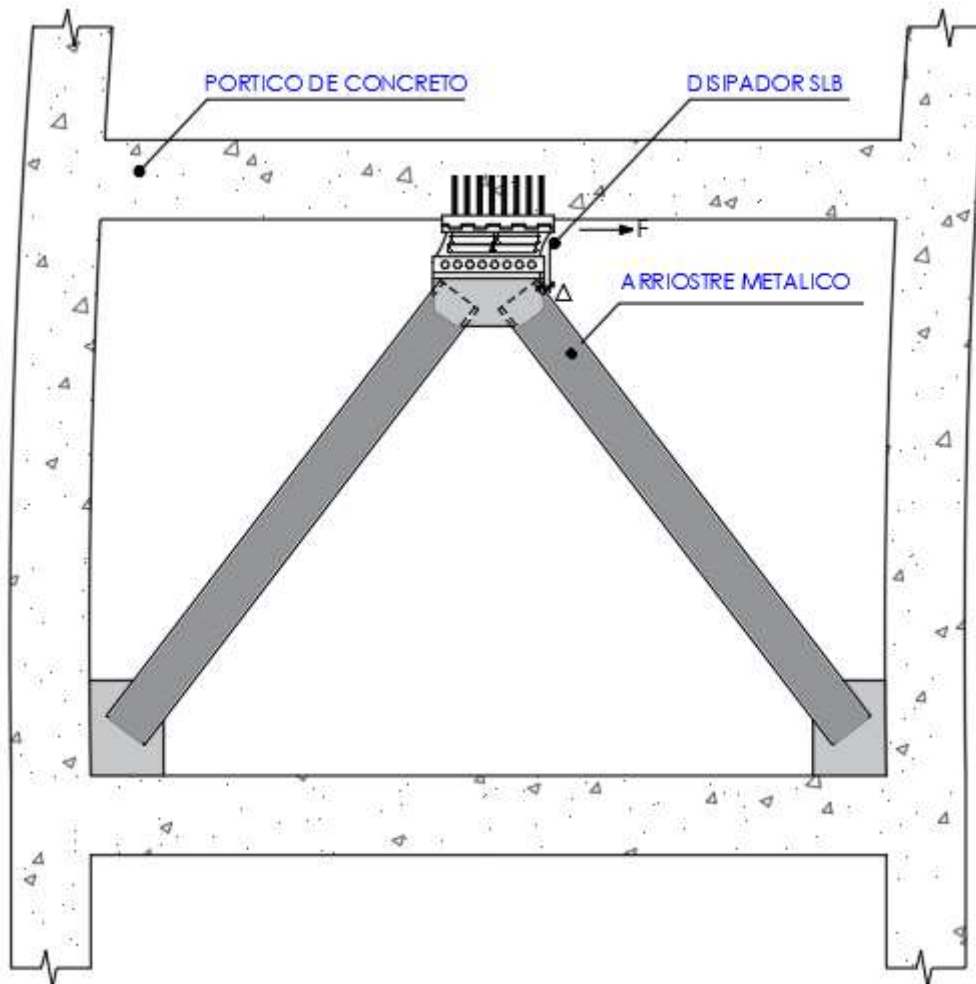
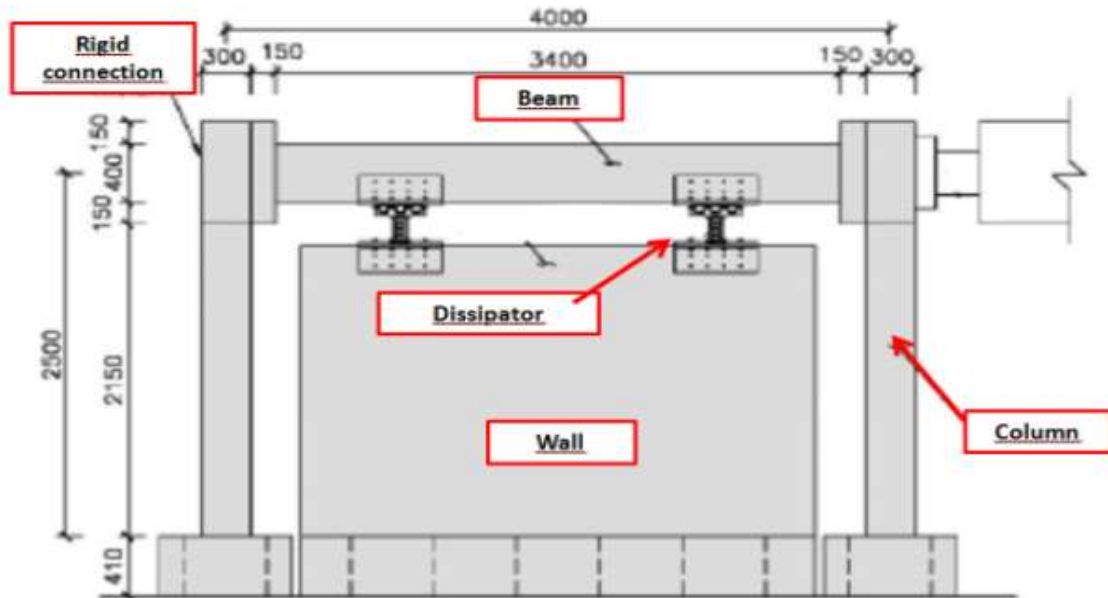


Figura 11. Desplazamiento relativo en los extremos del disipador SLB.



También es posible colocar los disipadores SLB apoyados sobre muros, como se aprecia en la figura 12, estos muros son desacoplados por lo tanto no requieren tener continuidad (Bozzo et al, 2020).

Figura 12. Esquema de disipadores sobre muros desacoplados



Fuente: Bozzo et al (2020)

1.3.5. Modelo Matemático de Bouc - Wen para Disipadores de Fluencia de Metal por Corte SLB

Según Bozzo et al (2020), “la característica histerética de los dispositivos SLB pueden ser representados por el modelo de Bouc – wen (1976)”.

Ecuación 4. Fuerza inelástica, modelo de Bouc - wen

$$f = \alpha k x + (1 - \alpha) f_y z$$

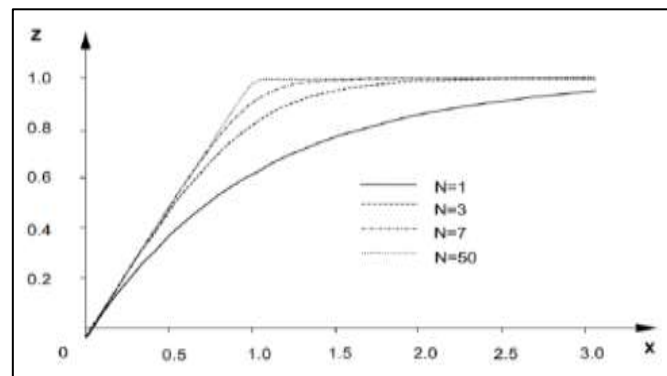
Donde k es la rigidez, f_y es la fuerza de fluencia, α es el ratio de rigidez de post fluencia, z es una variable histerética adimensional, que se define a continuación.

Ecuación 5. Variable z, modelo de Bouc - wen

$$\dot{z} = A \dot{x} - \beta z |\dot{x}| |z|^{n-1} - \gamma \dot{x} |z|^n$$

Donde “A” es un factor de escala, “β” y “γ” son parámetros que definen la forma de la curva, “n” es un parámetro que define la suavidad de la transición de la curva entre la región del comportamiento lineal y no lineal.

Figura 13. Influencia del parámetro “n” sobre la variable “z”, modelo Bouc-wen.



Fuente: Ciliento (2018)

Computer and structures (2017) explica que el software Etabs emplea una simplificación del modelo de Bouc – wen, que “es equivalente a asignar los valores de $A=1$, $\beta = \gamma = 0.5$ a la ecuación 5”. (p. 288).

Bozzo et al (2020) indica que “por simplicidad el exponente “n” se puede fijar con un valor de 2”. (p.11)

1.3.6. Propiedades del disipador

Siguiendo las recomendaciones del proveedor, el disipador SLB será modelado en el software Etabs a través del uso del elemento Link, con una propiedad denominada Plastic

wen, que sigue el modelo de Bouc - Wen el cual nos solicita asignar las siguientes propiedades del disipador.

Rigidez elástica k . Determina el comportamiento en el rango elástico del dispositivo, su valor es proporcionado por el proveedor en las tablas 1 y 2.

Fuerza de fluencia f_y . Es la fuerza requerida para que el dispositivo inicie su comportamiento plástico; esta propiedad está asociada al desplazamiento de fluencia por medio de la rigidez elástica, su valor es proporcionado por el proveedor en las tablas de diseño 1 y 2.

Ratio de rigidez de postfluencia α . Su valor es calculado como el cociente entre la rigidez post fluencia y la rigidez elástica, ambos valores son proporcionados por el proveedor en las tablas de diseño 1 y 2.

Exponente de fluencia n . Como se indicó en la sección anterior, es un exponente que define la suavidad de la transición de la curva del modelo de Bouc wen, se empleará el valor de $n=2$ para fines de esta investigación.

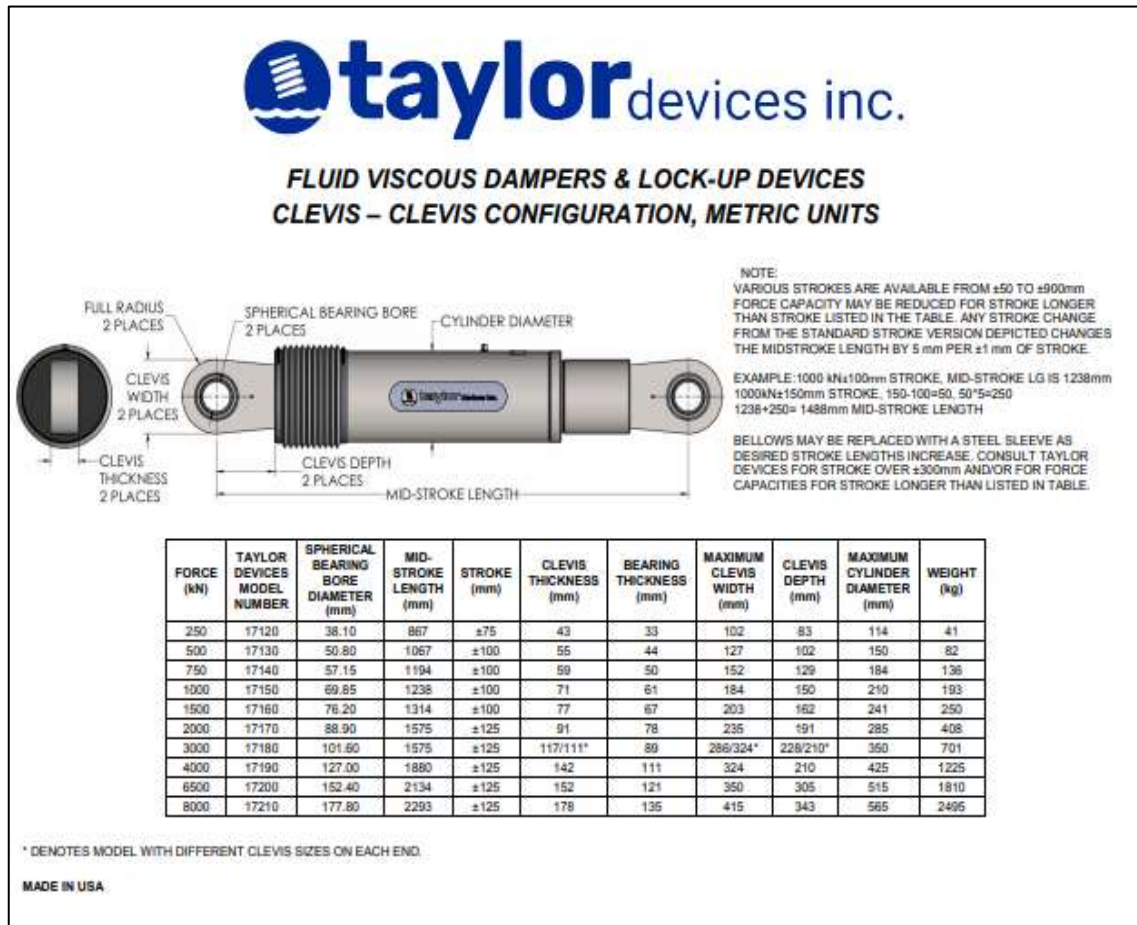
1.3.7. Procedimiento de diseño.

Se empleará el método de iteración directa descrito en la investigación “Comparison of seismic design procedures for structures equipped with hysteretic dampers” Luis Bozzo (2020), el procedimiento se describe líneas abajo en la sección 2.3 y se aplicará tanto al diseño de los disipadores SLB como al diseño de los amortiguadores de fluido viscoso.

1.3.8. Tabla de diseño de amortiguador de fluido viscoso Taylor.

Se presenta la tabla de diseño del proveedor de amortiguadores de fluido viscoso la cual se empleará para el desarrollo de esta investigación.

Figura 14. Tabla de diseño de amortiguadores Taylor devices



Fuente: Ficha técnica Taylor devices

1.3.9. Tabla de diseño de disipadores SLB.

Se presenta la tabla de diseño del proveedor de disipadores metálicos que se empleará para el desarrollo de esta investigación.

Tabla 1. Tabla de diseño de disipadores SLB parte 1.

Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO										
Dispositivo	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	K ₁ (KN/cm)	K ₂ (KN/cm)	D _y (mm)	F _y (KN)	F _{Máx} (KN)	E _D (KN.cm)
SLB2 6_2	19	13	-	2	363.33	9.75	0.980	35.60	69.01	87.08
SLB2 6_3	19	13	-	3	397.80	10.75	1.031	41.00	79.21	99.25
SLB2 6_4	19	13	-	4	421.73	11.65	1.065	44.90	88.58	108.31
SLB2 6_5	19	13	-	5	439.60	12.78	1.078	47.40	96.67	115.18
SLB2 8_2	19	15	-	2	592.87	13.86	0.811	48.10	92.76	119.78
SLB2 8_3	19	15	-	3	676.27	15.38	0.858	58.00	107.57	141.77
SLB2 8_4	19	15	-	4	737.00	16.28	0.900	66.30	120.87	159.39
SLB2 8_5	19	15	-	5	784.27	17.43	0.927	72.70	133.29	173.71
SLB2 10_2	19	20	-	2	893.40	19.15	0.761	68.00	128.71	168.89
SLB2 10_3	19	20	-	3	1039.13	21.57	0.780	81.10	148.63	198.84
SLB2 10_4	19	20	-	4	1149.53	22.96	0.809	93.00	166.26	224.54
SLB2 10_5	19	20	-	5	1237.80	14.93	0.906	112.20	182.26	246.55
SLB2 15_2	19	20	-	2	1571.47	31.17	0.648	101.80	199.61	258.66
SLB2 15_3	19	20	-	3	1961.47	37.36	0.643	126.10	240.45	318.16
SLB2 15_4	19	20	-	4	2290.27	42.03	0.654	149.70	276.57	373.16
SLB2 15_5	19	20	-	5	2575.60	45.69	0.670	172.50	310.13	424.52
SLB2 20_2	19	25	5	2	2073.33	37.83	0.601	124.60	243.14	316.64
SLB2 20_3	19	25	5	3	2630.13	46.27	0.597	156.90	298.30	396.26
SLB2 20_4	19	25	5	4	3105.53	53.03	0.606	188.30	348.53	470.63
SLB2 20_5	19	25	5	5	3520.20	58.63	0.620	218.40	395.71	540.18
SLB3 25_2	25	30	5	2	3214.07	58.98	0.606	194.80	383.50	494.69
SLB3 25_3	25	30	5	3	4046.67	70.69	0.589	238.20	457.15	602.54
SLB3 25_4	25	30	5	4	4783.20	81.04	0.585	279.60	526.49	703.70
SLB3 25_5	25	30	5	5	5447.47	90.85	0.586	319.00	592.39	799.88
SLB3 25_6	25	30	5	6	6064.13	99.65	0.589	357.10	655.63	891.48
SLB3 25_7	25	30	5	7	6644.13	107.41	0.594	394.50	716.83	979.51
SLB3 25_8	25	30	5	8	7191.47	114.57	0.599	430.70	776.40	1064.12
SLB3 25_9	25	30	5	9	7711.07	120.73	0.605	466.40	834.90	1145.71
SLB3 30_2	25	30	5	2	3666.73	64.22	0.578	212.10	415.33	539.19
SLB3 30_3	25	30	5	3	4717.00	78.76	0.563	265.70	507.23	672.79
SLB3 30_4	25	30	5	4	5661.33	92.21	0.560	316.90	594.62	799.16
SLB3 30_5	25	30	5	5	6525.67	104.99	0.561	366.10	678.62	920.34
SLB3 30_6	25	30	5	6	7336.60	116.45	0.565	414.20	759.77	1036.63

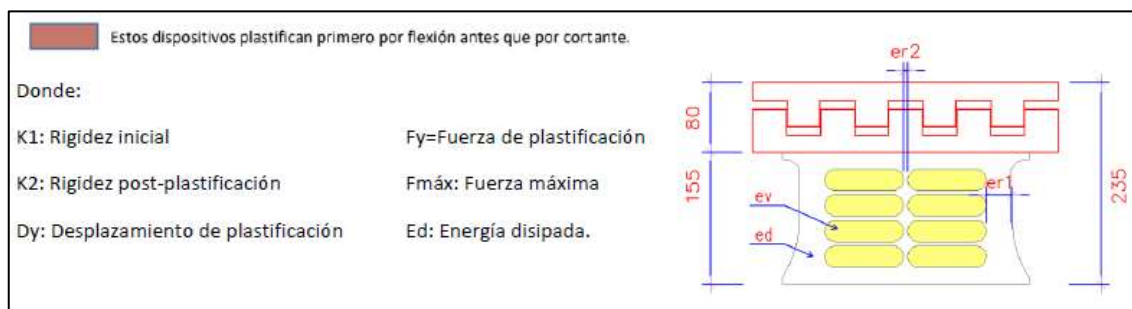
Fuente: Ficha técnica de postensa, proveedor de disipadores SLB

Tabla 2. Tabla de diseño de disipadores SLB parte 2.

Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO										
Dispositivo	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	K ₁ (KN/cm)	K ₂ (KN/cm)	D _y (mm)	F _y (KN)	F _{máx} (KN)	E _D (KN.cm)
SLB3 30_7	25	30	5	7	8106.07	126.92	0.569	461.30	838.79	1149.06
SLB3 30_8	25	30	5	8	8840.00	135.98	0.575	508.00	915.50	1257.99
SLB3 30_9	25	30	5	9	9542.20	145.74	0.579	552.50	992.12	1363.85
SLB3 40_2	25	30	5	2	4571.07	76.44	0.543	248.30	482.60	634.54
SLB3 40_3	25	30	5	3	6043.67	97.23	0.531	321.00	609.64	817.79
SLB3 40_4	25	30	5	4	7393.67	116.17	0.530	391.60	732.20	993.03
SLB3 40_5	25	30	5	5	8650.00	133.79	0.533	460.80	851.48	1162.82
SLB3 40_6	25	30	5	6	9843.00	149.92	0.537	528.70	967.95	1327.13
SLB3 40_7	25	30	5	7	10988.00	165.19	0.542	595.40	1082.30	1487.38
SLB3 40_8	25	30	5	8	12091.27	179.81	0.547	660.90	1195.00	1643.93
SLB3 40_9	25	30	5	9	13156.07	194.00	0.551	725.10	1306.30	1797.11
SLB3 50_2	25	30	5	2	5479.60	88.67	0.520	284.90	551.27	730.67
SLB3 50_3	25	30	5	3	7367.13	114.64	0.512	377.50	713.65	963.00
SLB3 50_4	25	30	5	4	9116.00	138.30	0.513	468.10	871.40	1186.77
SLB3 50_5	25	30	5	5	10759.13	160.81	0.518	557.00	1025.70	1404.77
SLB3 50_6	25	30	5	6	12328.87	181.80	0.523	644.40	1177.30	1616.83
SLB3 50_7	25	30	5	7	13844.20	202.03	0.528	730.30	1326.80	1824.36
SLB3 50_8	25	30	5	8	15312.67	221.80	0.532	814.70	1474.50	2028.05
SLB3 50_9	25	30	5	9	16737.00	241.37	0.536	897.70	1621.20	2228.51

Fuente: Ficha técnica de postensa, proveedor de disipadores SLB

Figura 15. Dimensiones de los disipadores SLB.



Fuente: Ficha técnica de postensa, proveedor de disipadores SLB

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

- ¿De qué manera influye en la respuesta sísmica la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP, Lima - 2020?

1.4.2. Problema Específico

- ¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB en relación a los parámetros sísmicos, en el edificio San Borja AMP, lima - 2020?
- ¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB en relación a las fuerzas en los elementos estructurales, en el edificio San Borja AMP, lima - 2020?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la influencia en la respuesta sísmica con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP, lima - 2020.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de los desplazamientos del centro de masa con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP en lima 2020.

- Determinar la influencia de la distorsión con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP en lima 2020.
- Determinar la influencia de la energía disipada con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP en lima 2020.
- Determinar la influencia de las fuerzas axiales en columnas con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP en lima 2020.
- Determinar la influencia de los cortantes en vigas y placas con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP en lima 2020.
- Determinar la influencia de los momentos flectores en vigas y placas con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San Borja AMP en lima 2020.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará la respuesta sísmica en el edificio San Borja AMP en lima 2020, en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso

1.6.2. Hipótesis específicas

- La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará los parámetros sísmicos en el edificio San Borja AMP en lima 2020, en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso.
- La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará las fuerzas en los elementos estructurales en el edificio San Borja AMP en lima 2020, en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Población y muestra

2.1.1. Población

Según Roberto Hernández et al (2014) “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p. 174).

La población de la presente tesis considera los edificios de concreto armado en San Borja implementados con sistema de disipadores SLB y amortiguadores de fluido viscoso.

2.1.2. Muestra

Según Roberto Hernández et al (2014). “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. (p. 175).

Según Roberto Hernández et al (2014), el muestreo no probabilístico es un “subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación”. (p. 176).

Por su altura

Se estudiará un edificio ordinario del distrito de San Borja, considerando un edificio con la altura permitida más crítica. Según ordenanza N° 491 – MSB en el artículo 17 inciso 2 “La altura máxima de edificación en el distrito de San Borja es de 8 pisos, incluyendo los casos de colindancia” (p.19). Mayores alturas son permitidas solo en casos excepcionales.

Por su uso

Las edificaciones de oficinas son el segundo tipo de edificación más requerida en el distrito de San Borja, según el portal virtual de la municipalidad de San Borja, en el año 2019 se

gestionó licencias de edificación para distintos tipos de uso, siendo las edificaciones destinadas a oficinas la segunda más solicitada, se muestra el resumen en la tabla 3:

Tabla 3. Licencias de construcción gestionadas en el año 2019 en el distrito de San Borja.

TIPO DE EDIFICACIÓN SEGÚN SU USO	NÚMERO DE LICENCIAS GESTIONADAS	PORCENTAJE
Viviendas	174	87%
Oficinas	14	7%
Comercio	8	4%
Centro de educación básica	1	1%
Colegio	1	1%
Coliseo	1	1%
Salud	1	1%

Por su configuración

El objeto de estudio es un edificio ubicado en esquina, el cual presenta el típico problema de falta de rigidez en los ejes de la fachada debido a que el propietario desea conservar una vista amplia de la calle y en los ejes colindantes con edificios vecinos tiene gran rigidez, lo que podría ocasionar problemas de torsión. Debido a que es muy común tener el problema ya mencionado se elige un edificio con la tipología ya mencionada.

¿Por qué es de tipo no probabilístico?

El muestreo empleado fue de tipo no probabilístico por conveniencia, debido a que se buscó el caso de estudio de manera cuidadosa y controlada con ciertas características especificadas.

La muestra consiste en un edificio de oficina de concreto armado ubicado en San borja con 7 pisos más 1 azotea con implementación de disipadores metálicos SLB y amortiguadores de fluido viscoso.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos para recolectar y analizar datos.

Observación

Según Hernandez et al (2014) Implica adentrarse en situaciones y mantener un papel activo; así como una reflexión permanente. Estar atento a los detalles, sucesos, eventos e interacciones. (p. 399).

Ficha técnica

Es el instrumento que nos permite ordenar y clasificar los datos consultados, incluyendo nuestras observaciones y críticas, facilitando así la redacción del escrito. (Rodríguez E, 2005).

Juicio de expertos

Es la validez de expertos, la cual se refiere al grado en que aparentemente un instrumento mide la variable en cuestión de acuerdo con voces calificadas. (Hernández & Mendoza, 2019).

2.2.1. Técnica de recolección

La técnica aplicable para esta investigación es la observación.

2.2.2. Instrumentos

Los instrumentos y diversos procedimientos empleados para recolectar la información se realizaron empleando las fichas técnicas de observación que se muestran en los anexos.

Ficha técnica N° 1, desplazamiento de centro de masa. (Anexo 3).

Ficha técnica N° 2, distorsión de entrepisos. (Anexo 4).

Ficha técnica N° 3, energía disipada. (Anexo 5).

Ficha técnica N° 4, fuerzas axiales. (Anexo 6).

Ficha técnica N° 5, fuerzas cortantes. (Anexo 7).

Ficha técnica N° 6, momentos flectores. (Anexo 8).

2.2.3. Validación de instrumentos

Para el presente trabajo se tiene el empleo del juicio de expertos como validación.

Experto N°1, Ingeniero Gino Randy Llanca Garnique (CIP: 203429)

Experto N°2, Ingeniera Regina Emperatriz Colorado Quiroz (CIP: 151531)

Experto N°3, Ingeniero Omart Demetrio Tello Malpartida (CIP: 43599)

2.2.4. Analizar datos

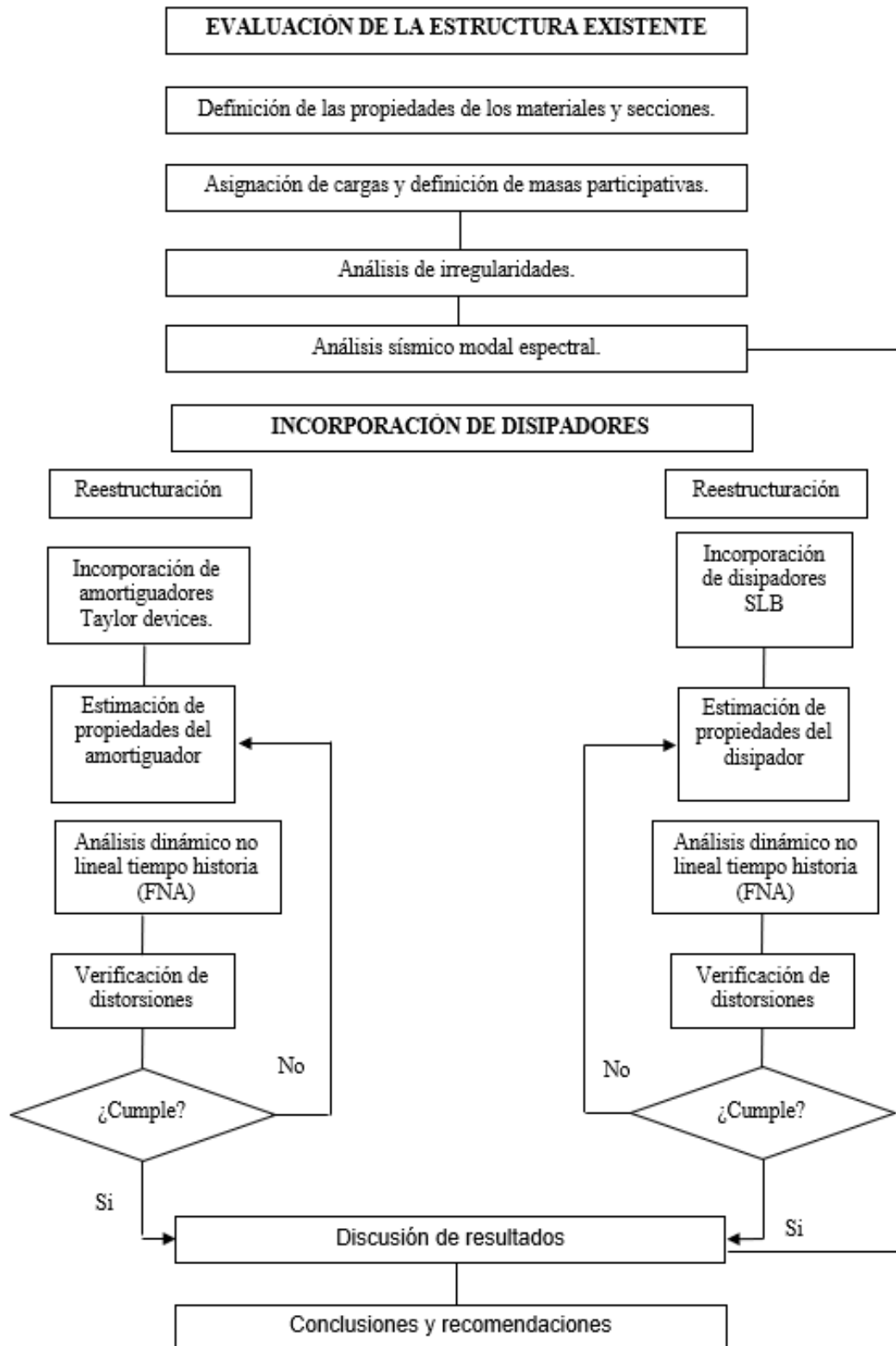
Debido a las propias características de la presente tesis, se ha optado por un método basado en la estadística descriptiva para el análisis de datos consistente en el empleo de tablas, tabulaciones y gráficos, con el objetivo de determinar la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente.

2.3. Procedimiento

Este es un procedimiento para implementar disipadores y amortiguadores a un edificio existente, en primer lugar, se evalúa el comportamiento estructural y posteriormente se incorporan disipadores y amortiguadores, el procedimiento se realizará en 2 etapas.

- Evaluación de estructura existente.
- Incorporación de disipadores y amortiguadores para mejorar respuesta sísmica.

El procedimiento empleado en la tesis se detalla a continuación en el diagrama de flujo.



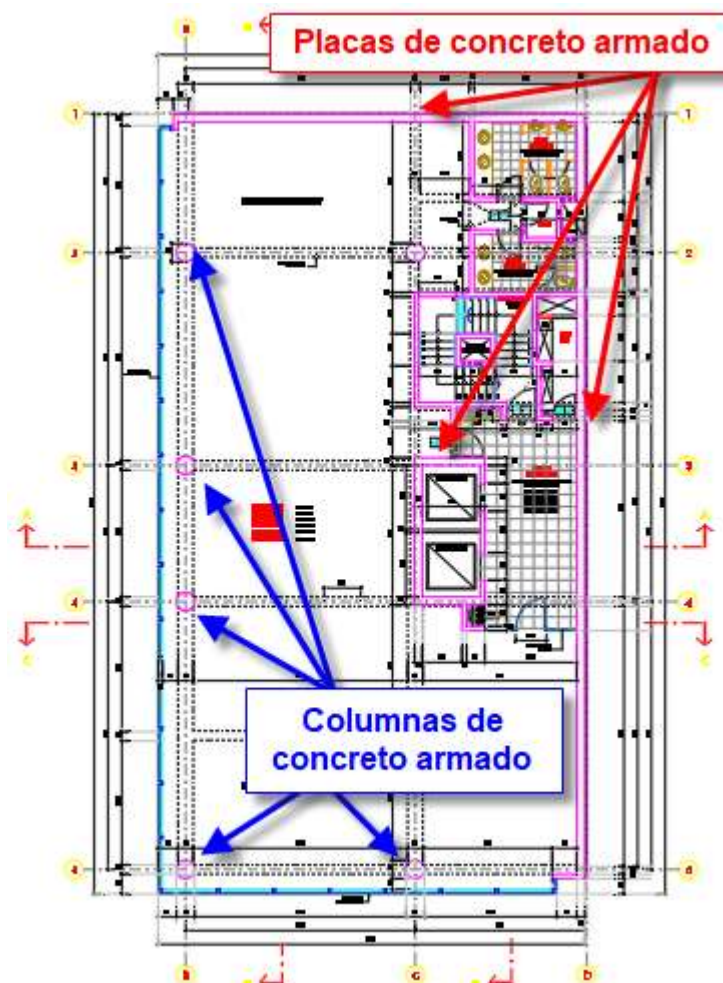
2.4. Desarrollo del procedimiento

2.4.1. Evaluación de la estructura existente

Generalidades

El proyecto consiste en una edificación destinada para oficinas administrativas, presenta 3 sótanos, 7 pisos y una azotea con una altura de 3.55 m por nivel, la edificación se ubica en una esquina y se caracteriza por tener libre el área de oficinas, además posee una fachada con columnas de concreto armado circulares, con ausencia de elementos rígidos, por otro lado, el edificio posee dos grandes placas de concreto armado, que originan problemas torsionales (figura 16).

Figura 16. Vista en planta del nivel típico.



Propiedades de los Materiales

Se muestran las propiedades de los materiales que se asignaron al programa Etabs para elaborar el modelo matemático del edificio.

Módulo de Elasticidad (E). Rigidez del material relacionado con la deformación por flexión y deformación axial.

- Concreto (E_c) = $15000 \sqrt{f'_c}$ kg/cm² (norma E.060)
- Acero (E_s) = 2039432.43 kg/cm² (norma E.090)

Módulo de Corte (G). Rigidez del material relacionado con la deformación por corte y torsión, el módulo de corte se relaciona con el módulo de elasticidad (E) por medio del módulo de poisson (ν).

- $G = E / [2 (1 + \nu)]$
- Concreto (G_c) = $E_c / 2.3$ (norma E.060)
- Acero (G_s) = 787220.92 kg/cm² (norma E.090)

Peso Volumétrico (γ). Tomado de la norma de cargas E.020, es utilizado por el software para poder calcular el peso de la estructura.

- Concreto (γ_c) = 2400 kg/m³ (norma E.020)
- Acero (γ_s) = 7850 kg/m³ (norma E.020)

Asignación de Cargas y Masa Participativa.

En las tablas 4 y 5 se aprecian las cargas muertas y vivas asignadas al modelo estructural.

Tabla 4. Cargas muertas asignadas.

Descripción	CM (kg/m ²)
Peso propio (Calculado automáticamente por el software Etabs)	-
Peso de acabados	150

Tabla 5. Cargas vivas asignadas.

Descripción	CV (kg/m ²)
Sobrecarga en ambientes en general, exceptuando corredores y escaleras	250
Sobrecarga en corredores y escaleras	400
Sobrecarga en techos	100
Sobrecarga de tabiquería móvil en áreas de oficinas	100

La norma E.030 de diseño sismorresistente en el artículo 26 indica que la masa participativa del edificio es calculada dependiendo de la categoría de la edificación.

El edificio en estudio es de uso de oficinas administrativas, por lo tanto, la norma E.030 lo define como categoría “C”. Un edificio de categoría C deberá considerar como masa participativa el total de la carga muerta más el 25 % de la carga viva.

Ecuación 6. Cálculo de la masa participativa del edificio.

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

Modelo Matemático.

El modelo matemático es realizado con el programa ETABS V. 18, como se aprecia en la figura 17 se han modelado los sótanos y se ha restringido los grados de libertad de traslación en la dirección X, Y, y rotación en la dirección Z, esto se realiza para considerar que el sótano no tiene desplazamientos relativos de entrespisos por estar confinado por el terreno natural.

Los ejes F y 13 presentan una placa extremadamente rígida del largo de toda la longitud del terreno, se espera como resultado del análisis irregularidad estructural por torsión.

Figura 17. Modelo matemático realizado en Etabs.

