

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil.

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL REFORZAMIENTO CON
DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN DISPOSICIÓN DOBLE
DIAGONAL, CASO EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 15
NIVELES, AV. SERGIO BERNALES N°438 - SURQUILLO, LIMA
2021

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Jhasmin Margarita Flores Hidalgo

Asesor:

Ing. Alejandro Vildoso Flores

Lima - Perú

2021



DEDICATORIA

Dedicado a mi familia, especialmente a mis padres quienes han sido mi soporte emocional en cada paso de mi formación académica, y porque jamás dejaron de creer en mí. Asimismo, dedico mi investigación a mi querida Universidad y sus estudiantes, esperando sea un gran aporte para todos mis futuros colegas de la carrera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, la salud, y la fuerza que me otorga para seguir luchando por mis anhelos y metas. Asimismo, a todos los docentes que me han compartido sus conocimientos sobre la carrera a lo largo de mi vida universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE ECUACIONES.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad Problemática.....	15
1.2 Formulación Del Problema.....	73
1.2.1 Problema General.....	73
1.2.2 Problemas Específicos.....	73
1.3 Objetivos.....	74
1.3.1 Objetivo General.....	74
1.3.2 Objetivos Específicos.....	74
1.4 Hipótesis.....	75
1.4.1 Hipótesis General.....	75
1.4.2 Hipótesis Específicas.....	75
CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	76
2.1 Tipo y diseño de la investigación.....	76
2.1.1 Tipo de investigación.....	76
2.1.2 Diseño de la Investigación.....	76
2.2 Población y Muestra.....	80
2.2.1 Población.....	80
2.2.2 Muestra.....	80

2.3	Técnicas e instrumentos	81
2.3.1	Recolección y análisis de datos	82
2.4	Procedimiento	82
CAPITULO III. RESULTADOS		135
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		166
4.1	Limitaciones.....	166
4.2	Discusión	167
4.3	Conclusiones	170
4.4	Recomendaciones	171
REFERENCIAS		172
ANEXOS		178
Anexo 1: Árbol Causa Efecto		178
Anexo2: Árbol De Fines Y Medios		179
Anexo 3: Validación Experto 1.....		180
Anexo 4: Validación Experto 2.....		183
Anexo 5: Validación Experto 3.....		186
Anexo 6: Certificado de CSI programas.....		189

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores del Parámetro λ	61
Tabla 2: Factor Bm	66
Tabla 3: Nivel de desempeño objetivo para un sismo de diseño y un tipo de estructura	69
Tabla 4: Sismos de Diseño	70
Tabla 5: Derivas objetivo para cada nivel de desempeño en edificaciones de concreto armado	70
Tabla 6: Operacionalización de Variables	79
Tabla 7: Detalle de los elementos estructurales.....	85
Tabla 8. Propiedades de los materiales.....	87
Tabla 9: Factor de Zona.....	93
Tabla 10: Parámetros de Sitio S, TP, TL del suelo	94
Tabla 11: Factor de suelo.....	94
Tabla 12: Coeficiente de Reducción Ro	96
Tabla 13: Parámetros sísmicos de diseño para el Proyecto	97
Tabla 14: Valores de Parámetros sísmicos	98
Tabla 15: Cálculo de coeficiente C	98
Tabla 16: Calculo de ZUCS/R.....	98
Tabla 17: Fuerza cortante basal estática	98
Tabla 18: Cortante por sismo dinámico en ambas direcciones	99
Tabla 19: Cortante dinámica en la dirección X-X.....	99
Tabla 20: Cortante dinámica en la dirección Y-Y	100
Tabla 21: Modos de vibración obtenidos	101
Tabla 22: Desplazamientos y Derivas de Sismo en X-X (Bloque Sur).....	104
Tabla 23: Desplazamientos y Derivas de Sismo en Y-Y (Bloque Sur).....	105
Tabla 24: Registros Sísmicos	107
Tabla 25: Derivas Máximas del Análisis Tiempo – Historia (%) en la dirección X-X	110
Tabla 26: Objetivo de desempeño para estructuras básicas.....	114
Tabla 27: Cálculo de Amortiguamiento Efectivo y Viscoso de acuerdo al daño.....	117
Tabla 28: Fuerza Axial en los Disipadores	120
Tabla 29: Cálculo del valor K en perfiles.....	121

Tabla 30: Coeficientes para el cálculo de C	125
Tabla 31: Derivas de entrepiso Análisis No Lineal Tiempo-historia en dirección X-X	127
Tabla 32: Derivas de entrepiso Análisis No Lineal Tiempo-historia en dirección Y-Y	128
Tabla 33: Agrupación de dispositivos	131
Tabla 34: Fuerza de dispositivos en KN.....	131
Tabla 35: Costo de la Implementación de DFV para un Sismo Moderado	133
Tabla 36: Porcentaje de incidencia del reforzamiento con DFV en el proyecto	134
Tabla 37: Porcentaje de disipación de energía tomada por los disipadores de fluido viscoso	139
Tabla 38: Desplazamientos máximos por disipador.....	140
Tabla 39: Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 74NS	151
Tabla 40: Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 74EW	153
Tabla 41: Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Enero del 74NS	155
Tabla 42: Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Enero del 74EW	157
Tabla 43: Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 66NS	159
Tabla 44: Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 66EW	161
Tabla 45: Porcentaje promedio de reducción de derivas y desplazamientos en dirección X-X.....	163
Tabla 46: Costo de reconstrucción por m ²	164
Tabla 47: Comparación de costos con y sin DFV	165

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Los 20 Terremotos con más víctimas mortales desde 1900 al 2015.....	16
Figura 2 : Impacto económico generados por los Terremotos hasta 2016	16
Figura 3 : Edificaciones con control de respuesta sísmica en Japón	17
Figura 4 : Problemas de la realidad que integran el objeto de estudio de la Ing. Civil. .	20
Figura 5 : Edificaciones con Disipadores de fluido viscoso en el Perú.....	23
Figura 6 : Estructura de un Proyecto	36
Figura 7 : Disipadores de Fluido Viscoso	37
Figura 8 : Vulnerabilidad en Viviendas.....	38
Figura 9 : Distribución de carga viva y muerta en una estructura.....	39
Figura 10 : Columna de una Edificación	40
Figura 11 : Muros Estructurales	41
Figura 12 : Límite de Fluencia	42
Figura 13 : Esfuerzo Cortante en la base	43
Figura 14 : Epicentro de un Sismo	44
Figura 15 : Mapa de Zonificación Sísmica.....	45
Figura 16 : Sistemas de Control Estructural.....	48
Figura 17 : Mecanismos de Operación de Sistemas activos.....	50
Figura 18 : Estructura protegida con Sistemas Activos.....	50
Figura 19 : Estructura Protegida con Sistema Semi-Activos	51
Figura 20 : Mecanismo de Operación de Sistemas híbridos	52
Figura 21 : Mecanismo de Operación de Sistemas Pasivos	52
Figura 22 : Ciclos Fuerza- Deformación de disipadores activados por desplazamientos	54
Figura 23 : Ciclo Fuerza-Deformación de disipadores activados por Velocidad.....	55
Figura 24 : Ciclo Fuerza-Deformación de Disipadores activados por desplazamiento y velocidad.....	55
Figura 25 : Fuerza desplazamiento para disipadores fluido viscoso	58
Figura 26 : Disipador sísmico con brazo metálico	61
Figura 27 : Disposición Diagonal.....	63
Figura 28 : Amortiguadores en Disposición Chevron	64
Figura 29 : Disposición Doble Diagonal	64
Figura 30 : Curva de Carga vs. Daño	68

Figura 31: Clasificación de estructuras según la Hazus	71
Figura 32: Derivas correspondientes de acuerdo a nivel de sismo moderado.....	71
Figura 33 : Proceso de Elaboración de la Investigación.....	82
Figura 34 : Mapa de ubicación del proyecto	83
Figura 35 : Distribución en planta de los elementos estructurales (1er Piso).....	84
Figura 36 : Distribución en planta de los elementos estructurales (2do al 15vo Piso)...	85
Figura 37 : Bloque Norte 2do al 15vo Piso	86
Figura 38 : Bloque Norte 1er Piso	86
Figura 39 : Bloque Sur 2do al 15vo Piso.....	87
Figura 40 : Bloque Sur 1er Piso	87
Figura 41: Pesos obtenidos del Etabs-Bloque Sur.....	89
Figura 42: Análisis Torsional X-X	89
Figura 43: Análisis Torsional Y-Y	90
Figura 44: Análisis de piso blando X-X	91
Figura 45: Análisis piso blando Y-Y	91
Figura 46: Análisis de Pesos por nivel	92
Figura 47 : Espectro de Diseño.....	100
Figura 48 : Modo Traslacional (T 1.193S).....	102
Figura 49: Modo 2 Rotacional (T=0.692s).....	102
Figura 50 : Modo 3 Traslacional (T= 0.503s)	103
Figura 51: Desplazamientos Máximos	106
Figura 52: Distorsiones Máximas.....	106
Figura 53: Acelerograma S6610EW.....	108
Figura 54: Acelerograma S6610NS.....	108
Figura 55: Acelerograma S7410EW.....	108
Figura 56: Acelerograma S7410NS.....	109
Figura 57: Acelerograma S7401EW.....	109
Figura 58: Acelerograma S7401NS.....	109
Figura 59: Valores de Fuerza Cortante por piso.....	111
Figura 60: Fuerza Cortante Basal por Piso	111
Figura 61: Valores de Momento Flector por piso.....	112
Figura 62: Curva de Momentos flectores por piso.....	112
Figura 63 : Diagrama de Flujo del Procedimiento	113

Figura 64: Clasificación de Estructuras.....	115
Figura 65: Deriva máxima para Sismo Moderado	116
Figura 66: Distribución en planta de DFV	118
Figura 67: Modelamiento 3d de DFV en Etabs.....	119
Figura 68: Propiedades del Perfil HSS 8.625 x 0.50.....	120
Figura 69: Propiedades del Perfil HSS 8.625 x 0.625	120
Figura 70: Sistema de amortiguamiento.....	123
Figura 71: Coeficiente de amortiguamiento para un dispositivo no lineal = 0.5	124
Figura 72: Ingreso de características del dissipador en el Etabs.....	126
Figura 73: Selección de tipo de dissipador en Etabs.....	126
Figura 74: Valores de Fuerza cortante por piso con DFV.....	129
Figura 75: Fuerza cortante basal por piso con DFV	129
Figura 76: Valores de Momento flector por piso con DFV.....	130
Figura 77: Curva de momento flector por piso con DFV	130
Figura 78: Disipadores de fluido viscoso según fabricante Taylor Devices	132
Figura 79: Derivas de entrepiso máximas según registro sísmico.....	135
Figura 80: Registro sísmico NL-SX6610EW	136
Figura 81: Registro sísmico NL-SX6610NS	137
Figura 82: Registro sísmico NL-SX7410EW	137
Figura 83: Registro sísmico NL-SX7410NS	138
Figura 84: Registro sísmico NL-SX7410EW	138
Figura 85: Registro sísmico NL-SX7410NS	139
Figura 86: Curva histerética K112-Piso 05	143
Figura 87: Curva histerética dissipador K122-Piso 06	143
Figura 88: Curva histerética dissipador K120-Piso 08	143
Figura 89: Curva histerética dissipador K109-Piso 03	143
Figura 90: Curva histerética dissipador K115-Piso 02	143
Figura 91: Curva histerética dissipador K101-Piso 08	143
Figura 92: Ubicación de Placas en el proyecto.....	144
Figura 93: Esfuerzos Cortantes en Placa PL1	145
Figura 94: Esfuerzo cortante en placa PL2.....	146
Figura 95: Esfuerzo cortante en placa PL3	146
Figura 96: Esfuerzo cortante en placa PL4.....	147

Figura 97: Esfuerzo cortante en placa PL5.....	147
Figura 98: Momentos flectores en PL1	148
Figura 100: Momentos flectores en PL3	149
Figura 99: Momentos flectores en PL2	149
Figura 101: Momentos flectores en PL5	150
Figura 102: Momentos flectores en PL4	150
Figura 103: Comparación de Desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 74NS	152
Figura 104: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Octubre del 74NS	152
<i>Figura 106: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Octubre del 74EW</i>	<i>154</i>
Figura 105: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 74EW	154
Figura 107: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Enero del 74NS	156
Figura 108: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Enero del 74NS	156
Figura 109: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Enero del 74EW	158
Figura 110: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Enero del 74EW	158
Figura 111: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Octubre del 66NS	160
Figura 112: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 66NS	160
Figura 113: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 66EW	162
Figura 114: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 66EW	162
Figura 115: Costo de Reparación unitaria por nivel socio-económico	164
Figura 116: Visita de campo a la Edificación.....	190
Figura 117: Fachada de la edificación en la av. Sergio Bernales N°438	190

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación General de Fuerza en disipadores	58
Ecuación 2: Ecuación para cálculo de B_{eff} con amortiguamiento lineal	59
Ecuación 3: Ecuación para cálculo de B_{eff} con amortiguamiento no-lineal.....	60
Ecuación 4: Ecuación para cálculo de Landa	60
Ecuación 5: Ecuación de brazo metálico	62
Ecuación 6: Resistencia a tracción del brazo metálico.....	62
Ecuación 7: Resistencia a compresión del brazo metálico	62
Ecuación 8: Factor de reducción	116
Ecuación 9: Factor B con B_{eff}	116
Ecuación 10: Valor de rigidez	121
Ecuación 11: Ecuación de B efectivo	122
Ecuación 12: Ecuación de B_{eff} considerando C	123
Ecuación 13: Valor λ	124

RESUMEN

La presente tesis se basa en realizar una evaluación técnica-económica de una Edificación Multifamiliar de 15 niveles ubicada en el distrito de Surquillo. Las edificaciones presentes en nuestro país se vuelven vulnerables con el pasar del tiempo debido a las actualizaciones de la Norma Peruana E. 030, por lo que las construcciones existentes no están cumpliendo los parámetros actuales de las solicitaciones sísmicas de hoy en día. El tipo de metodología utilizada es una investigación descriptiva de tipo cuantitativa respecto a un caso específico, que sirve como caso modelo para otros estudios. Para lo cual, primero se realizó la evaluación de la edificación existente bajo las consideraciones actuales de la norma E. 030. Dicha evaluación se hizo mediante el análisis estático, dinámico y tiempo historia utilizando el programa ETABS 2017 v 17.0.1, dando por resultado un porcentaje de deriva mayor al establecido (7 ‰). Seguidamente, se planteó el reforzamiento estructural con DFV en la dirección (X-X), para ello se utilizó la metodología de diseño bajo la Norma ASCE 7-10.

El objetivo de la investigación es realizar el análisis técnico-económico de las dimensiones más importantes, como fuerzas cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso. Así como, el impacto económico de este sistema sobre el proyecto total. DFV Asimismo, parte fundamental de esta investigación es demostrar que la implementación de DFV tiene grandes ventajas aplicativas y se debería implementar las consideraciones de diseño y respuesta en la normativa peruana, ya que podría evitarse grandes pérdidas económicas y humanas ante un posible evento sísmico.

Palabras Claves: reforzamiento estructural, edificación, disipadores de fluido viscoso, comportamiento estructural, diseño, respuesta.

ABSTRACT

This thesis is based on carrying out a technical-economic evaluation of a 15-level Multifamily Building located in the district of Surquillo. The buildings present in our country become vulnerable over time due to the updates of the Peruvian Standard E. 030, so the existing buildings are not meeting the current parameters of today's seismic stresses. The type of methodology used is a quantitative descriptive investigation regarding a specific case, which serves as a model case for other studies. For which, first the evaluation of the existing building was carried out under the current considerations of the E. 030 standard. This evaluation was made through the static, dynamic and time-history analysis using the ETABS 2017 v 17.0.1 program, resulting in a percentage of drift greater than the established one (7 ‰). Next, the structural reinforcement with DFV in the direction (X-X) was proposed, for this the design methodology was used under the ASCE 7-10 Standard.

The objective of the research is to carry out the technical-economic analysis of the most important dimensions, such as shear forces, bending moments and mezzanine drifts. As well as, the economic impact of this system on the total project. DFV Likewise, a fundamental part of this research is to demonstrate that the implementation of DFV has great application advantages and design and response considerations should be implemented in the Peruvian regulations, since it could avoid great economic and human losses in the event of a possible seismic event.

Keywords: structural reinforcement, building, fluid viscous dampers, structural behavior, design, response.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Enfoque Mundial

El uso de técnicas de control de respuesta sísmica en edificaciones, se originó hace ya más de 100 años en Japón al construirse una casa de madera sobre rodillos, bajo el criterio que esta podría aislarse de los eventos sísmicos. Sin embargo, los conceptos en sí, respecto a aislamiento y amortiguamiento fueron aplicados en un inicio en aeronaves de la Segunda Guerra Mundial, y posterior a ello en los años sesenta, recién nació la idea de aplicarlo en estructuras de ingeniería como concepto de disminuir los efectos del viento y sismo. (Oviedo & Duque, 2009, pág. 115)

Hoy en día, la problemática del déficit de edificaciones con nuevas alternativas estructurales es causa de muchas consecuencias devastadoras alrededor del mundo, esas consecuencias involucran víctimas mortales e impactos económicos. La mayoría de las edificaciones se basan en construcciones convencionales bajo el criterio sismorresistente, que si bien no es inadecuado hace que las estructuras se conviertan en un peligro inminente con el transcurrir de los años.

En las siguientes figuras se observa estadísticamente las consecuencias que han ocasionado los sismos alrededor del mundo, tanto en pérdidas humanas como en pérdidas económicas. Los impactos de los terremotos han sido y continúan siendo devastadores, los países afectados invierten demasiado tiempo y dinero reparando los daños ocasionados.



Figura 1: Los 20 Terremotos con más víctimas mortales desde 1900 al 2015

Fuente: Periódico La Vanguardia (España) – Isabel Nafría 25/04/15



Figura 2 : Impacto económico generados por los Terremotos hasta 2016

Fuente: Statista, Artículo El Economista.

Japón

Japón es uno de los países con más avances y mayor propagación en el uso de sistemas de control de respuesta sísmica, debido a la amenaza sísmica constante y porque además cuenta con una economía estable, desarrollada y especialmente una visión precisa enfocada en la investigación, vienen demostrando que sus estructuras tienen una adecuada y satisfactoria respuesta sísmica. El desarrollo de nuevas técnicas y aplicación de estas en estructuras comunes vienen creciendo considerablemente.

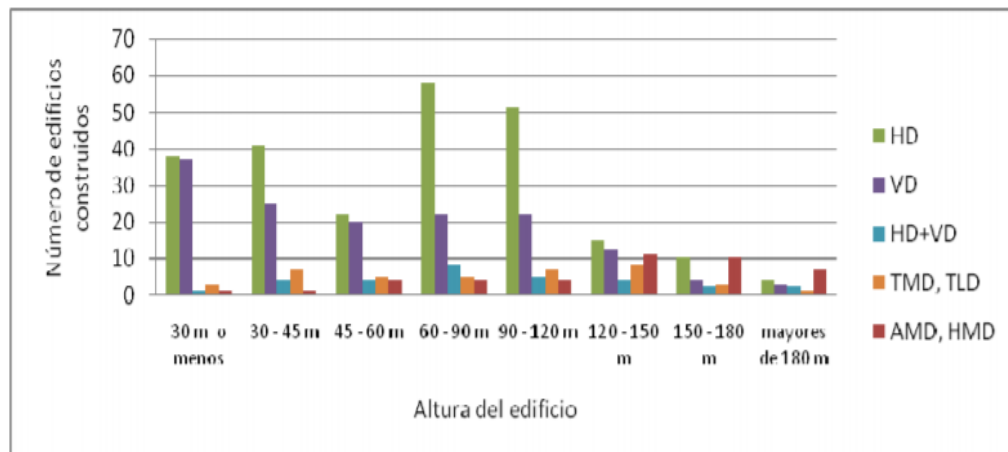


Figura 3 : Edificaciones con control de respuesta sísmica en Japón

Fuente: (Kitamura, 2004)

Como se observa en la figura 3, se puede decir que en Japón no existe un patrón específico para la aplicación del control de respuesta sísmica o de viento en sus estructuras, ya que mientras en otros países la utilización y la propagación masiva solo se da en estructuras con diferencias significativas en planta y sistema estructural, en Japón se cuenta con varios sistemas para proteger a todos los sistemas estructural e incluso, las edificaciones destinadas a hotelería, vivienda y oficinas, consideradas como edificaciones comunes, en Japón son el tipo de edificio en los que se aplica más el uso de estos dispositivos, dichas edificaciones cuenta con una altura entre 30 m y 250 m.

Estados Unidos

En los Estados Unidos, el uso y la aplicación de estos dispositivos también son remarcables y ha ido creciendo, pero es importante señalar que Estados Unidos se ha encontrado más interesado en los sistemas que aportan la técnica de aislamiento basal y que en definitiva proporciona una mejor respuesta sísmica en edificios de baja y mediana altura. Por otro lado, también cuentan con una amplia gama de investigaciones en las técnicas de control pasivo atendiendo la necesidad de las edificaciones más esbeltas. En Estados Unidos, el diseño de las edificaciones implementadas con dispositivos de control de respuesta sísmica está normado por el FEMA 450, la cual menciona las disposiciones recomendadas.

La FEMA 450 tiene diferentes consideraciones dependiendo del tipo de control de respuesta sísmica que se utilice ya sea la de aislamiento basal o del sistema de disipadores de energía. Para ello resaltan que se debe realizar una revisión general tanto del diseño del sistema a utilizar como de los dispositivos en sí.

Reino Unido

Internacionalmente citando, otros países vienen optando por incluir estas nuevas prácticas constructivas como en el Reino Unido. Según (Altieri, Tubaldi, Patelli, & Dall'Asta, 2017, pág. 1152) en su artículo publicado en la Revista *Procedia Engineering*, titulada “Assessment of optimal design methods of viscous dampers” (Evaluación de métodos óptimos de diseño de amortiguadores viscosos) en el Reino Unido, señala que “Viscous dampers are passive control devices which have proven to allow reaching satisfactory levels of protection of structures under earthquake input”. [Los amortiguadores viscosos son dispositivos de control

pasivo que han demostrado permitir alcanzar niveles satisfactorios de protección de estructuras bajo entrada de terremoto]. (p. 1152)

Enfoque Países Latinoamérica

Chile

Otro país propenso a las actividades sísmicas y que ha sufrido grandísimas consecuencias a nivel social y económico es Chile, país que sin duda actualmente está sobresaliendo por adoptar nuevos dispositivos y métodos para controlar las consecuencias devastadoras de la actividad sísmica. Chile sufre de sismos con altas magnitudes por lo que está implementando en sus estructuras sistemas de aislación basal y sistemas de alto amortiguamiento. Dentro de sus obras más importantes está el Edificio Andalucía, el Rascacielos Titanium e incluso el Puente Amolanas donde se emplearon estribos con amortiguadores viscos elásticos. (Leon Joya, 2016, pág. 24). Chile hoy en día pretende incluso ya comercializar sus nuevas tecnologías hacia otros países Latinoamericanos.

Colombia

A nivel sudamericano en cuenta a puentes vehiculares se refiere Colombia es el pionero del uso de aisladores sísmicos en estas estructuras, como el Puente Helicoidal de Dos Quebradas – Risaralda, el cual cuenta con 2 aisladores en cada pilar esto permite aislar la superestructura de la infraestructura. Otros ejemplos como el Hospital Militar de Santiago que está considerada como uno de los 10 mayores edificios del mundo con aisladores elastoméricos. (Caseres, 2005 citado por (Oviedo & Duque, 2009, pág. 120).

Ecuador:

En otros países como en Ecuador, también se han realizado estudios de los déficits que contempla la ingeniería civil hasta el día de hoy. La siguiente tabla propuesta por (Caiza, Viera, Guzmán , & Robalino, 2016), en su artículo publicado en la Revista Ciencia, titulada “Pertinencia de las carreras de ingeniería civil en el Ecuador”, mencionan específicamente la temática abordada como parte de un problema de la ingeniería, así como también los actores y consecuencias que intervienen en el problema.

A continuación se muestra la tabla:

Señalamiento del problema	Actores/Sectores involucrados	Impacto que desencadena	Relación con la matriz del PNEV
Daño excesivo en estructuras	Consultores, Constructores, Organismos de control	Falta de funcionalidad, riesgo a la vida, colapso de estructuras	Objetivo 3
Prácticas constructivas sin actualización	Consultores, Constructores, Organismos de control	Estructuras con alta vulnerabilidad	Objetivo 3
Cimentaciones con factores de riesgo muy variables	Consultores, Constructores, Organismos de control	Estructuras con alta vulnerabilidad	Objetivo 3
Falta de integración de diseños arquitectónicos, estructurales, mecánicos y eléctricos	Consultores, Constructores,	Costos altos, falta de funcionalidad	Objetivo 3
Diseño basado únicamente en fuerzas	Docentes/ estudiantes	Estructuras con alta vulnerabilidad	Objetivo 3
Vías con vida útil restringida	Consultores, Constructores, Organismos de control	Servicialidad, falta de confort, costos de mantenimiento altos	Objetivo 3
Modelación insuficiente de estructuras hidráulicas	Docentes, Empresas Constructoras públicas y privadas	Deficiencias operativas, vulnerabilidad alta	Objetivo 7
Falta de control en obras privadas	Consultores, Constructores, Organismos de control	Edificaciones que no cumplen con el tiempo de vida planificado Alto riesgo para la vida de sus ocupantes Altos costos de construcción y mantenimiento	Objetivo 3
Deficiencia en la planificación de proyectos	Consultores, Constructores, Organismos de control Instituciones públicas	Alto costo de construcción y mantenimiento Tiempo de ejecución superior a la planificado	Objetivo 3
Inobservancia en la seguridad y riesgos en el trabajo en obras civiles	Consultores, Constructores, Organismos de control Instituciones públicas	Pérdidas de vidas durante la construcción	Objetivo 3
Falta de verificación de las	Universidades,	Estructuras que no	Objetivo 3

Figura 4 : Problemas de la realidad que integran el objeto de estudio de la Ing. Civil.