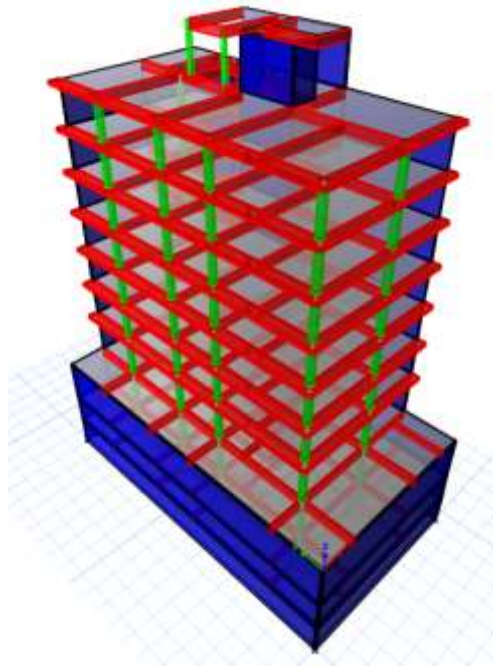
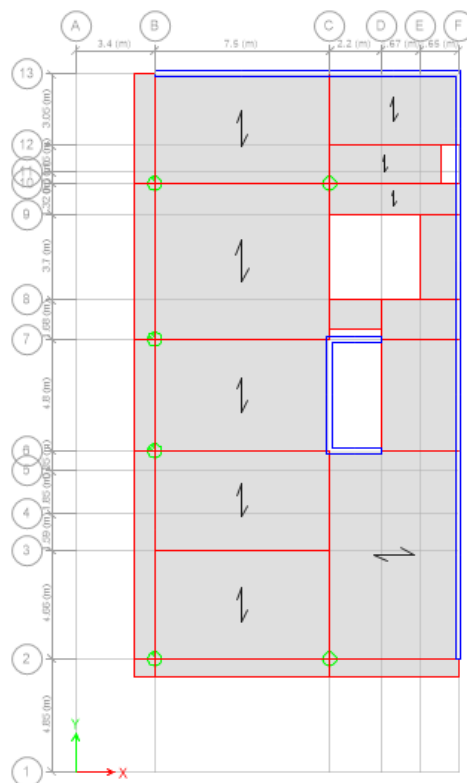


Figura 18. Vista en planta del nivel típico del modelo matemático



Análisis Estructural del Edificio Existente

La evaluación de la irregularidad estructural y clasificación de la estructura se realizará por el análisis estático lineal. Para el cálculo del desplazamiento lateral permitido de la estructura existente se empleará el análisis modal espectral.

La edificación está ubicada en el departamento de Lima, por ello presenta un parámetro sísmico de zona ($Z=0.45$). El estudio de mecánica de suelos brinda como parámetro de suelo ($S=1$). Para un suelo de perfil con $S=1$ y un factor de zona $Z=0.45$, el periodo predominante resulta ser ($T_p=0.4$) y el periodo largo será ($T_l=2.5$).

En un análisis modal espectral el factor de amplificación sísmica (C) varía en función del periodo de la estructura y del suelo con la ecuación 7.

Ecuación 7 Calculo del factor de amplificación “C”

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

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.5 \frac{T_p}{T}$$

$$T > T_l \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p T_l}{T^2} \right)$$

El proyecto se trata de un edificio destinado al uso de oficinas administrativas por lo tanto el factor de uso será ($U=1$).

Análisis de Irregularidades

Para elaborar el análisis de irregularidades se empleará el método estático lineal elástico con los siguientes valores:

Tabla 6. Valores de los parámetros sísmicos para el análisis estático.

Parámetros	Valores
Factor de zona (Z)	0.45
Factor de uso (U)	1.00
Factor de amplificación sísmica (C)	2.50
Factor de suelo (S)	1.00
Factor de reducción (R)	6.00

Irregularidades estructurales en altura

▪ **Irregularidades de piso blando**

Tabla 7. Análisis de irregularidad estructural por piso blando en la dirección X.

Nivel	Fuerza cortante F_i (ton)	Desplazamiento D_{icm} (m)	Rigidez K_i (Ton/m)	Evaluación K_i/K_{i+1}	Estado
Piso 1	182.15	0.00210	86575.24	2.21	Ok
Piso 2	170.73	0.00437	39096.18	1.69	Ok
Piso 3	154.39	0.00669	23067.89	1.52	Ok
Piso 4	135.20	0.00892	15158.77	1.45	Ok
Piso 5	114.39	0.01094	10457.64	1.50	Ok
Piso 6	88.64	0.01267	6994.38	1.84	Ok
Piso 7	55.00	0.01451	3791.49	3.69	Ok
Azotea	15.24	0.01483	1027.84		

Tabla 8. Análisis de irregularidad estructural por piso blando en la dirección Y.

Nivel	Fuerza cortante F_i (ton)	Desplazamiento D_{icM} (m)	Rigidez K_i (Ton/m)	Evaluación K_i/K_{i+1}	Estado
Piso 1	256.37	0.00076	338661.03	2.16	Ok
Piso 2	241.96	0.00154	156912.06	1.68	Ok
Piso 3	220.05	0.00236	93282.45	1.54	Ok
Piso 4	191.79	0.00316	60729.99	1.50	Ok
Piso 5	157.46	0.00390	40364.52	1.56	Ok
Piso 6	117.75	0.00456	25822.89	1.93	Ok
Piso 7	69.84	0.00523	13363.36	3.35	Ok
Azotea	14.60	0.00366	3985.84		

Tabla 9. Análisis de irregularidad estructural por piso blando en la dirección X.

Nivel	Rigidez Ki (Ton/m)	Kprom (Ton/m)	Evaluación Ki/Kprom	Estado
Piso 1	86575.24	25774.28	3.36	Ok
Piso 2	39096.18	16228.10	2.41	Ok
Piso 3	23067.89	10870.27	2.12	Ok
Piso 4	15158.77	7081.17	2.14	Ok
Piso 5	10457.64	3937.90	2.66	Ok
Piso 6	6994.38	2409.66	2.90	Ok
Piso 7	3791.49			
Azotea	1027.84			

Tabla 10. Análisis de irregularidad estructural por piso blando en la dirección Y.

Nivel	Rigidez Ki (Ton/m)	Kprom (Ton/m)	Evaluación Ki/Kprom	Estado
Piso 1	338661.03	103641.50	3.27	Ok
Piso 2	156912.06	64792.32	2.42	Ok
Piso 3	93282.45	42305.80	2.20	Ok
Piso 4	60729.99	26516.92	2.29	Ok
Piso 5	40364.52	14390.70	2.80	Ok
Piso 6	25822.89	8674.60	2.98	Ok
Piso 7	13363.36			
Azotea	3985.84			

▪ **Irregularidades de resistencia**

Tabla 11. Análisis de irregularidad estructural por resistencia en la dirección X.

Nivel	Fuerza cortante F_i (ton)	Evaluación F_i/F_{i+1}	Estado
Piso 1	182.15	1.07	Ok
Piso 2	170.73	1.11	Ok
Piso 3	154.39	1.14	Ok
Piso 4	135.20	1.18	Ok
Piso 5	114.39	1.29	Ok
Piso 6	88.64	1.61	Ok
Piso 7	55.00	3.61	Ok
Azotea	15.24		

Tabla 12. Análisis de irregularidad estructural por resistencia en la dirección Y.

Nivel	Fuerza cortante F_i (ton)	Evaluación F_i/F_{i+1}	Estado
Piso 1	256.37	1.06	Ok
Piso 2	241.96	1.10	Ok
Piso 3	220.05	1.15	Ok
Piso 4	191.79	1.22	Ok
Piso 5	157.46	1.34	Ok
Piso 6	117.75	1.69	Ok
Piso 7	69.84	4.78	Ok
Azotea	14.60		

- **Irregularidad de masa o peso**

Tabla 13. Análisis de irregularidad de masa o peso evaluación 1

Nivel	Masa M_i (ton s ² /m)	Evaluación M_i/M_{i+1}	Estado
Piso 1	39.86	1.03	Ok
Piso 2	38.70	1.00	Ok
Piso 3	38.70	1.00	Ok
Piso 4	38.70	1.00	Ok
Piso 5	38.70	1.00	Ok
Piso 6	38.70	1.10	Ok
Piso 7	35.34		

Tabla 14. Análisis de irregularidad de masa o peso evaluación 2

Nivel	Masa M_i (ton s ² /m)	Evaluación M_{i+1}/M_i	Estado
Piso 1	39.86	0.97	OK
Piso 2	38.70	1.00	OK
Piso 3	38.70	1.00	OK
Piso 4	38.70	1.00	OK
Piso 5	38.70	1.00	OK
Piso 6	38.70	0.91	OK
Piso 7	35.34		

- **Irregularidad geométrica vertical**

La estructura resistente no tiene variación de sus dimensiones, los niveles son típicos, por tal motivo no existe irregularidad geométrica vertical.

- **Irregularidad por discontinuidad de los sistemas resistentes**

Ningún elemento resistente reduce sus dimensiones, los niveles son típicos, por tal motivo no existe irregularidad por discontinuidad de los sistemas resistentes.

Irregularidades estructurales en planta

- **Irregularidad torsional**

Tabla 15. Análisis de irregularidad por torsión en la dirección X.

Nivel	Max Drift X	Prom Drift X	Evaluación	Estado
Piso 1	0.0010300	0.0006584	1.56	Irregularidad torsional extrema
Piso 2	0.0013040	0.0008380	1.56	Irregularidad torsional extrema
Piso 3	0.0013490	0.0008754	1.54	Irregularidad torsional extrema
Piso 4	0.0013020	0.0008540	1.52	Irregularidad torsional extrema
Piso 5	0.0011990	0.0007954	1.51	Irregularidad torsional extrema
Piso 6	0.0010420	0.0007008	1.49	Irregularidad torsional
Piso 7	0.0008600	0.0005888	1.46	Irregularidad torsional
Azotea	0.0005220	0.0003784	1.38	Irregularidad torsional

Tabla 16. Análisis de irregularidad por torsión en la dirección Y.

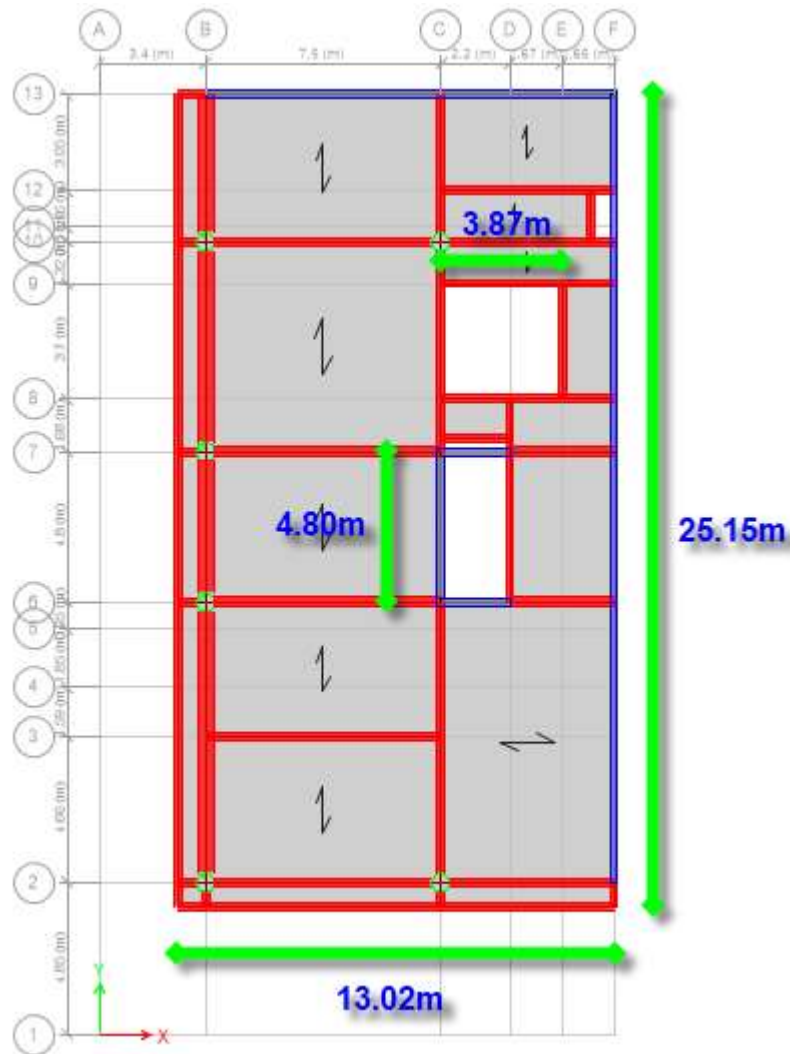
Nivel	Max Drift Y	Prom Drift Y	Evaluación	Estado
Piso 1	0.0003340	0.0001908	1.75	Irregularidad torsional extrema
Piso 2	0.0004120	0.0002356	1.75	Irregularidad torsional extrema
Piso 3	0.0004290	0.0002496	1.72	Irregularidad torsional extrema
Piso 4	0.0004150	0.0002464	1.68	Irregularidad torsional extrema
Piso 5	0.0003750	0.0002294	1.63	Irregularidad torsional extrema
Piso 6	0.0003210	0.0002030	1.58	Irregularidad torsional extrema
Piso 7	0.0002730	0.0001776	1.54	Irregularidad torsional extrema
Azotea	0.0001660	0.0001324	1.25	OK

- **Irregularidad por esquinas entrantes**

La estructura no presenta esquinas entrantes en ninguno de sus niveles, por lo tanto no presenta irregularidad por esquinas entrantes.

- **Irregularidad por discontinuidad del diafragma**

Figura 19. Análisis por discontinuidad del diafragma.



Análisis en la dirección X: $3.87 / 13.02 \times 100 = 29.72\%$ (**Irregularidad por discontinuidad del diafragma**).

Análisis en la dirección Y: $4.80 / 25.15 \times 100 = 19.08\%$

- **Sistemas no paralelos**

La estructura presenta elementos estructurales paralelos en ambas direcciones de análisis, por lo tanto, no presenta irregularidad por sistemas no paralelos.

Resumen de análisis de irregularidades

Tabla 17. Resumen de análisis de irregularidad en altura.

Irregularidad en altura	Ia
Irregularidad por piso blando	1
Irregularidad por piso débil	1
Irregularidad de masa o peso	1
Irregularidad geométrica vertical	1
Irregularidad por discontinuidad de los sistemas resistentes	1

Tabla 18. Resumen de análisis de irregularidad en planta.

Irregularidad en planta	Ip
Irregularidad torsional	0.75
Irregularidad torsional extrema	0.6
Irregularidad por esquinas entrantes	1
Irregularidad por discontinuidad del diafragma	0.85
Irregularidad por sistemas resistentes no paralelos	1

Los valores de Ia e Ip, serán los menores valores de las tablas anteriormente presentadas, siendo **Ia=1** e **Ip=0.6**.

Determinación del sistema estructural

Tabla 19. Porcentaje de fuerzas cortantes en columnas y placas.

Fuerza cortante	Dirección X	Dirección Y
Σ Fuerzas en columnas (ton)	17.29	10.52
Σ Fuerzas en placas (ton)	175.75	253.29
% Fuerzas en columnas	9%	4%
% Fuerzas en placas	91%	96%

Tabla 20. Cálculo del sistema estructural.

	Dirección X	Dirección Y
Sistema estructural	Muros de corte	Muros de corte
Factor (Ro)	6	6

Análisis modal espectral

Para determinar los desplazamientos máximos del edificio se empleará el método dinámico modal espectral, la ecuación 8 muestra los valores de pseudo aceleraciones en función del factor de amplificación sísmica.

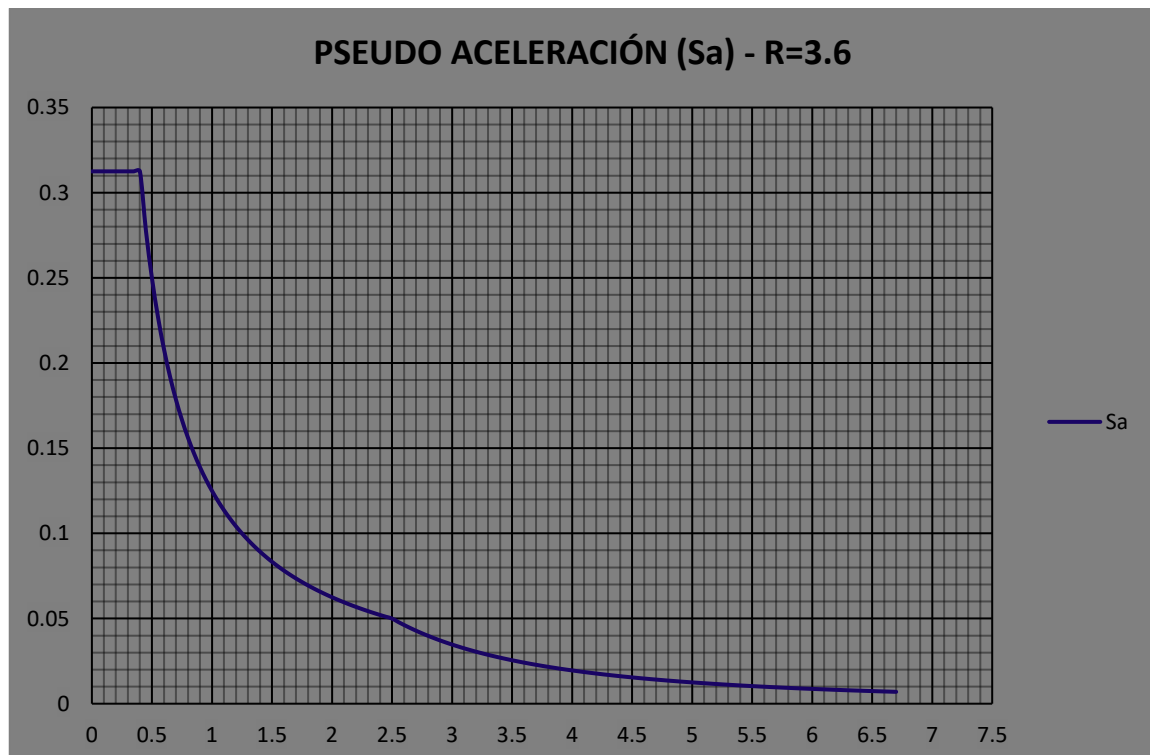
Ecuación 8. Pseudo aceleración espectral.

$$S_a = (Z U C S / R) g$$

Tabla 21. Parámetros del espectro de pseudo aceleración.

Parámetros del espectro	
Z=	0.45
U=	1.00
C=	Variable.
T _p =	0.4
T _l =	2.5
S=	1.00
R=	3.60

Figura 20. Espectro de pseudo aceleración R=3.6



Distorsiones de entresijos

A continuación, se muestra gráficamente las distorsiones de entresijo del resultado del análisis modal espectral para cada dirección. La línea azul representa los desplazamientos en la dirección X y la línea roja representa los desplazamientos en la dirección Y.

Figura 21. Distorsiones máximas de entresijo sismo en la dirección X.

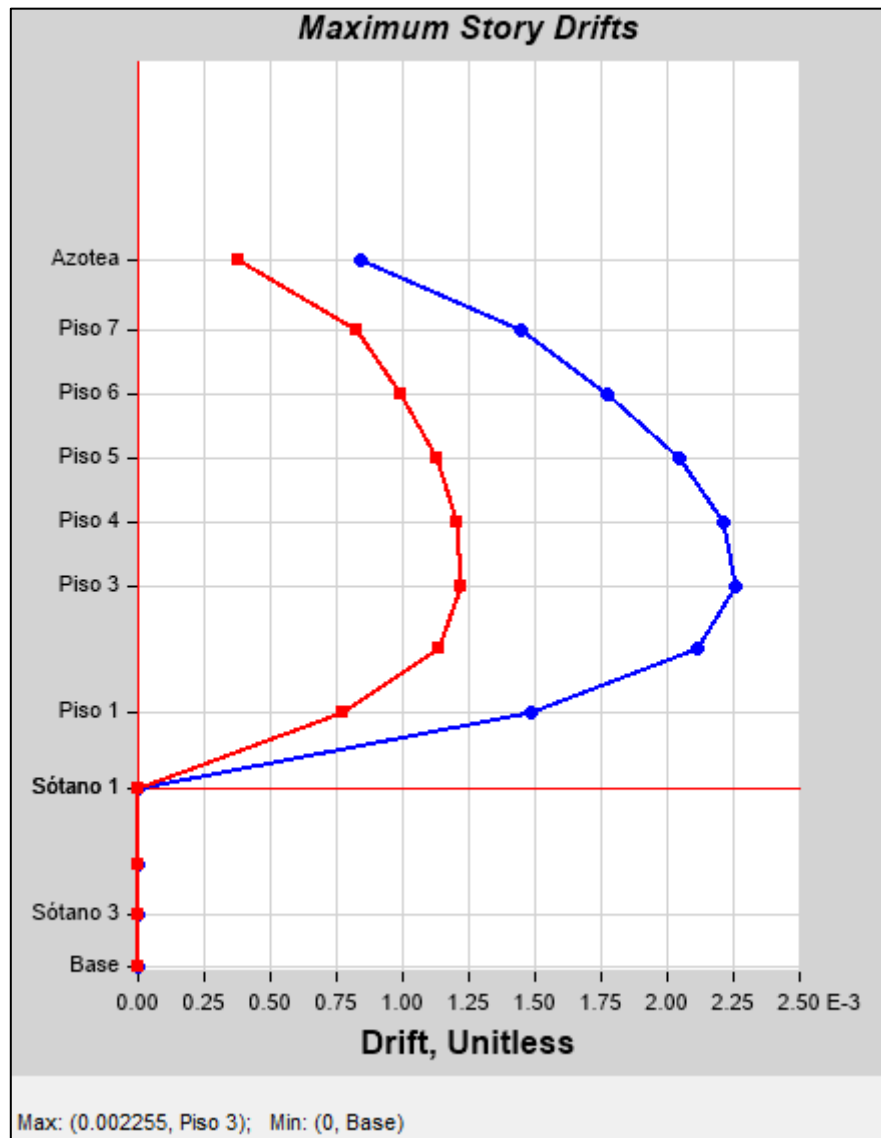
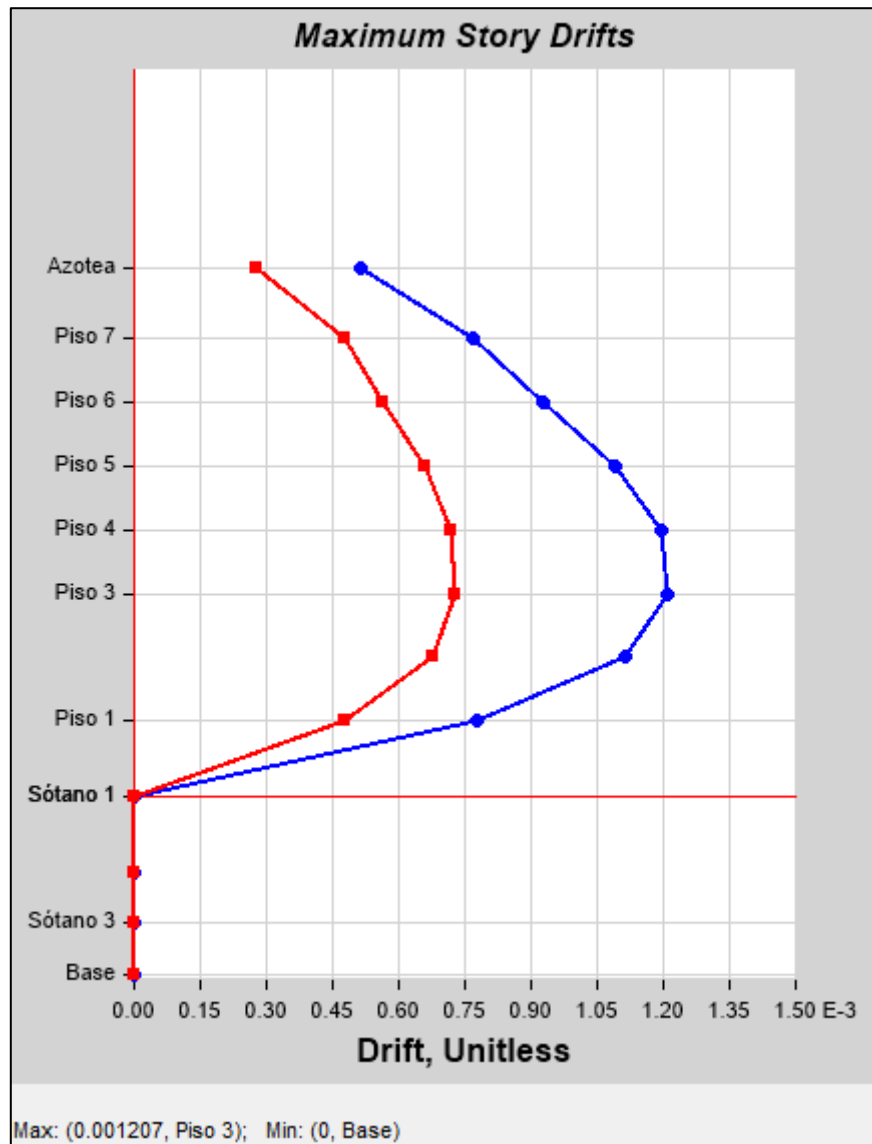


Figura 22. Distorsiones máximas de entrepiso sismo en la dirección Y.



Así mismo, se presentan las tablas 22 y 23 en las que se evalúa el control de desplazamientos indicado en la norma e.030.

Tabla 22. Evaluación de las distorsiones de entrepiso en la dirección X.

Nivel	Drift	Drift x R x 0.85	Limite	Estado
Piso 1	0.001481	0.00453	0.007	Ok
Piso 2	0.002114	0.00647	0.007	Ok
Piso 3	0.002255	0.00690	0.007	Ok
Piso 4	0.002209	0.00676	0.007	Ok
Piso 5	0.002045	0.00626	0.007	Ok
Piso 6	0.001772	0.00542	0.007	Ok
Piso 7	0.00145	0.00444	0.007	Ok
Azotea	0.000843	0.00258	0.007	Ok

Tabla 23. Evaluación de las distorsiones de entrepiso en la dirección Y.

Nivel	Drift	Drift x R x 0.85	Limite	Estado
Piso 1	0.000477	0.00146	0.007	Ok
Piso 2	0.000676	0.00207	0.007	Ok
Piso 3	0.000729	0.00223	0.007	Ok
Piso 4	0.000718	0.00220	0.007	Ok
Piso 5	0.000658	0.00201	0.007	Ok
Piso 6	0.000564	0.00173	0.007	Ok
Piso 7	0.000476	0.00146	0.007	Ok
Azotea	0.000277	0.00085	0.007	Ok

Como se aprecia, la estructura cumple con el control de distorsiones que impone la norma E.030, sin embargo, en el artículo 21 sobre restricciones a las irregularidades, la norma no permite irregularidades extremas en zona 4. Además, se buscará proteger a la estructura de un sismo máximo considerado (SMC), el cual amplifica el espectro de diseño en 1.5, la estructura deberá permanecer en el rango elástico, para ello la norma restringe la distorsión a 0.005.

2.4.2. Análisis Dinámico no Lineal Tiempo Historia (FNA)

Para considerar el aporte de los disipadores y amortiguadores se realizará un análisis dinámico tiempo historia no lineal siguiendo las indicaciones de la norma E.030.

Se utilizarán 3 registros de aceleración cuyas características se aprecian en la tabla 24.

Se establecerá 2 casos de estudio por cada registro de aceleración.

- **Caso 1:** La aceleración de la componente este – oeste actúa en la dirección x, la aceleración de la componente norte - sur actúa en la dirección y.
- **Caso 2:** La aceleración de la componente este – oeste actúa en la dirección y, la aceleración de la componente norte - sur actúa en la dirección x.

Se considerará la no linealidad propia de los disipadores o amortiguadores según corresponda, para ello se le asignarán a los dispositivos propiedades no lineales a través de elementos denominados Links cuyo comportamiento estará dominado por modelos que dependerán de la velocidad para el caso de los amortiguadores de fluido viscoso y del desplazamiento para los disipadores SLB, los modelos empleados se muestran en el marco teórico.

Registros de Aceleración

Se utilizarán como mínimo 3 registros de aceleración cada uno con dos componentes en direcciones ortogonales según la norma E.030 en su artículo 30.

Además, se deberán escalar los registros de aceleración a un espectro de pseudo aceleraciones denominado espectro objetivo con un factor de reducción igual a 1 (R=1).

Tabla 24. Registros de aceleración.

Ítem	Fecha	Ubicación de la estación	Componentes	Aceleración máxima (cm/seg ²)	Duración (Seg)
1	17 de octubre de 1966	Parque de la reserva de Lima	E-W	180.56	65.64
			N-S	268.24	
2	31 de mayo de 1970	Parque de la reserva de Lima	E-W	105.05	45.08
			N-S	97.81	
3	31 de octubre de 1974	Parque de la reserva de Lima	E-W	46.28	47.8
			N-S	69.96	

Espectro Objetivo de Pseudo Aceleración (R=1)

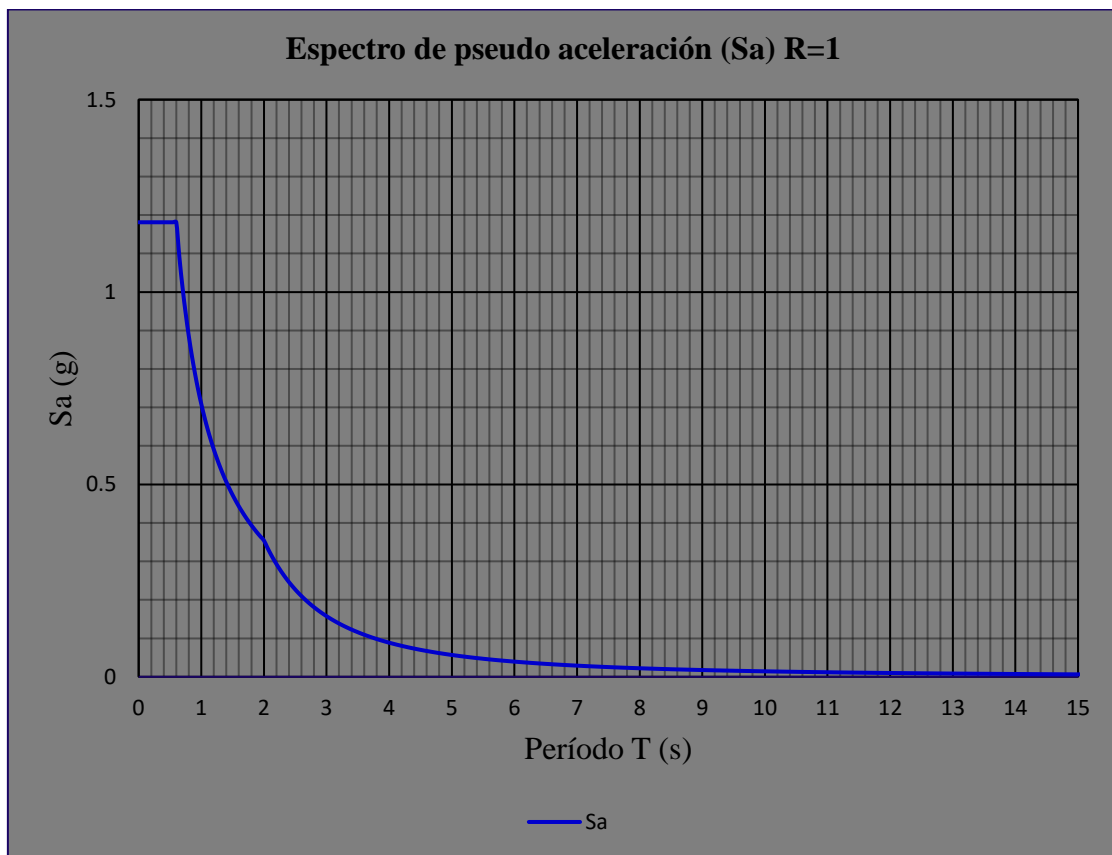
En esta sección se deberá definir el espectro objetivo con $R=1$ para poder escalar los registros de aceleración.

En la tabla 6 se muestra los parámetros sísmicos, los cuales convenientemente se reproducen en la tabla 25, modificando el factor de reducción sísmica con $R=1$.

Tabla 25. Parámetros sísmicos del espectro de pseudo aceleración objetivo.

Parámetros	Valores
Factor de zona (Z)	0.45
Factor de uso (U)	1.00
Factor de amplificación sísmica (C)	2.50
Factor de suelo (S)	1.00
Factor de reducción (R)	1.00

Figura 23. Espectro objetivo de pseudo aceleraciones.



Escalamiento de sismos.

En las figuras 24 y 28 se muestran los registros de aceleración del sismo de Lima 1966, con sus componentes este – oeste y norte – sur, respectivamente. En las figuras 25 y 29 se muestran las comparaciones de los espectros de desplazamiento del sismo escalado y del sismo sin escalar para sus componentes este – oeste y norte – sur, respectivamente. En las figuras 26 y 30 se muestran las comparaciones de los espectros de pseudo velocidad del sismo escalado y del sismo sin escalar para sus componentes este – oeste y norte – sur, respectivamente. En las figuras 27 y 31 se muestran las comparaciones de los espectros de pseudo aceleración del sismo escalado y del sismo sin escalar para sus componentes este – oeste y norte – sur, respectivamente.

- **Sismo de Lima 1966 dirección este – oeste (EW).**

Figura 24. Registro de aceleraciones del sismo de Lima 1966 dirección este – oeste.

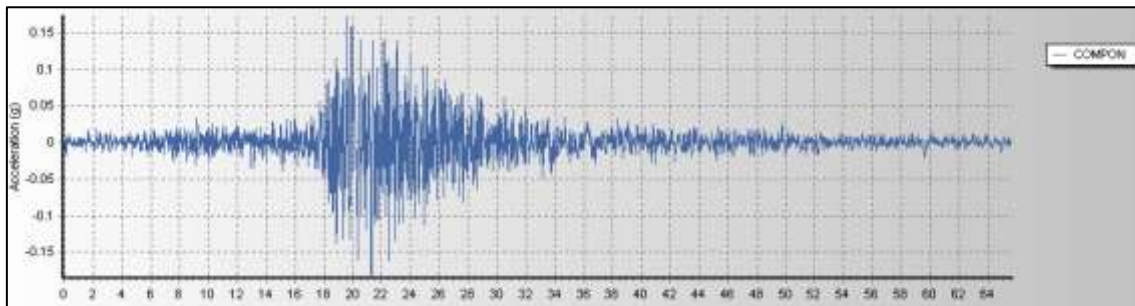


Figura 25. Comparación del espectro de desplazamientos del sismo de Lima 1966 dirección este – oeste.

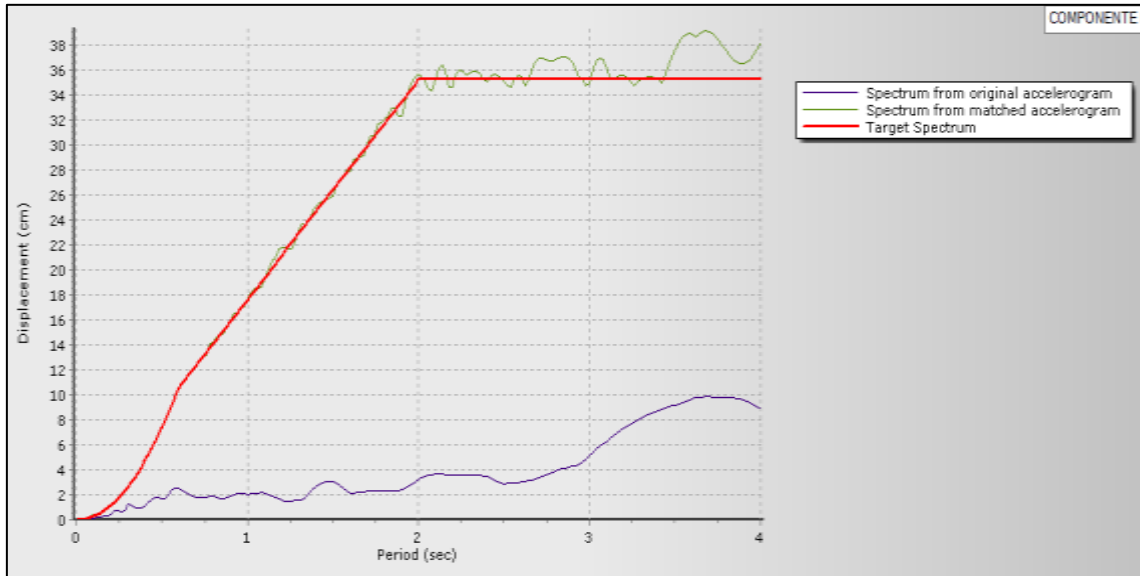


Figura 26. Comparación del espectro de pseudo velocidad del sismo de Lima 1966 dirección este – oeste.