Fuente: Revista Ciencia. Propuesto por: (Caiza, Viera, Guzmán , & Robalino, 2016, pág. 260).

Según (Caiza, Viera, Guzmán , & Robalino, 2016, pág. 260); en su artículo publicado en la Revista Ciencia, titulada “Pertinencia de las carreras de ingeniería civil en el Ecuador”, señala que, una de las problemáticas de la realidad de la carrera es la ausencia de prácticas constructivas sin actualización y daños excesivos, los responsables principales serían los consultores, constructores y organismos de control que intervienen en la carrera permanentemente. Sin duda toda problemática deriva en una serie de consecuencias, en el caso de este estudio, estos son algunos efectos:

- Estructuras con alta vulnerabilidad
- Falta de funcionalidad, colapso de estructuras y riesgo a la vida.

Si bien la ingeniería tiene normativas y lineamientos establecidos nunca está de más adoptar nuevas alternativas o propuestas que tengan el mismo fin. El objetivo de la carrera es sin duda tal como lo menciona (Caiza, Viera, Guzmán , & Robalino, 2016, pág. 254) en este mismo artículo publicado en la Revista Ciencia, titulada “Pertinencia de las carreras de ingeniería civil en el ecuador”, “Mejorar la calidad de vida de la población”, Por lo que edificaciones hoy en día construidas con alta vulnerabilidad, no se alinean a los objetivos de la rama, que en realidad busca altos estándares en diseño, construcción y control. Esta finalidad es bastante amplia y alberga grandes características de la carrera.

Países latinoamericanos como los anteriormente mencionados han demostrado al resto de países latinoamericanos que si es posible proveer de soluciones técnicas como los disipadores de energía metálicos a sus estructuras, siendo estos países claros ejemplos de países en vías de desarrollo.

México:

México, particularmente viene utilizando disipadores pasivos de tipo ADAS (Added Damping and Stiffness). Estos dispositivos en México, se han implementado comúnmente en Edificaciones de entre 5 a 12 niveles, debido a que cuentan con una configuración bastante sencilla conformada de delgadas láminas de acero A36, son una alternativa muy económica. Asimismo, también existen edificaciones con amortiguadores viscosos, como el edificio Torre Mayor de 50 pisos, construida el año 2003.

A Nivel Nacional

La localización del Perú en el Cinturón de Fuego del Pacífico ha sido y continúa siendo una causa de preocupación latente en la sociedad. El Instituto Geofísico del Perú (IGP), en función de su labor da prueba del historial sísmico anual en nuestro país. Según (Taveras. H, 2008) investigador científico y actual presidente ejecutivo del IGP, en una entrevista a BBC Mundo, señaló que el 90% de todos los sismos del mundo y el 80% de los terremotos más grandes tienen lugar en el Cinturón de Fuego del Pacífico. La estadística inicial mostrada sobre los terremotos que han provocado mayor cifra de víctimas mortales desde el año 1900, sitúan al Perú dentro de los 10 países con más víctimas mortales y pese a estas estadísticas alarmantes, en las últimas décadas no se han percibido cambios significativos en la construcción específicamente en el área estructural que permitan cambios constructivos masivos con nuevas opciones de reforzamiento sísmico que involucren sistemas de disipación, los cuales se acomodan más a la realidad peruana. Según (Herrera, M., 2018, pág. 15) en su tesis de la Universidad de Piura, titulada "Desempeño Sísmico en Edificaciones con

aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso” en Piura, afirma que; “Los aisladores basales y amortiguadores son los dispositivos de protección sísmica más utilizados en edificaciones porque permiten mejorar la respuesta ante un sismo, aumentando los periodos y proporcionando amortiguamiento y absorción de energía adicional” (p. 15). De esos dos sistemas de protección antisísmicos, los amortiguadores son los que permiten disipar la energía de la estructura sin necesidad de que otros se sobre esfuercen. En el Perú son pocas las investigaciones realizadas y aún más pocas las edificaciones construidas bajo este nuevo enfoque.

El siguiente mapa muestra que el Perú cuenta únicamente con 9 Estructuras con Disipadores Pasivos de Energía, siendo particularmente muy escasos en relación al nivel de afectación en que nos encontramos.

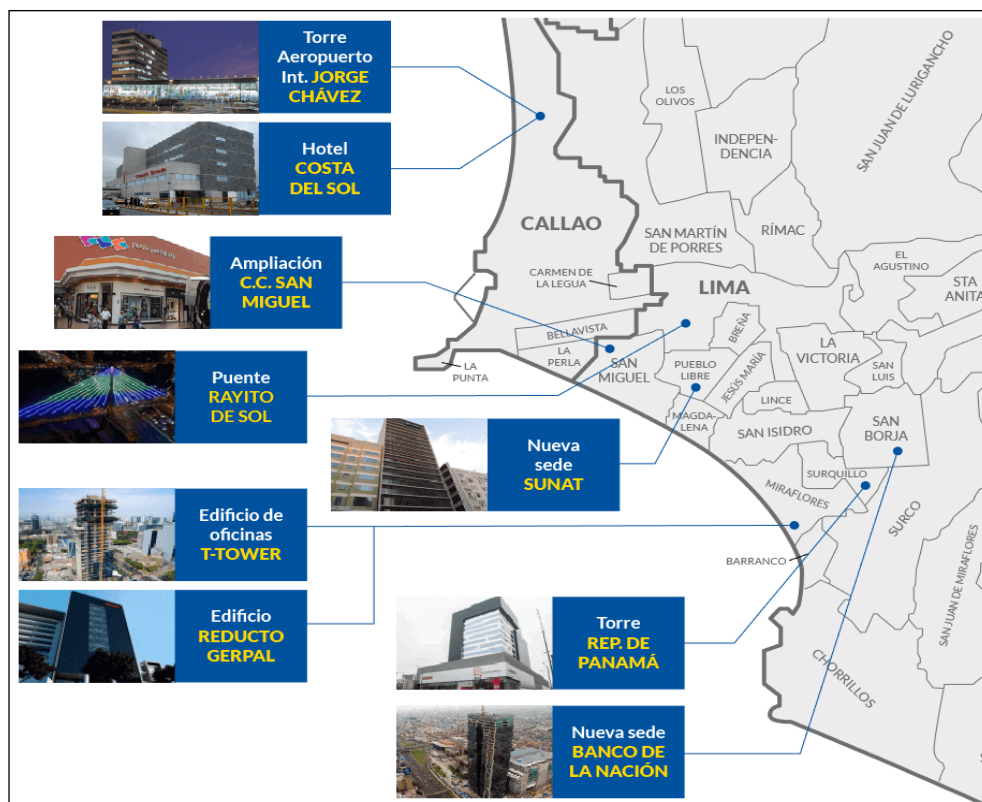


Figura 5 : Edificaciones con Disipadores de fluido viscoso en el Perú
Fuente: CDV Perú.

Respecto a todo lo anteriormente mencionado, se puede precisar que no existe una masificación internacional, nacional ni mucho menos local en el Perú del uso de estos de dispositivos como los disipadores de fluido viscoso, ni mucho menos una norma nacional reglamentaria de diseño, por lo que el propósito de la presenta investigación es demostrar el impacto del reforzamiento sísmico implementando disipadores de fluido viscoso en el mejoramiento del comportamiento estructural, así como continuar intensificando su aplicación bajo los parámetros de las Norma E 0.30 y la Norma ASCE 7-10. Las cuales permitirán construir edificaciones con desempeños óptimos frente a sismos severos, y por ende salvaguardar vidas humanas.

Antecedentes Internacionales

Como primer antecedente internacional mencionaremos a; (Assereto & Gamboa, 2014) en su trabajo, realizaron el diseño sísmico de una estructura de 5 niveles correspondiente al Edificio Intisuyo, considerando disipadores pasivos de energía del tipo viscoelástico de acuerdo a la norma chilena (NCh2369), de lo que concluyeron que la edificación reforzada con placas disminuyó en un 52% su periodo de vibración, mientras que la edificación reforzada con disipadores fluido viscoso pese a que conserva el periodo inicial, el sistema si puede disipar hasta el 85% de energía de la estructura.

Asimismo, según (Farfán Fernando & Rincón Danovis, 2016) en su trabajo de investigación "Modelo Didáctico de una Estructura utilizando Disipadores de Energía de Fluido Viscoso", de la Universidad Católica de Colombia, en Colombia. Se presentó como objetivo general elaborar un modelo cualitativo que permita observar y demostrar el comportamiento estructural de dos tipos de estructuras distintas; siendo una de ellas convencional y la otra implementada de

un sistema de disipadores de fluido viscoso con el fin de ser sometidas a una simulación sísmica. La metodología utilizada fue netamente experimental, el estudio se realizó en base a dos estructuras, donde para la que contaba con amortiguadores se utilizó dispositivos utilizados en muebles para oficinas, los cuales tienen gas nitrógeno, por otro lado todos los elementos utilizados en el prototipo fueron elegidos luego de varias pruebas de funcionamiento, se utilizó lamina de acero HR de 3.00mm. En esta investigación se concluyó que; el modelo a escala simula las condiciones reales de la estructura frente a un sismo. Específicamente en el modelo implementado de disipadores de fluido viscoso se ve un comportamiento óptimo, ya que se interrumpe el movimiento evitando de tal forma que la energía aumente y por ende que los pórticos superiores sufran deformaciones considerables.

Por otro lado, según (Maruri Ortiz, 2015) en su tesis “Modelo Estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistemas de disipación pasiva de energía” de la Universidad San Francisco de Quito, en Ecuador. Su estudio tuvo una metodología teórico-experimental, donde el autor en mención planteó diseñar un modelo estructural a escala con amortiguadores viscosos que fue sometido a una mesa de excitación dinámica, y del mismo modo fue diseñada en el programa SAP2000, mediante ello se realizó un análisis comparativo de las ventajas provistas por este sistema. El autor llegó a la conclusión que el modelo estructural a escala al implementar disipadores viscosos se evidencia una disminución en la aceleración, comprobándose una efectividad promedio de reducción en la aceleración de 146.18%, solo contando con disipadores viscosos en base de aire, asimismo se evidenció un mismo comportamiento por parte de ambas graficas de acelerogramas tanto teórico vs experimental, con un error aproximado del 10%, lo

cual se debería a las variaciones del instrumento, las propiedades de los materiales y en las propiedades del disipador utilizado. Ante todo ello, el autor concluye que este tipo de sistemas son una opción recomendable para proteger a la estructura de daños significativos.

Del mismo modo; según (Azunción, 2016) en su trabajo de investigación “Análisis Comparativo de un Pórtico Convencional con y sin Disipadores de Fluido Viscoso modelado en SAP2000” de la Universidad de Guayaquil, en Ecuador. En el cual se planteó como objetivo principal analizar y comparar el comportamiento de una edificación aporticada con y sin disipador de fluido viscoso ante la simulación de un evento sísmico. La investigación adoptó una metodología descriptiva comparativa, y se utilizó el programa SAP2000 para analizar las ventajas de estos dispositivos. Se tuvo como muestra en estudio una edificación de 10 pisos, en la investigación se analizaron aspectos como los desplazamientos, el balance de energía y la curva de histéresis. Concluyendo que; los sistemas pasivos de amortiguación son los más sencillos de modelar en programas estructurales, asimismo al analizar los desplazamientos y derivas de ambos sistemas con y sin disipador viscoso sometidos a los dos registros sísmicos, siendo la máxima deriva en el pórtico analizado de 1%. Es decir que en resumen los disipadores viscosos estudiados en esa investigación reducen los daños, incluso después de un sismo severo.

Antecedentes Nacionales

Como primer antecedente nacional mencionaremos a (Ramos Bernabé & Rodríguez Carhuaz, 2019) en su tesis titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño de reforzamiento estructural implementando disipadores de fluido viscoso en la vivienda

Multifamiliar de 8 niveles; Santiago de Surco”. Universidad Ricardo Palma, plantea como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica existente de su muestra para poder plantear un diseño de reforzamiento sísmico utilizando disipadores de energía, el tipo de metodología empleada fue descriptiva y utilizó instrumentos normativos como la Norma Peruana y la Metodología Hazus así como también el software estructural ETABS 2017 durante todo el proceso.

Al culminar su trabajo obtuvo las siguientes conclusiones:

- La edificación en estudio existente no cumplía con los parámetros actualizados de la Norma, superando las derivas máximas del 0.007.
- El diseño de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso involucro disipadores en disposición diagonal y de tipo no lineales con coeficientes de amortiguamiento de 108 tn-s/m (x-x) y 119 tn-s/m (y-y)
- El comportamiento estructural de la edificación modelada en el Etabs tuvo porcentajes de reducción en derivas logrando un 0.005, así como también reducciones en desplazamiento de centros de masa de hasta 60% y disipación de energía de hasta el 70% en toda la estructura.

Asimismo, (Navarro, 2017) en su trabajo de investigación denominado “Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro”. Universidad Nacional de Piura, donde el objetivo de esta fue poder realizar la Comparación de las respuestas dinámicas en la estructura de la clínica Santa Isabel con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro. En ese documento el método aplicado es el Correlacional, y las herramientas fundamentales utilizadas son el software Etabs y el SeismomatchV2.1. La

población se enmarca en estructuras ubicadas en la zona sísmica cuatro, por lo que la muestra estudiada es la clínica Santa Isabel. En esta investigación (Navarro, 2017) concluye que:

- Los desplazamientos máximos, presentados en el sexto piso, resultantes del análisis inicial de la estructura lograron disminuir hasta en un 44%.
- Del mismo modo, las derivas de entrepiso calculadas cumplieron con los requisitos mínimos disminuyendo en hasta un 45%.
- Por otro lado, la reducción de esfuerzos también se reflejó en los muros de corte del eje Y, donde se ubicaron los disipadores, con un 50%, y en las columnas esta reducción es de hasta 43%.
- Finalmente, se determinó la disminución de momentos de hasta un 50% para placas y 43% para columnas.

De igual forma, se presenta la investigación de (Lescano Alvarez, 2020) titulada "Diseño y Evaluación del Desempeño Sísmico para estructuras de Edificaciones Reforzadas con Disipadores de Energía en la ciudad de Huancayo" de la Universidad Peruana Los Andes, en Huancayo. Detalla una tesis con el objetivo general de determinar el diseño y la evaluación del desempeño sísmico para estructuras reforzadas con disipadores de energía, para ello empleo una metodología aplicada de forma explicativa, la muestra en mención fue respecto a una vivienda multifamiliar de solo 5 pisos ubicada en el mismo departamento. Para cumplir con los propósitos se utilizó las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana vigente y la ASCE 7-10.

Al concluir la investigación se determinó que:

- En el análisis tiempo-historia realizado en función al Sismo de Lima de 1974, el comportamiento estructural de la edificación no se encontraba en concordancia con los límites de deriva presentando resultados de hasta 14.51 ‰ en el eje X y de 11.46 ‰ en el eje Y.
- Por tal motivo se tuvo que incorporar disipadores de energía en ambos sentidos, para ello se realizaron cálculos directos para obtener el Coeficiente de amortiguamiento necesario para el sistema, obteniendo 32.82% y 20% en X e Y respectivamente.
- La disposición final de los disipadores fue de doble diagonal en ambas direcciones con 2 pares en cada piso.
- Finalmente, se obtuvieron derivas objetivos de hasta 4.00 ‰ y reducciones en cuanto a desplazamientos de centros de masa, esfuerzos axiales, momentos flectores y cortantes en todos los elementos de la edificación.

En el mismo lineamiento, otra investigación relacionada es según (Santos Zeballos, 2017) en su investigación "Aisladores Y Disipadores Sísmicos en Edificaciones de Concreto Armado" de la Universidad José Carlos Mariátegui, en Moquegua. Donde se presenta el análisis de estructura de solo 4 niveles, cuya deriva superaba el límite permitido por la Norma Peruana. El objetivo fundamental de la investigación fue evaluar los resultados obtenidos de la comparación de la estructura con y sin disipadores. Se utilizó como instrumento el programa ETABS V13. Como resultado, se obtuvo para la edificación convencional deriva elástica máxima de 0.0038 y 0.0041, mientras que la edificación con disipadores obtuvo distorsiones del orden 0.0010, lo cual demostró un mejor comportamiento del sistema implementado.

De la misma manera, (Medina, 2017) en su trabajo de investigación, "Análisis comparativo de desempeño sísmico entre el sistema de reforzamiento convencional con muros estructurales y los sistemas de disipación pasiva de energía viscoelásticos e hysteréticos para el edificio multifamiliar Vílchez en el distrito de El Tambo, Huancayo". Universidad Continental, Huancayo, plantea como objetivo determinar las fuerzas, momentos, desplazamientos y aceleraciones resultantes del análisis del desempeño sísmico mediante un reforzamiento convencional con muros estructurales y otro análisis con un sistema de disipación de viscoelásticos e hysteréticos. La metodología utilizada para el análisis convencional se realizó bajo la norma E0.30 y para el caso de reforzamiento con disipadores pasivos bajo norma ASCE 7-10, demostrando que fue una investigación tipo descriptiva. Respecto a la población de diseño son todos los proyectos multifamiliares de edificación de 5 a más niveles en la ciudad de Huancayo, y la muestra específica es el Edificio Multifamiliar "Vílchez" de 13 niveles.

Finalmente, concluye que:

- La edificación presenta una reducción de derivas en un rango de 37.43% a 44.65% con disipadores fluido-viscosos y en un rango 32.02% a 41.75% respecto a disipadores de fluencia de metales tipo TADAS en comparación a la edificación convencional.
- El desplazamiento máximo del centro de masa con disipadores de energía fluido viscosos en la dirección X se redujo en 43.38% y en un 37.07% en la dirección Y, respecto a la edificación convencional.

- La fuerza axial presentó reducciones de hasta 44% con disipadores de fluido viscoso, mientras que con disipadores de fluencia se obtuvieron reducciones de hasta 37% con respecto al diseño convencional.
- Finalmente, respecto a los momentos se obtuvo mejores reducciones con el sistema incorporado de disipadores, donde se presentó reducciones en un rango de 35.39% a 57.72%, a diferencia del sistema con disipadores de fluencia donde solo se logró una reducción de 21.68% a 41.71%.
- Como ultima conclusión dicho autor recomienda el uso de disipadores de fluido viscoso en edificaciones esbeltas.

(Medina, 2017, pág. 139)

También, según (Pinaud Ricci, 2014) en su tema de investigación “Estudio Experimental de las Características Dinámicas de un dispositivo disipador viscoso a escala reducida” de la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima. Propuso el diseño de un disipador viscoso a escala reducida, por lo que la metodología de este estudio es experimental. El dispositivo de tipo pistón que presentaba una configuración simple, constaba de dos pórticos de acero con una losa de concreto, y fue ensayado en la mesa vibradora bajo dos tipos de movimiento, sinusoidal y sísmico. Se usó el registro sísmico del 3 de octubre de 1974. Los resultados de dicha experimentación indicaron un comportamiento bilineal para la fuerza del amortiguador, asimismo se obtuvo una reducción promedio de 74% en el desplazamiento relativo, 68% en la velocidad relativa, 41% en aceleración relativa y 57% en aceleración absoluta.

Otra investigación Según (López, 2017) en su estudio realiza un análisis sísmico comparativo de una concepción tradicional como aplicándole un sistema

estructural de disipadores pasivos de energía, con la finalidad de analizar la variabilidad de los parámetros sísmicos y concluye de dicha investigación, que se presenta una gran reducción en cuanto a derivas de control de entrepiso, desplazamientos de centro de masa, de fuerzas, pero un incremento ligeramente justificado en cuanto a costos.

De igual manera según lo señalado en el estudio de (Corpus, 2015), plantearon un edificio de oficinas en Trujillo al cual se le realizó un análisis sísmico con la Norma E.030, así como la adición de disipadores de Fluido Viscoso mediante la norma FEMA y ASCE-SEI 7-10, donde terminaron recomendando la utilización de disipadores de fluido viscoso en edificaciones de estructuras flexibles en orden de disminuir las deformaciones y esfuerzos en las columnas y vigas. Otros ejemplos, como las investigaciones realizadas por (Navarro, 2017) derivan en la importancia de diseñar con disipadores sobre todo en cuanto se trate a edificaciones esenciales. Si bien es cierto actualmente existen diversos dispositivos como alternativas a los movimientos sísmicos, son los disipadores de fluido viscoso los que logran brindar un amortiguamiento adicional del 25%. De acuerdo con (Herrera, 2018) luego de haber realizado su estudio comparativo entre aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso, concluyó que este último tiene mayor beneficio en edificaciones con mayor esbeltez, por lo que invita a implementar estos sistemas de forma permanente en las edificaciones esenciales.

También, es importante mencionar a (Huerta Ramírez, 2017) en su trabajo de investigación titulada "Análisis Comparativo Del Comportamiento Estructural Del Cpu-Unasam Con Disipadores De Energia De Fluido Viscoso" de la

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, en Huaraz. Basa su estudio en los disipadores de energía de fluido viscoso, para ello se tomó en consideración como población las edificaciones de 6 niveles de la ciudad de Huaraz y como muestra la estructura CPU-UNASAM, edificación ubicada en el barrio de Centenario-Huaraz, el cual superaba el límite permitido por la NTP E030 (0.70%). El tipo de investigación utilizada es Descriptiva-Cuantitativa, y el diseño de la investigación es comparativa. Se utilizó como instrumento el software (ETABS v 16.2.0). Al culminarse la investigación concluyó que la incorporación de los disipadores disminuye la deriva de entrepiso, específicamente en ese proyecto logró reducir hasta en un 33.5% en el eje X 6.54% en el eje Y. En conclusión que la inclusión de los disipadores de fluido viscoso, mejoran el comportamiento estructural de una estructura ante la acción de un sismo severo.

Por último, el trabajo de (Enriquez Acosta & Sánchez Guevara, 2018) titulado “Evaluación Sísmica y propuesta de reforzamiento con disipadores de energía al “hospital nacional Almanzor Aguinaga Asenjo” de Chiclayo – región Lambayeque, actualizado a la Norma E. 030” detalla un trabajo realizado con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica de dicho hospital mediante métodos cuantitativos y cualitativos como el Método Hirosawa para posteriormente plantear el reforzamiento mediante un sistema de disipadores de energía. La metodología utilizada fue cuasi-experimental ya que se desarrollaron ensayos de esclerómetro, diamantina y exploración de suelos para determinar la vulnerabilidad sísmica de la estructura existente, respecto a ello se plantearon alternativas de solución, concluyendo que:

- Los ensayos de diamantina realizados a 4 elementos estructurales diferentes resultan que las vigas tienen una resistencia de 230 kg/cm² y las columnas 240

kg/cm², por lo que están por debajo del parámetro del que fueron construidas de 280kg/cm².

- Mediante el método Hirosawa, utilizado en Japón para evaluar sísmicamente los parámetros de suelo y construcción, todos los bloques presentes en el hospital son vulnerables.
- Para la alternativa de solución se consideró la utilización del Software Etabs, mediante un análisis tiempo-historia donde se evaluó las siguientes alternativas disipadores de fluido viscoso, viscoelásticos y de fricción.
- Finalmente, se obtuvo que el mejor comportamiento se obtuvo con los disipadores de fluido viscoso, que lograron disipar hasta un 88% de energía, asimismo, disminuyeron las derivas máximas en un rango de 55% a 75%.

Estas últimas consideraciones son sin dudas muy importantes para el campo estudiado ya que reafirman la relevancia de tener como alternativa de seguridad a estos sistemas, sobre todo sabiendo la realidad del país, en donde son escasas las edificaciones con estos sistemas.

Justificación

La presente temática es de interés internacional y sobre todo nacional y aunque actualmente existen bibliografías que hacen referencia al tema, aún son muchas las interrogantes sin resolver sobre el comportamiento, análisis, y especialmente respecto al diseño y efectividad de estos dispositivos.

De igual forma la presente tesis se justifica en el hecho de que la zona norte del Perú es una zona de elevada actividad sísmica y donde se puede esperar eventos sísmicos de mayor intensidad sobre todo en las próximas décadas. La ciudad de Lima al ser considerada una zona sísmica tipo 4, las edificaciones que

se construyan están propensas a sufrir daños severos que afecten el comportamiento estructural y por ende los costos post reparación.

Por ello, el presente trabajo se justifica en obtener una propuesta de reforzamiento sísmico implementando disipadores de fluido viscoso analizando técnica y económicamente la efectividad de este sistema, y ante ello promover el uso de este modelo de disipadores y enfatizar en la necesidad de implementar una metodología en la Norma Peruana utilizando estos sistemas de protección.

La justificación más importante es a nivel social, ya que estos sistemas de protección hacen que las estructuras cumplan la función de proteger vidas humanas y pérdidas económicas durante su vida útil, para ello es necesario difundir la implementación de estos en futuros proyectos desarrollados en el Perú.

Nociones Teóricas

- Estructura

Según (Giordani & Leone, pág. 2) “Es un conjunto estable de elementos resistentes de una construcción con la finalidad de soportar cargas y transmitir las, para llevar finalmente estos pesos o cargas al suelo.”