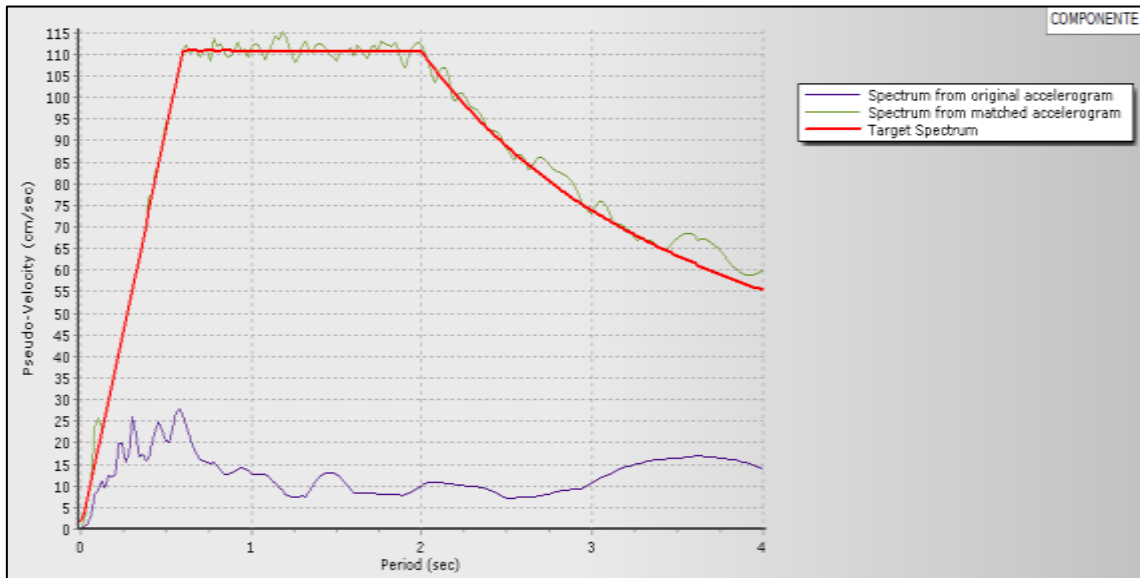
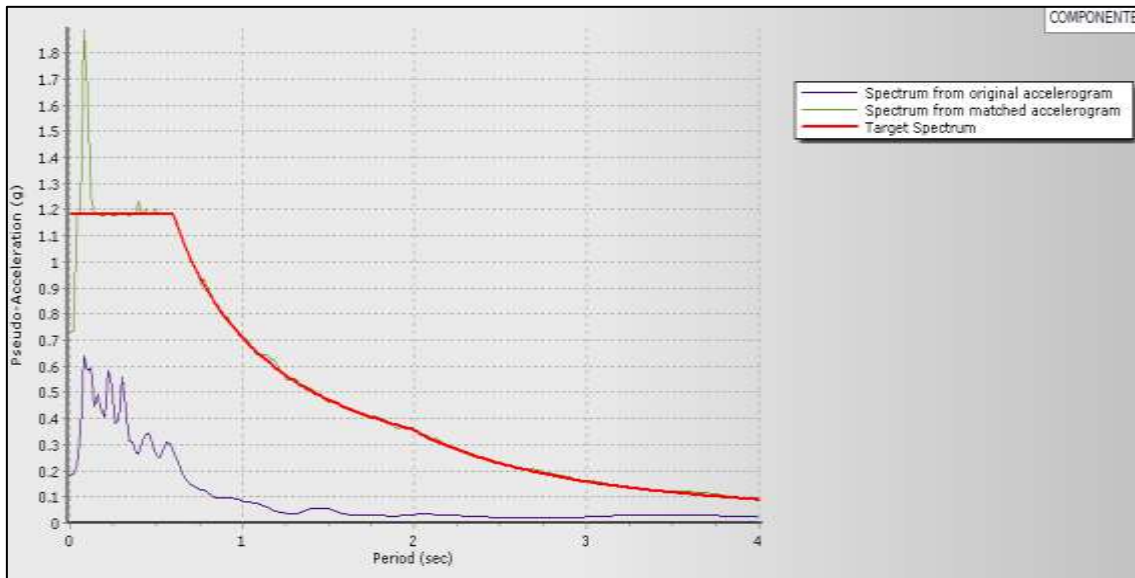


Figura 27. Comparación del espectro de pseudo aceleración del sismo de Lima 1966 dirección este – oeste.



- **Sismo de Lima 1966 dirección norte – sur (NS)**

Figura 28. Registro de aceleraciones del sismo de Lima 1966 dirección norte – sur.

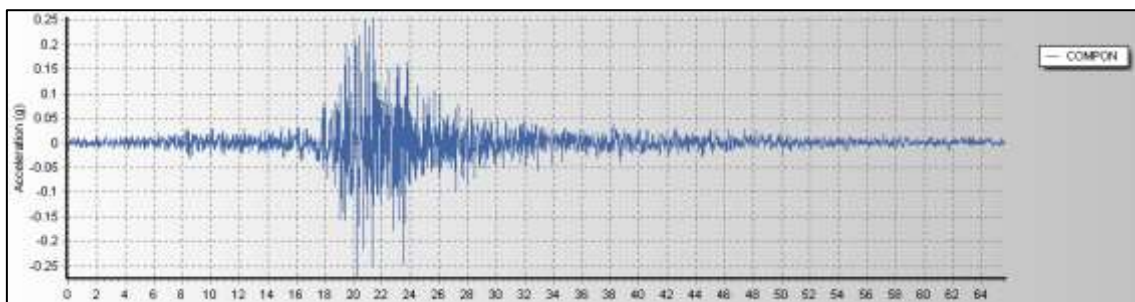


Figura 29. Comparación del espectro de desplazamientos del sismo de Lima 1966 dirección norte – sur.

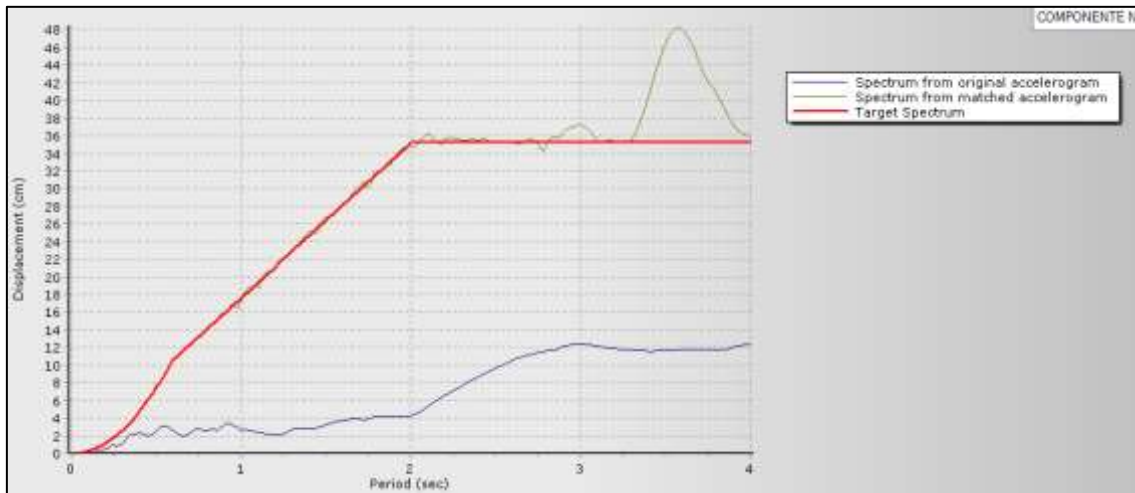


Figura 30. Comparación del espectro de pseudo velocidad del sismo de Lima 1966 dirección norte – sur.

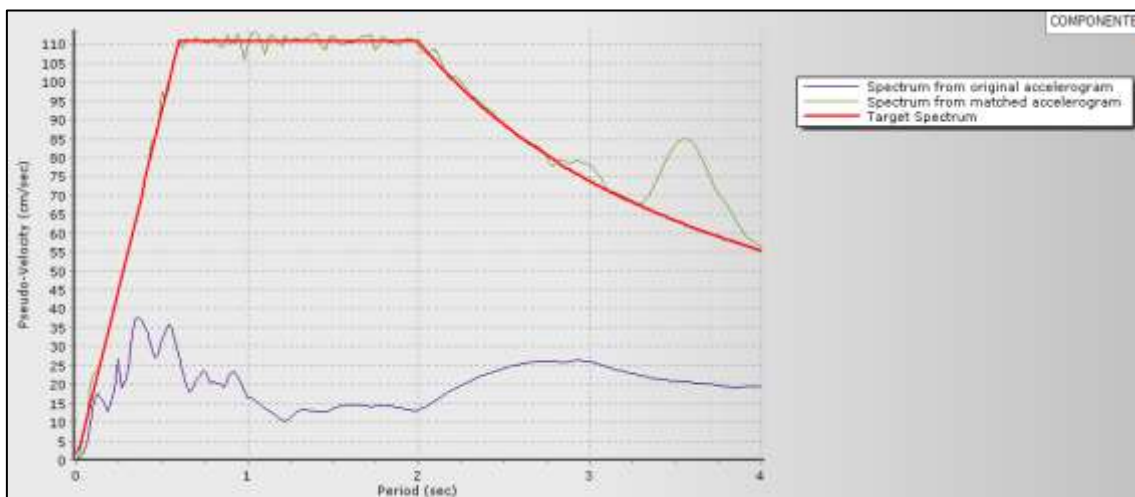
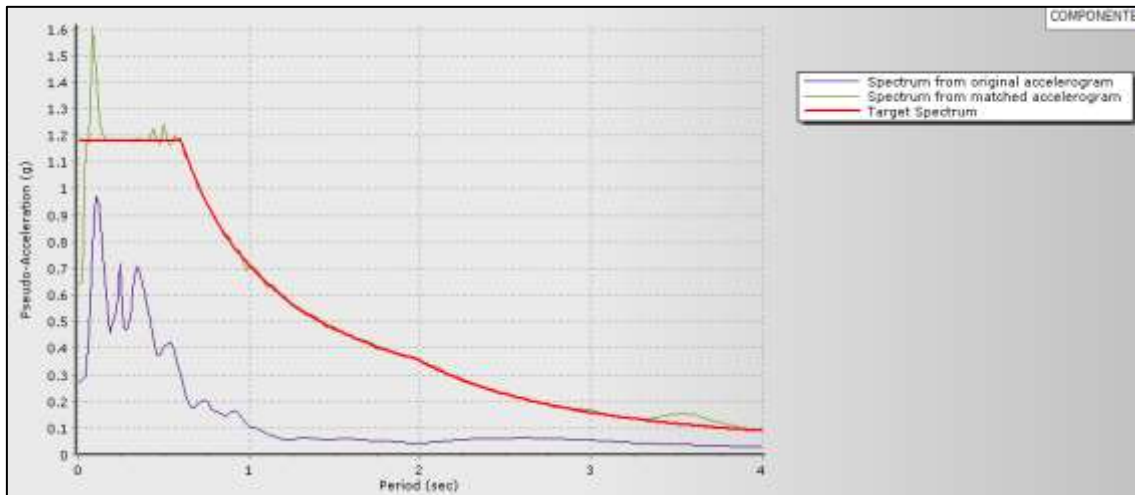


Figura 31. Comparación del espectro de pseudo aceleración del sismo de Lima 1966 dirección norte – sur.



El proceso de escalamiento del resto de registros sísmicos se mostrará en el anexo 2.

2.4.3. Incorporación de amortiguadores de fluido viscoso.

Los amortiguadores serán ubicados en el perímetro de la torre la cual carece de elementos rígidos. Los amortiguadores tendrán soportes metálicos en arreglo Chevron, en la dirección Y se emplearan 2 amortiguadores por nivel, mientras que en la dirección X se empleara 1 amortiguador por nivel, además en la dirección X se adicionarán 2 arriostres metálicos dispuestos en arreglo Chevron, ver figuras 32, 33, 34 y 35.

Figura 32. Vista en 3D de la estructura incorporada con amortiguadores de fluido viscoso.

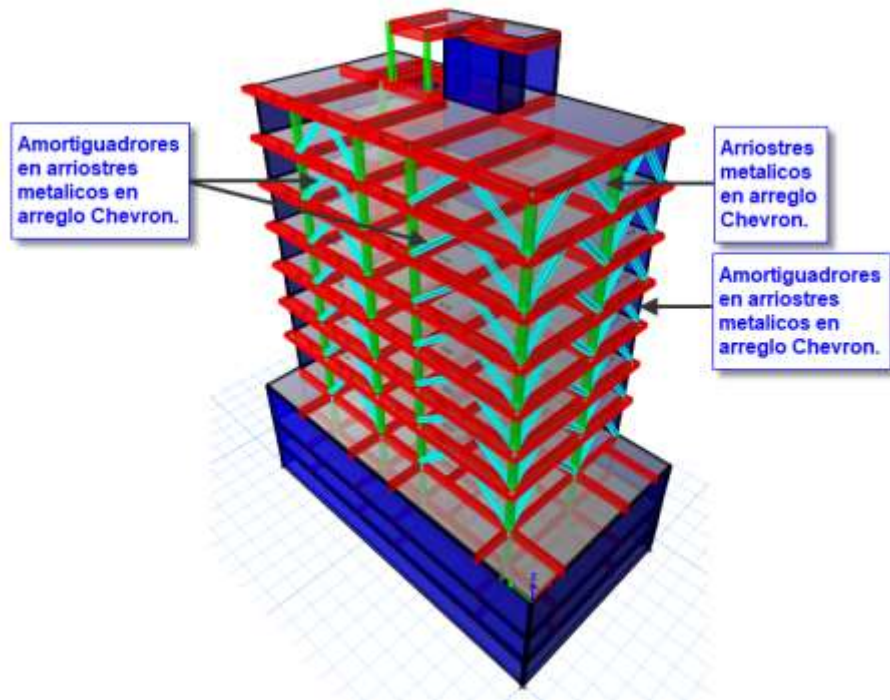


Figura 33. Vista en planta de nivel típico con amortiguadores de fluido viscoso.

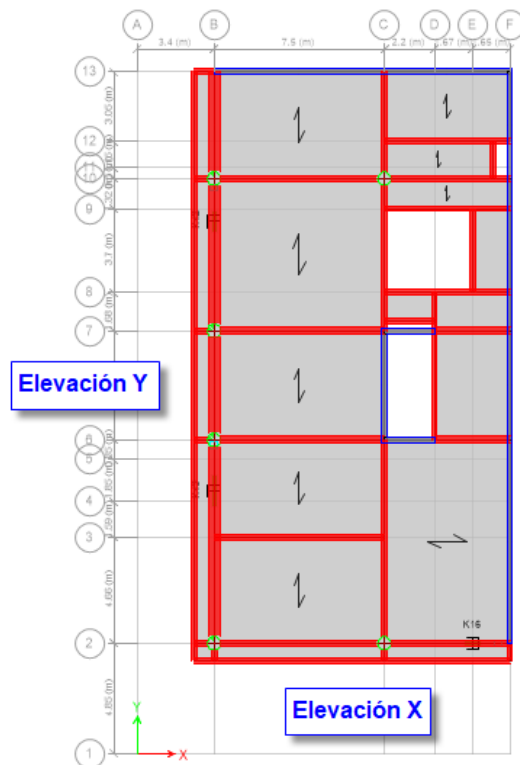


Figura 34. Vista en elevación en la dirección del eje Y con amortiguadores de fluido viscoso.

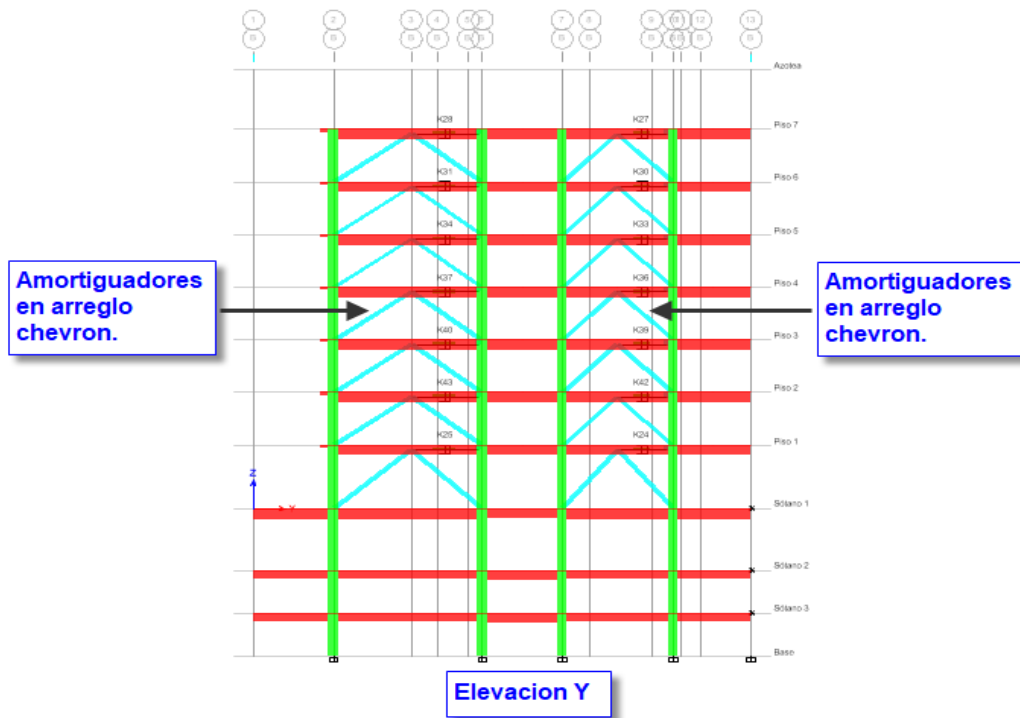
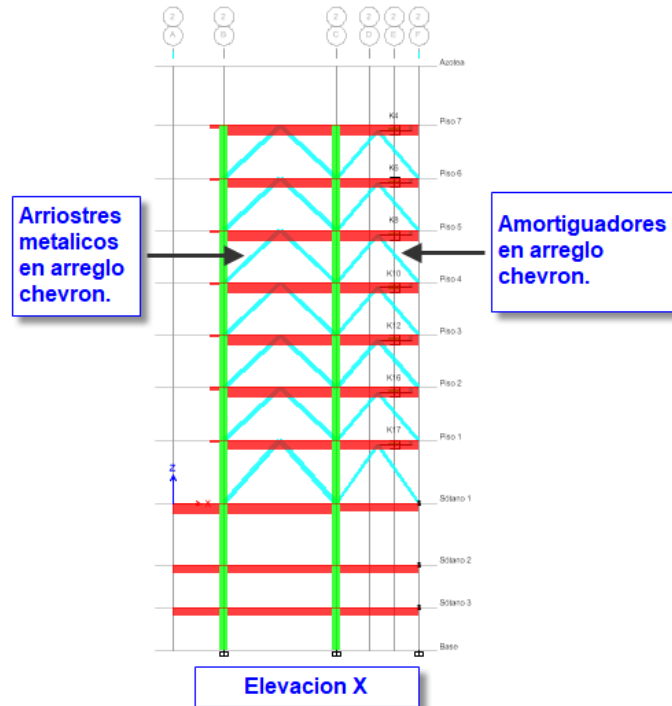


Figura 35. Vista en elevación en la dirección del eje X con amortiguadores de fluido viscoso.



Propiedades de los amortiguadores. En la tabla 24 se presentan los valores de rigidez (k), exponente de amortiguamiento (α) y constante de velocidad (C), este último se determinara a partir de iteraciones, para iniciar el proceso de iteración se elige un valor de $C=100$ tn s/m, el objetivo es lograr distorsiones menores a 0.005 y controlar la torsión extrema.

Los sismos que generan distorsiones más desfavorables para el análisis en la dirección x es el caso 1 del sismo de lima de 1966; para la dirección y es el caso 2 del sismo de lima 1974. Se emplearán 3 tipos de amortiguadores los cuales se muestran en las figuras 36, 37 y 38; se diferencian por la longitud del brazo horizontal que conecta al amortiguador con la viga superior. Los arriostres metálicos son de 300x300x15.8 mm y proporcionan la rigidez necesaria para controlar parte de la torsión.

Figura 36. Longitud del brazo metálico horizontal del disipador tipo 1.

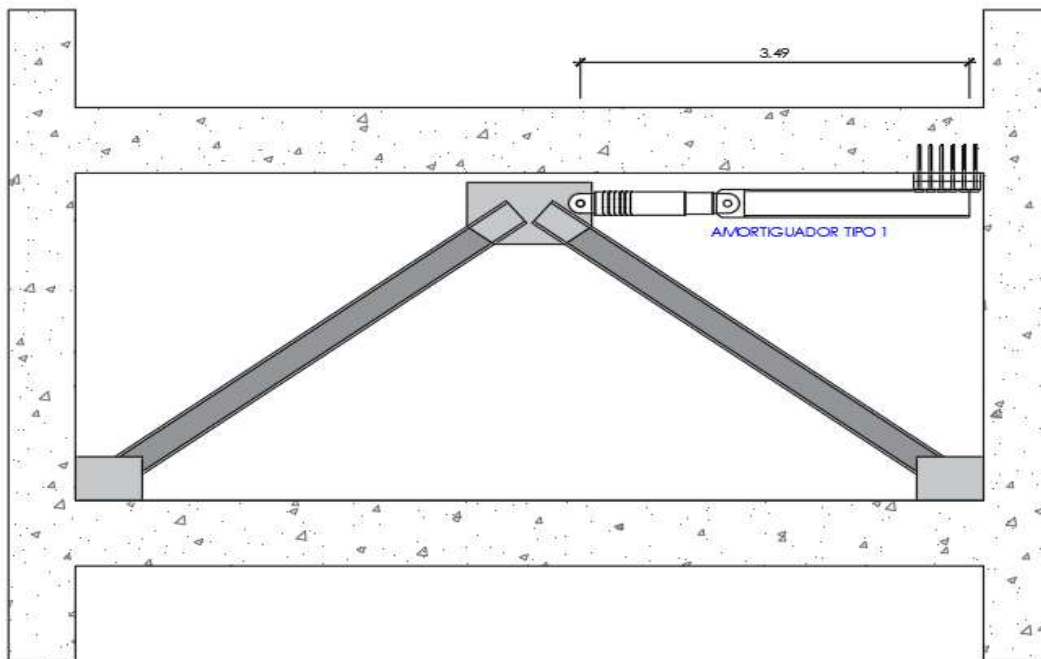


Figura 37. Longitud del brazo metálico horizontal del dissipador tipo 2.

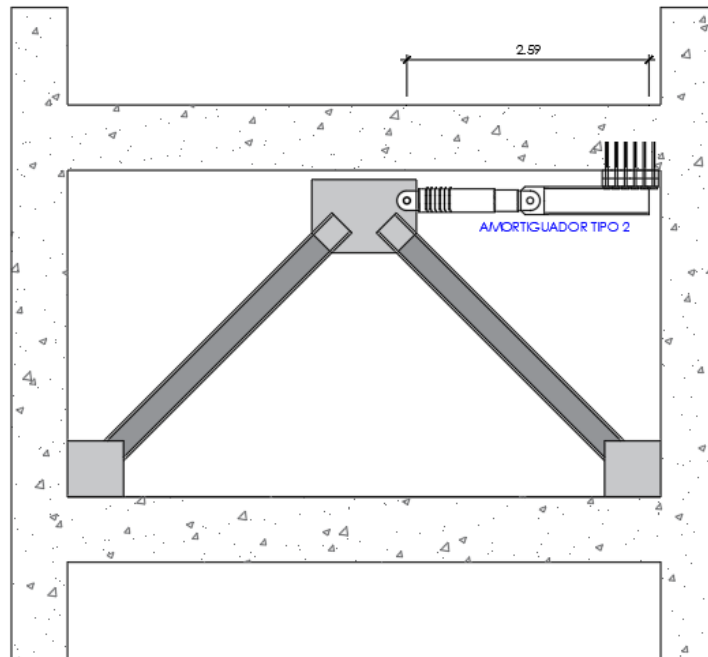
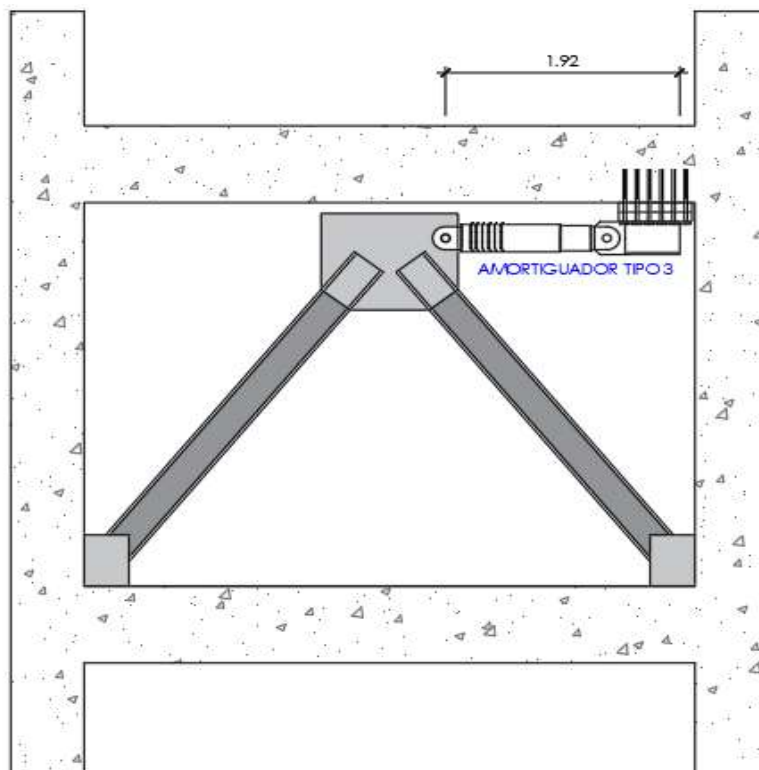


Figura 38. Longitud del brazo metálico horizontal del dissipador tipo 3.



La rigidez del amortiguador es calculada en la tabla 26, es un dato que prevalece constante a no ser que se modifiquen las dimensiones de los vanos o de los brazos metálicos.

Tabla 26. Cálculo de la rigidez del amortiguador viscoso.

Propiedades de los amortiguadores	Módulo de elasticidad E	Área de la sección transversal A	Longitud L	Rigidez del amortiguador K
	tn/m ²	m ²	m	tn/m
Amortiguador tipo 1	20000000	0.01796	3.49	102923
Amortiguador tipo 2	20000000	0.01796	2.59	138687
Amortiguador tipo 3	20000000	0.01796	1.92	187083

La iteración 1 inicia asumiendo una constante de amortiguamiento $C=100$ tn s / m, como respuesta las distorsiones se reducen a 0.0045 en la dirección X y 0.0035 en la dirección Y (ver tabla 27), cumpliendo con las distorsiones objetivo para la protección sísmica.

Sin embargo, en el análisis de irregularidad torsional, tanto en la dirección X como en la dirección Y, el cociente entre la distorsión máxima en los extremos del edificio y la distorsión promedio en los extremos del edificio excede a 1.30. La norma E.030 permite despreciar los efectos de la torsión si es que las distorsiones no exceden a 0.0035 para edificio de concreto armado. En tal sentido para la iteración 1 no se cumplen ninguna de las dos condiciones para controlar la condición de irregularidad torsional (ver tabla 28 y 29).

Tabla 27. Propiedades de los amortiguadores de fluido viscoso para la iteración 1.

Propiedades de los amortiguadores	Iteración 1				
	K	α	C	Drift max.	
	tn/m	adimen.	tn s/m	x	y
Amortiguador tipo 1	102923	0.25	100	0.0045	0.0035
Amortiguador tipo 2	138687	0.25	100		
Amortiguador tipo 3	187083	0.25	100		

Tabla 28. Análisis de irregularidad torsional para la estructura con amortiguadores de fluido viscoso para la iteración 1, dirección x.

Iteración 1						
Nivel	Drift max	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift CM	Drift CM < 0.0035
Piso 7	0.0024	0.0021	1.16	Cumple	0.0031	Cumple
Piso 6	0.0028	0.0023	1.20	Cumple	0.0037	No cumple
Piso 5	0.0032	0.0025	1.27	Cumple	0.0041	No cumple
Piso 4	0.0035	0.0027	1.32	No cumple	0.0045	No cumple
Piso 3	0.0036	0.0026	1.35	No cumple	0.0045	No cumple
Piso 2	0.0034	0.0025	1.39	No cumple	0.0043	No cumple
Piso 1	0.0026	0.0019	1.40	No cumple	0.0032	Cumple

Tabla 29. Análisis de irregularidad torsional para la estructura con amortiguadores de fluido viscoso para la iteración 1, dirección y.

Iteración 1						
Nivel	Drift max	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift CM	Drift < 0.0035
Piso 7	0.0023	0.0015	1.51	No cumple	0.0029	Cumple
Piso 6	0.0025	0.0017	1.52	No cumple	0.0032	Cumple
Piso 5	0.0026	0.0017	1.51	No cumple	0.0035	No cumple
Piso 4	0.0025	0.0016	1.51	No cumple	0.0035	No cumple
Piso 3	0.0023	0.0015	1.51	No cumple	0.0033	Cumple
Piso 2	0.0020	0.0013	1.51	No cumple	0.0029	Cumple
Piso 1	0.0015	0.0010	1.50	No cumple	0.0021	Cumple

La iteración 2 asume una constante de amortiguamiento $C=150$ tn s / m, como respuesta las distorsiones se reducen a 0.0034 en la dirección X y 0.0027 en la dirección Y (ver tabla 30), cumpliendo con las distorsiones objetivo para la protección sísmica.

En el análisis de irregularidad torsional, tanto en la dirección X como en la dirección Y, el cociente entre la distorsión máxima en los extremos del edificio y la distorsión promedio en

los extremos del edificio excede a 1.30. La norma E.030 permite despreciar los efectos de la torsión si es que las distorsiones no exceden a 0.0035 para edificio de concreto armado. En tal sentido para la iteración 2 se cumple la segunda condición debido a que las distorsiones están por debajo de 0.0034, se controla la torsión extrema (ver tabla 31 y 32).

Tabla 30. Propiedades de los amortiguadores de fluido viscoso para la iteración 2.

Propiedades de los amortiguadores	Iteración 2				
	K	α	C	Drift max.	
	tn/m	adimen.	tn s/m	x	y
Amortiguador tipo 1	10292.26	0.25	150	0.0034	0.0027
Amortiguador tipo 2	13868.73	0.25	150		
Amortiguador tipo 3	18708.33	0.25	150		

Tabla 31. Análisis de irregularidad torsional para la estructura con amortiguadores de fluido viscoso para la iteración 2, dirección x.

Nivel	Drift max	Drift promedio	Iteración 2			
			Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift CM	Drift CM < 0.0035
Piso 7	0.0016	0.0015	1.07	Cumple	0.0021	Cumple
Piso 6	0.0017	0.0017	1.01	Cumple	0.0025	Cumple
Piso 5	0.0020	0.0018	1.08	Cumple	0.0029	Cumple
Piso 4	0.0023	0.0020	1.16	Cumple	0.0032	Cumple
Piso 3	0.0023	0.0019	1.20	Cumple	0.0034	Cumple
Piso 2	0.0024	0.0019	1.27	Cumple	0.0032	Cumple
Piso 1	0.0020	0.0015	1.33	No cumple	0.0025	Cumple

Tabla 32. Análisis de irregularidad torsional para la estructura con amortiguadores de fluido viscoso para la iteración 2, dirección y.

Iteración 2						
Nivel	Drift max	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift CM	Drift < 0.0035
Piso 7	0.0019	0.0013	1.47	No cumple	0.0022	Cumple
Piso 6	0.0020	0.0014	1.48	No cumple	0.0025	Cumple
Piso 5	0.0021	0.0014	1.47	No cumple	0.0027	Cumple
Piso 4	0.0020	0.0014	1.46	No cumple	0.0028	Cumple
Piso 3	0.0019	0.0013	1.47	No cumple	0.0026	Cumple
Piso 2	0.0017	0.0012	1.48	No cumple	0.0023	Cumple
Piso 1	0.0014	0.0009	1.49	No cumple	0.0017	Cumple

La tabla 33 muestra los resultados de las distorsiones de entrepisos de todos los sismos considerados en el análisis para ambas direcciones. Se aprecia que para la dirección x la distorsión de entrepiso más desfavorable se genera con el sismo Caso 1-Lima 1966 y en la dirección y la distorsión de entrepiso más desfavorable se genera con el sismo Caso 2-Lima 1974. La figura 39 y 40 muestran las distorsiones de entrepisos para todos los casos de sismo en la dirección x e y, respectivamente.

Tabla 33. Distorsiones de entrepisos para todos los sismos del edificio con amortiguadores.

Niv	CASO 1-LIMA 1966		CASO 1-CHIMB 1970		CASO 1-LIMA 1974		CASO 2-LIMA 1966		CASO 2-CHIMB 1970		CASO 2-LIMA 1974	
	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy
8	0.0019	0.0012	0.0019	0.0011	0.0018	0.0011	0.0019	0.0011	0.0018	0.0011	0.0018	0.0014
7	0.0021	0.0019	0.0017	0.0017	0.0021	0.0018	0.0018	0.0016	0.0019	0.0017	0.0021	0.0022
6	0.0025	0.0020	0.0019	0.0018	0.0026	0.0018	0.0020	0.0018	0.0023	0.0017	0.0024	0.0025
5	0.0029	0.0022	0.0021	0.0019	0.0029	0.0019	0.0022	0.0019	0.0027	0.0017	0.0027	0.0027
4	0.0032	0.0022	0.0022	0.0019	0.0030	0.0019	0.0023	0.0020	0.0029	0.0017	0.0028	0.0028
3	0.0034	0.0021	0.0023	0.0018	0.0031	0.0019	0.0024	0.0020	0.0029	0.0017	0.0029	0.0026
2	0.0032	0.0019	0.0022	0.0017	0.0030	0.0018	0.0024	0.0019	0.0027	0.0016	0.0027	0.0023
1	0.0025	0.0014	0.0018	0.0013	0.0023	0.0013	0.0019	0.0015	0.0021	0.0013	0.0021	0.0017
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 39. Distorsiones máximas de entrepisos en la dirección x para el edificio con amortiguadores.