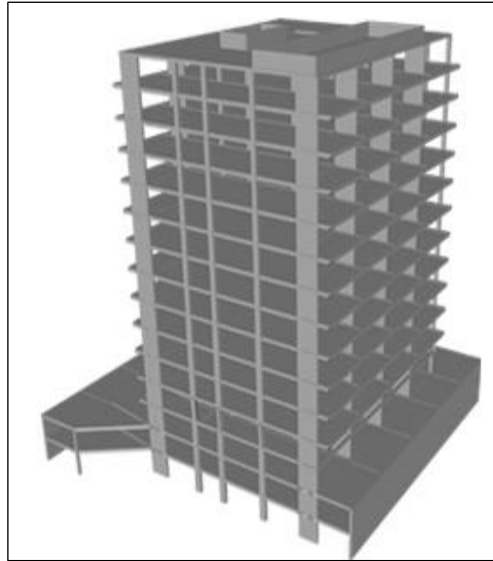


Figura 6 : Estructura de un Proyecto

Fuente: Recuperado de Blog USPCEU (<http://blogs.eps.uspceu.es/>)

- Análisis estructural:

“Es la determinación de la capacidad que tiene una estructura o de sus elementos al soportar un tipo de cargas para lo cual se plantean ecuaciones para encontrar los esfuerzos producidos” (Ramos Bernabé & Rodríguez Carhuaz, 2019, pág. 18)

- Disipadores de energía

Según (Carranza & Calderón, 2015, pág. 22) “Son dispositivos de control pasivo, es decir, no alteran la energía de entrada, por lo que manifiestan su eficiencia absorbiendo gran parte de la energía sísmica, es decir, disipan la energía convirtiéndola en calor”.

- Disipadores de fluido viscoso

Según (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2009) “Los disipadores de fluido viscoso tienen la propiedad de reducir simultáneamente los esfuerzos y las deflexiones de la estructura. Un disipador de fluido viscoso es un dispositivo que disipa energía aplicando una fuerza resistiva a un desplazamiento finito”

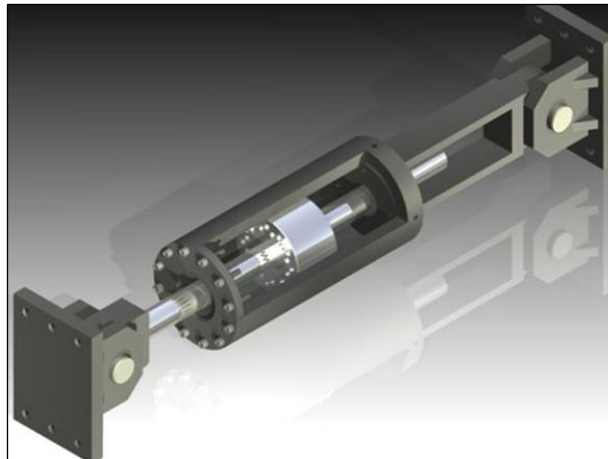


Figura 7 : Disipadores de Fluido Viscoso

Fuente: Página web de Disipa-Construproductos

- Norma

Según (Moya Msc, 2015, pág. 9) Se define como “el principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad”

- Sismo resistente

Según (Moya Msc, 2015, pág. 9)

Propiedad o atributo con la que se dota a una edificación, mediante la aplicación de técnicas de diseño de su configuración geométrica y la incorporación en su constitución física, de componentes estructurales especiales que la capacitan para resistir las fuerzas que se presentan durante un movimiento sísmico, lo que se traduce en protección de la vida de los ocupantes y de la integridad del edificio mismo. (p.9)

- Vulnerabilidad

Según (Barbat, Oller , & Vielma , 2005, pág. 5) “Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total”



Figura 8 : Vulnerabilidad en Viviendas

Fuente: Noticias de Pontificia Universidad Católica de Chile

- Vulnerabilidad sísmica

Según (Moya Msc, 2015, pág. 21) “Es la probabilidad de que ocurra un sismo en un sitio en un período de tiempo con una magnitud determinada”

- Comportamiento estructural

(Vásquez Tirado, 2017, pág. 14) “Cada estructura responde a las cargas en forma diferente, deformándose y desplazándose según se desarrollan los esfuerzos internos a fin de balancear los efectos de la carga aplicada”

- Amenaza sísmica

Según (Moya Msc, 2015, pág. 21) “Es la cuantificación del buen o mal comportamiento que tendrán las construcciones cuando se presenta un sismo”

- Base

Según (Giordani & Leone, pág. 12) la definen como “el elemento encargado de soportar y repartir en la tierra todo el peso de la estructura, impidiendo que ésta sufra movimientos importantes” La base puede estar compuesta de diversos materiales ya sea concreto simple, armado o etc. Por otro lado, las cimentaciones de una estructura son de diferentes estructuraciones ya sean con zapatas aisladas, conectadas, pozos, pilotes, etc.

- Carga

Según la Norma Técnica E020 (2006): “Es la fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos”.

- Carga muerta

Norma ACI 318S (2005), pág. 37: “Cargas muertas soportadas por un elemento, según se definen en el reglamento general de construcción de la cual forma parte este reglamento (Sin factores de carga).”

- Carga viva

Norma ACI 318S (2005), pág. 37 “Carga viva especificada en el reglamento general de construcción de la cual forma parte este reglamento (sin factores de carga).”

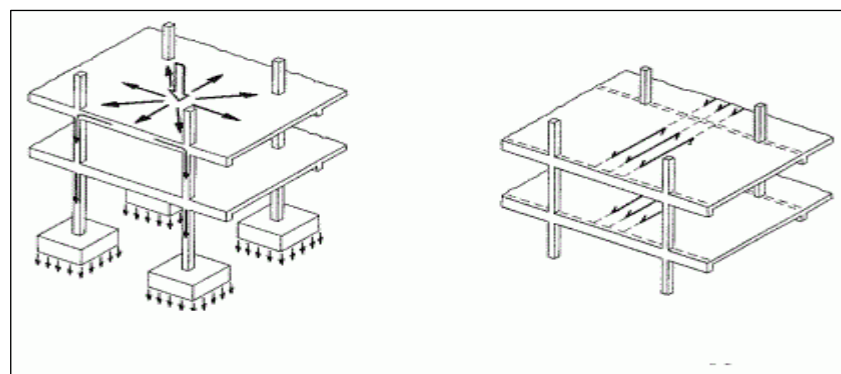


Figura 9 : Distribución de carga viva y muerta en una estructura

Fuente: Recuperado de blog <https://civilmas.net/>

- Fuerza

Según (Giordani & Leone, pág. 2) Entendemos por fuerza toda acción sobre un objeto que tiende a modificar el estado de reposo o movimiento de dicho objeto, o que puede deformarlo de forma permanente o transitoria.

- Columna:

Norma ACI 318S (2005), pág. 38. “Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor que 3 usado principalmente para resistir carga axial de compresión”

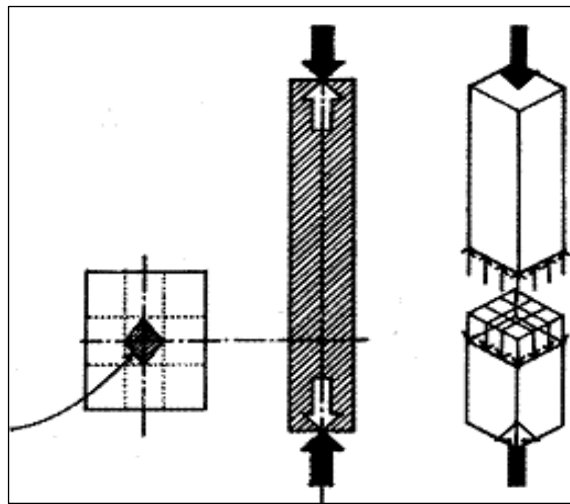


Figura 10 : Columna de una Edificación

Fuente: Recuperado de blog <https://www.elconstructorcivil.com/>

- Edificación:

Según (Moya Msc, 2015, pág. 9) “Nombre genérico con que se designa cualquier construcción de grandes dimensiones fabricada con piedra o materiales resistentes y que está destinada a servir de espacio para el desarrollo de una actividad humana”

- Muros estructurales:

Norma ACI 318S (2005) pág. 42. “Muros diseñados para resistir combinaciones de cortantes, momentos y fuerzas axiales inducidas por movimientos sísmicos. Un muro de cortante es un muro estructural”

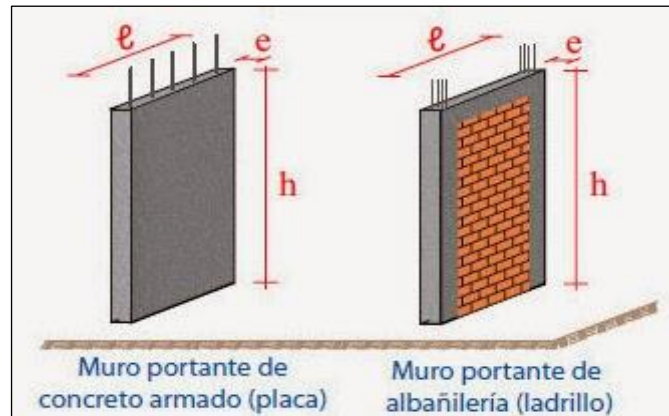


Figura 11 : Muros Estructurales

Fuente: Recuperado de <http://disenaestudio.blogspot.com/>

- Pórticos:

Según (Carranza & Calderón, 2015, pág. 19) “Están formados por vigas y columnas, conectados entre sí por nodos rígidos, lo cual permite la transferencia de momentos flectores y las cargas axiales hacia las columnas”

- Diafragma:

Corzo (2005) indica: “Es un sistema horizontal o casi horizontal que transmite las fuerzas laterales a los elementos verticales resistentes. El término Diafragma incluye un sistema arriostrado horizontal.”

- Envolverte de momentos:

Corzo (2005) señala: “Diagrama de momentos, donde se superponen los momentos producidos en la estructura de por las combinaciones de cargas, para determinar cuáles son los momentos críticos y proceder a diseñar los elementos de la estructura con ellos.”

- Módulo de elasticidad:

Norma ACI 318S (2005) pág. 12. “Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material”

- Fatiga:

Según Corzo (2005): "Estado que presenta un material después de estar sometido a esfuerzos de forma repetida, por encima de su límite de tenacidad"

- Fluencia:

Corzo (2005) señala: "Fenómeno que se caracteriza porque un material sufra grandes deformaciones al ser sometido a un esfuerzo constante antes de producirse la falla. Como es el caso del acero a refuerzo"

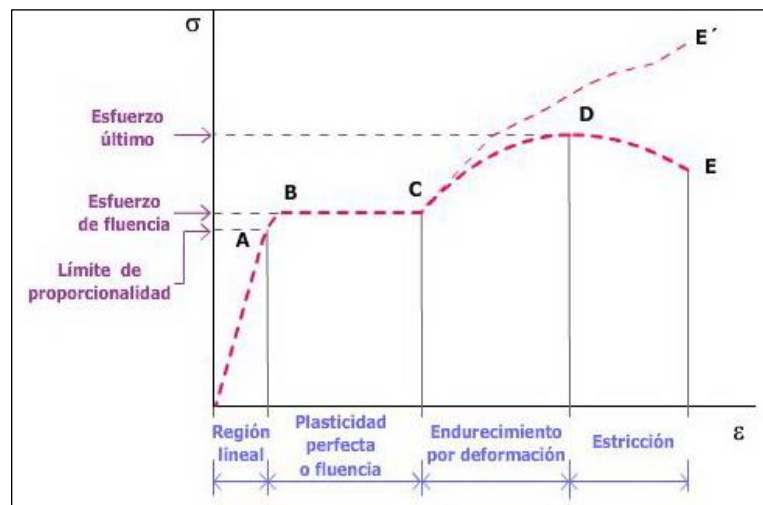


Figura 12 : Límite de Fluencia

Fuente: Recuperado de página web <https://www.cienciasfera.com/>

- Deformación:

(Cervera & Blanco, 2001, pág. 12), Consideremos un cuerpo cualquiera sometido a la acción de fuerzas aplicadas, y con vínculos suficientes como para impedirle movimientos de sólido rígido. Dado que no existe material alguno que sea infinitamente rígido, la acción de las fuerzas se traduce en que el cuerpo se deforma.

- Deriva:

Según (Moya Msc, 2015, pág. 9) Deflexión horizontal relativa entre pisos consecutivos.