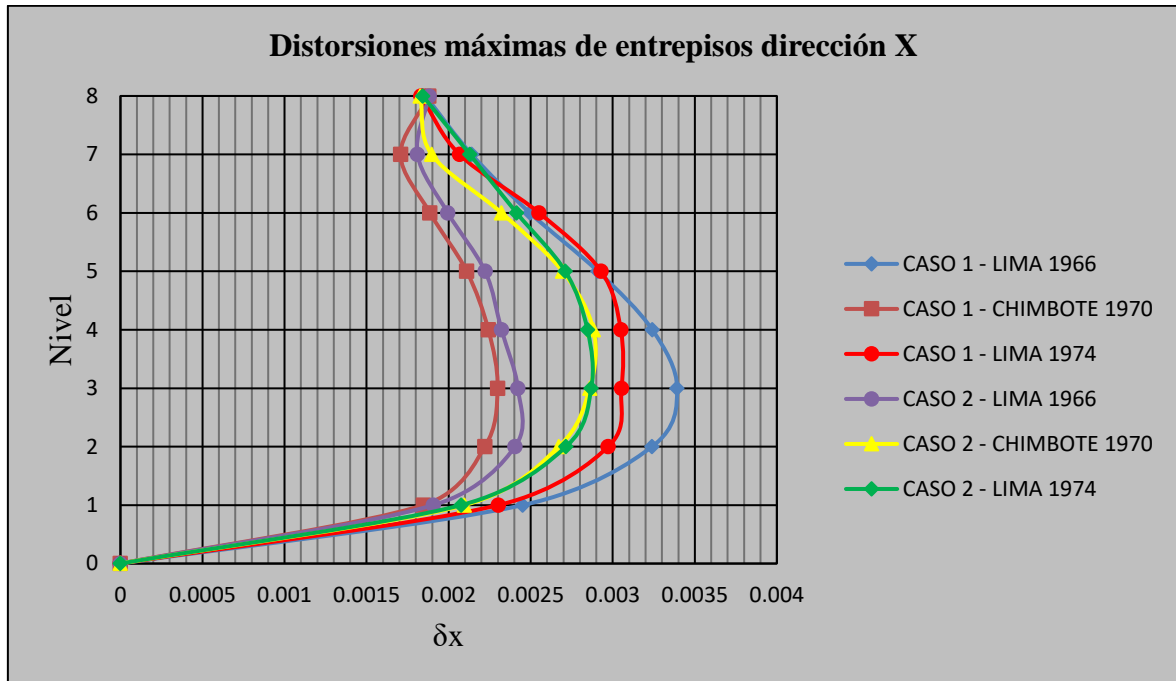
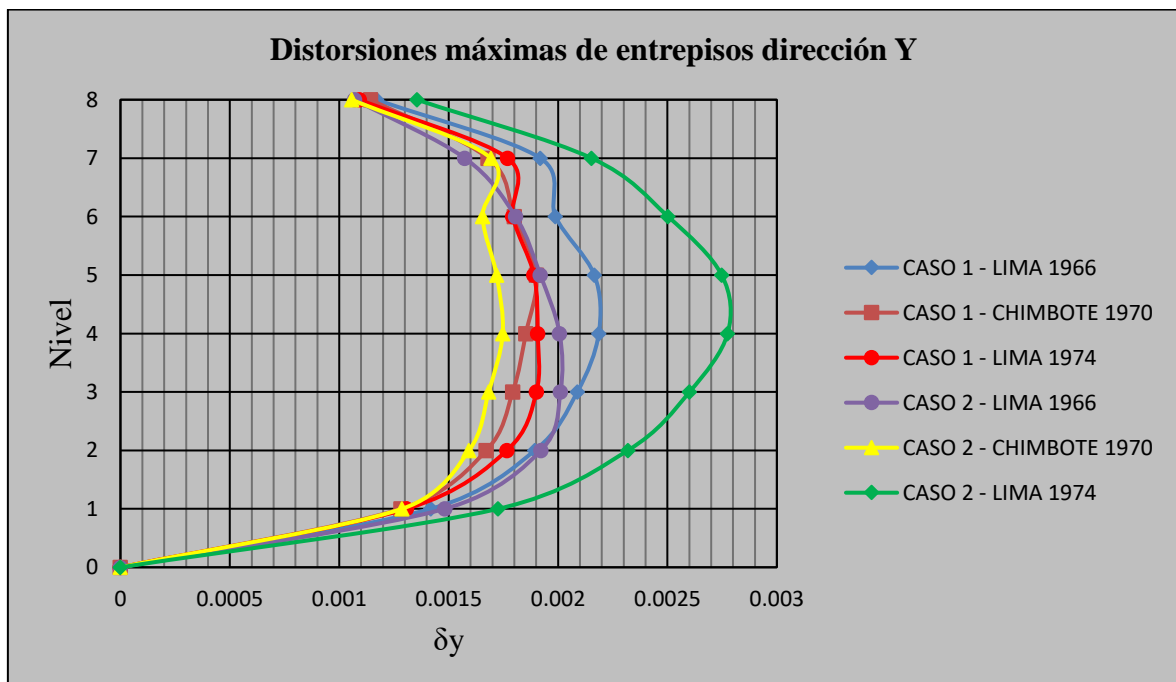


Figura 40. Distorsiones máximas de entrepisos en la dirección y para el edificio con amortiguadores.



Selección del amortiguador

En base a las fuerzas axiales en los amortiguadores obtenidas de los sismos Caso 1 Lima 1966 (para la dirección x) y Caso 2 Lima 1974 (para la dirección y) se determina la capacidad de los amortiguadores, según los datos de la figura 14. En la tabla 34 y 35 se muestra el cálculo de los amortiguadores para ambas direcciones.

Tabla 34. Elección de los amortiguadores dispuestos en la dirección X.

Nivel	Id.	Demanda (tn)	Capacidad (tn)
Piso 7	K4	100.49	150
Piso 6	K6	105.88	150
Piso 5	K8	105.75	150
Piso 4	K10	108.14	150
Piso 3	K12	108.52	150
Piso 2	K16	104.78	150
Piso 1	K17	102.02	150

Tabla 35. Elección de los amortiguadores dispuestos en la dirección Y.

Nivel	Id.	Demanda (tn)	Capacidad (tn)
Piso 7	K27	89.76	100
Piso 7	K28	88.71	100
Piso 6	K30	90.95	100
Piso 6	K31	90.18	100
Piso 5	K33	90.73	100
Piso 5	K34	91.53	100
Piso 4	K36	88.91	100
Piso 4	K37	89.74	100
Piso 3	K39	89.32	100
Piso 3	K40	90.65	100
Piso 2	K42	87.37	100
Piso 2	K43	88.67	100
Piso 1	K24	87.35	100
Piso 1	K25	88.96	100

Desplazamiento de los pistones

El proveedor requiere conocer el desplazamiento de los amortiguadores para dimensionar los pistones, en las tablas 36 y 37, se aprecian los desplazamientos mencionados en la dirección x y en la dirección y, respectivamente.

Tabla 36. Desplazamientos de amortiguadores, dirección X.

Nivel	Id.	Desplaz. (cm)
Piso 7	K4	1.37
Piso 6	K6	1.49
Piso 5	K8	1.60
Piso 4	K10	1.64
Piso 3	K12	1.60
Piso 2	K16	1.49
Piso 1	K17	1.40

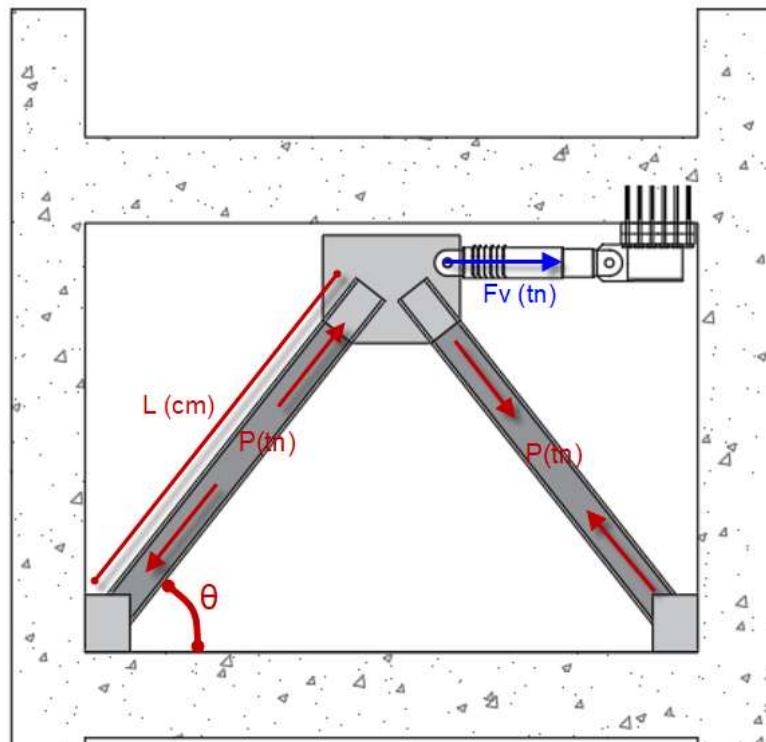
Tabla 37. Desplazamientos de amortiguadores, dirección Y.

Nivel	Id.	Desplaz. (cm)
Piso 7	K27	0.83
Piso 7	K28	0.74
Piso 6	K30	0.87
Piso 6	K31	0.78
Piso 5	K33	0.87
Piso 5	K34	0.81
Piso 4	K36	0.81
Piso 4	K37	0.83
Piso 3	K39	0.76
Piso 3	K40	0.79
Piso 2	K42	0.66
Piso 2	K43	0.71
Piso 1	K24	0.62
Piso 1	K25	0.67

Dimensionamiento del brazo metálico

Para el dimensionamiento del brazo metálico, se considera que el arriostre no debe fallar antes que el amortiguador, por ello se toma como fuerza actuante la fuerza máxima que puede desarrollar el amortiguador (F_v). El esquema se aprecia en la figura 41.

Figura 41. Esquema de fuerzas actuantes para el dimensionamiento de los brazos metálicos.



Se realiza el dimensionamiento de los arriostres según las recomendaciones del AISC 360, para secciones HSS no esbeltas se verifica el pandeo por flexión. En las tablas 38 y 39 se determinan las propiedades mecánicas de la sección HSS 22.5 x 22.5 x 1.27.

Tabla 38. Dimensiones del perfil HSS.

b (cm)	t (cm)
22.5	1.27

Tabla 39. Propiedades mecánicas del perfil HSS.

E (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)	λ	b/t	I (cm ⁴)	A (cm ²)	r (cm)	Estado
2000000	2500	39.60	15.71	8130.44	107.85	8.68	Sección no esbelta

Las tablas 40 y 41 muestran el cálculo de la capacidad de los perfiles HSS escogidos, se verifica el pandeo por flexión debido a que la sección clasifica como no esbelta, para todos los casos el perfil escogido cumple.

Tabla 40. Cálculo de la capacidad de los perfiles HSS para la dirección X.

Nivel	Id.	F _v (tn)	θ (°)	P (tn)	Estado	L (cm)	F _e (kg/cm ²)	F _{cr} (kg/cm ²)	Capacidad (tn)
Piso 7	K4	150	49.22	114.83	No esbelta	422	8356.13	2205.75	214.10
Piso 6	K6	150	49.22	114.83	No esbelta	422	8356.13	2205.75	214.10
Piso 5	K8	150	49.22	114.83	No esbelta	422	8356.13	2205.75	214.10
Piso 4	K10	150	49.22	114.83	No esbelta	422	8356.13	2205.75	214.10
Piso 3	K12	150	49.22	114.83	No esbelta	422	8356.13	2205.75	214.10
Piso 2	K16	150	49.22	114.83	No esbelta	422	8356.13	2205.75	214.10
Piso 1	K17	150	54.71	129.82	No esbelta	477	6540.23	2130.38	206.78

Tabla 41. Cálculo de la capacidad de los perfiles HSS para la dirección Y.

Nivel	Id.	Fv (tn)	θ	P (tn)	Estado	L (cm)	Fe kg/cm ²	Fcr kg/cm ²	Capacidad (tn)
Piso 7	K27	100	43.69	69.15	No esbelto	463	6941.73	2150.18	208.70
Piso 7	K28	100	34.48	60.66	No esbelto	565	4661.58	1997.35	193.87
Piso 6	K30	100	43.69	69.15	No esbelto	463	6941.73	2150.18	208.70
Piso 6	K31	100	34.48	60.66	No esbelto	565	4661.58	1997.35	193.87
Piso 5	K33	100	43.69	69.15	No esbelto	463	6941.73	2150.18	208.70
Piso 5	K34	100	34.48	60.66	No esbelto	565	4661.58	1997.35	193.87
Piso 4	K36	100	43.69	69.15	No esbelto	463	6941.73	2150.18	208.70
Piso 4	K37	100	34.48	60.66	No esbelto	565	4661.58	1997.35	193.87
Piso 3	K39	100	43.69	69.15	No esbelto	463	6941.73	2150.18	208.70
Piso 3	K40	100	34.48	60.66	No esbelto	565	4661.58	1997.35	193.87
Piso 2	K42	100	43.69	69.15	No esbelto	463	6941.73	2150.18	208.70
Piso 2	K43	100	34.48	60.66	No esbelto	565	4661.58	1997.35	193.87
Piso 1	K24	100	49.34	76.74	No esbelto	514	5632.53	2076.15	201.52
Piso 1	K25	100	39.93	65.20	No esbelto	580	4423.58	1973.38	191.54

2.4.4. Incorporación de disipadores metálicos.

Los disipadores serán ubicados en el perímetro de la torre la cual carece de elementos rígidos.

Los disipadores tendrán soportes metálicos en arreglo Chevron, en la dirección Y se emplearan 2 disipadores por nivel, mientras que en la dirección X se emplearan 2 disipadores por nivel, además en la dirección X se adicionarán 2 arriostres metálicos dispuestos en arreglo Chevron, ver figuras 42, 43, 44 y 45.

Figura 42. Vista en planta de la estructura incorporada con disipadores metálicos SLB.

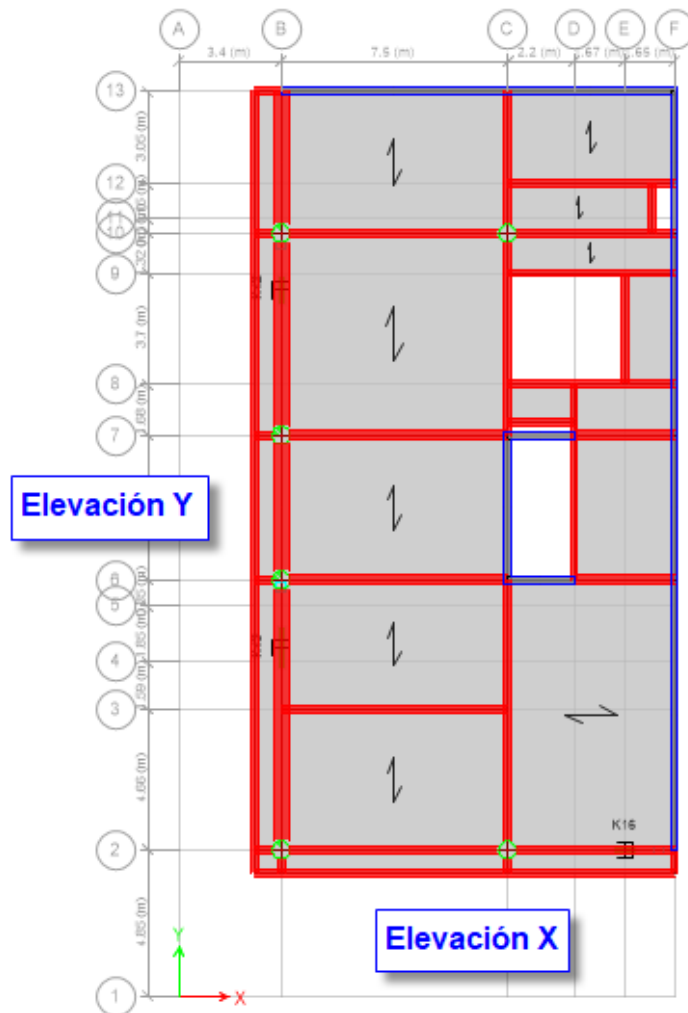


Figura 43. Vista en 3D de la estructura incorporada con disipadores metálicos SLB.

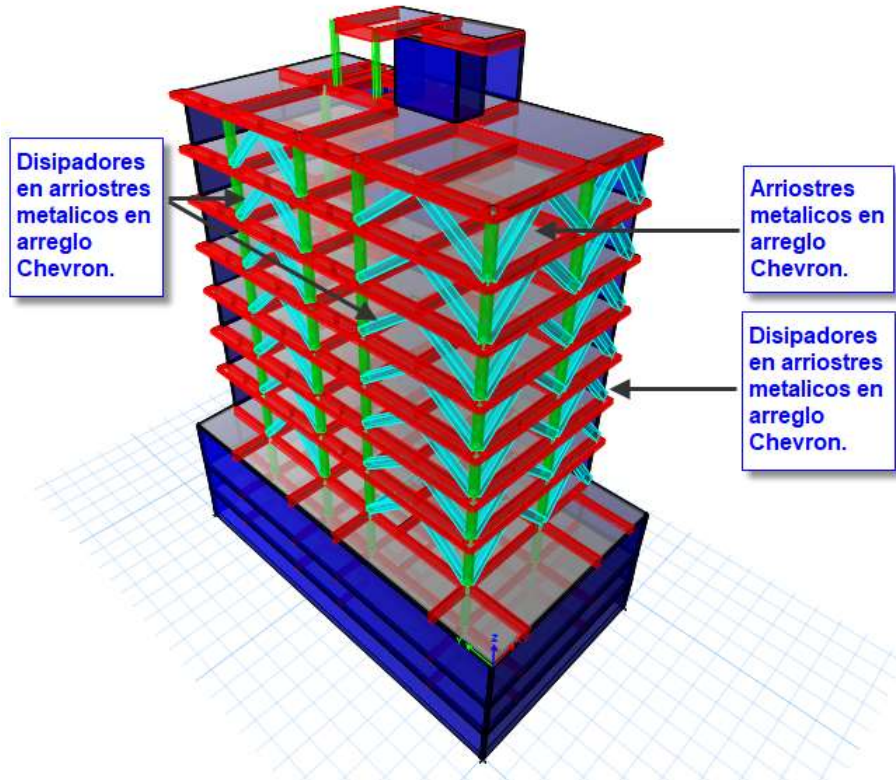


Figura 44. Vista en elevación en la dirección del eje Y con disipadores metálicos SLB.

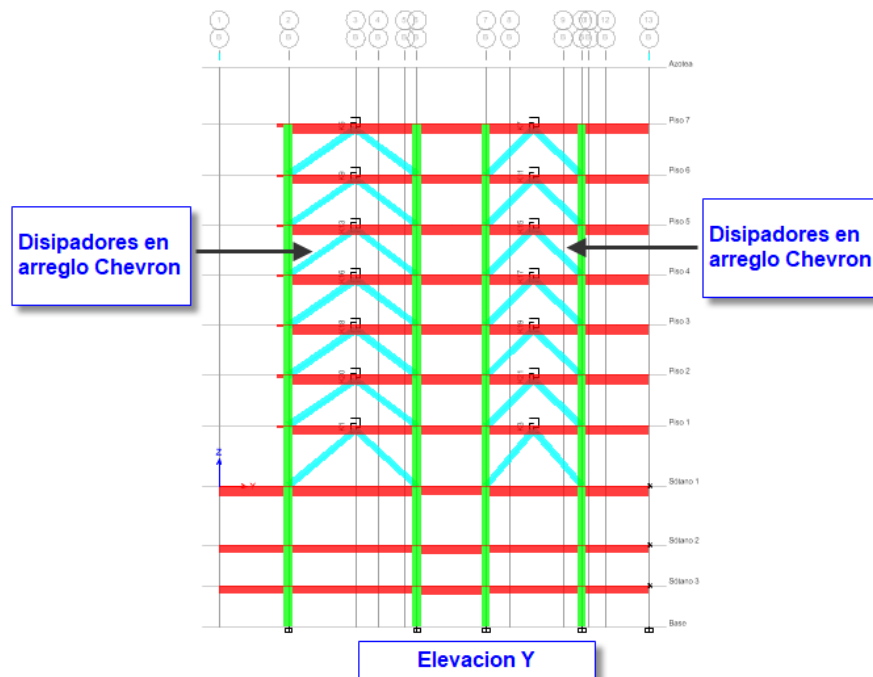
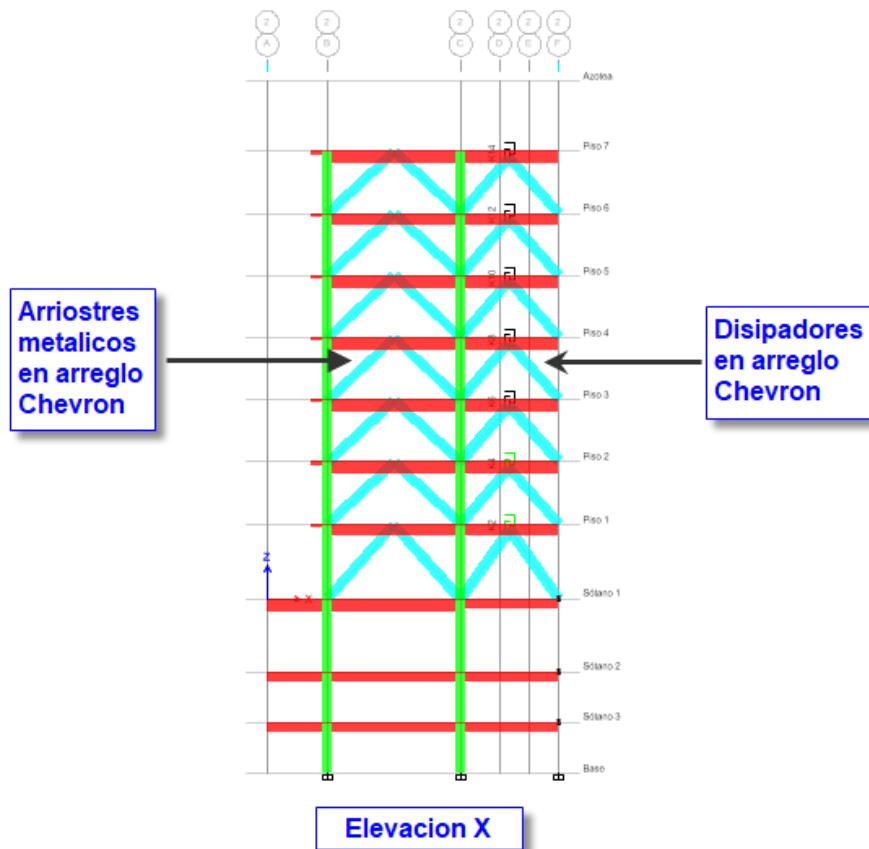


Figura 45. Vista en elevación en la dirección del eje X con disipadores metálicos SLB.



En la tabla 42 se presentan los valores de rigidez elástica (k_1), relación entre rigidez elástica y rigidez post fluencia (K_1/K_2), la fuerza de fluencia F_y y el exponente que define la suavidad de la curva al iniciar la fluencia, las iteraciones determinaran los valores de rigideces elásticas y rigidez post fluencia el objetivo es lograr distorsiones menores a 0.005 y controlar la torsión extrema.

Los sismos que generan distorsiones más desfavorables para el análisis en la dirección x es el caso 2 del sismo de lima de 1974; del mismo modo para la dirección y el sismo que genera distorsiones más desfavorables para el análisis es el caso 2 del sismo de lima 1974.

Tabla 42. Propiedades de los disipadores metálicos SLB.

Propiedades de los disipadores	K1	Fy	K1/K2	Exponente
	tn/m2	m2	m	adim
TIPO 1 2SLB350_9	341339.8	183.08	0.014421	2
TIPO 2 2SLB350_9	341339.8	183.08	0.014421	2
TIPO 3 2SLB350_9	341339.8	183.08	0.014421	2

La iteración 1 inicia asumiendo que todos los disipadores colocados son 2SLB350_9 (ver tabla 2 y tabla 43), como respuesta las distorsiones se reducen a 0.0032 en la dirección X y 0.0024 en la dirección Y (ver tabla 43), cumpliendo con las distorsiones objetivo para la protección sísmica.

En el análisis de irregularidad torsional, tanto en la dirección X como en la dirección Y, el cociente entre la distorsión máxima en los extremos del edificio y la distorsión promedio en los extremos del edificio excede a 1.30. La norma E.030 permite despreciar los efectos de la torsión si es que las distorsiones no exceden a 0.0035 para edificio de concreto armado. En tal sentido para la iteración 1 se cumple la segunda condición para controlar la condición de irregularidad torsional (ver tabla 44 y 45).

Sin embargo, los lazos histeréticos muestran que algunos dispositivos están sobredimensionados y no trabajan de manera óptima, la figura 46 muestra el lazo histerético del disipador del piso 3, se aprecia que el disipador apenas ingresa a su estado de fluencia.

Tabla 43. Propiedades de los disipadores metálicos SLB, para la iteración 1.

Propiedades de los disipadores	Iteración 1					Drift max.	
	K1	Fy	K1/K2	Exponente	x	y	
	tn/m2	m2	m	adim			
TIPO 1 (2SLB350_9)	341339.8	183.08	0.014421	2	0.0032	0.0024	
TIPO 2 (2SLB350_9)	341339.8	183.08	0.014421	2			
TIPO 3 (2SLB350_9)	341339.8	183.08	0.014421	2			

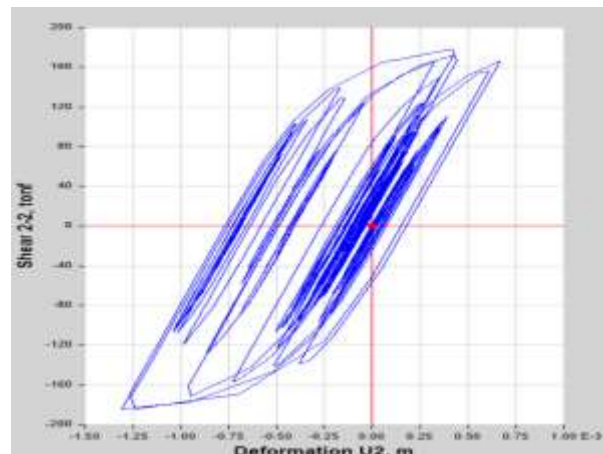
Tabla 44. Distorsiones en dirección X de la estructura con disipadores SLB, iteración 1.

Iteración 1						
Nivel	Drift	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift max	Drift max < 0.0035
Piso 7	0.0022	0.0020	1.11	Cumple	0.0023	Cumple
Piso 6	0.0027	0.0023	1.17	Cumple	0.0027	Cumple
Piso 5	0.0030	0.0024	1.21	Cumple	0.0030	Cumple
Piso 4	0.0031	0.0025	1.25	Cumple	0.0032	Cumple
Piso 3	0.0031	0.0024	1.29	Cumple	0.0032	Cumple
Piso 2	0.0029	0.0023	1.31	No cumple	0.0030	Cumple
Piso 1	0.0026	0.0019	1.36	No cumple	0.0026	Cumple

Tabla 45. Distorsiones en dirección Y de la estructura con disipadores SLB, iteración 1.

Iteración 1						
Nivel	Drift	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift max	Drift max < 0.0035
Piso 7	0.0019	0.0013	1.41	No cumple	0.0020	Cumple
Piso 6	0.0022	0.0015	1.43	No cumple	0.0022	Cumple
Piso 5	0.0023	0.0016	1.44	No cumple	0.0024	Cumple
Piso 4	0.0023	0.0016	1.43	No cumple	0.0024	Cumple
Piso 3	0.0022	0.0016	1.45	No cumple	0.0024	Cumple
Piso 2	0.0022	0.0015	1.48	No cumple	0.0023	Cumple
Piso 1	0.0018	0.0012	1.50	No cumple	0.0018	Cumple

Figura 46. Lazo histeretico de disipador metálico SLB.



La iteración 2 inicia asumiendo que todos los disipadores colocados en la dirección X son 2SLB3 50_9, los disipadores colocados en la dirección Y entre los ejes 2 y 6 son SLB3 50_9 y los disipadores colocados en la dirección Y entre los ejes 7 y 10 son SLB3 50_6 (ver tabla 2 y tabla 46), como respuesta las distorsiones se reducen a 0.0036 en la dirección X y 0.0027 en la dirección Y (ver tabla 46), cumpliendo con las distorsiones objetivo para la protección sísmica.

En el análisis de irregularidad torsional, tanto en la dirección X como en la dirección Y, el cociente entre la distorsión máxima en los extremos del edificio y la distorsión promedio en los extremos del edificio excede a 1.30. La norma E.030 permite despreciar los efectos de la torsión si es que las distorsiones no exceden a 0.0035 para edificio de concreto armado. En tal sentido, para la iteración 2 no se cumple ninguna de las 2 condiciones para controlar la torsión extrema (ver tabla 47 y 48).

Tabla 46. Propiedades de los disipadores metálicos SLB, para la iteración 2.

Propiedades de los disipadores	Iteración 2					
	K1	Fy	K1/K2	Exponente	Drift max.	
	tn/m2	m2	m	adim	x	y
TIPO 1 (2SLB350_9)	341339.8	183.08	0.014421	2	0.0036	0.0027
TIPO 2 (SLB350_9)	170669.9	91.54	0.014421	2		
TIPO 3 (SLB350_6)	125719.5	65.71	0.014740	2		

Tabla 47. Distorsiones en dirección X de la estructura con disipadores SLB, iteración 2.

Iteración 2						
Nivel	Drift	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift max	Drift max < 0.0035
Piso 7	0.0025	0.0022	1.14	Cumple	0.0026	Cumple
Piso 6	0.0030	0.0025	1.20	Cumple	0.0031	Cumple
Piso 5	0.0034	0.0027	1.25	Cumple	0.0035	Cumple
Piso 4	0.0035	0.0027	1.28	Cumple	0.0036	No cumple
Piso 3	0.0033	0.0026	1.28	Cumple	0.0034	Cumple
Piso 2	0.0030	0.0023	1.29	Cumple	0.0031	Cumple
Piso 1	0.0024	0.0018	1.31	No cumple	0.0024	Cumple

Tabla 48. Distorsiones en dirección Y de la estructura con disipadores SLB, iteración 2.

Iteración 2						
Nivel	Drift	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift max	Drift max < 0.0035
Piso 7	0.0022	0.0016	1.42	No cumple	0.0023	Cumple
Piso 6	0.0025	0.0017	1.43	No cumple	0.0026	Cumple
Piso 5	0.0026	0.0018	1.45	No cumple	0.0027	Cumple
Piso 4	0.0025	0.0018	1.45	No cumple	0.0026	Cumple
Piso 3	0.0023	0.0016	1.43	No cumple	0.0024	Cumple
Piso 2	0.0021	0.0015	1.44	No cumple	0.0022	Cumple
Piso 1	0.0017	0.0012	1.45	No cumple	0.0017	Cumple

La iteración 3 inicia asumiendo que los disipadores colocados en la dirección X hasta el nivel 5 son 2SLB3 50_9, los disipadores colocados desde el nivel 5 hasta el nivel 7 son 2SLB3 40_5, los disipadores colocados en la dirección Y entre los eje 2 y 6 son SLB3 50_9 y los disipadores colocados en la dirección Y entre los ejes 7 y 10 son SLB3 50_6 (ver tabla 2 y tabla 49), como respuesta las distorsiones se reducen a 0.0034 en la dirección X y 0.0027 en la dirección Y (ver tabla 49), cumpliendo con las distorsiones objetivo para la protección sísmica.

En el análisis de irregularidad torsional, tanto en la dirección X como en la dirección Y, el cociente entre la distorsión máxima en los extremos del edificio y la distorsión promedio en los extremos del edificio excede a 1.30. La norma E.030 permite despreciar los efectos de la torsión si es que las distorsiones no exceden a 0.0035 para edificio de concreto armado. En tal sentido para la iteración 3 se cumple con la segunda condición para controlar la torsión extrema (ver tabla 50 y 51).

Tabla 49. Propiedades de los disipadores metálicos SLB, para la iteración 3.

Propiedades de los disipadores	Iteración 3					
	K1	Fy	K1/K2	Exponente	Drift max.	
	tn/m2	m2	m	adim	x	y
TIPO 1 (2SLB350_9)	341339.8	183.08	0.014421	2	0.0034	0.0027
TIPO 1a (2SLB340_5)	176410.9	93.98	0.015467	2		
TIPO 2 (SLB350_9)	170669.9	91.54	0.014421	2		
TIPO 3 (SLB350_6)	125719.5	65.71	0.014740	2		

Tabla 50. Distorsiones en dirección X de la estructura con disipadores SLB, iteración 3.

Iteración 3						
Nivel	Drift	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift max	Drift max < 0.0035
Piso 7	0.0029	0.0024	1.20	Cumple	0.0029	Cumple
Piso 6	0.0032	0.0026	1.23	Cumple	0.0033	Cumple
Piso 5	0.0034	0.0027	1.24	Cumple	0.0034	Cumple
Piso 4	0.0034	0.0027	1.26	Cumple	0.0034	Cumple
Piso 3	0.0032	0.0025	1.28	Cumple	0.0033	Cumple
Piso 2	0.0029	0.0023	1.29	Cumple	0.0030	Cumple
Piso 1	0.0024	0.0018	1.31	No cumple	0.0024	Cumple

Tabla 51. Distorsiones en dirección Y de la estructura con disipadores SLB, iteración 3.

Iteración 3						
Nivel	Drift	Drift promedio	Condición 1		Condición 2	
			Drift max/Drift promedio < 1.3	Estado	Drift max	Drift max < 0.0035
Piso 7	0.0023	0.0016	1.45	No cumple	0.0024	Cumple
Piso 6	0.0025	0.0017	1.46	No cumple	0.0026	Cumple
Piso 5	0.0026	0.0018	1.46	No cumple	0.0027	Cumple
Piso 4	0.0025	0.0017	1.46	No cumple	0.0026	Cumple
Piso 3	0.0023	0.0016	1.44	No cumple	0.0024	Cumple
Piso 2	0.0021	0.0014	1.45	No cumple	0.0022	Cumple
Piso 1	0.0017	0.0012	1.46	No cumple	0.0017	Cumple

La tabla 52 muestra los resultados de las distorsiones de entrepisos de todos los sismos considerados en el análisis para ambas direcciones. Se aprecia que para la dirección x la distorsión de entrepiso más desfavorable se genera con el sismo Caso 2-Lima 1974 y en la dirección Y del mismo modo la distorsión de entrepiso más desfavorable se genera con el sismo Caso 2-Lima 1974. Las figuras 47 y 48 muestran las distorsiones de entrepisos para todos los casos de sismo en la dirección x e y, respectivamente.

Tabla 52. Distorsiones de entrepiso para todos los casos de sismo considerados.

Nivel	Caso 1-Lima 1966		Caso 1-Chimb 1970		Caso 1-Lima 1974		Caso 2-Lima 1966		Caso 2-Chimb 1970		Caso 2-Lima 1974	
	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy
8	0.0026	0.0012	0.0026	0.0013	0.0027	0.0012	0.0029	0.0013	0.0029	0.0014	0.0022	0.0015
7	0.0021	0.0018	0.0021	0.0019	0.0022	0.0018	0.0022	0.0018	0.0026	0.0021	0.0029	0.0024
6	0.0022	0.0019	0.0024	0.0021	0.0025	0.0021	0.0024	0.0019	0.0027	0.0023	0.0033	0.0026
5	0.0023	0.0019	0.0025	0.0022	0.0027	0.0022	0.0025	0.0020	0.0027	0.0024	0.0034	0.0027
4	0.0024	0.0019	0.0026	0.0022	0.0028	0.0023	0.0026	0.0020	0.0030	0.0024	0.0035	0.0026
3	0.0026	0.0019	0.0027	0.0021	0.0028	0.0023	0.0025	0.0020	0.0033	0.0025	0.0033	0.0024
2	0.0027	0.0016	0.0027	0.0019	0.0029	0.0021	0.0025	0.0019	0.0030	0.0024	0.0030	0.0022
1	0.0022	0.0012	0.0022	0.0014	0.0024	0.0016	0.0021	0.0015	0.0022	0.0018	0.0024	0.0017
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 47. Distorsiones máximas de entrepiso en la dirección X con la incorporación de disipadores SLB.