- Desplazamiento:

Según (Moya Msc, 2015, pág. 9) “Longitud que una edificación se traslada medida desde un punto de referencia original”

- Fuerza cortante en la base:

Según la Norma Técnica E030 (2016): “La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada”

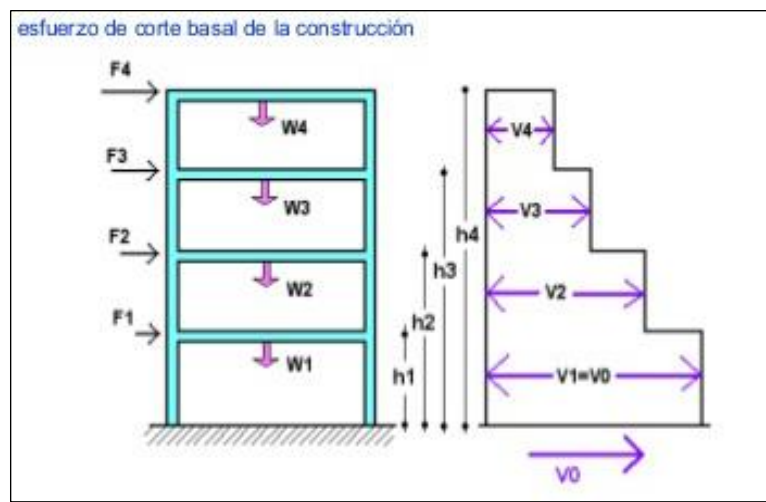


Figura 13 : Esfuerzo Cortante en la base

Fuente: Recuperado de blog (<https://saavedraonline.wordpress.com/>)

- Respuesta sísmica:

Según Vezga (citado en Ochoa y Romero 2013): “Es el comportamiento de un edificio sometido a movimiento de su base producto de un movimiento sísmico. El movimiento es producto de una combinación de formas o modos de vibración que describe los desplazamientos de cada nivel bajo una determinada frecuencia o periodo de vibración (T seg).”

- Sismo:

Según Vezga (citado en Ochoa y Romero 2013): “Los sismos, terremotos o temblores, son movimientos del terreno debidos al paso de ondas de esfuerzo que se originan por la ruptura de rocas sujetas a esfuerzos y al deslizamiento de una falla sísmica.



Figura 14 : Epicentro de un Sismo

Fuente: Recuperado de noticias Gestión Perú

- Sistema estructural dual:

Según la Norma Técnica E030 (2016): “Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros esta entre 20% y 70% del cortante en la base dl edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30% de la fuerza cortante en la base.”

- Seguridad:

Según Llopiz (2010): “La otra condición fundamental que deben satisfacer las construcciones es la seguridad. Se podría aducir con respecto a este requisito que, dado cualquier proyecto arquitectónico, siempre y cuando se satisfagan las condiciones de estabilidad, de rigidez, resistencia, se apliquen los reglamentos pertinentes, se trabaje con los coeficientes de seguridad adecuados y se ejecute la

obra en forma adecuada, debería resultar una construcción con riesgo cero o de muy baja probabilidad de falla.”

- Economía:

Llopiz (2010) señala: “Para que una construcción sea eficiente no basta que sea solamente funcional y segura, sino que también debe tener un costo razonable. En la medida que el proyecto de arquitectura pueda ser resuelto a través de una estructura simple, limpia y también agradable a la vista, y que además permita que los conflictos antes mencionados ni pongan en peligro la estabilidad del edificio ni provoquen daños ante sucesivos movimientos sísmicos, la solución estructural será más predecible y resultará con un factor de seguridad mayor y menores costos asociados.”

- Sismicidad:

Según (Assereto Gómez & Gamboa Vásquez, 2014, pág. 7): Se define como el análisis del número de sismos que ocurren en una región geográfica determinada. Cada lugar puede tener su propia sismicidad; sea baja o alta, lo que se relaciona con la frecuencia con que ocurren sismos en cada zona.



Figura 15 : Mapa de Zonificación Sísmica

Fuente: Norma técnica peruana E0.30

Según Norma Técnica E.030 Diseño. Sismorresistente del RNE [Norma E

0.30]. Artículo 3 – Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente. 2018

(Perú), define los siguientes puntos:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Es decir, la filosofía se establece en la presente Norma los siguientes principios:

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

Por ello, este enfoque convencional del diseño sismorresistente ha llevado a los ingenieros a buscar alternativas de solución en cuanto a protección sísmica con el objetivo de prevenir fallas estructurales y minimizar posibles pérdidas económicas y humanas.

Asimismo, según (Oviedo Sarmiento, 2008, pág. 7) en su tesis para optar el título de maestro en Ingeniería Estructural, titulada Dispositivos pasivos de disipación de energía para diseño sismorresistente de estructuras de la Universidad Nacional de Ingeniería en el Perú, señala que “Existen situaciones en donde las características del diseño convencional no son aplicables. Cuando una

estructura debe permanecer funcional después de un sismo, como es el caso de estructuras importantes (hospitales, estaciones de policía, etc.), el diseño convencional es inapropiado" (p. 7)

Esta afirmación se comprueba hoy en día ya que, muchas de las edificaciones existentes sobre todo aquellas de gran esbeltez o envergadura que han sido diseñadas con la normativa peruana anterior con el transcurrir de los años no llegan a cumplir las nuevas expectativas de los parámetros actualizados, por lo que requieren de alternativas de reforzamiento estructural.

Por ello, (Romero Leceta, 2016, pág. 23) en su tesis Diseño estructural de un edificio de 7 pisos de concreto armado con reforzamiento con disipadores visco-elásticos sólidos, Perú señala que "los sistemas de control estructural ante sismos prometen una alternativa interesante para mejorar el comportamiento de las estructuras por medio de una disminución de la resonancia, aumento del amortiguamiento de la estructura o aumento del periodo de vibración" (p. 23). Es decir existen 3 tipos de protección sísmica bajo estos sistemas. Primero, los que modifican las propiedades de la estructura antes del sismo mejor conocidos como sistemas pasivos, segundo los que no modifican las propiedades de la estructura pero aumentan el amortiguamiento o la rigidez y funcionan durante el sismo conocidos como los sistemas activos, por último los que modifican el periodo y es como un sistema mixto del pasivo y el activo.

Otros autores afirman que, los sistemas de protección sísmica por amortiguamiento tienen como finalidad reducir los desplazamientos relativos de entrepiso, y por tanto aminorar el daño estructural. Esto se logra mediante un

incremento de la participación del amortiguamiento viscoso en la disipación de energía sísmica. (Guevara Huatuco & Torres Arias, 2012, pág. 3)

Sistemas de protección sísmica

Según (Romero Leceta, 2016) en sus tesis "Diseño de edificaciones con disipadores utilizando la norma ASCE 7-10"; señala que "los sistemas de control estructural ante sismos prometen una alternativa interesante para mejorar el comportamiento de las estructuras por medio de una disminución de la resonancia, aumento del amortiguamiento de la estructura o aumento del periodo de vibración" (p.23)

Los sistemas de protección sísmica de estructuras utilizados en la actualidad incluyen diseños relativamente simples hasta avanzados sistemas totalmente automatizados. Los sistemas de protección sísmica se pueden clasificar en las siguientes categorías:

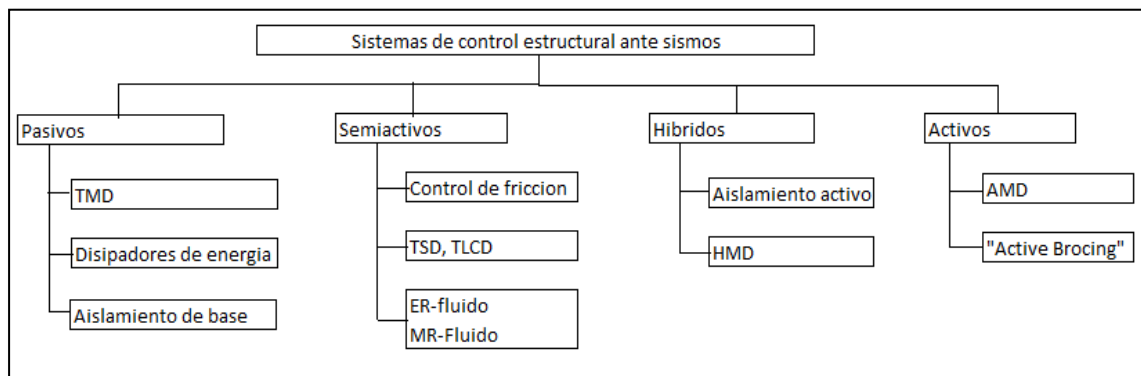


Figura 16 : Sistemas de Control Estructural

Fuente: (Romero. J., 2016, p. 23)

a. Sistemas activos

Según (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2009, pág. 24) en su libro "Edificaciones con disipadores de Energía" en Lima, describen a los sistemas activos de protección sísmica como "sistemas complejos que incluyen sensores de

movimiento, sistemas de control y procesamiento de datos, y actuadores dinámicos”

Este primer sistema actúa en el tiempo real del sismo, monitoreando la respuesta de la estructura y se activan con el desplazamiento para contrarrestar los efectos sísmicos.

En otras definiciones para conocer el funcionamiento de estos sistemas, está la siguiente cita:

El actuar de los sistemas activos se resume de la siguiente forma: las excitaciones externas y la respuesta de la estructura son medidas mediante sensores, principalmente acelerómetros, instalados en puntos estratégicos de la estructura. Un algoritmo de control procesa, también en tiempo real, la información obtenida por los instrumentos, y determina las fuerzas necesarias que deben aplicar los actuadores para estabilizar la estructura. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2012, pág. 14)

Este comentario resalta que probablemente una de las desventajas de los sistemas pasivos es que requieren indispensablemente de una fuente de alimentación. Sin embargo, esa misma desventaja se vuelve ventaja ya que este sistema funciona específicamente en el momento del sismo (fuente de alimentación) logrando modificar la respuesta de la estructura en tiempo real para llevarla a un nivel controlado y con mejores de condiciones de evacuación.

Los sistemas de protección sísmica activos han sido desarrollados a gran escala en Estados Unidos y Japón. Esencialmente en Japón que donde dado la configuración arquitectónica del país, la construcciones han adoptada gran esbeltez.

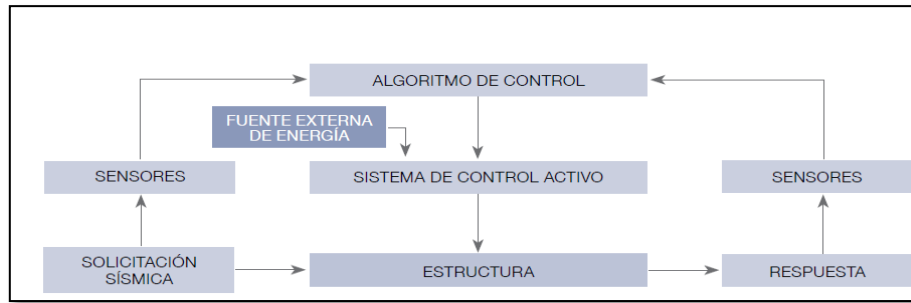


Figura 17 : Mecanismos de Operación de Sistemas activos

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - noviembre del 2011 (p.12)

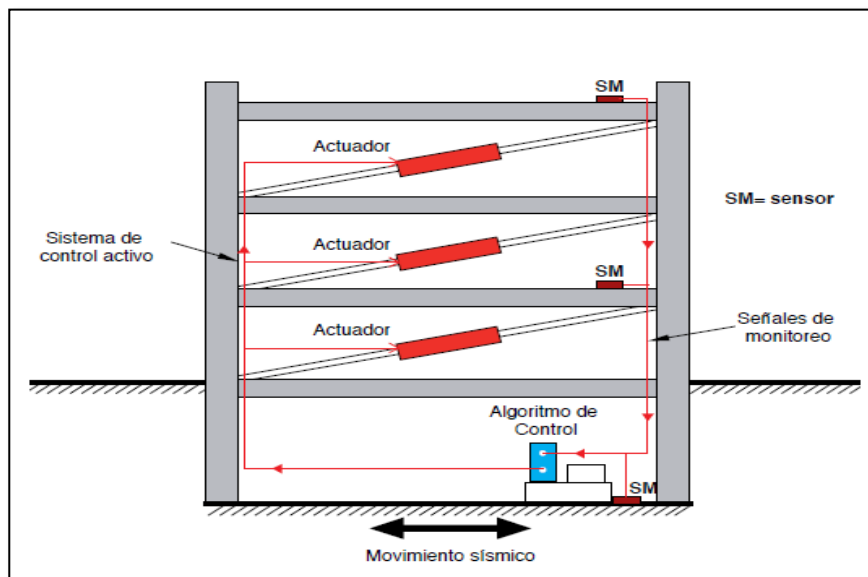


Figura 18 : Estructura protegida con Sistemas Activos

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - noviembre del 2011 (p.12)

b. Sistemas Semi-activos

En un documento publicado por la Cámara de Comercio Chilena titulada “Protección Sísmica de Estructuras” de la (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2012, pág. 15), se describe a los sistemas semi-activos de protección sísmica, al igual que los activos, que estos cuentan con un mecanismo de monitoreo en tiempo real de la respuesta estructural. Sin embargo, a diferencia de los sistemas activos no aplican fuerzas de control directamente sobre la estructura.

Los sistemas semi-activos actúan modificando, en tiempo real, las propiedades mecánicas de los dispositivos de disipación de energía. Ejemplos de estos sistemas son los amortiguadores de masa semiactivos, los dispositivos de fricción con fricción controlable, y los disipadores con fluidos electro- o magneto-reológicos.