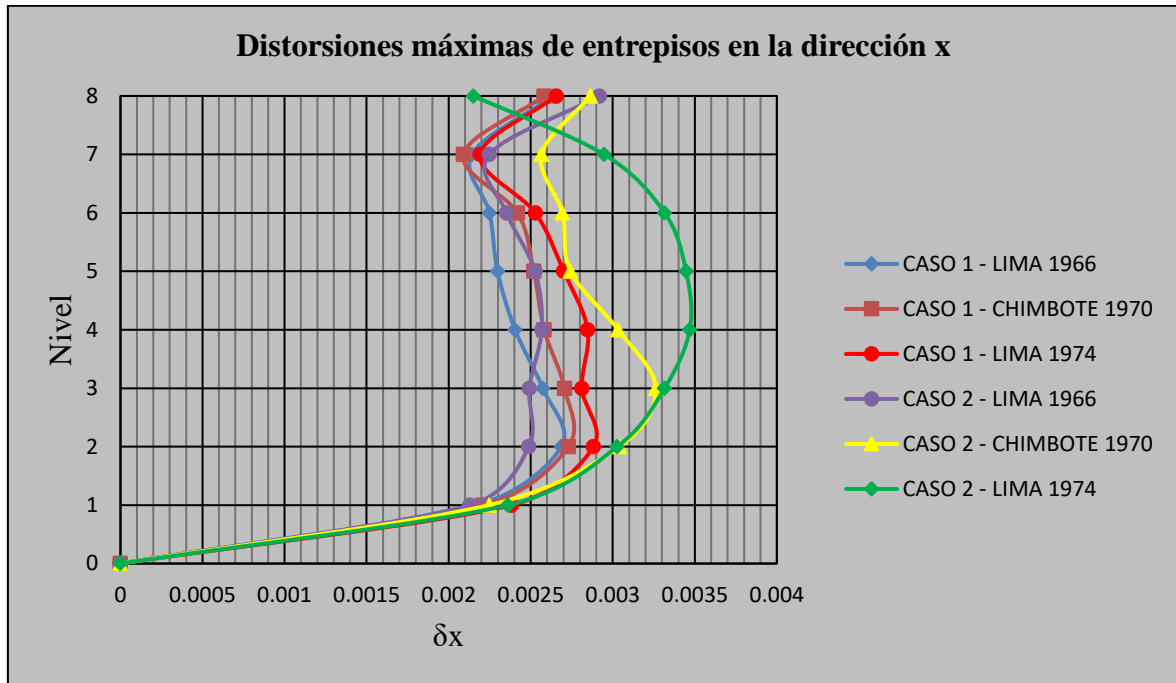
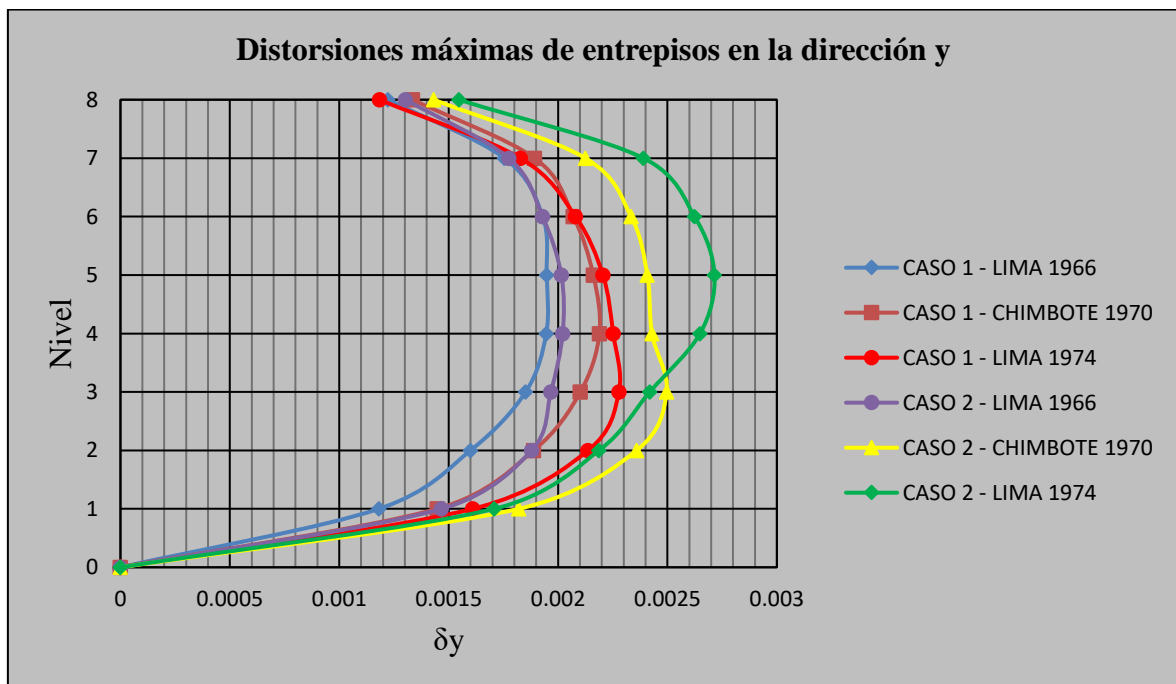


Figura 48. Distorsiones máximas de entrepiso en la dirección Y con la incorporación de disipadores SLB.



Verificación de fuerzas en el disipador

El fabricante de los disipadores SLB recomiendan que la relación demanda capacidad no supere a 1.50, la tabla 53 verifica las fuerzas en el disipador para el sismo más desfavorable en ambas direcciones.

Tabla 53. Verificación de los disipadores SLB.

Nivel	Disipador	Id.	Demanda (tn)	Capacidad (tn)	D/C < 1.50	Estado
Piso 7	SLB3 50_9	K5	106.54	91.54	1.16	Ok
Piso 7	SLB3 50_6	K7	76.42	65.75	1.16	Ok
Piso 7	2SLB3 40_5	K14	116.55	93.98	1.24	Ok
Piso 6	SLB3 50_9	K9	109.05	91.54	1.19	Ok
Piso 6	SLB3 50_6	K11	77.67	65.75	1.18	Ok
Piso 6	2SLB3 40_5	K12	121.07	93.98	1.29	Ok
Piso 5	2SLB3 50_9	K10	230.06	183.08	1.26	Ok
Piso 5	SLB3 50_9	K13	111.08	91.54	1.21	Ok
Piso 5	SLB3 50_6	K15	78.16	65.75	1.19	Ok
Piso 4	2SLB3 50_9	K8	231.36	183.08	1.26	Ok
Piso 4	SLB3 50_9	K16	112.53	91.54	1.23	Ok
Piso 4	SLB3 50_6	K17	77.78	65.75	1.18	Ok
Piso 3	2SLB3 50_9	K6	229.54	183.08	1.25	Ok
Piso 3	SLB3 50_9	K18	112.46	91.54	1.23	Ok
Piso 3	SLB3 50_6	K19	76.49	65.75	1.16	Ok
Piso 2	2SLB3 50_9	K4	224.50	183.08	1.23	Ok
Piso 2	SLB3 50_9	K20	110.85	91.54	1.21	Ok
Piso 2	SLB3 50_6	K21	74.72	65.75	1.14	Ok
Piso 1	SLB3 50_9	K1	109.51	91.54	1.20	Ok
Piso 1	2SLB3 50_9	K2	218.00	183.08	1.19	Ok
Piso 1	SLB3 50_6	K3	73.75	65.75	1.12	Ok

Dimensionamiento del brazo metálico

Para el dimensionamiento del brazo metálico, se considera que el arriostre no debe fallar antes que el disipador, por ello se toma como fuerza actuante la fuerza máxima que puede desarrollar el disipador (F_{max}).

Se realiza el dimensionamiento de los arriostres según las recomendaciones del AISC 360, para secciones HSS no esbeltas se verifica el pandeo por flexión. En las tablas 54 y 55 se determinan las propiedades mecánicas de la sección HSS 60 x 60 x 1.58.

Tabla 54. Propiedades del brazo metálico de los disipadores SLB.

E (kg/cm ²)	f_y (kg/cm ²)	λ	b/t	I (cm ⁴)	A (cm ²)	r (cm)	Estado
2000000	2500	39.60	35.97	210168.70	369.21	23.86	No esbelto

Tabla 55. Dimensiones del perfil del brazo metálico para los disipadores SLB.

b (cm)	t (cm)
60	1.58

Las tablas 56 y 57 muestran el cálculo de la capacidad de los perfiles HSS escogidos, se verifica el pandeo por flexión debido a que la sección clasifica como no esbelta, para todos los casos el perfil escogido cumple.

La capacidad está muy por encima de la demanda, podría estar tentado a reducir las secciones del brazo metálico, sin embargo, se requiere de un brazo metálico con la rigidez necesaria para que el disipador pueda entrar en fluencia.

Tabla 56. Verificación de la capacidad de los brazos metálicos del dissipador metálico SLB.

Nivel	Disipador	Id.	Fmax (tn)	θ	Demanda (tn)	Estado	Longitud (cm)	Fe (kg/cm ²)	Fcr (kg/cm ²)	Capacidad (tn)	Estado
Piso 7	SLB3 50_9	K5	165.32	49.22	126.55	No esbelto	422	63094.90	2458.88	817.07	Ok
Piso 7	SLB3 50_6	K7	120.00	49.22	91.86	No esbelto	565	35198.35	2426.77	806.40	Ok
Piso 7	2SLB3 40_5	K14	173.64	49.22	132.92	No esbelto	463	52415.19	2450.59	814.31	Ok
Piso 6	SLB3 50_9	K9	165.32	49.22	126.55	No esbelto	422	63094.90	2458.88	817.07	Ok
Piso 6	SLB3 50_6	K11	120.00	49.22	91.86	No esbelto	565	35198.35	2426.77	806.40	Ok
Piso 6	2SLB3 40_5	K12	173.64	49.22	132.92	No esbelto	463	52415.19	2450.59	814.31	Ok
Piso 5	2SLB3 50_9	K10	330.64	54.71	286.16	No esbelto	422	63094.90	2458.88	817.07	Ok
Piso 5	SLB3 50_9	K13	165.32	49.22	126.55	No esbelto	565	35198.35	2426.77	806.40	Ok
Piso 5	SLB3 50_6	K15	120.00	49.22	91.86	No esbelto	463	52415.19	2450.59	814.31	Ok
Piso 4	2SLB3 50_9	K8	330.64	49.22	253.11	No esbelto	422	63094.90	2458.88	817.07	Ok
Piso 4	SLB3 50_9	K16	165.32	49.22	126.55	No esbelto	565	35198.35	2426.77	806.40	Ok
Piso 4	SLB3 50_6	K17	120.00	49.22	91.86	No esbelto	463	52415.19	2450.59	814.31	Ok
Piso 3	2SLB3 50_9	K6	330.64	49.22	253.11	No esbelto	422	63094.90	2458.88	817.07	Ok
Piso 3	SLB3 50_9	K18	165.32	54.71	143.08	No esbelto	565	35198.35	2426.77	806.40	Ok
Piso 3	SLB3 50_6	K19	120.00	49.22	91.86	No esbelto	463	52415.19	2450.59	814.31	Ok
Piso 2	2SLB3 50_9	K4	330.64	49.22	253.11	No esbelto	422	63094.90	2458.88	817.07	Ok
Piso 2	SLB3 50_9	K20	165.32	49.22	126.55	No esbelto	565	35198.35	2426.77	806.40	Ok
Piso 2	SLB3 50_6	K21	120.00	49.22	91.86	No esbelto	463	52415.19	2450.59	814.31	Ok
Piso 1	SLB3 50_9	K1	165.32	49.22	126.55	No esbelto	607	30495.92	2415.67	802.71	Ok
Piso 1	2SLB3 50_9	K2	330.64	49.22	253.11	No esbelto	478	49177.15	2447.37	813.24	Ok
Piso 1	SLB3 50_6	K3	120.00	54.71	103.86	No esbelto	514	42529.76	2439.24	810.54	Ok

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados para el sismo Caso 2 lima 1974, el cual resulta ser el más desfavorable para las estructuras analizadas. En el presente capítulo, los resultados presentados a través de los gráficos; muestran en color cian, los resultados del edificio sin disipadores, ni amortiguadores; en color amarillo los resultados del edificio con disipadores; en color verde los resultados del edificio con amortiguadores.

3.1. Desplazamiento de centro de masas

Los desplazamientos en la dirección X se aprecian en la figura 49, mientras que la figura 50, muestra los desplazamientos en la dirección Y.

De las figuras 49 y 50, observamos que el modelo sin disipadores presenta un desplazamiento máximo de 10.26 cm en la dirección X, mientras que los desplazamientos en la dirección Y llegan a un máximo de 5.29 cm. El edificio con disipadores metálicos SLB presenta un desplazamiento máximo de 4.68 cm en la dirección X y 3.30 cm en la dirección Y. Para el caso de la estructura con amortiguadores de fluido viscoso los desplazamientos del centro de masa en la dirección X fueron 4.54 cm y en la dirección Y fueron 2.93 cm.

Con la implementación de los disipadores metálicos los desplazamientos máximos en la dirección X se redujeron un 54% y 38% para la dirección Y.

Con la implementación de los amortiguadores de fluido viscoso los desplazamientos máximos en la dirección X se redujeron un 54% y 45% para la dirección Y.

Figura 49. Desplazamiento de centro de masas en la dirección X con la incorporación de disipadores SLB.

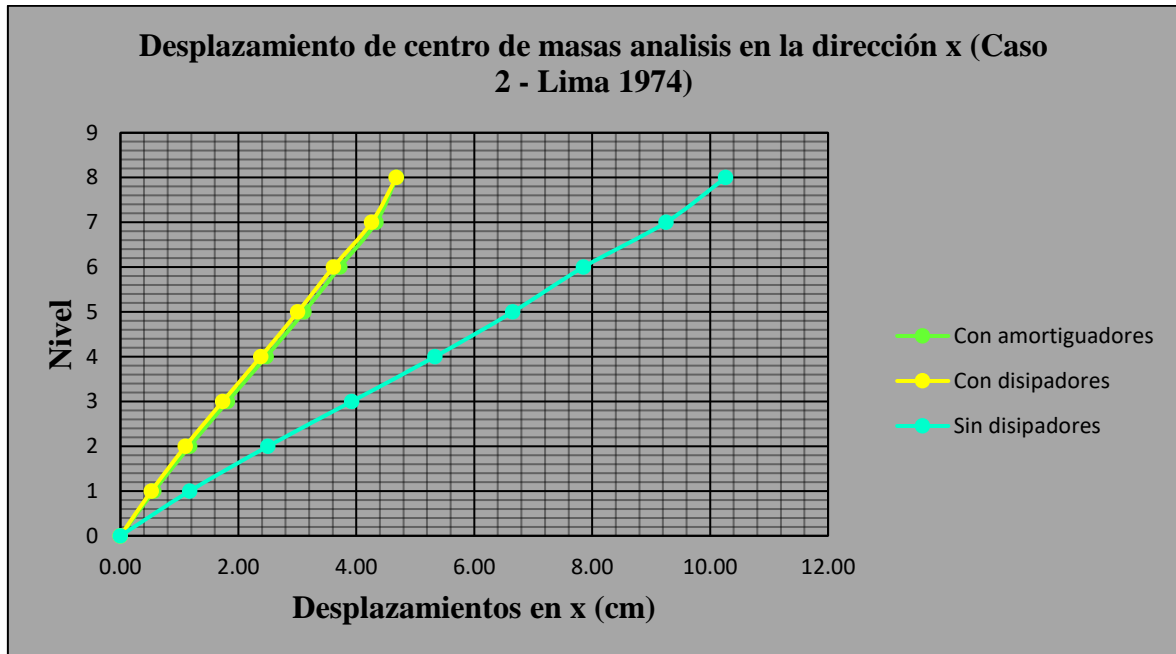
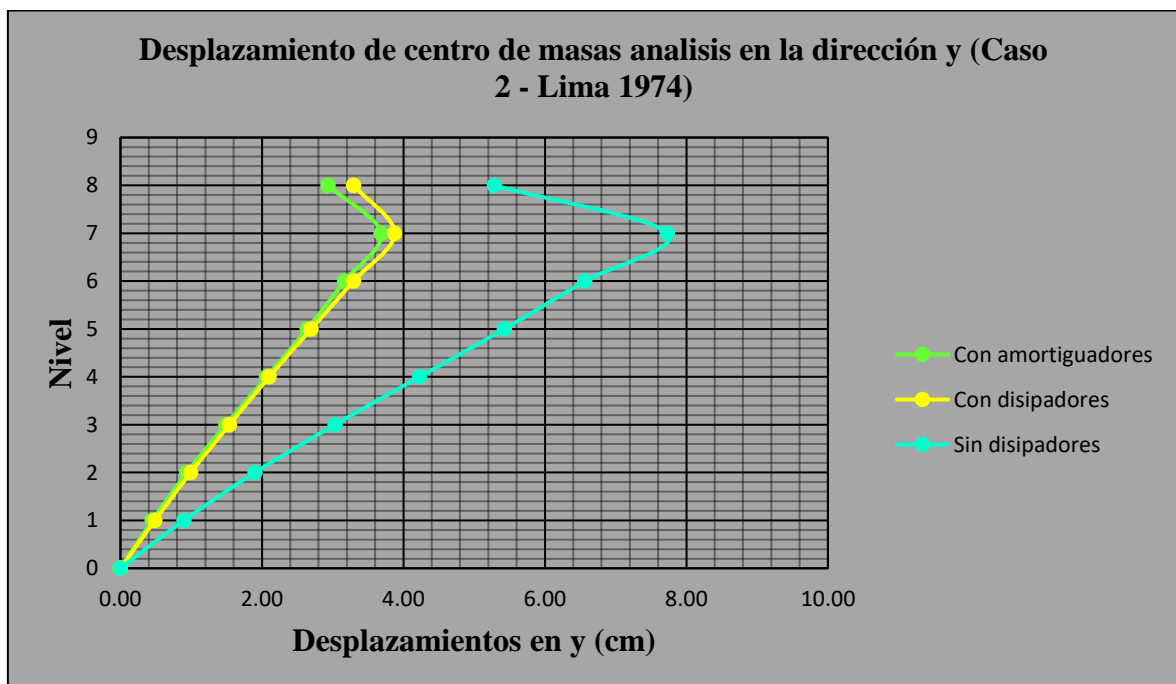


Figura 50. Desplazamiento de centro de masas en la dirección Y con la incorporación de disipadores SLB.



3.2. Distorsiones de Entrepisos

A continuación, se muestran los resultados de la influencia de la incorporación de amortiguadores y disipadores, la línea azul representa la distorsión máxima permitida por la norma E.030 y la línea roja representa la distorsión máxima para la protección sísmica.

Del gráfico 51 y 52, se observa que el modelo sin disipadores supera el límite permisible de las distorsiones de la norma e.030 en 14 % para la dirección X, mientras en la dirección Y las distorsiones superan en 20% el límite para la protección sísmica.

El modelo con la incorporación disipadores metálicos se encuentra por debajo del límite de protección sísmica en un 35% para la dirección X y 46% para la dirección Y.

El modelo con la incorporación amortiguadores de fluido viscoso se encuentra por debajo del límite de protección sísmica en un 32% para la dirección X y 45% para la dirección Y.

Figura 51. Distorsiones máximas de entrepiso en la dirección X con la incorporación de disipadores SLB.

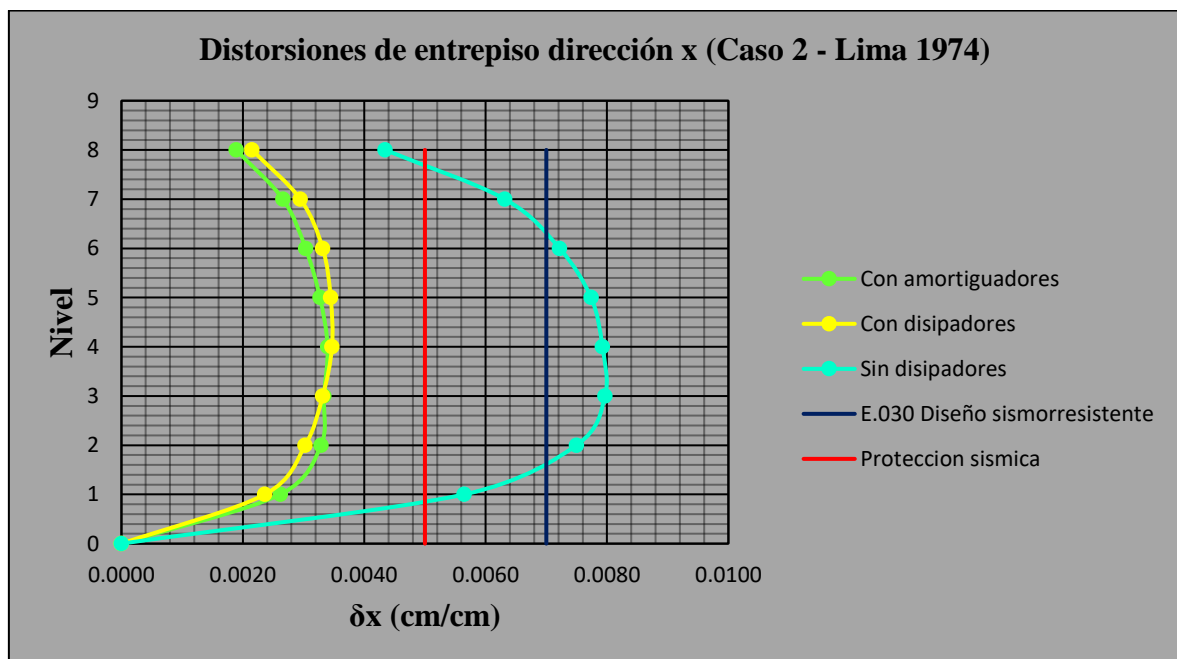
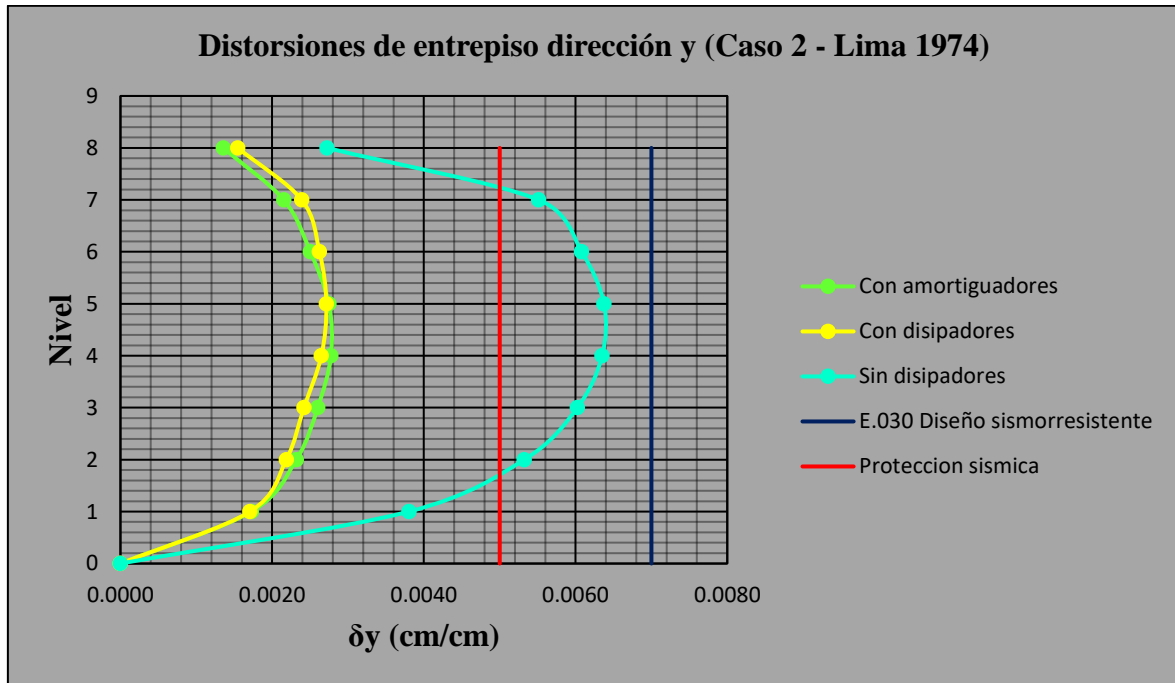


Figura 52. Distorsiones máximas de entrepiso en la dirección Y con la incorporación de disipadores SLB.



3.3. Energía disipada.

En la tabla 57 se aprecian los resultados de la cantidad de energía disipada por cada componente de la estructura. La tabla 58 muestra el porcentaje de energía disipada por los dispositivos sísmicos para el caso 2 del sismo de lima 1974. La energía disipada por el amortiguador de fluido viscoso es mayor que la energía disipada por los dispositivos metálicos.

Tabla 57. Componentes de energía global.

	Energía de entrada (tn m)	Energía cinética (tn m)	Energía potencial (tn m)	Amortiguamiento (tn m)	Energía disipada (tn m)
Disipador metálico	1094.01	42.98	44.64	671.94	421.86
Amortiguador fluido viscoso	1043.84	31.90	29.90	256.74	786.78

Tabla 58. Porcentaje de energía global disipada.

	Energía disipada (%)
Disipador metálico	34%
Amortiguador fluido viscoso	75%

3.4. Fuerzas Axiales de Compresión en Columnas y arriostres

En las figuras 53 y 54 se muestran los resultados de la influencia de la incorporación de amortiguadores y disipadores sobre las fuerzas axiales en los arriostres y en las columnas.

Se observa que el modelo sin disipadores presenta 496.59 toneladas de fuerza axial en su arriostre más cargado, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 22%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza axial se redujo un 51%.

El modelo sin disipadores presenta 1027.30 toneladas de fuerza axial en su columna más cargada, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 33%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza axial se redujo un 64%.

Figura 53. Fuerzas axiales en arriostres.

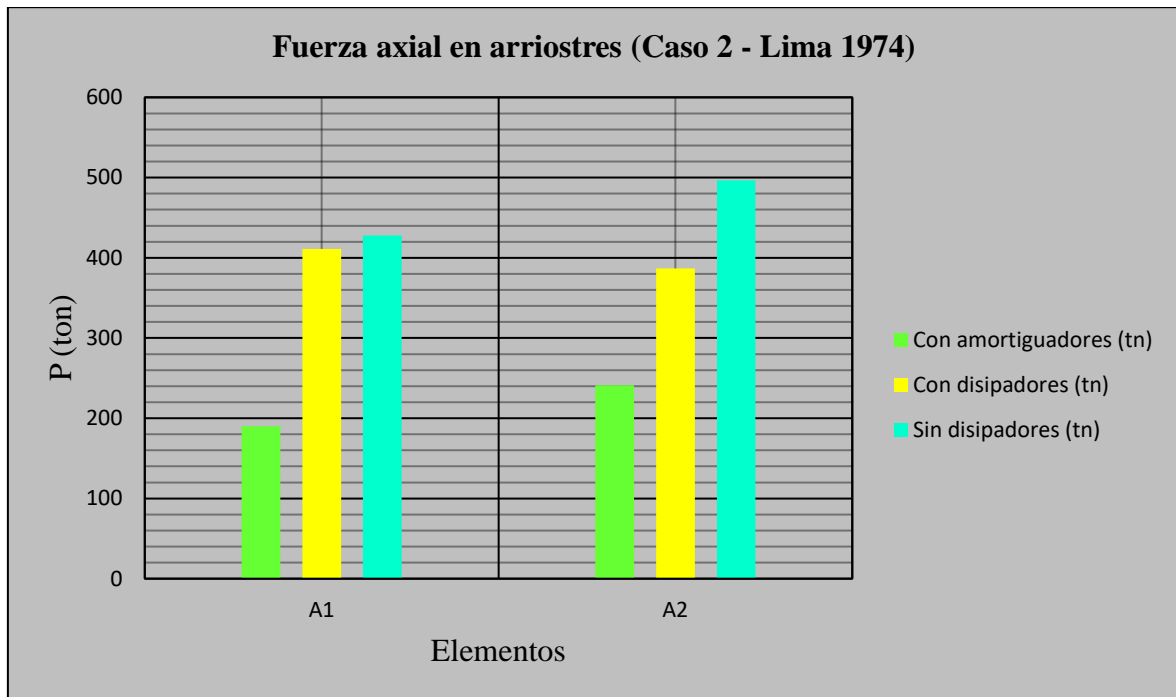
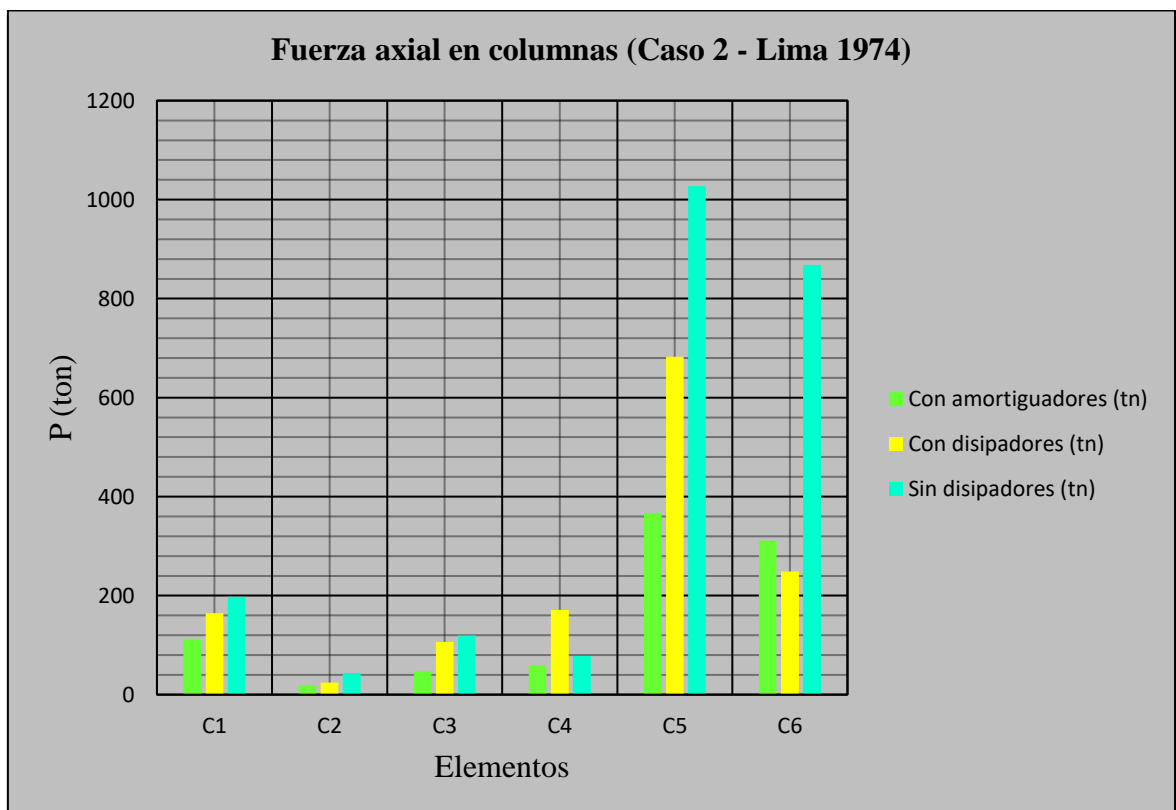


Figura 54. Fuerzas axiales en columnas



3.5. Fuerzas Cortantes en Placas y Vigas.

En las figuras 55 y 56 se muestran los resultados de la influencia de la incorporación de amortiguadores y disipadores sobre las fuerzas cortantes en placas y vigas, respectivamente.

Para la placa P1, se observa que el modelo sin disipadores presenta 2428.54 toneladas de fuerza cortante, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia un incremento de un 4%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza cortante se redujo un 24%.

En cuanto a la placa P2, se observa que el modelo sin disipadores presenta 864.50 toneladas de fuerza cortante, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 54%, del mismo modo, con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza cortante se redujo un 54%.

Para la viga más cargada V5, se observa que el modelo sin disipadores presenta 112.62 toneladas de fuerza cortante, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 64%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza cortante se redujo un 59%.

Figura 55. Cortante en placas.

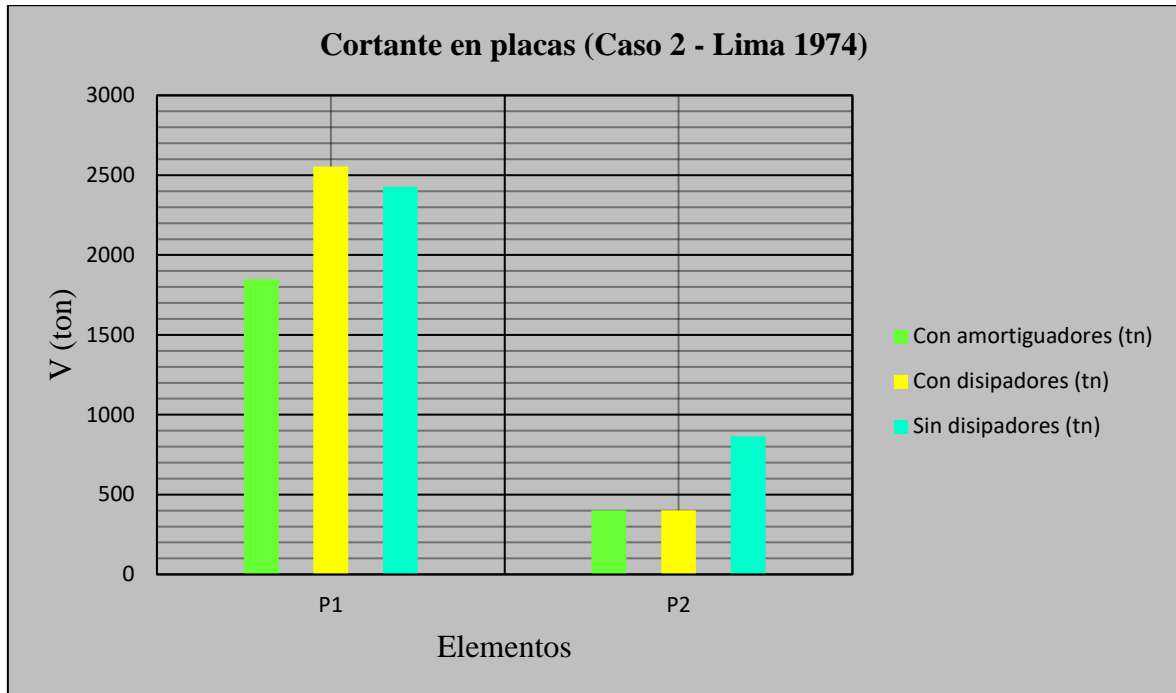
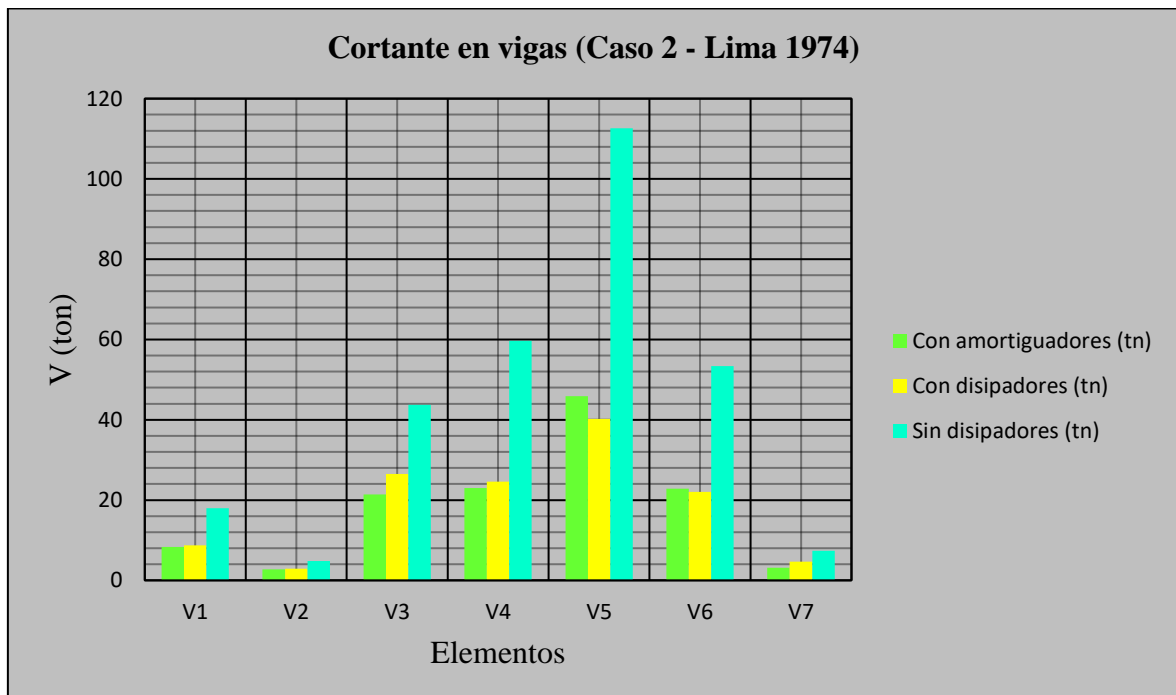


Figura 56. Cortante en vigas.