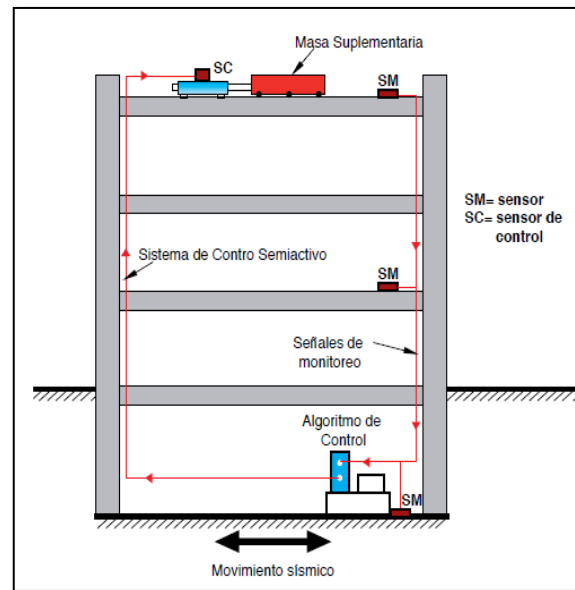


Figura 19 : Estructura Protegida con Sistema Semi-Activos

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - noviembre del 2011 (p.13)

c. Sistemas Híbridos

Los sistemas de protección híbridos más conocidos como sistemas mixtos, son el resultado de la combinación de sistemas activos y pasivos, es decir proporcionan control en la respuesta de la estructura a través de un dispositivo pasivo de energía (DPE); pero requieren de menor energía para su funcionamiento y que a su vez si este no logra el adecuado control o presenta algún déficit, entra a trabajar el sistema activo para mejorar el comportamiento estructural. (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2009, pág. 26)

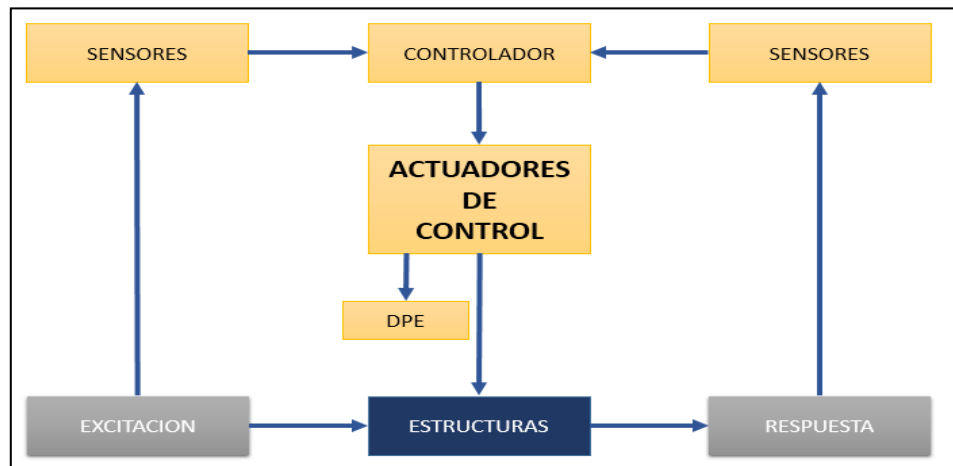


Figura 20 : Mecanismo de Operación de Sistemas híbridos

Fuente: Medina López, 2017

d. Sistemas Pasivos

Como último sistema de protección sísmica, se define a continuación el sistema pasivo, según (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2012, pág. 14) “Los sistemas pasivos permiten reducir la respuesta dinámica de las estructuras a través de sistemas mecánicos especialmente diseñados para disipar energía por medio de calor” (p. 14)

Este sistema funciona antes del sismo, y está compuesto básicamente por 2 tipos representativos los aisladores de base, los cuales modifican las propiedades de la estructura y los disipadores de energía que modifican el amortiguamiento o rigidez de la estructura. Este sistema es actualmente el más utilizado para reforzamiento de edificaciones especialmente las existentes.

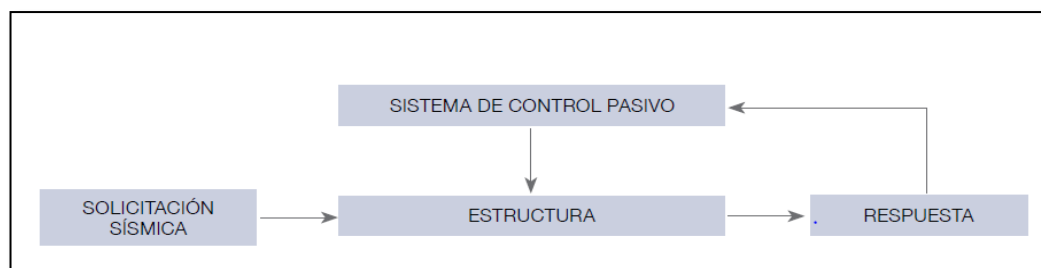


Figura 21 : Mecanismo de Operación de Sistemas Pasivos

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción – Noviembre del 2011 (p.13)

Disipadores pasivos de energía

Este tipo de sistema siendo de parte del tipo pasivo, a diferencia de los aisladores no evita que las fuerzas sísmicas se transfieran del terreno hacia la estructura, por el contrario requieren de esas fuerzas y sollicitaciones sísmicas para que entre en funcionamiento y disipe las fuerzas recibidas en energía controlando y disminuyendo los daños que puedan provocar en los elementos estructurales o no estructurales.

La mayor ventaja de estos sistemas es que sirven como reforzamiento estructural, es decir que pueden ser incorporados post construcción de cualquier tipo de edificación existente y que incluso ya haya sufrido daños estructurales graves.

Dispositivos de Amortiguación

Clasificación

Según (Guevara Huatuco & Torres Arias, 2012, pág. 5) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú titulada “Diseño de un Edificio Aporticado con amortiguadores de fluido viscoso en disposición diagonal” señala lo siguiente:

Los dispositivos de amortiguación se clasifican en las siguientes categorías:

- Dependientes del Desplazamiento: Disipadores de fluencia metálica y Disipadores por fricción.
- Dependientes de la Velocidad: Disipadores fluido-viscosos.
- Dependientes del Desplazamiento y de la Velocidad: Disipadores fluido-visco elásticos y Disipadores sólido-visco elásticos.

(Guevara Huatuco & Torres Arias, 2012, pág. 5)

❖ *Disipadores activados por desplazamientos*

Según (Ramos Bernabé & Rodríguez Carhuaz, 2019, pág. 17) “Los disipadores por desplazamiento como su nombre lo dicen entran en funcionamiento al presenciar desplazamientos relativos de los entrepisos originados por algún movimiento sísmico”. Modificando la rigidez de la estructura, algunos ejemplos son los dispositivos metálicos y friccionales.

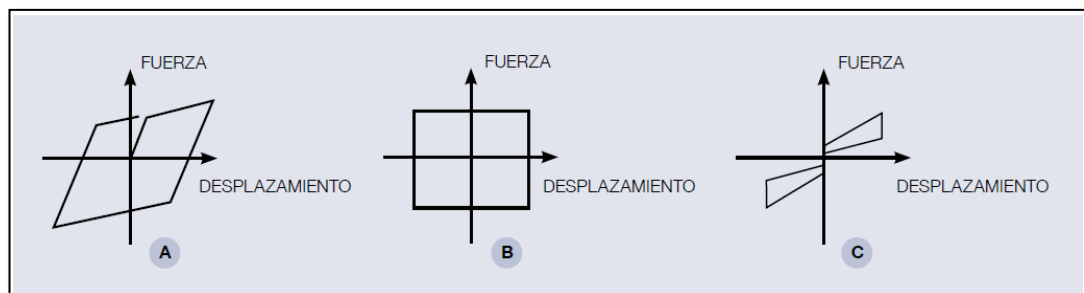


Figura 22 : Ciclos Fuerza- Deformación de disipadores activados por desplazamientos

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción – Noviembre del 2011 (p.15)

❖ *Disipadores activados por Velocidad*

Los disipadores por desplazamiento se activan a partir únicamente de las velocidades relativas de los extremos del dispositivo, originados por algún movimiento sísmico. Frecuentemente añaden amortiguamiento a las estructuras, pero no generan variaciones en cuanto a la rigidez lateral. Un ejemplo específico de este sistema es el disipador de fluido viscoso (DFV).

A continuación, se observa el gráfico que generan estos dispositivos en funcionamiento.

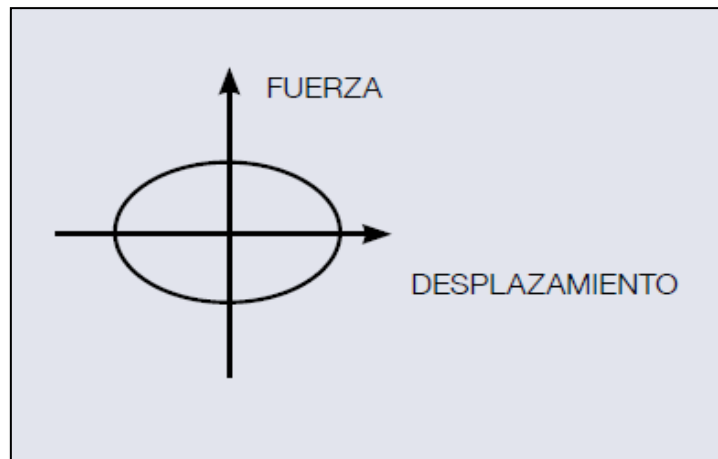


Figura 23 : Ciclo Fuerza-Deformación de disipadores activados por Velocidad

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción – Noviembre del 2011 (p.19)

❖ *Disipadores activados por Desplazamiento y Velocidad*

Por último, los de esta esta categoría se activan a partir de la combinación tanto de los desplazamientos como de las velocidades relativas de los extremos del dispositivo, al momento de un sismo. Por ello, si en su funcionamiento requieren de ambos criterios, en el comportamiento estructural final también generarán modificaciones en dos aspectos, es decir tanto en el amortiguamiento como en la rigidez de la estructura.

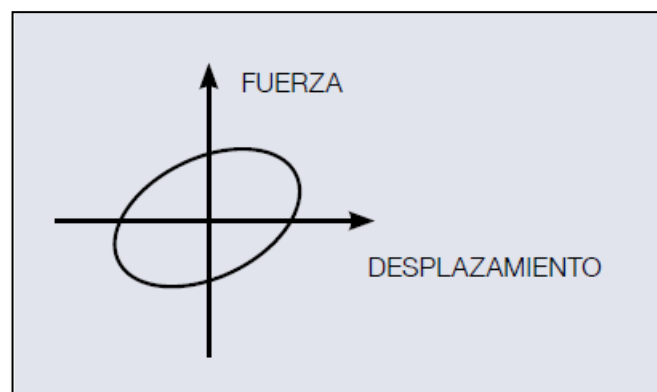


Figura 24 : Ciclo Fuerza-Deformación de Disipadores activados por desplazamiento y velocidad

Fuente Documento técnico de Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción – Noviembre del 2011 (p.19)

Disipadores de fluido viscoso

Según (Huerta, 2017, pág. 27)

Los disipadores de fluido viscoso funcionan según el principio de flujo de fluido a través de orificios. Un pistón de acero viaja a través de las cámaras que se llenan con aceite de silicona (inerte, no inflamable, no tóxico y estable para largos periodos de tiempo), la presión entre las dos cámaras causa que el aceite de silicona fluya a través de un orificio en la cabeza del pistón y la energía sísmica se transforma en calor, el cual se disipa en la atmósfera. (p. 27)

Según (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2009, pág. 42) en su libro “Edificaciones con Disipadores de Energía” menciona lo siguiente:

“Los disipadores de fluido viscoso tienen la propiedad de reducir tanto los esfuerzos y las deflexiones de la estructura. Esto sucede debido a que los disipadores de fluido varían su fuerza únicamente con la velocidad” (p.42)

En otras palabras, las estructuras que estén implementadas de DFV, tienen la función de mantener en servicios óptimos a la edificación en mención incluso durante grandes periodos de tiempo sin requerir algún tipo de calibración. Algunas características importantes de estos dispositivos llenos de fluido es que deben ser resistentes a la corrosión, a los grandes esfuerzos y al impacto.

Características de las Estructuras con Sistemas de DFV

Según (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2009, pág. 42) en su libro “Edificaciones con Disipadores de Energía” mencionan que; “una estructura con amortiguamiento adicionado tiene grandes diferencias con un sistema tradicional desde el punto de vista de análisis estructural, considerando las diferentes propiedades” (p.42)

A continuación, algunas características o diferencias con el sistema convencional:

a) Incremento del valor del Amortiguamiento

Esta característica es la más principal de los DFV, ya que un sistema convencional tiene su propio valor de amortiguamiento que al implementar los disipadores dicho valor aumentará significativamente y por ende repercutirá en la redistribución de los amortiguamientos modales.

b) Amortiguamiento No Proporcional

Esta característica hace mención a que el valor del amortiguamiento del disipador no debe calcularse o igualarse a las variaciones de rigidez estructural y masa del edificio. Es decir, si en un piso se requiere de 4 disipadores es muy probablemente que otras plantas requieren de solamente 2 o de ninguna, y no debe influenciar la proporcionalidad del amortiguamiento en su diseño.

c) No-Linealidades del Dispositivo

La no-linealidad es una característica propia del comportamiento que generan los disipadores de fluido viscoso tanto en velocidad como en desplazamiento, a diferencia de las estructuras tradicionales que pueden comportarse linealmente o no linealmente dependiendo de la fluencia.