3.6. Momentos Flectores Positivos en Placas y Vigas.

En las figuras 57 y 58 se muestran los resultados de la influencia de la incorporación de amortiguadores y disipadores sobre los momentos flectores positivos en placas y vigas, respectivamente.

Para la placa P1, se observa que el modelo sin disipadores presenta 37440 ton m de momento flector positivo, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 15%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso el momento flector se redujo un 40%.

En cuanto a la placa P2, se observa que el modelo sin disipadores presenta 3136 ton m de momento flector positivo, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 46%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza cortante se redujo un 49%.

Para la viga más cargada V5, se observa que el modelo sin disipadores presenta 196.21 ton m de momento flector positivo, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 64%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso el momento flector se redujo un 59%.

Figura 57. Momentos positivos en placas.

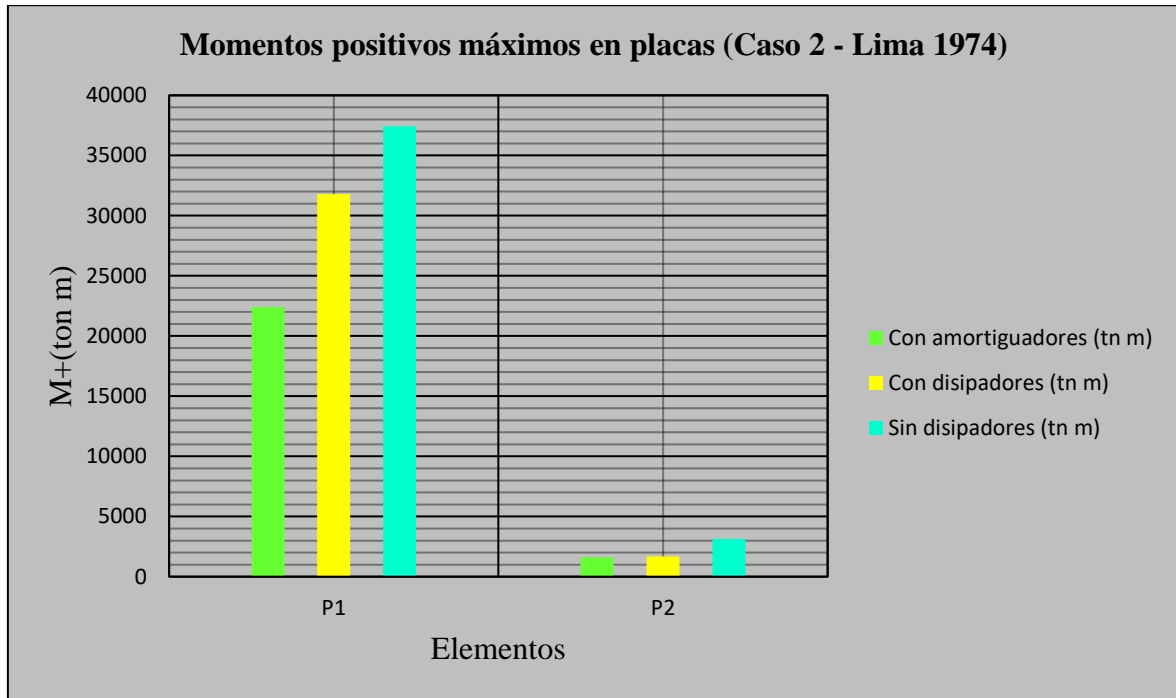
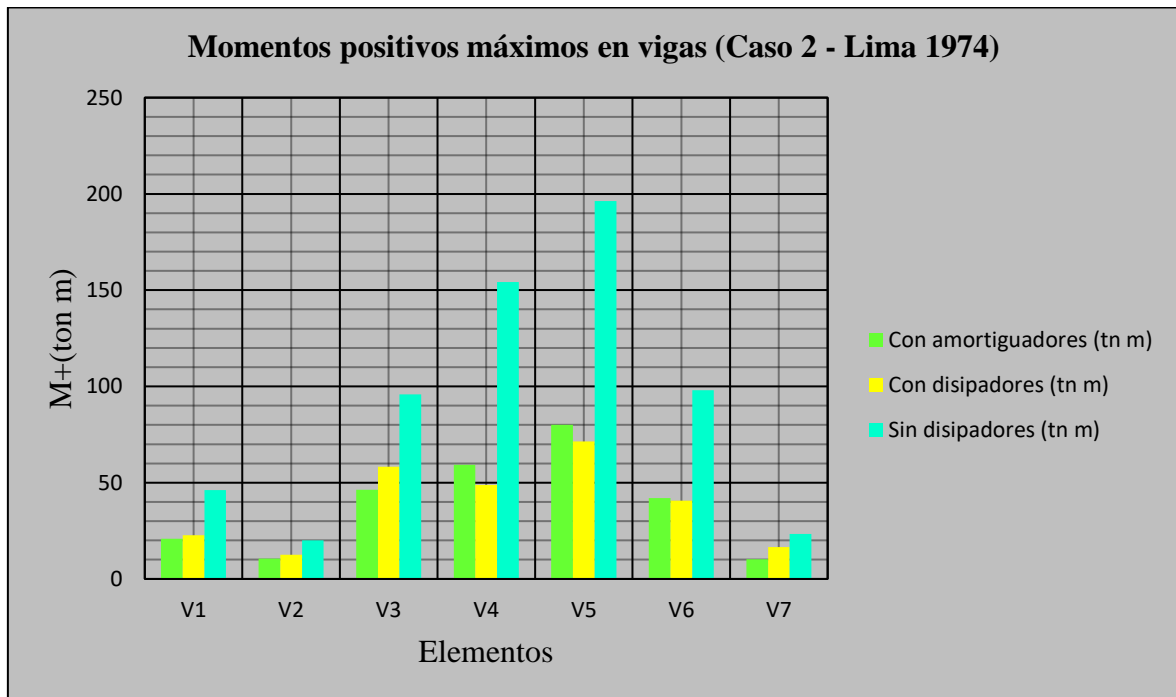


Figura 58. Momentos positivos en vigas.



3.7. Momentos Flectores Negativos en Placas y Vigas.

En las figuras 59 y 60 se muestran los resultados de la influencia de la incorporación de amortiguadores y disipadores sobre los momentos flectores negativos en placas y vigas, respectivamente.

Para la placa P1, se observa que el modelo sin disipadores presenta 46742 ton m de momento flector negativo, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 20%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso el momento flector se redujo un 35%.

En cuanto a la placa P2, se observa que el modelo sin disipadores presenta 4151 ton m de momento flector negativo, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 50%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza cortante se redujo un 53%.

Para la viga más cargada V5, se observa que el modelo sin disipadores presenta 177.68 ton m de momento flector negativo, mientras que con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 62%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso el momento flector se redujo un 59%.

Figura 59. Momentos negativos en placas.

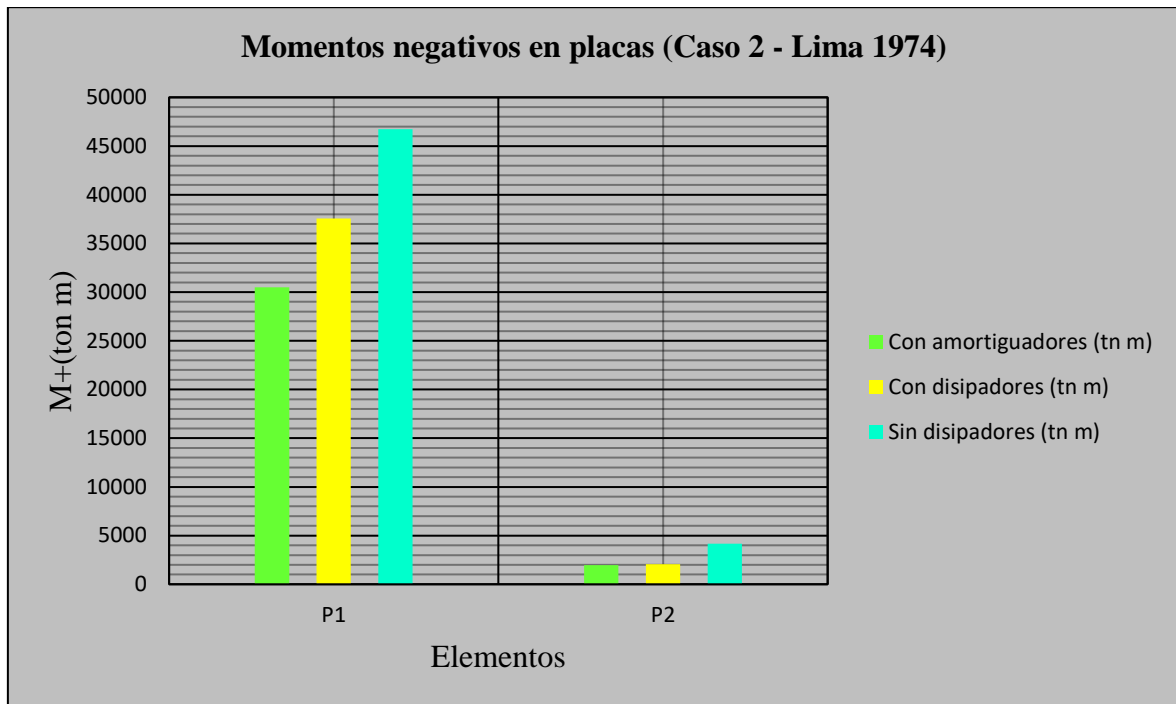
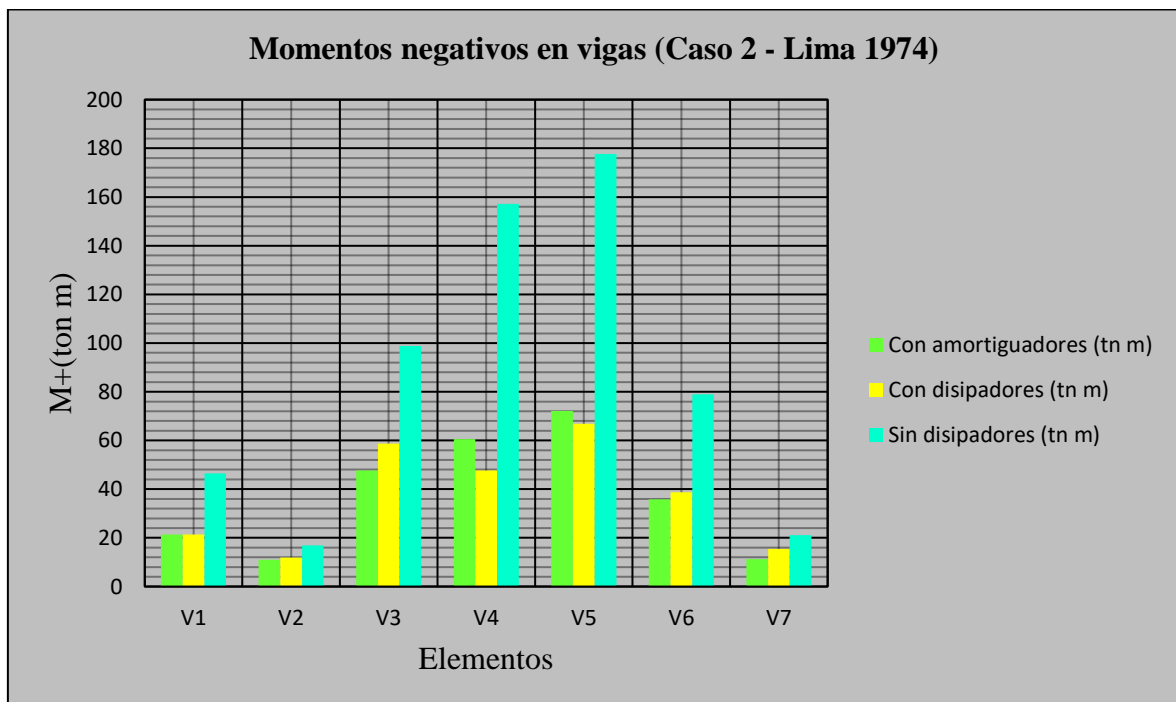


Figura 60. Momentos negativos en vigas.



Las tablas 59 y 60 resumen los resultados de la tesis ya descritos con anterioridad, las tablas presentan los porcentajes de reducción de cada indicador en función de la estructura sin disipadores, ni amortiguadores.

Tabla 59. Porcentaje de reducción de desplazamientos de centros de masas y distorsiones de entrepiso, respecto a la estructura sin disipadores.

PORCENTAJE DE REDUCCIÓN RESPECTO A LA ESTRUCTURA SIN DISIPADORES				
INDICADORES	DISIPADORES SLB		AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO	
	DIRECCIÓN X	DIRECCIÓN Y	DIRECCIÓN X	DIRECCIÓN Y
Desplazamiento de centro de masas	54%	38%	54%	45%
Distorsiones de entrepisos	35%	46%	32%	45%

Tabla 60. Porcentaje de reducción de fuerzas internas, respecto a la estructura sin disipadores.

PORCENTAJE DE REDUCCIÓN RESPECTO A LA ESTRUCTURA SIN DISIPADORES		
INDICADORES	DISIPADORES SLB	AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO
Fuerzas axiales en columnas	22%	51%
Fuerzas axiales en arriostres	33%	64%
Fuerzas cortantes en placas	54%	54%
Fuerzas cortantes en vigas	64%	59%
Momentos flectores + en placas	46%	49%
Momentos flectores + en vigas	64%	59%
Momentos flectores - en placas	50%	53%
Momentos flectores - en vigas	62%	59%

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Desplazamientos de centro de masas

- De los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se determinaron que los desplazamientos de centros de masas en el disipador metálico como en el amortiguador de fluido viscoso se redujeron un 54% para la dirección X. En cuanto a los resultados del análisis en la dirección Y los desplazamientos se redujeron un 38% para los disipadores metálicos y 45% para los amortiguadores de fluido viscoso.

Casana C. (2018), logro reducir los desplazamientos de los centros de masas entre 46% y 53% con amortiguadores de fluido viscoso, porcentaje similar a los obtenidos en la presente tesis.

Distorsiones de entrepisos

- De los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se determinó que la distorsión de entrepiso máximo en la dirección X, en el disipador metálico como con el amortiguador se redujo a 3.4 (por mil), mientras que en la dirección Y se redujo a 2.7 (por mil).

Bozzo, L. et al (2020) logro reducir las distorsiones a 4 por mil, las distorsiones obtenidas son similares y corresponden a un nivel de seguridad elevado, para disipadores metálicos SLB.

Las reducciones de las respuestas se deben a la incorporación de amortiguamiento para el caso de los amortiguadores de fluido viscoso y a la incorporación de rigidez y amortiguamiento para el caso de los disipadores metálicos, Villarreal y Oviedo explican que “la adición de sistemas de disipación de energía resultará en una reducción de la distorsión”. (p.13).

Energía disipada

- El porcentaje de energía disipada global para el caso de disipadores metálicos fue de 39%, Quispe y García (2019), obtuvieron valores similares entre 35% y 49% de disipación de energía para disipadores metálicos SLB.

Para el caso de los amortiguadores de fluido viscoso la energía disipada global fue de 75%. Guevara y Torres (2012) obtuvieron resultados de 79% de energía disipada explican que “el gran porcentaje de energía disipada corresponde a la gran cantidad de disipadores suministrados”. (p 86).

Fuerzas axiales

- Con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso, las fuerzas axiales se redujeron en 64%, mientras que con disipadores metálicos las fuerzas axiales se redujeron en 34%. En la investigación realizada por Diaz Marco (2014), la fuerza axial en la columna más cargada se redujo 33.51% con el empleo de amortiguadores de fluido viscoso.

En el estudio realizado por Villarreal y Oviedo (2009), los amortiguadores de fluido viscoso redujeron en mayor medida las fuerzas axiales que otros tipos de disipadores. Los resultados reafirman lo descrito líneas arriba pues los amortiguadores de fluido viscoso controlaron mejor las fuerzas axiales en columnas.

Fuerzas cortantes

La placa P1 es el elemento vertical más solicitado a fuerzas cortantes; con la implementación de disipadores metálicos las fuerzas cortantes aumentan 5%. Debido a que se aumenta ligeramente la rigidez lateral de la estructura. Mientras que con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso las fuerzas cortantes se redujeron un 24%.

La investigación realizada por Diaz Marco (2014) muestra reducciones en placas de 41.83% con la adición de amortiguadores de fluido viscoso.

La viga V5 representa al elemento horizontal más solicitado a fuerzas cortantes, con la implementación de disipadores metálicos se aprecia una reducción del 64%, mientras que con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la fuerza cortante se redujo un 59%. Los disipadores metálicos redujeron las fuerzas cortantes en vigas en mayor medida que los amortiguadores de fluido viscoso.

Momentos flectores

La placa P1 es el elemento vertical más solicitado a fuerzas de flexión, se observa que con la implementación de disipadores metálicos existe una reducción del 20%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la reducción es de 35%. En la investigación de Diaz Marco (2014) se lograron reducir los momentos flectores en las placas un 42.84%. Valores similares para el caso de la implementación de amortiguadores de fluido viscoso.

La viga V5 es el elemento horizontal más solicitado a fuerzas de flexión, se observa que con la implementación de disipadores metálicos existe una reducción del 62%, y con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso la reducción es de 59%. Esto demuestra que para esta investigación, los disipadores metálicos lograron controlar mejor las fuerzas en las vigas, mientras que los amortiguadores de fluido viscoso lograron controlar mejor las fuerzas en las placas.

4.2. Conclusiones

- Se ha determinado que los desplazamientos del centro de masa en el punto más alto del edificio, con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyó en 54% en la dirección “X” y en 45% en la dirección “Y”, así mismo, para el sistema del disipador metálico disminuyó en 54% en la dirección “X” y en 38% para la dirección “Y”, según las figuras N° 49 y N° 50, verificándose que el sistema de amortiguamiento influye en similar magnitud que el sistema de disipación con dispositivos metálicos.
- Se ha determinado que las distorsiones máximas del edificio, con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyó en 58% en la dirección “X” y en 59% en la dirección “Y”, así mismo, para el sistema del disipador metálico disminuyó en 58% en la dirección “X” y en 59% para la dirección “Y”, según las figuras N° 51 y N° 52, verificándose que el sistema de amortiguamiento influye en similar magnitud que el sistema de disipación con dispositivos metálicos.
- Se ha determinado que el porcentaje de la energía disipada con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso es 75%, así mismo, para el sistema disipador metálico es 39%, según la tabla N° 58, verificándose que el sistema de amortiguamiento influye significativamente con una disminución adicional de 36%.
- Se ha determinado que las fuerzas axiales en las columnas con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyó en 64%, así mismo, para el sistema disipador metálico 34%, según la figura N° 54, verificándose que el sistema de amortiguamiento influye significativamente con una disminución adicional de 31%.

- Se ha determinado que las fuerzas cortantes en placas con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyeron en 24%, así mismo, para el sistema de disipador metálico incremento 5%, según la figura N° 55, verificándose que el sistema de amortiguamiento influye significativamente con una disminución adicional de 24%.
- Se ha determinado que las fuerzas cortantes en vigas con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyeron en 59%, así mismo, para el sistema de disipador metálico 64%, según la figura N° 56, verificándose que el sistema de disipación con dispositivos metálicos presenta una disminución adicional de 5%.
- Se ha determinado que los momentos flectores en placas con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyeron en 35%, así mismo para el sistema de disipador metálico 20%, según la figura N° 59, verificándose que el sistema de amortiguadores presenta una disminución adicional de 15%.
- Se ha determinado que los momentos flectores en vigas con el sistema de amortiguamiento de fluido viscoso disminuyeron en 59%, así mismo, para el sistema de disipador metálico 64%, según la figura N° 58, verificándose que el sistema de disipación con dispositivos metálicos presenta una disminución adicional de 4%.
- Se determinó que los amortiguadores de fluido viscoso lograron disipar mayor energía sísmica que los disipadores metálicos SLB, además, los amortiguadores de fluido viscoso redujeron las fuerzas internas en columnas y placas en mayor medida que los disipadores SLB, mientras que los disipadores SLB controlaron mejor las fuerzas internas en vigas. Finalmente, el sistema de amortiguadores de fluido viscoso presenta mayores ventajas en la respuesta estructural.

4.3. Costo de implementación

A continuación, se estima el costo de implementación de los amortiguadores de fluido viscoso en la tabla 61 y de los disipadores metálicos SLB en la tabla 62.

Tabla 61. Costo de implementación de amortiguadores de fluido viscoso

TIPO DE CAMBIO		4.01				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$/)	Parcial (\$/)
1	AMORTIGUADORES					\$/ 814,030.00
1.1	Amortiguadores de fluido viscoso de 1500 KN	und	7.00	\$ 10,000.00	\$/ 40,100.00	\$/ 280,700.00
1.2	Amortiguadores de fluido viscoso de 1000 KN	und	14.00	\$ 9,500.00	\$/ 38,095.00	\$/ 533,330.00
2	ESTRUCTURAS METÁLICAS					\$/ 289,019.68
2.1	Arrioste metálico	kg	17,438.73		\$/ 16.00	\$/ 279,019.68
2.2	Conexiones	glb	1.00		\$/ 10,000.00	\$/ 10,000.00
Costo directo						\$/ 1,103,049.68
Área techada (m2)						4139.36
Ratio						266.48

Tabla 62. Costo de implementación de disipadores metálicos SLB

TIPO DE CAMBIO		4.01				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$/)	Parcial (\$/)
1	DISIPADORES METÁLICOS					\$/ 73,784.00
1.1	Disipador metálico SLB3 50_9	und	7.00	\$ 750.00	\$/ 3,007.50	\$/ 21,052.50
1.2	Disipador metálico SLB3 50_6	und	7.00	\$ 550.00	\$/ 2,205.50	\$/ 15,438.50
1.3	Disipador metálico 2SLB3 40_5	und	2.00	\$ 900.00	\$/ 3,609.00	\$/ 7,218.00
1.4	Disipador metálico 2SLB3 50_9	und	5.00	\$ 1,500.00	\$/ 6,015.00	\$/ 30,075.00
2	ESTRUCTURAS METÁLICAS					\$/ 965,264.05
2.1	Arrioste metálico	kg	59,704.00		\$/ 16.00	\$/ 955,264.05
2.2	Conexiones	glb	1.00		\$/ 10,000.00	\$/ 10,000.00
Costo directo						\$/ 1,039,048.05
Área techada (m2)						4139.36
Ratio						251.02

De las tablas 61 y 62, podemos observar que, el costo de implementación asciende a S/1'103,049.68 para el caso de los amortiguadores de fluido viscoso; mientras que, para el caso de los disipadores metálicos SLB S/1'039,048.05, siendo el disipador SLB S/ 64,001.63 más barato que el amortiguador (5.8% más económico). También se debe considerar que, en el caso de los amortiguadores de fluido viscoso, estos redujeron la respuesta sísmica en mayor medida que los disipadores metálicos, por lo tanto, existe una reducción de cuantías de acero. Respecto al mantenimiento, los proveedores de ambos productos indicaron que los dispositivos no requieren mantenimiento periódico, sin embargo, si se debe dar mantenimiento al arrioste metálico, el cual consiste en un mantenimiento convencional para estructuras metálicas por temas de deterioro del recubrimiento.

REFERENCIAS

1. Aguiar Falconi, R. (2008). Análisis sísmico de edificios. Editorial Escuela politécnica del ejército.
2. Aguiar Falconi, R. (2016). Análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía ADAS o TADAS. Editor A.H. Barbat
3. Boumechra, N. & Abdelouahab, R. (2014). Study of nonlinear fluid viscous dampers behaviour in seismic steel structures design. (Artículo publicado en Arabian journal for science and engineering).
4. Bozzo Rotondo et al (2016). Análisis sísmico de bloque estructural 4 de UEFA – ESPE con disipadoresde energía Shear Link Bozzo. (Artículo publicado por universidad de las fuerzas armadas ESPE).
5. Bozzo Rotondo, L. & Gaxiola, G. (2015). El conpeto rigido – flexible – ductil y las conexiones SLB. (Paper publicado en el congreso nacional de ingeniería sísmica en México).
6. Bozzo Rotondo, L. & Hurtado, F. (2008). Numerical and experimental analysis of a shear-link energy dissipator for seismic protection of buildings. (Paper publicado en The 14th world conference on earthquake engineering).
7. Bozzo Rotondo, L. et al (2015). A seismic resistant precast r.c. system equipped with shear link dissipators for residential buildings. (Artículo publicado en International Journal of civil and structural engineering).
8. Bozzo Rotondo, L. et al (2019). Modeling, analysis and seismic design of structures using energy dissipators SLB. (Artículo publicado en International symposium on earthquake engineering).

9. Bozzo Rotondo, L. & Barbat, A. (2004). Diseño sismorresistente de edificios. Editorial Reverté.
10. Bozzo Rotondo; L. et al (2020). Comparison of seismic design procedures for structures equipped with hysteretic dampers. (Paper publicado por 17th world conference on earthquake engineering).
11. Bozzo Rotondo; L. et al (2020). Experimental vs numerical correlation for a shaking table test of a concrete precast model structure equipped with SLB devices. (Paper publicado por 17th world conference on earthquake engineering).
12. Bozzo Rotondo; L. et al (2020). Numerical analysis and experimental correlation of uncoupled concrete walls incorporating SLB. (Paper publicado por 17th world conference on earthquake engineering).
13. Bozzo Rotondo; L. et al (2020). Precast buildings equipped with SLB seismic devices. (Paper publicado por 17th world conference on earthquake engineering).
14. Bozzo Rotondo, L. et al (2019). Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB. (Manual de diseño del proveedor Luis Bozzo estructuras y proyectos).
15. Carlo Marano, G. & Greco, R. (2015). Identification of parameters of Maxwell and Kelvin – Voigt generalized models for fluid viscous dampers. (Artículo publicado en journal of vibration and control).
16. Casana Marino, G. (2018). Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con disipadores de energía en la ciudad de Tumbes – 2018. (Tesis para optar el título de ingeniero civil), Universidad Privada del Norte, Perú.
17. Ciliento, F. (2018). Development of seismic design procedures for building structures equipped with SLB metallic hysteretic dampers. (Tesis para optar el grado

- de Maestría en ingeniería estructural), Università Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia.
18. Cheng, F. et al (2008). Smart structures. Editor CRC press / Taylor & francis group.
 19. Computer and structures (2017). Analysis reference manual. (Manual de uso).
 20. Computer and structures (2017). Software verification manual. (Manual de uso).
 21. Diaz la Rosa Sanchez, M. (2014). Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos. (Tesis para optar el título de ingeniero civil), Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
 22. Fuentes Sadowski, J. (2015). Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso. (Tesis para optar el título de ingeniero civil), Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
 23. Genatios, C. & Lafuente, M. (2016). Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras. Editor CAF – Banco de desarrollo de américa latina.
 24. Guevara Huatuco, D. & Torres Arias, P. (2012). Diseño de un edificio aporticado con amortiguadores de fluido viscoso en disposición diagonal. (Tesis para optar el título de ingeniero civil), Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
 25. Lasevoli, R. (2018). The use and design of shear kink bozzo energy dissipation devices for seismic protection of precast R.C. buildings. (Tesis para optar el grado de Maestría en ingeniería estructural), Università Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia.
 26. Liang, Z. et al (2012). Structural damping applications in seismic response modification. Editor CRC press / Taylor & francis group.

27. Melli Piralla, R. & Bazán Zurita E. (2002). Diseño sísmico de edificios. Editorial Limusa.
28. Quispe Huaman, C. & Garcia Urrutia, P. (2019). Reforzamiento sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima. (Tesis para optar el título de ingeniero civil), Universidad Ricardo Palma, Perú.
29. Segovia David, J. (2016). Diseños de disipadores de energía metálicos para una edificación de baja altura de concreto armado. (Tesis para optar el grado de magíster), Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
30. Shin Hwang, J. Seismic design of structures with viscous dampers. (Artículo del International training programs for seismic design of building structures hosted by national center for research on earthquake engineering sponsored by department of international programs, national science council.
31. Somarriba Lopez, M. (2012). Efecto de los disipadores metálicos de energía tipo Adas y Tadas en la respuesta sísmica de un edificio irregular. (Monografía para optar el título de ingeniero civil), Universidad nacional de ingeniería, Nicaragua.
32. Taylor devices inc. (2020). Fluid viscous dampers general guidelines for engineers including a brief history. (Manual de diseño del proveedor Taylor devices).
33. Villarreal Castro, G. & Oviedo Sarmiento, R. (2009). Edificaciones con disipadores de energía. Libro premio nacional ANR 2008.
34. Villarreal Castro, G. & La rosa Sanchez, M. (2016). Edificaciones con disipadores viscosos. Editora gráfica norte SRL.

ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título:

"RESPUESTA SÍSMICA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO Y DISIPADORES METÁLICOS SLB, EN EL EDIFICIO SAN BORJA AMP, LIMA 2020"

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES (UNIDAD)
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES DE VARIABLES	INDICADORES DE VARIABLES
¿De qué manera influye en la respuesta sísmica la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020?	Determinar la influencia en la respuesta sísmica con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020	La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará la respuesta sísmica en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso	Variable independiente: Implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB	Amortiguadores de fluido viscoso	Coeficiente de amortiguamiento (ton s/m)
					Rigidez del disipador (ton/m)
					Parámetro α (adimensional)
				Disipadores metálicos SLB	Rigidez elástica (ton/m)
					Rigidez post fluencia (ton/m)
Fuerza de fluencia (ton)					
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Variable dependiente: Respuesta sísmica	Parámetros sísmicos	Desplazamientos del centro de masa (cm)
¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB sobre los desplazamientos del centro de masa, en el edificio San borja AMP en lima 2020?	Determinar la influencia de los desplazamientos del centro de masa con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020	La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará los desplazamientos del centro de masa en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso			
¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB sobre las distorsiones, en el edificio San borja AMP en lima 2020?	Determinar la influencia de la distorsión con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020	La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará la distorsión en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso			

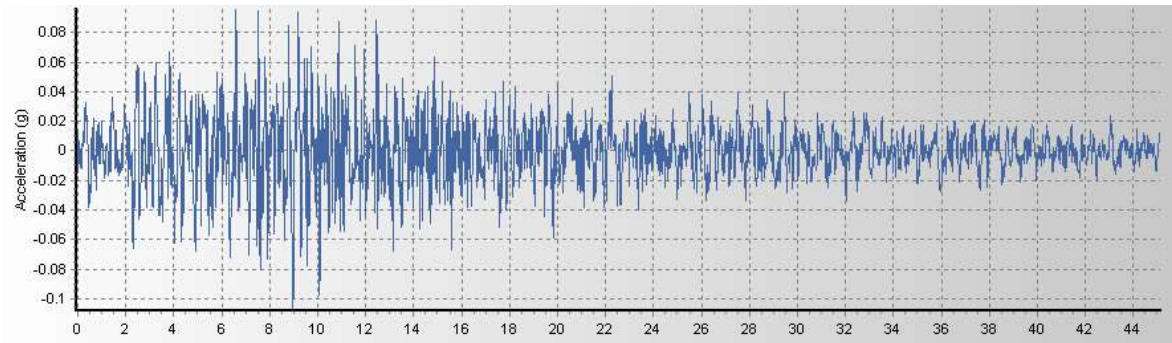
<p>¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB sobre la energía disipada, en el edificio San borja AMP en lima 2020?</p>	<p>Determinar la influencia de la energía disipada con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020</p>	<p>La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará la energía disipada en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso</p>			<p>Energía disipada (ton m)</p>
<p>¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB sobre las fuerzas axiales en columnas, en el edificio San borja AMP en lima 2020?</p>	<p>Determinar la influencia de las fuerzas axiales en columnas con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020</p>	<p>La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará las fuerzas axiales en columnas en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso</p>		<p>Fuerzas en los elementos estructurales</p>	<p>Axial en columnas (ton)</p>
<p>¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB sobre los cortantes en vigas y placas, en el edificio San borja AMP en lima 2020?</p>	<p>Determinar la influencia de los cortantes en vigas y placas con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020</p>	<p>La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará los cortantes en vigas y placas en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso</p>			<p>Cortante en vigas y placas (ton)</p>

<p>¿De qué manera influye la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB sobre los momentos flectores en vigas y placas, en el edificio San borja AMP en lima 2020?</p>	<p>Determinar la influencia de los momentos flectores en vigas y placas con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB, en el edificio San borja AMP en lima 2020</p>	<p>La implementación de disipadores metálicos SLB mejorará los momentos flectores en vigas y placas en el edificio San borja AMP en lima 2020 en mayor proporción que los amortiguadores de fluido viscoso</p>			<p>Momentos flectores en vigas y placas (ton m)</p>
--	--	--	--	--	---

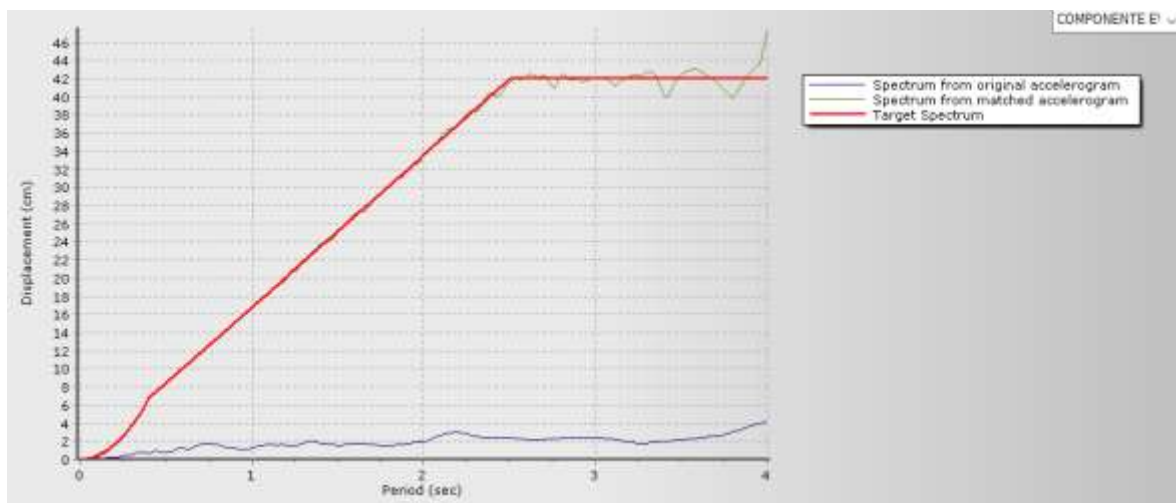
ANEXO N°2: ESCALAMIENTO DE SISMOS

▪ **Sismo de Chimbote 1970 dirección este – oeste (EW).**

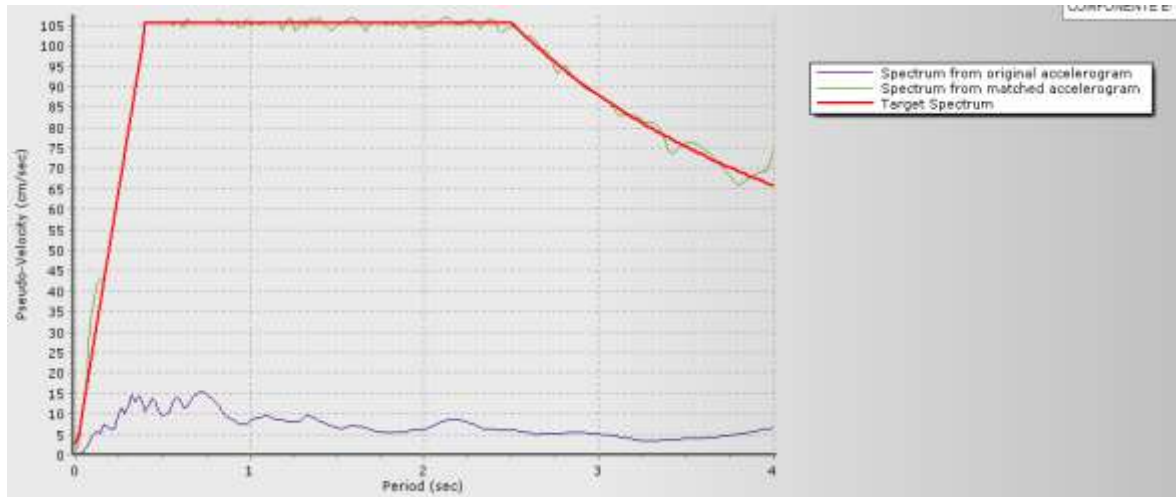
Registro de aceleraciones del sismo de Chimbote 1970 dirección este – oeste.



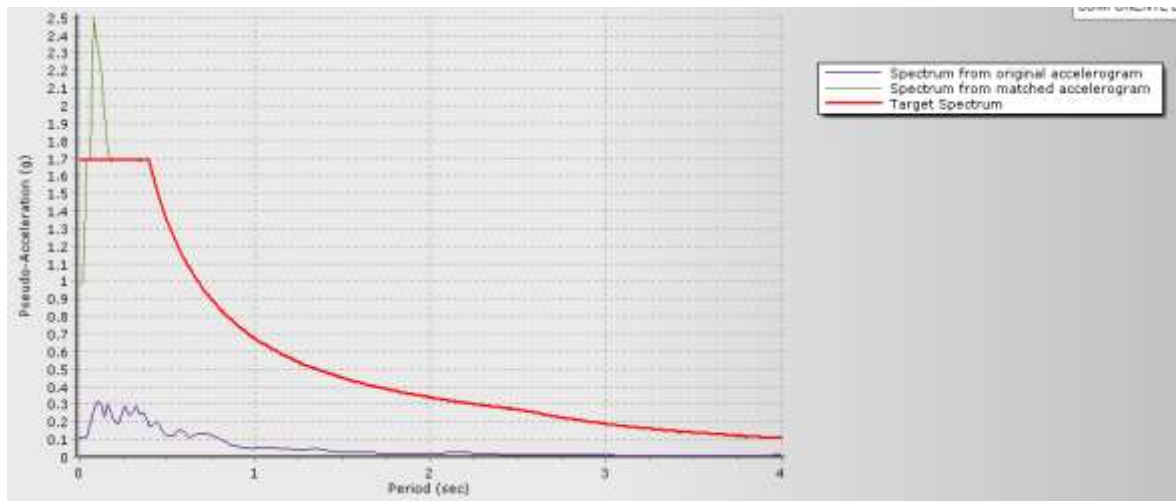
Comparación del espectro de desplazamientos del sismo de Chimbote 1970 dirección este – oeste.



Comparación del espectro de pseudo velocidades del sismo de Chimbote 1970 dirección este
 – oeste.

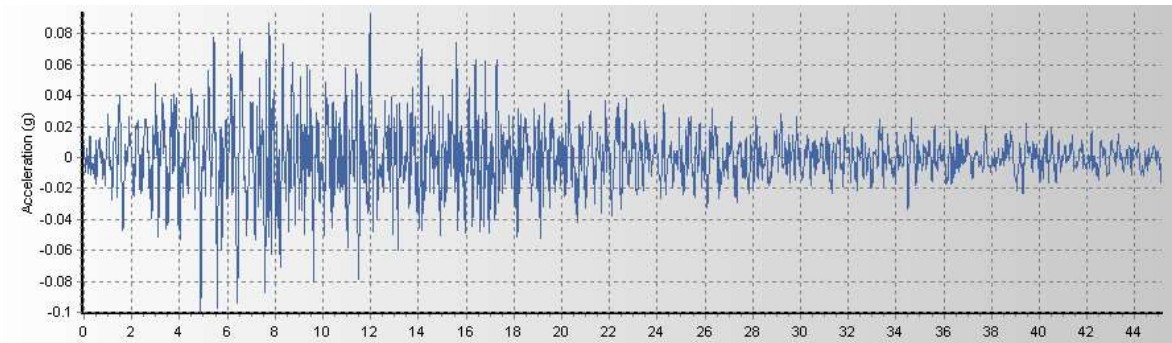


Comparación del espectro de pseudo aceleraciones del sismo de Chimbote 1970 dirección
 este – oeste.

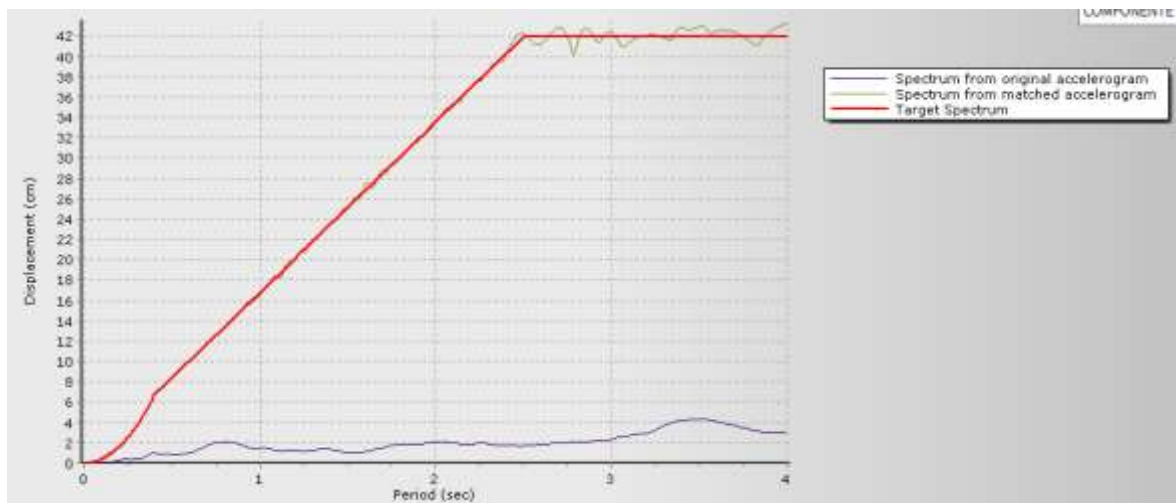


▪ **Sismo de Chimbote 1970 dirección norte-sur (NS).**

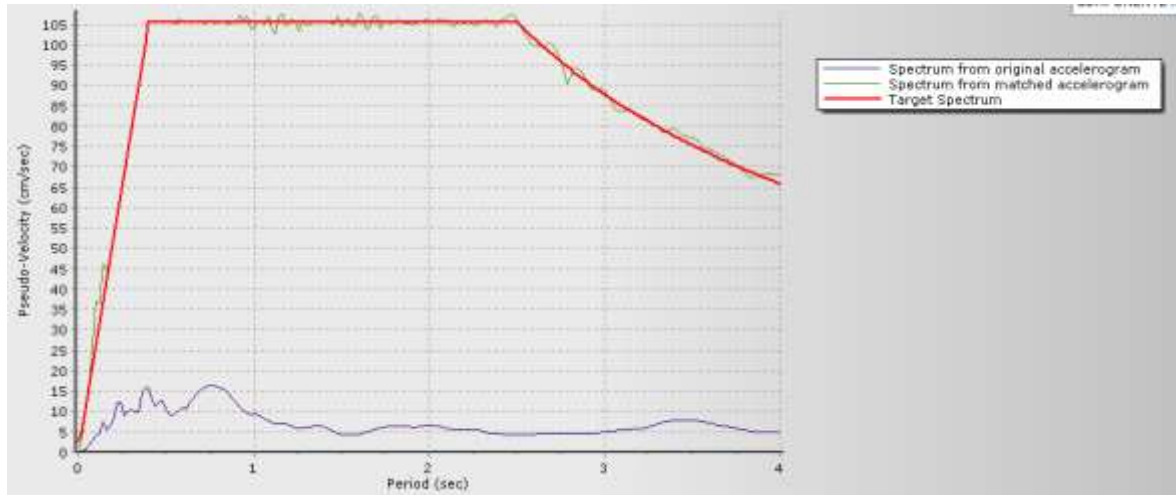
Registro de aceleraciones del sismo de Chimbote 1970 dirección norte – sur.



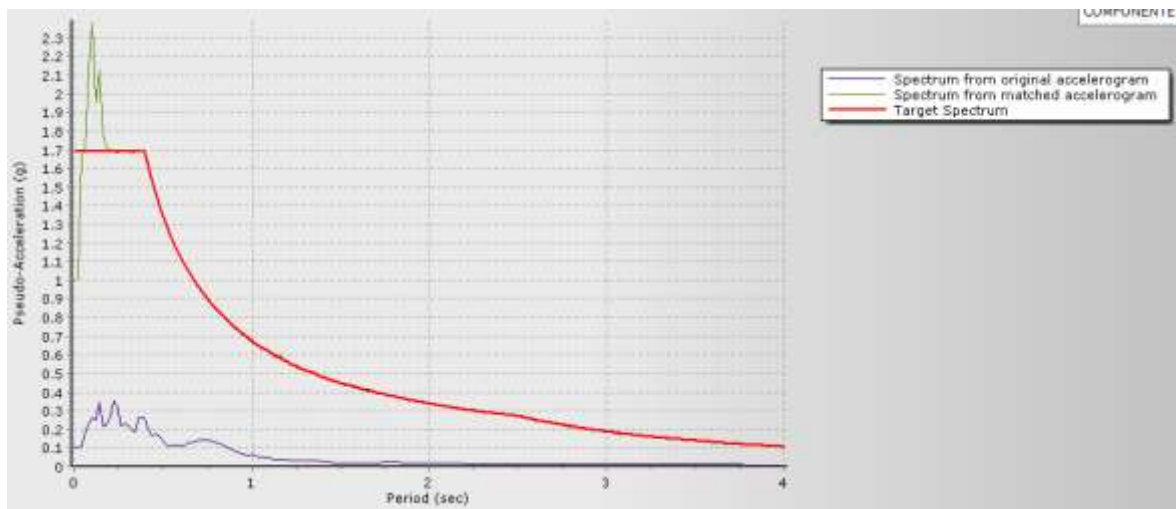
Comparación del espectro de desplazamientos del sismo de Chimbote 1970 dirección norte – sur.



Comparación del espectro de pseudo velocidades del sismo de Chimbote 1970 dirección norte – sur.

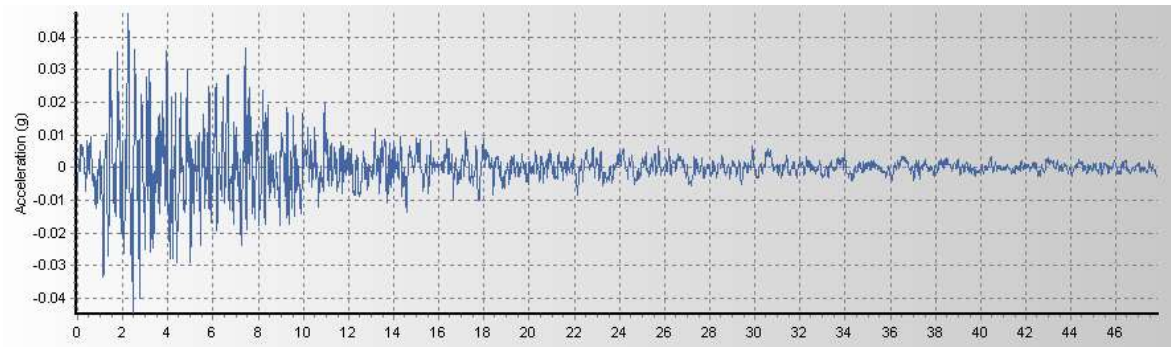


Comparación del espectro de pseudo aceleraciones del sismo de Chimbote 1970 dirección norte – sur.

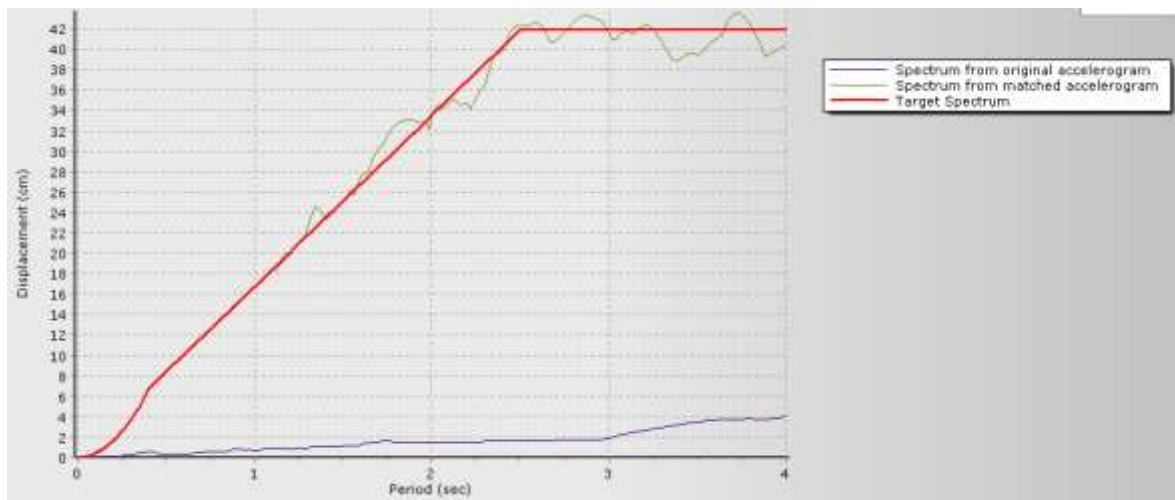


▪ **Sismo de Lima 1974 dirección este – oeste (EW).**

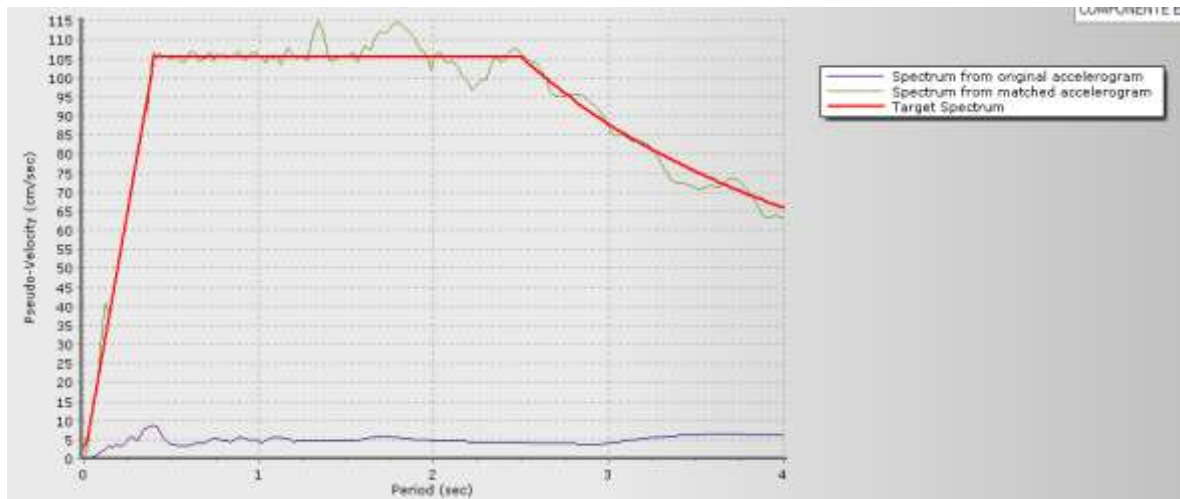
Registro de aceleraciones del sismo de Lima 1974 dirección este – oeste.



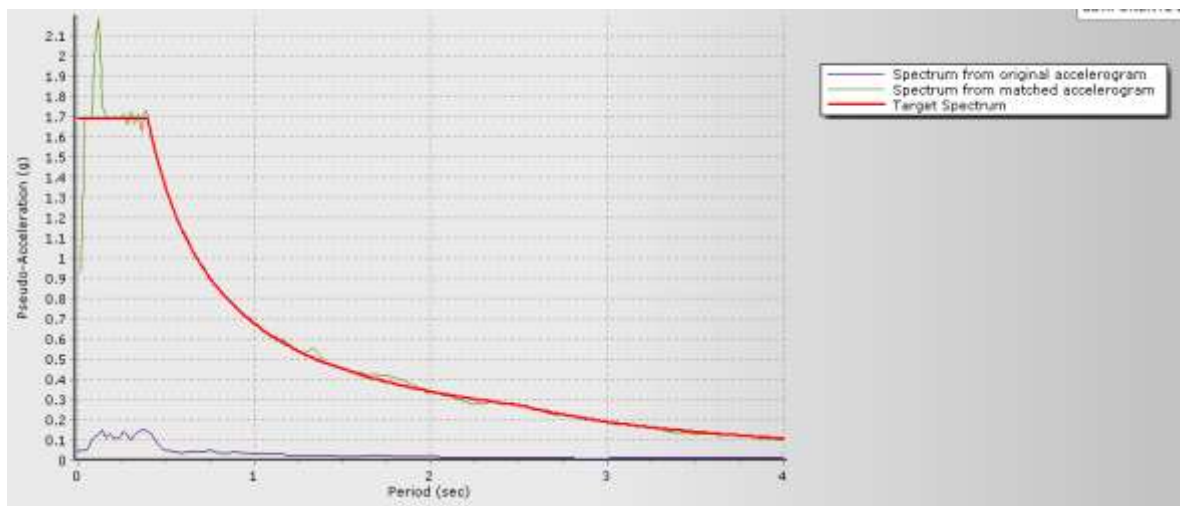
Comparación del espectro de desplazamientos del sismo de Lima 1974 dirección este – oeste.



Comparación del espectro de pseudo velocidades del sismo de Lima 1974 dirección este – oeste.

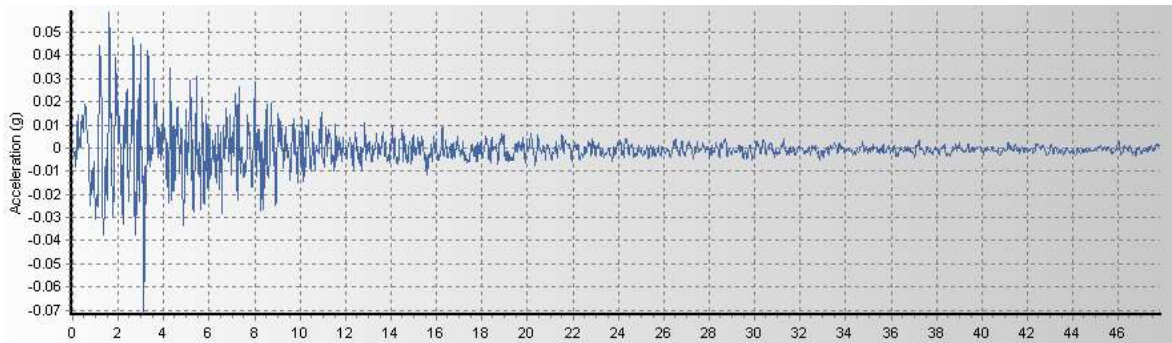


Comparación del espectro de pseudo aceleraciones del sismo de Lima 1974 dirección este – oeste.

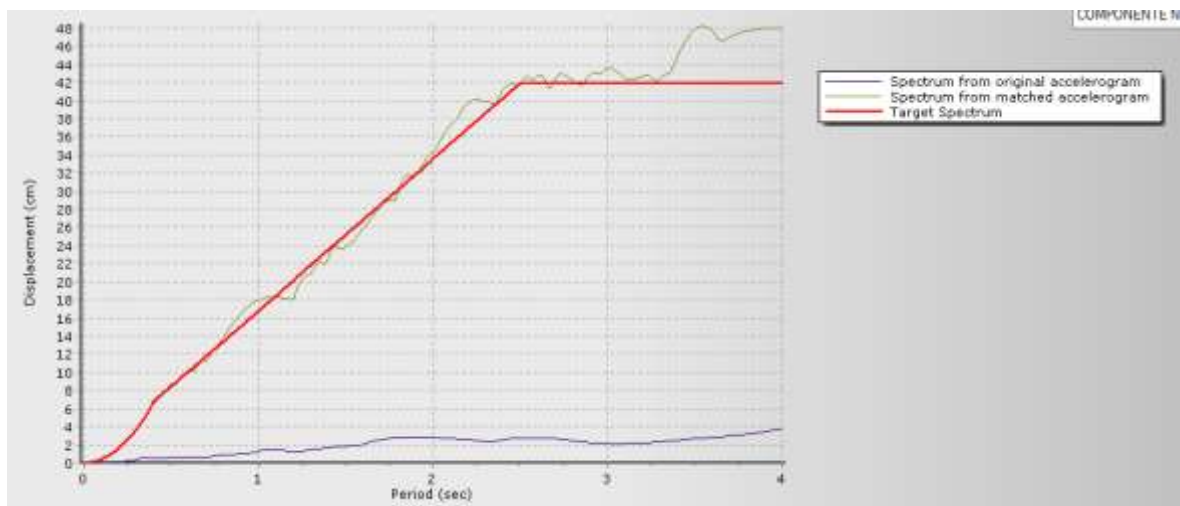


▪ **Sismo de Lima 1974 dirección norte – sur (NS).**

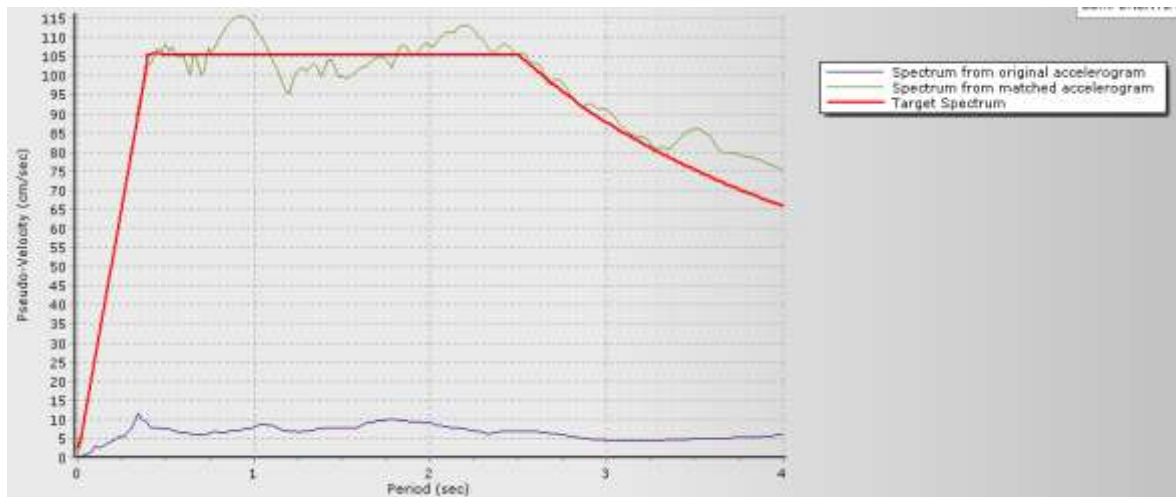
Registro de aceleraciones del sismo de Lima 1974 dirección norte – sur.



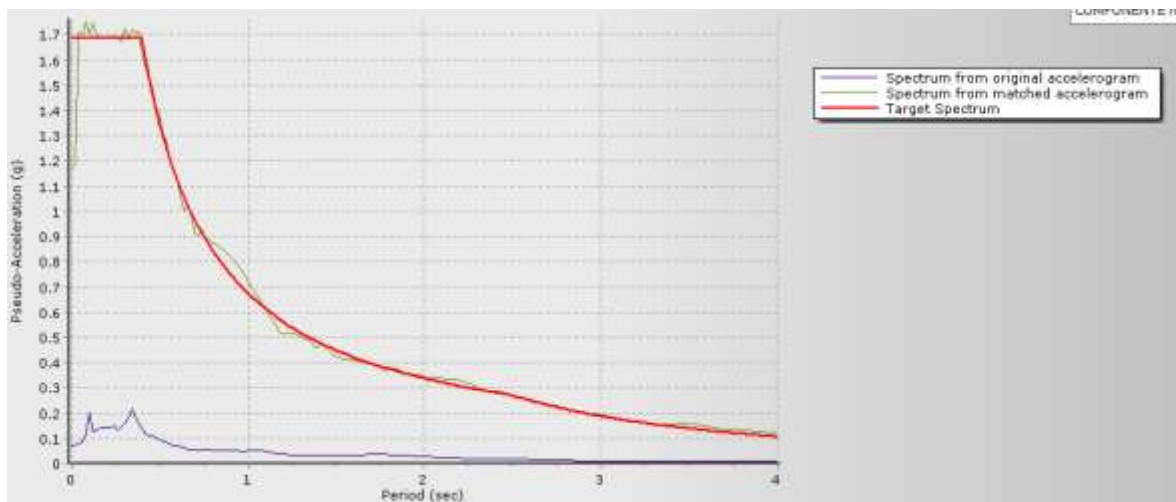
Comparación del espectro de desplazamientos del sismo de Lima 1974 dirección norte – sur.



Comparación del espectro de pseudo velocidades del sismo de Lima 1974 dirección norte – sur.



Comparación del espectro de pseudo aceleraciones del sismo de Lima 1974 dirección norte – sur.






ANEXO N°3: FICHA TECNICA N°1

FICHA TÉCNICA N° 1

INDICADOR: DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DE MASA
 ESTRUCTURA:
 CASO:
 UBICACIÓN:

AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOZO	DISIPADORES SISMICOS	SIN DISIPADORES
ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO
FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=
FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=
PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=
FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)
COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1
ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS
$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$
ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA
$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [Fd] = - [M] [J] [\ddot{u}_g]$ $F_d = C_d \dot{x}^2$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [F] = - [M] [J] [\ddot{u}_g]$ $F = kd x$ Si: $x < \text{Desplazam de fluencia}$ $F = \alpha kd u + (1-\alpha) F_y z$, Si: $x > \text{Desplazam de fluencia}$ $\dot{z} = A \dot{x} - \beta z \dot{x} \dot{z} ^{n-1} - \gamma \dot{x} \dot{z} ^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] = - [M] [J] [\ddot{u}_g]$
DESPLAZAMIENTO LATERAL ul (cm) =	DESPLAZAMIENTO LATERAL ul (cm) =	DESPLAZAMIENTO LATERAL ul (cm) =

VALIDADO POR:

FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
PUNTAJE: 0.85	PUNTAJE: 0.80	PUNTAJE: 0.80
NOMBRE: GINO LLANCA GARNIQUE ING. CIVIL CIP: 203429	NOMBRE: REGINA COLORADO QUIROZ ING. CIVIL CIP: 151531	NOMBRE: OMART TELLO MALPARTIDA ING. CIVIL CIP: 43599




ANEXO N°4: FICHA TECNICA N°2

FICHA TÉCNICA N° 2

INDICADOR: DISTORSIÓN DE ENTREPISOS
 ESTRUCTURA:
 CASO:
 UBICACIÓN:

AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO	DISIPADORES SÍSMICOS	SIN DISIPADORES
ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO
FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=
FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=
PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=
FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)
COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1
ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS
$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$
ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA
$[M] \{\ddot{u}\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} + [F_d] = - [M] \{J\} \{\ddot{u}_g\}$ $F_d = C_d \dot{x}^n$	$[M] \{\ddot{u}\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} + [F] = - [M] \{J\} \{\ddot{u}_g\}$ $F = k_d x$ Si: $x < \text{Desplazam de fluencia}$ $F = \alpha k_d u + (1-\alpha) F_y z$, Si: $x > \text{Desplazam de fluencia}$ $\dot{z} = A \dot{x} - \beta z \dot{x} \dot{z} ^{n-1} - \gamma \dot{x} z ^n$	$[M] \{\ddot{u}\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} = - [M] \{J\} \{\ddot{u}_g\}$
DESPLAZAMIENTO LATERAL ul (cm) =	DESPLAZAMIENTO LATERAL ul (cm) =	DESPLAZAMIENTO LATERAL ul (cm) =
DISTORSIÓN DE ENTREPISO Distorsión = $(u_{i+1} - u_i) / h_i$	DISTORSIÓN DE ENTREPISO Distorsión = $(u_{i+1} - u_i) / h_i$	DISTORSIÓN DE ENTREPISO Distorsión = $(u_{i+1} - u_i) / h_i$

VALIDADO POR:

FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
PUNTAJE: 0.85	PUNTAJE: 0.80	PUNTAJE: 0.80
NOMBRE: GINO LLANCA GARNIQUE ING. CIVIL CIP: 203429	NOMBRE: REGINA COLORADO QUIROZ ING. CIVIL CIP: 151531	NOMBRE: OMART TELLO MALPARTIDA ING. CIVIL CIP: 43599




ANEXO N°5: FICHA TECNICA N°3

FICHA TÉCNICA N° 3

INDICADOR: ENERGÍA DISIPADA POR LOS DISIPADORES
 ESTRUCTURA:
 CASO:
 UBICACIÓN:

AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOZO	DISIPADORES SISMICOS	SIN DISIPADORES
ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO	N/A
FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=	N/A
FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=	N/A
PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	N/A
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	N/A
FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<T1 C=2.5 (Tp/T) T<T1 C=2.5 (Tp T1/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<T1 C=2.5 (Tp/T) T<T1 C=2.5 (Tp T1/T2)	N/A
COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	N/A
ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS ü _g (t) =	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS ü _g (t) =	N/A
ANALISIS TIEMPO HISTORIA [M] [ü] + [C] [ü̇] + [K] [u] + [Fd] = - [M] [J] [ü _g] Fd = Cd ẋ²	ANALISIS TIEMPO HISTORIA [M] [ü] + [C] [ü̇] + [K] [u] + [F] = - [M] [J] [ü _g] F = kd x Si: x<Desplazam de fluencia F = α kd u + (1-α) Fy z, Si: x>Desplazam de fluencia ẏ = A ẋ - β z ẋ z ⁿ⁻¹ - γ ẋ z ⁿ	N/A
DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL AMORTIGUADOR xl (cm) =	DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL DSIPADOR xl (cm) =	N/A
ENERGÍA DISIPADA E= ∫ Fd dx	ENERGÍA DISIPADA E= ∫ F dx	N/A

VALIDADO POR:

FIRMA:  PUNTAJE: 0.85 NOMBRE: GINO LLANCA GARNIQUE ING. CIVIL CIP: 203429	FIRMA:  PUNTAJE: 0.80 NOMBRE: REGINA COLORADO QUIROZ ING. CIVIL CIP: 151531	FIRMA:  PUNTAJE: 0.80 NOMBRE: OMART TELLO MALPARTIDA ING. CIVIL CIP: 43599
---	---	--



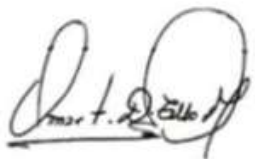
ANEXO N°6: FICHA TECNICA N°4

FICHA TÉCNICA N° 4

INDICADOR: FUERZAS AXIALES
 ESTRUCTURA:
 CASO:
 UBICACIÓN:

AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO	DISIPADORES SISMICOS	SIN DISIPADORES
ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO
FACTOR DE ZONA $Z=$	FACTOR DE ZONA $Z=$	FACTOR DE ZONA $Z=$
FACTOR DE USO $U=$	FACTOR DE USO $U=$	FACTOR DE USO $U=$
PARAMETROS DE SITIO $S=$ $Tp=$	PARAMETROS DE SITIO $S=$ $Tp=$	PARAMETROS DE SITIO $S=$ $Tp=$
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA $T=$	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA $T=$	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA $T=$
FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA $T < Tp$ $C=2.5$ $Tp < T < T1$ $C=2.5 (Tp/T)$ $T < T1$ $C=2.5 (Tp T1/T2)$	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA $T < Tp$ $C=2.5$ $Tp < T < T1$ $C=2.5 (Tp/T)$ $T < T1$ $C=2.5 (Tp T1/T2)$	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA $T < Tp$ $C=2.5$ $Tp < T < T1$ $C=2.5 (Tp/T)$ $T < T1$ $C=2.5 (Tp T1/T2)$
COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS $R=1$	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS $R=1$	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS $R=1$
ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS
$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$
ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA
$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [Fd] = - [M] [\ddot{u}] [\ddot{u}_g]$ $Fd = Cd \dot{x}^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [F] = - [M] [\ddot{u}] [\ddot{u}_g]$ $F = kd x$ Si: $x < \text{Desplazam de fluencia}$ $F = \alpha kd u + (1-\alpha) Fy z$, Si: $x > \text{Desplazam de fluencia}$ $\dot{z} = A \dot{x} - \beta z \dot{x} z ^{n-1} - \gamma \dot{x} z ^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] = - [M] [\ddot{u}] [\ddot{u}_g]$
FUERZA AXIAL (Fa) $[Fa] = [K] [u]$	FUERZA AXIAL (Fa) $[Fa] = [K] [u]$	FUERZA AXIAL (Fa) $[Fa] = [K] [u]$

VALIDADO POR:

FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
PUNTAJE: 0.80	PUNTAJE: 0.85	PUNTAJE: 0.80
NOMBRE: GINO LLANCA GARNIQUE ING. CIVIL CIP: 203429	NOMBRE: REGINA COLORADO QUIROZ ING. CIVIL CIP: 151531	NOMBRE: OMAR TELLO MALPARTIDA ING. CIVIL CIP: 43599




ANEXO N°7: FICHA TECNICA N°5

FICHA TÉCNICA N° 5

INDICADOR: FUERZAS CORTANTES
 ESTRUCTURA:
 CASO:
 UBICACIÓN:

AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO	DISIPADORES SISMICOS	SIN DISIPADORES
ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO
FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=	FACTOR DE ZONA Z=
FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=	FACTOR DE USO U=
PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=	PARAMETROS DE SITIO S= Tp=
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA T=
FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA T<Tp C=2.5 Tp<T<Tl C=2.5 (Tp/T) T<Tl C=2.5 (Tp Tl/T2)
COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS R=1
ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS
$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$
ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA
$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [F_d] = - [M] [j] [\ddot{u}_g]$ $F_d = C_d \dot{x}^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [F] = - [M] [j] [\ddot{u}_g]$ $F = k_d x$ Si: $x < \text{Desplazam de fluencia}$ $F = \alpha k_d u + (1-\alpha) F_y z$, Si: $x > \text{Desplazam de fluencia}$ $\dot{z} = A \dot{x} - \beta z \dot{x} z ^{n-1} - \gamma \dot{x} z ^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] = - [M] [j] [\ddot{u}_g]$
FUERZA CORTANTE (Fc) [Fc] = [K] [u]	FUERZA CORTANTE (Fc) [Fc] = [K] [u]	FUERZA CORTANTE (Fc) [Fc] = [K] [u]

VALIDADO POR:

FIRMA:  PUNTAJE: 0.80 NOMBRE: GINO LLANCA GARNIQUE ING. CIVIL CIP: 203429	FIRMA:  PUNTAJE: 0.80 NOMBRE: REGINA COLORADO QUIROZ ING. CIVIL CIP: 151531	FIRMA:  PUNTAJE: 0.80 NOMBRE: OMAR TELLO MALPARTIDA ING. CIVIL CIP: 43599
---	---	---




ANEXO N°8: FICHA TECNICA N°6

FICHA TÉCNICA N° 6

INDICADOR: MOMENTOS FLECTORES
 ESTRUCTURA:
 CASO:
 UBICACIÓN:

AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO	DISIPADORES SISMICOS	SIN DISIPADORES
ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO	ESPECTRO OBJETIVO
FACTOR DE ZONA $Z=$	FACTOR DE ZONA $Z=$	FACTOR DE ZONA $Z=$
FACTOR DE USO $U=$	FACTOR DE USO $U=$	FACTOR DE USO $U=$
PARAMETROS DE SITIO $S=$ $T_p=$	PARAMETROS DE SITIO $S=$ $T_p=$	PARAMETROS DE SITIO $S=$ $T_p=$
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA $T=$	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA $T=$	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA $T=$
FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA $T < T_p$ $C=2.5$ $T_p < T < T_I$ $C=2.5 (T_p/T)$ $T < T_I$ $C=2.5 (T_p T_I/T_2)$	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA $T < T_p$ $C=2.5$ $T_p < T < T_I$ $C=2.5 (T_p/T)$ $T < T_I$ $C=2.5 (T_p T_I/T_2)$	FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA $T < T_p$ $C=2.5$ $T_p < T < T_I$ $C=2.5 (T_p/T)$ $T < T_I$ $C=2.5 (T_p T_I/T_2)$
COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS $R=1$	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS $R=1$	COEFICIENTE DE REDUCCION DE FUERZAS SÍSMICAS $R=1$
ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS	ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS
$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$	$\ddot{u}_g(t) =$
ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA	ANALISIS TIEMPO HISTORIA
$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [F_d] = - [M] [\ddot{u}_g]$ $F_d = C_d \dot{x}^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] + [F] = - [M] [\ddot{u}_g]$ $F = k_d x$ Si: $x < \text{Desplazam de fluencia}$ $F = \alpha k_d u + (1-\alpha) F_y z$, Si: $x > \text{Desplazam de fluencia}$ $\dot{z} = A \dot{x} - \beta z \dot{x} z ^{n-1} - \gamma \dot{x} z ^n$	$[M] [\ddot{u}] + [C] [\dot{u}] + [K] [u] = - [M] [\ddot{u}_g]$
MOMENTOS FLECTORES (Fm) $[F_m] = [K] [u]$	MOMENTOS FLECTORES (Fm) $[F_m] = [K] [u]$	MOMENTOS FLECTORES (Fm) $[F_m] = [K] [u]$

VALIDADO POR:

FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
PUNTAJE: 0.80	PUNTAJE: 0.80	PUNTAJE: 0.80
NOMBRE: GINO LLANCA GARNIQUE ING. CIVIL CIP: 203429	NOMBRE: REGINA COLORADO QUIROZ ING. CIVIL CIP: 151531	NOMBRE: OMART TELLO MALPARTIDA ING. CIVIL CIP: 43599

ANEXO N°10: JUICIO DE EXPERTOS



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “RESPUESTA SÍSMICA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO Y DISIPADORES METÁLICOS SLB EN EL EDIFICIO SAN BORJA AMP, LIMA - 2020”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Regina Colorado Quiroz
- 1.2. **Grado académico:** Ingeniero Civil
- 1.3. **Especialidad:** Construcción y estructuras
- 1.4. **Institución laboral:** Estremadoyro y Fassioi
- 1.5. **Cargo:** Ingeniera de oficina técnica
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas de recolección de datos de desplazamientos, distorsiones, disipación de energía y fuerzas internas.
- 1.7. **Lugar y fecha:** Lima – marzo 2021

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	3
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	5
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	41



.....
Firma



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “RESPUESTA SÍSMICA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO Y DISIPADORES METÁLICOS SLB EN EL EDIFICIO SAN BORJA AMP, LIMA - 2020”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Omart Demetrio Tello Malpartida
- 1.2. **Grado académico:** Doctor en Ingeniería Civil
- 1.3. **Especialidad:** Construcción y estructuras
- 1.4. **Institución laboral:** Consultor independiente
- 1.5. **Cargo:** Gerente de empresa propia
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas de recolección de datos de desplazamientos, distorsiones, disipación de energía y fuerzas internas.
- 1.7. **Lugar y fecha:** Lima – marzo 2021

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	4
2	Formulado con lenguaje apropiado	3
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	39



Firma



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “RESPUESTA SÍSMICA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO Y DISIPADORES METÁLICOS SLB EN EL EDIFICIO SAN BORJA AMP, LIMA - 2020”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Gino Llanca Gamique
- 1.2. **Grado académico:** Ingeniero Civil
- 1.3. **Especialidad:** Construcción y estructuras
- 1.4. **Institución laboral:** Estremadoyro y Fassiolli
- 1.5. **Cargo:** Jefe de costos y presupuestos
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas de recolección de datos de desplazamientos, distorsiones, disipación de energía y fuerzas internas.
- 1.7. **Lugar y fecha:** Lima – marzo 2021

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

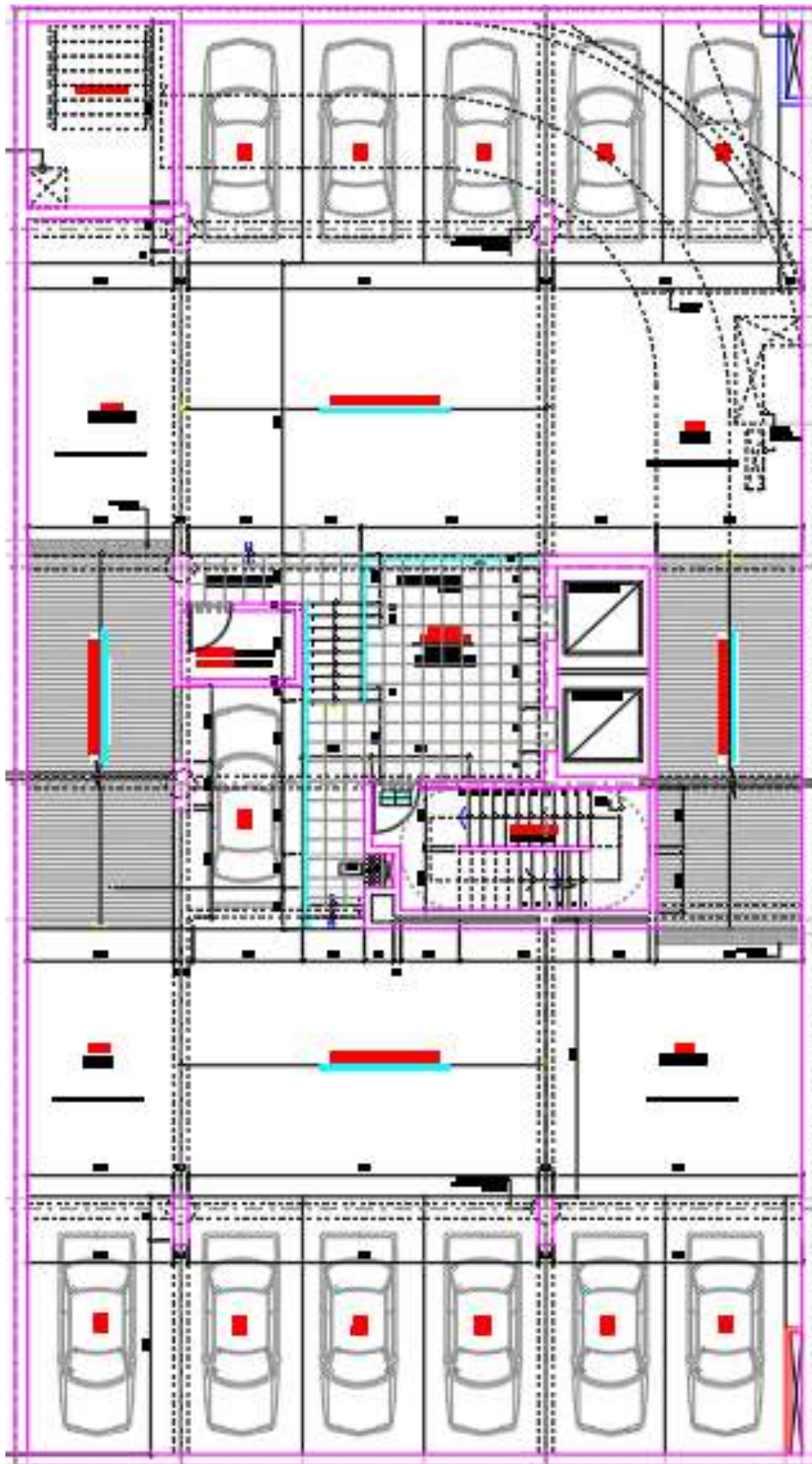
N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	3
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	5
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	41



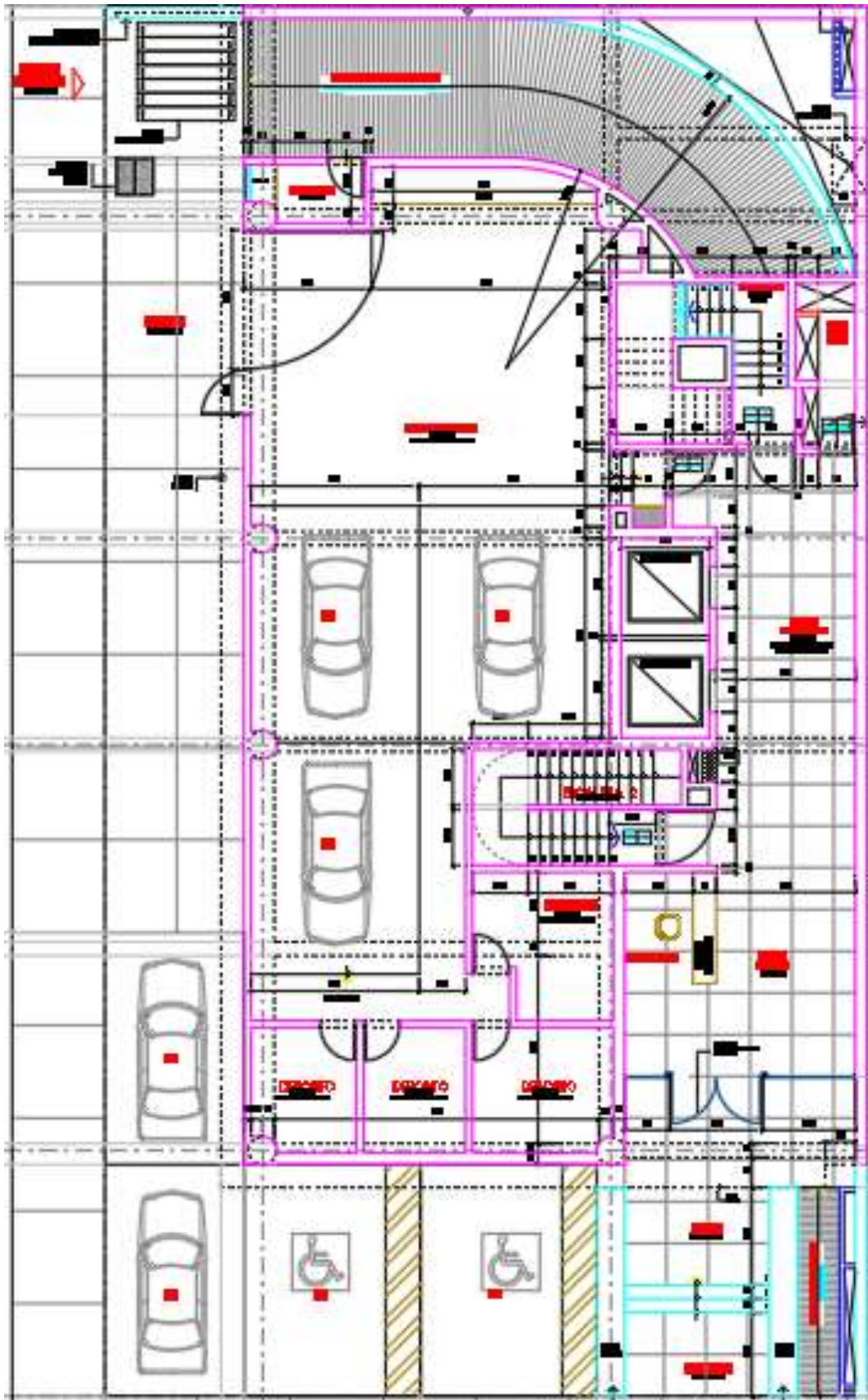
Firma

ANEXO N°11: PLANOS

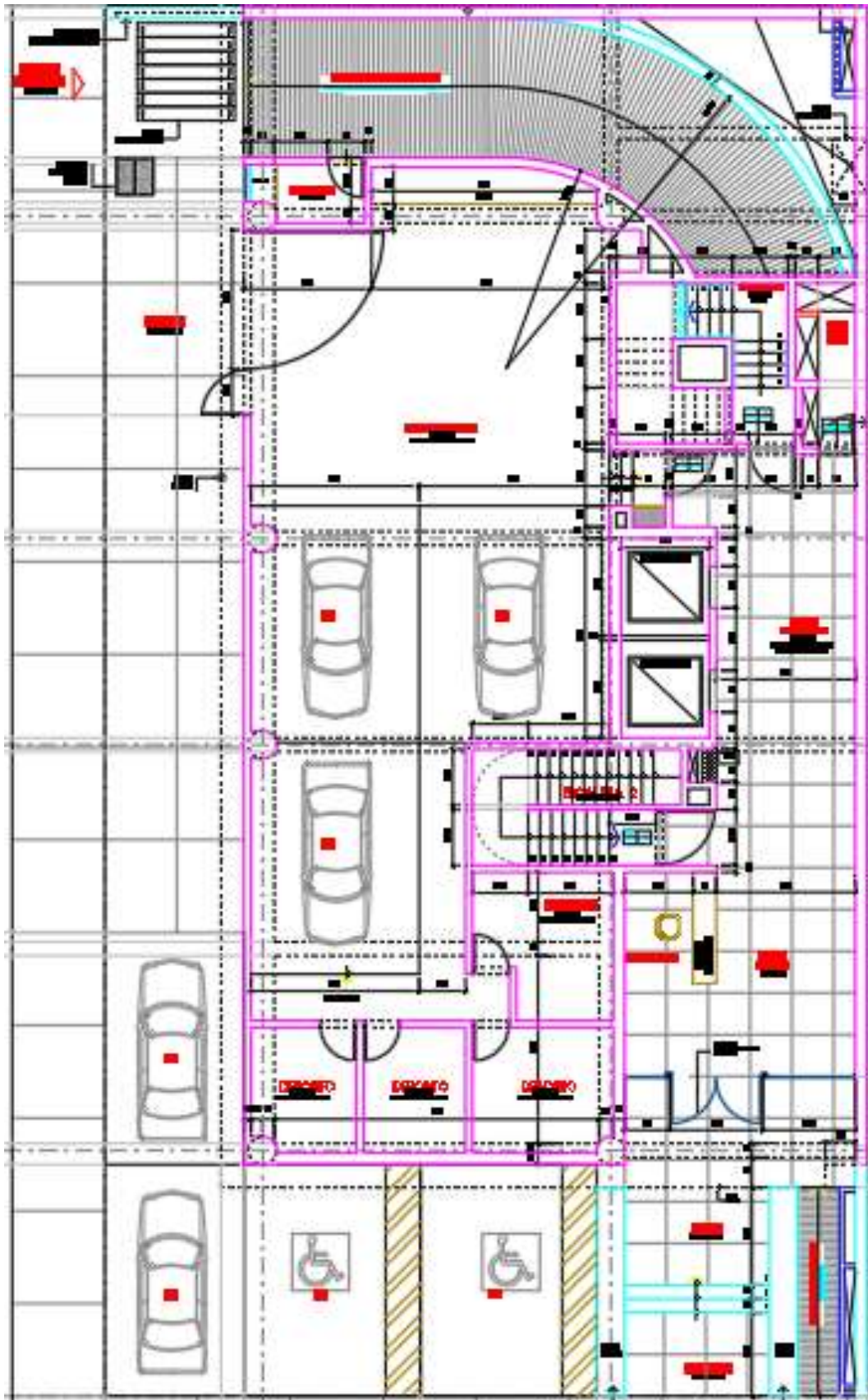
Distribución de sótanos



Distribución de piso 1



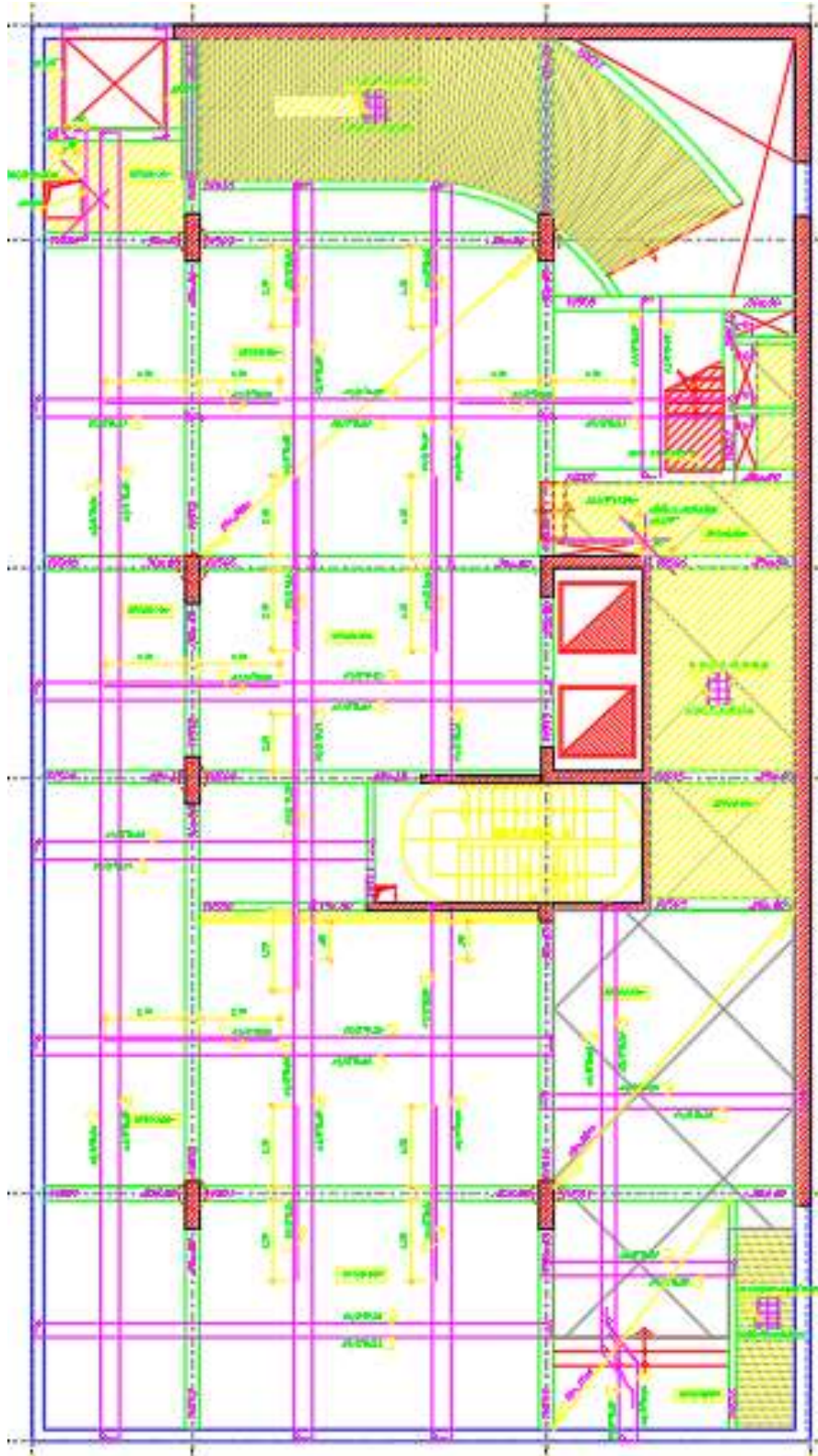
Distribución de piso típico



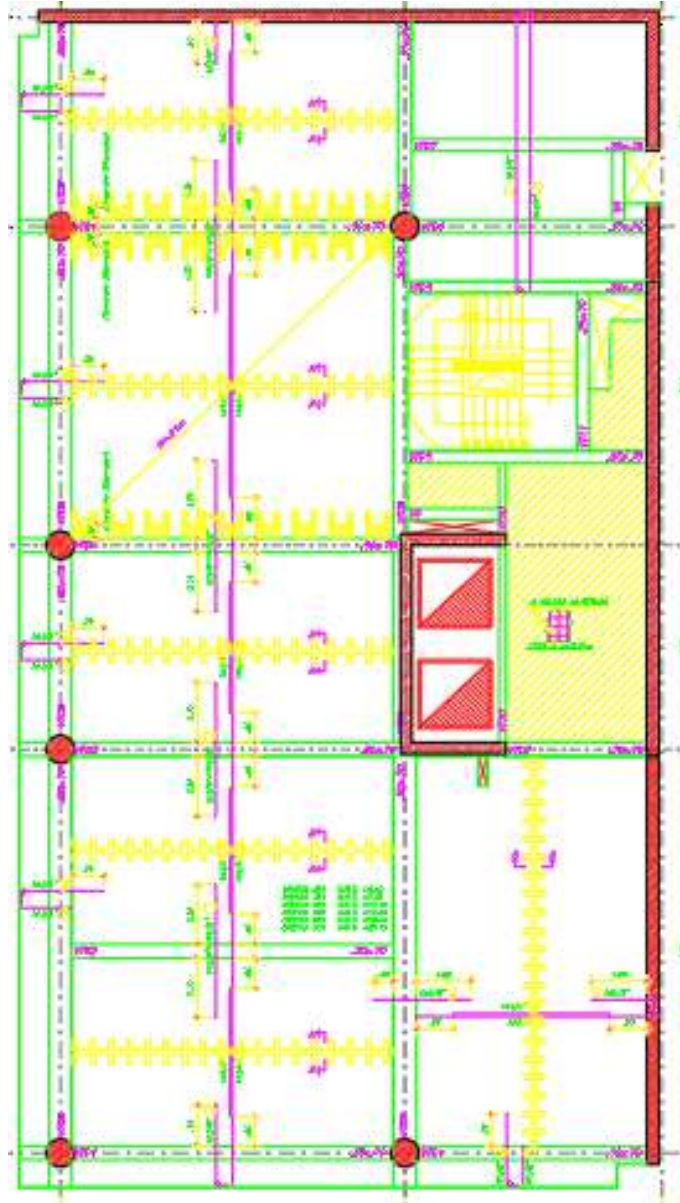
Encofrado de sótanos



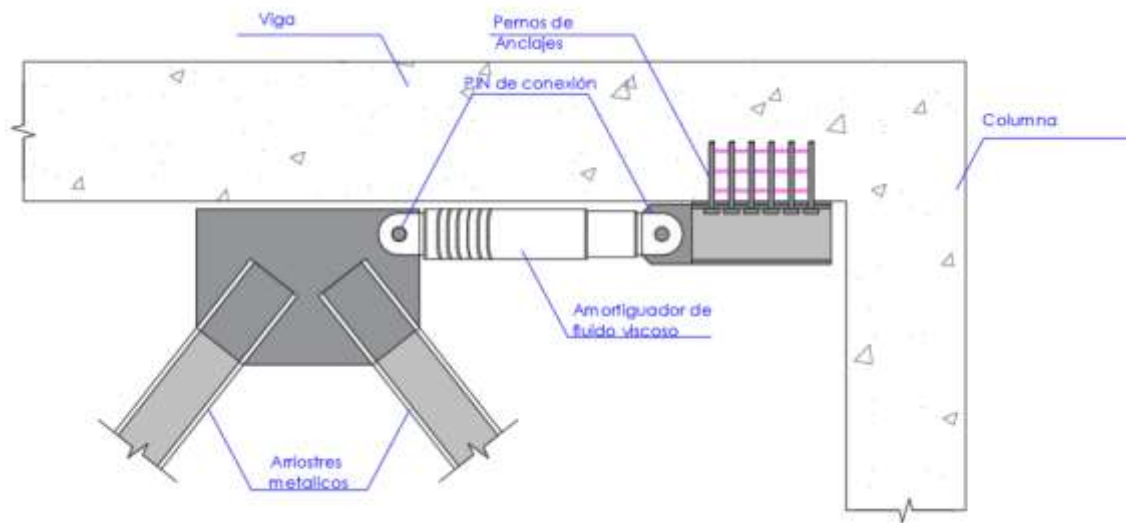
Encofrado de sótano 1



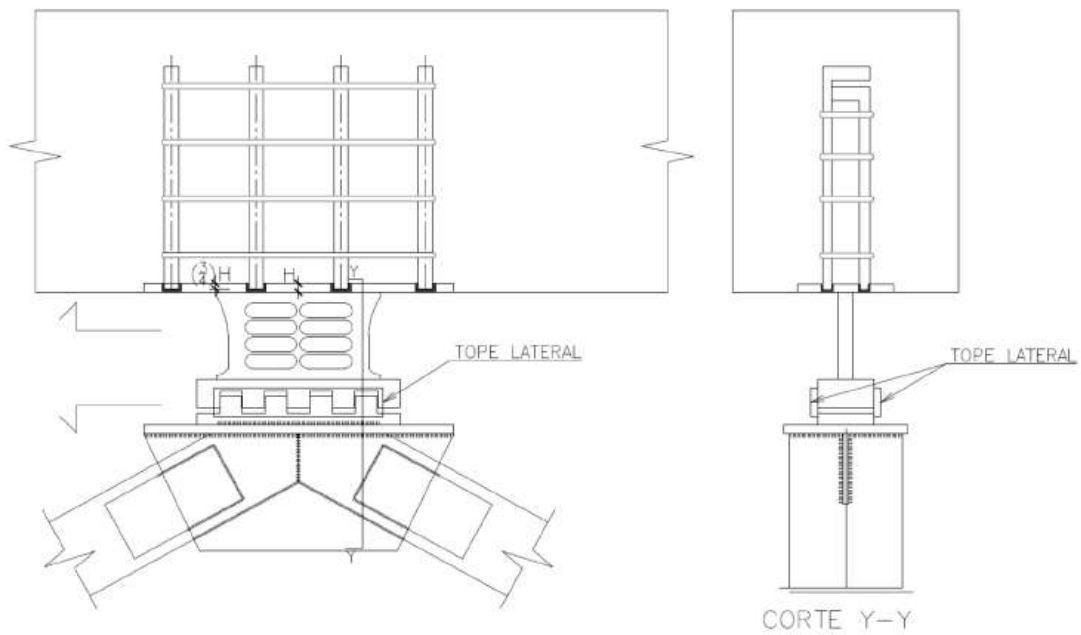
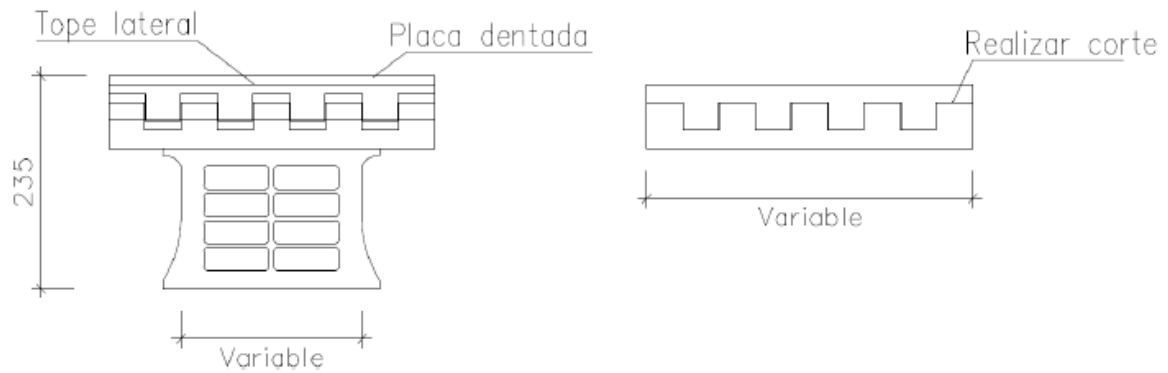
Encofrado de piso típico



Detalle de amortiguadores de fluido viscoso




Detalle de disipadores SLB



ANEXO N°12: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISIPADORES SLB

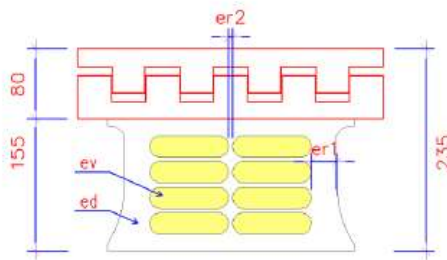
Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO										
Dispositivo	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	K ₁ (KN/cm)	K ₂ (KN/cm)	D _y (mm)	F _y (KN)	F _{Máx} (KN)	E _D (KN.cm)
SLB2 6_2	19	13	-	2	363.33	9.75	0.980	35.60	69.01	87.08
SLB2 6_3	19	13	-	3	397.80	10.75	1.031	41.00	79.21	99.25
SLB2 6_4	19	13	-	4	421.73	11.65	1.065	44.90	88.58	108.31
SLB2 6_5	19	13	-	5	439.60	12.78	1.078	47.40	96.67	115.18
SLB2 8_2	19	15	-	2	592.87	13.86	0.811	48.10	92.76	119.78
SLB2 8_3	19	15	-	3	676.27	15.38	0.858	58.00	107.57	141.77
SLB2 8_4	19	15	-	4	737.00	16.28	0.900	66.30	120.87	159.39
SLB2 8_5	19	15	-	5	784.27	17.43	0.927	72.70	133.29	173.71
SLB2 10_2	19	20	-	2	893.40	19.15	0.761	68.00	128.71	168.89
SLB2 10_3	19	20	-	3	1039.13	21.57	0.780	81.10	148.63	198.84
SLB2 10_4	19	20	-	4	1149.53	22.96	0.809	93.00	166.26	224.54
SLB2 10_5	19	20	-	5	1237.80	14.93	0.906	112.20	182.26	246.55
SLB2 15_2	19	20	-	2	1571.47	31.17	0.648	101.80	199.61	258.66
SLB2 15_3	19	20	-	3	1961.47	37.36	0.643	126.10	240.45	318.16
SLB2 15_4	19	20	-	4	2290.27	42.03	0.654	149.70	276.57	373.16
SLB2 15_5	19	20	-	5	2575.60	45.69	0.670	172.50	310.13	424.52
SLB2 20_2	19	25	5	2	2073.33	37.83	0.601	124.60	243.14	316.64
SLB2 20_3	19	25	5	3	2630.13	46.27	0.597	156.90	298.30	396.26
SLB2 20_4	19	25	5	4	3105.53	53.03	0.606	188.30	348.53	470.63
SLB2 20_5	19	25	5	5	3520.20	58.63	0.620	218.40	395.71	540.18
SLB3 25_2	25	30	5	2	3214.07	58.98	0.606	194.80	383.50	494.69
SLB3 25_3	25	30	5	3	4046.67	70.69	0.589	238.20	457.15	602.54
SLB3 25_4	25	30	5	4	4783.20	81.04	0.585	279.60	526.49	703.70
SLB3 25_5	25	30	5	5	5447.47	90.85	0.586	319.00	592.39	799.88
SLB3 25_6	25	30	5	6	6064.13	99.65	0.589	357.10	655.63	891.48
SLB3 25_7	25	30	5	7	6644.13	107.41	0.594	394.50	716.83	979.51
SLB3 25_8	25	30	5	8	7191.47	114.57	0.599	430.70	776.40	1064.12
SLB3 25_9	25	30	5	9	7711.07	120.73	0.605	466.40	834.90	1145.71
SLB3 30_2	25	30	5	2	3666.73	64.22	0.578	212.10	415.33	539.19
SLB3 30_3	25	30	5	3	4717.00	78.76	0.563	265.70	507.23	672.79
SLB3 30_4	25	30	5	4	5661.33	92.21	0.560	316.90	594.62	799.16
SLB3 30_5	25	30	5	5	6525.67	104.99	0.561	366.10	678.62	920.34
SLB3 30_6	25	30	5	6	7336.60	116.45	0.565	414.20	759.77	1036.63

Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO										
Dispositivo	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	K ₁ (KN/cm)	K ₂ (KN/cm)	D _y (mm)	F _y (KN)	F _{Máx} (KN)	E _D (KN.cm)
SLB3 30_7	25	30	5	7	8106.07	126.92	0.569	461.30	838.79	1149.06
SLB3 30_8	25	30	5	8	8840.00	135.98	0.575	508.00	915.50	1257.99
SLB3 30_9	25	30	5	9	9542.20	145.74	0.579	552.50	992.12	1363.85
SLB3 40_2	25	30	5	2	4571.07	76.44	0.543	248.30	482.60	634.54
SLB3 40_3	25	30	5	3	6043.67	97.23	0.531	321.00	609.64	817.79
SLB3 40_4	25	30	5	4	7393.67	116.17	0.530	391.60	732.20	993.03
SLB3 40_5	25	30	5	5	8650.00	133.79	0.533	460.80	851.48	1162.82
SLB3 40_6	25	30	5	6	9843.00	149.92	0.537	528.70	967.95	1327.13
SLB3 40_7	25	30	5	7	10988.00	165.19	0.542	595.40	1082.30	1487.36
SLB3 40_8	25	30	5	8	12091.27	179.81	0.547	660.90	1195.00	1643.93
SLB3 40_9	25	30	5	9	13156.07	194.00	0.551	725.10	1306.30	1797.11
SLB3 50_2	25	30	5	2	5479.60	88.67	0.520	284.90	551.27	730.67
SLB3 50_3	25	30	5	3	7367.13	114.64	0.512	377.50	713.65	963.00
SLB3 50_4	25	30	5	4	9116.00	138.30	0.513	468.10	871.40	1186.77
SLB3 50_5	25	30	5	5	10759.13	160.81	0.518	557.00	1025.70	1404.77
SLB3 50_6	25	30	5	6	12328.87	181.80	0.523	644.40	1177.30	1616.83
SLB3 50_7	25	30	5	7	13844.20	202.03	0.528	730.30	1326.80	1824.36
SLB3 50_8	25	30	5	8	15312.67	221.80	0.532	814.70	1474.50	2028.05
SLB3 50_9	25	30	5	9	16737.00	241.37	0.536	897.70	1621.20	2228.51

 Estos dispositivos plastifican primero por flexión antes que por cortante.

Donde:

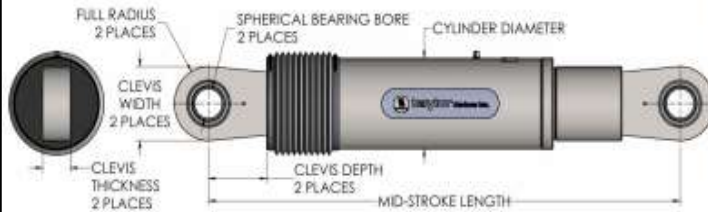
K1: Rigidez inicial	F _y =Fuerza de plastificación
K2: Rigidez post-plastificación	F _{máx} : Fuerza máxima
D _y : Desplazamiento de plastificación	E _D : Energía disipada.



ANEXO N°13: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AMORTIGUADORES DE
FLUIDO VISCOSO



FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES
CLEVIS – CLEVIS CONFIGURATION, METRIC UNITS



NOTE:
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE FROM ±50 TO ±900mm
FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER ±1 mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000 kN±100mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1238mm
1000kN±150mm STROKE, 150-100=50, 50*5=250
1238+250= 1488mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER ±300mm AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)
250	17120	38.10	867	±75	43	33	102	83	114	41
500	17130	50.80	1067	±100	55	44	127	102	150	82
750	17140	57.15	1194	±100	59	50	152	129	184	136
1000	17150	69.85	1238	±100	71	61	184	150	210	193
1500	17160	76.20	1314	±100	77	67	203	162	241	250
2000	17170	88.90	1575	±125	91	78	235	191	285	408
3000	17180	101.60	1575	±125	117/111*	80	286/324*	228/210*	350	701
4000	17190	127.00	1880	±125	142	111	324	210	425	1225
6500	17200	152.40	2134	±125	152	121	350	305	515	1810
8000	17210	177.80	2293	±125	178	135	415	343	585	2495

* DENOTES MODEL WITH DIFFERENT CLEVIS SIZES ON EACH END.

MADE IN USA.