Modelo Matemático

“Los materiales visco elásticos consideran que el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria así como a la velocidad con la que se origina la deformación” (Medina, 2017, pág. 31), esto se refiere a que se presenta el fenómeno flujo dependiente e implica una deformación gradual, así como el caso del asfalto, el concreto, los polímeros plásticos, etcétera.

Ecuación General

La ecuación que define a este tipo de disipador, para efectos de cálculo estructural, se expresa mediante la siguiente fórmula:

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

Ecuación 1: Ecuación General de Fuerza en disipadores

Donde:

F: Fuerza del disipador

C: Coeficiente de amortiguamiento

V: Velocidad relativa a través del disipador

α : Exponente constante que es generalmente un valor entre 0.3 y 0.1

Exponente de velocidad " α "

Este exponente nos indica si el dispositivo a usar, funciona de manera lineal o no lineal. Según el gráfico, existen 3 posibilidades, $\alpha > 1$, $\alpha = 1$, $\alpha < 1$. En el análisis de edificaciones es recomendable emplear un exponente de velocidad ($\alpha < 1$), este representa un valor no lineal, mientras que ($\alpha = 1$) representa amortiguadores lineales.

Según los especialistas de MIYAMOTO INTERNATIONAL se recomienda utilizar valores de α no lineales, para estructuras comunes.

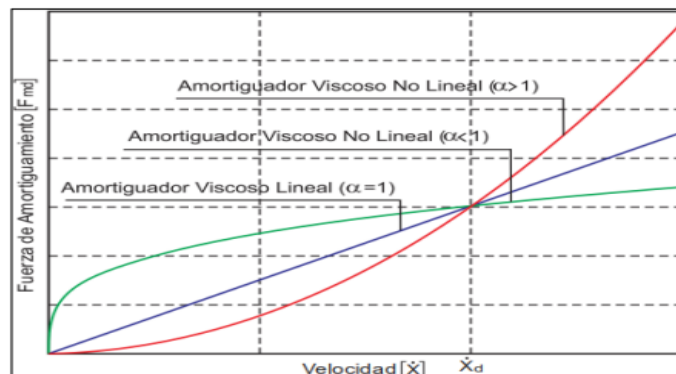


Figura 25 : Fuerza desplazamiento para disipadores fluido viscoso

Fuente: (Álvarez, F. 2017)

Coeficiente de Amortiguamiento

Según (Herrera, M., 2018, pág. 18) El coeficiente de amortiguamiento depende del fluido inmerso dentro del dispositivo de disipación y representa la constante de amortiguación del dispositivo, según su comportamiento lineal o no lineal que presente el mismo en un análisis sísmico.

Amortiguamiento Lineal

Para dispositivos lineales con exponente de velocidad igual a 1, se define al coeficiente de amortiguamiento "C", con la siguiente formula:

$$\beta_{eff} = \frac{T \cdot \sum j C_j \cdot \cos^2 \theta_j \cdot \phi_{rj}^2}{4\pi \cdot \sum i \left(\frac{W_i}{g}\right) \cdot \phi_i^2}$$

Ecuación 2: Ecuación para cálculo de Beff con amortiguamiento lineal

Donde:

Beff: Amortiguamiento efectivo del sistema estructura.

T: Periodo fundamental de la estructura.

Cj: Coeficiente de amortiguamiento del disipador j.

wi: Peso del nivel i.

θj: Ángulo de inclinación del disipador j.

Ørj: Desplazamiento relativo del disipador j.

Amortiguador No lineal

Para dispositivos lineales con exponente de velocidades menores a la unidad, se define al coeficiente de amortiguamiento "C" con la siguiente fórmula:

$$\beta_{eff} = \frac{\sum j * \lambda * C_j * \phi_{rj}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi * A^{1-\alpha} * W^{2-\alpha} \sum i \left(\frac{W_i}{g}\right) * \phi_i^2}$$

Ecuación 3: Ecuación para cálculo de Beff con amortiguamiento no-lineal

Donde:

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

Ecuación 4: Ecuación para cálculo de Landa

Beff: Amortiguamiento efectivo del sistema estructura.

Cj: Coeficiente de Amortiguamiento del disipador j.

wi: Peso del nivel i.

θ_j : Ángulo de inclinación del disipador j.

ϕ_i : Desplazamiento del nivel i

ϕ_{rj} : Desplazamiento relativo del disipador j.

A: Desplazamiento del primer modo

w: Frecuencia angular

λ : Parámetro Lambda

Γ : Función Gamma

El FEMA 274 para el caso general de un dispositivo no lineal, facilita una tabla que permite obtener el parámetro lambda directamente con el valor del exponente de α :

Tabla 1

Valores del Parámetro λ

Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.70
0.50	3.50
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Fuente: FEMA 274

Rigidez del Dispositivo "K"

Para conectar el amortiguador con la estructura se utiliza un brazo metálico. La rigidez axial de este brazo es mucho mayor que la rigidez axial total del por lo que pueden ser asumidos como elementos infinitamente rígidos.

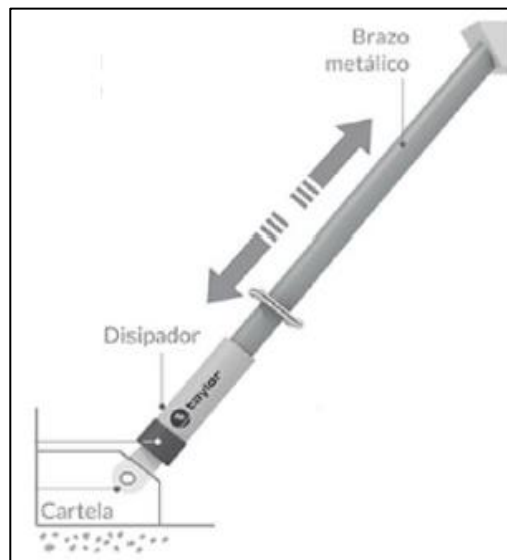


Figura 26 : Disipador sísmico con brazo metálico

Fuente: CDV – Perú 2012 citado por (Herrera, M., 2018, pág. 22)

Se considera que la resistencia a la deformación (rigidez) del sistema de amortiguamiento, es decir, la del brazo metálico en la estructura, se determina con la siguiente ecuación:

$$K=EA/L$$

Ecuación 5: Ecuación de brazo metálico

Donde:

E: Coeficiente de Elasticidad del Acero.

A: Área de la sección del brazo metálico.

L: Longitud del brazo metálico.

Además del cálculo de la rigidez del brazo metálico, al igual que cualquier elemento estructural, se deberá verificar que no se superen los valores máximos de resistencia a tracción y a compresión. Para esto se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\phi T_n = \phi F_y * A_g > T_u$$

Ecuación 6: Resistencia a tracción del brazo metálico

$$\phi P_n = \phi F_{cr} * A_g > P_u$$

Ecuación 7: Resistencia a compresión del brazo metálico

ϕ = Factor de reducción (0.9).

T_n = Tensión nominal.

F_y = Esfuerzo de fluencia del material del brazo metálico.

A_g = Área bruta de la sección del brazo metálico.

T_u = Tensión última del disipador o fuerza última a tracción de amortiguamiento.

P_n = Compresión nominal.

F_{cr} = Esfuerzo crítico a compresión del material del brazo metálico.

P_u = Compresión última del disipador o fuerza última a compresión de amortiguamiento

Criterios de Disposición de Disipadores

Según (Medina, 2017, pág. 38) Aparte de las propiedades del disipador, es importante definir la cantidad de amortiguadores que tendrá el edificio, así como su distribución. La ubicación, disposición y número de amortiguadores en una edificación son recomendaciones que tienen repercusión en la eficiencia del sistema de disipación. A continuación, algunas disposiciones de estos dispositivos:

- Disposición Diagonal

La disposición diagonal, considerada la alternativa más económica, funciona cuando el dispositivo está colocado de forma inclinada, y su funcionamiento depende del ángulo de inclinación. Tal como se aprecia en la siguiente Ilustración.

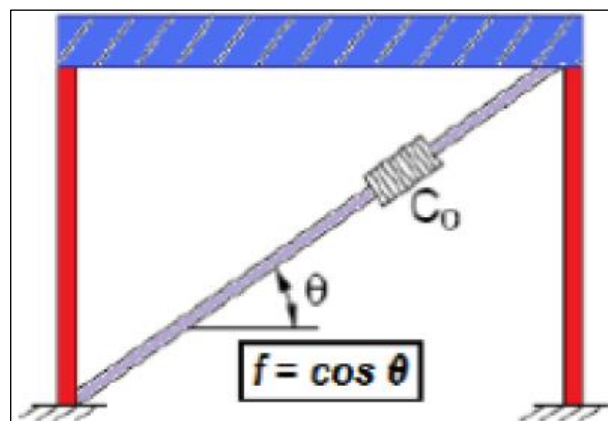


Figura 27 : Disposición Diagonal

Fuente: (Medina, 2017, pág. 39)

- Disposición Chevron Horizontal

En la disposición Chevron los amortiguadores se posicionan horizontalmente con un anclaje extra en las vigas, tal como se presenta:

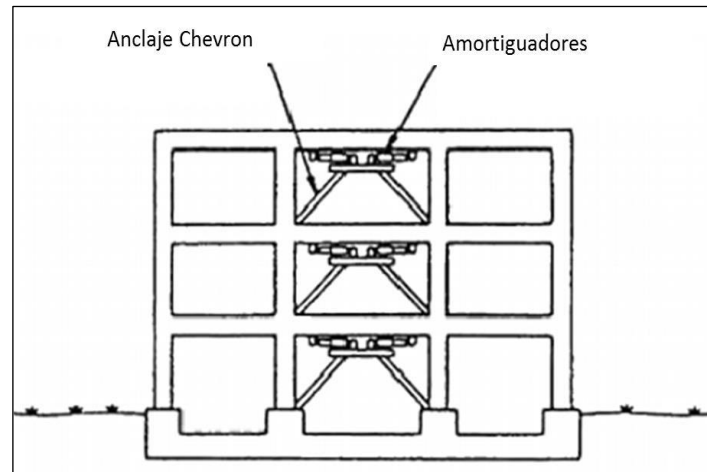


Figura 28 : Amortiguadores en Disposición Chevron

Fuente: (Burgos, M. 2012)

- Disposición Chevron Diagonal

Este arreglo se da por la unión de dos disipadores en forma diagonal, por lo que al igual que el Chevron horizontal necesitará de dos brazos metálicos que conformen el pórtico de la estructura.

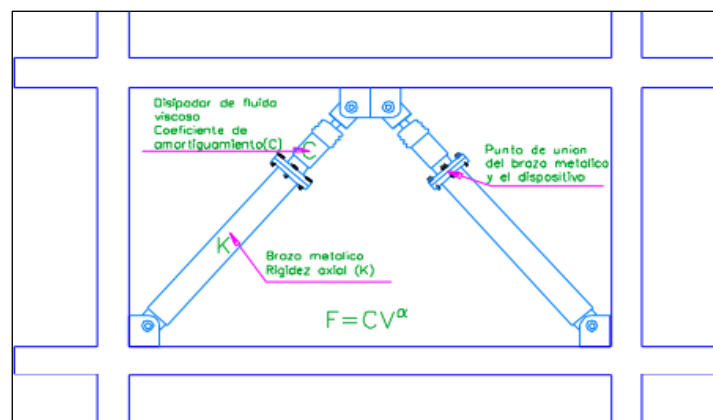


Figura 29 : Disposición Doble Diagonal

Fuente: (Álvarez, F. 2017)

Fundamentos legales

En esta sección se presentarán algunas consideraciones normativas vigentes según los enfoques del Norma Técnica Peruana E 0.30, FEMA, SEAOC, y ASCE que englobarán los conceptos para el diseño de los elementos de protección sísmica y la evaluación de desempeño sísmico de la misma.

Según, (Vásquez, C. 2015, p. 47) en su tesis *Análisis Del Desempeño Sísmico Del Edificio Peña, Aplicando La Norma Ecuatoriana De La Construcción 2011 Vigente En El Distrito Metropolitano De Quito En El Año 2015*, menciona que es fundamental que cada país cuente con su propia Norma constructiva y dentro de la misma exista un capítulo que se dedique exclusivamente a parametrizar las variables que determinan la sismo resistencia de una edificación. Dicha Norma debe considerar la realidad de su país o región y estudios que determinen calidad de suelo, sismicidad y otras variables que varían dependiendo de la geografía.

Por ello, la normativa vigente peruana menciona las siguientes consideraciones para el análisis:

Norma Técnica Peruana E0.30

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

“Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

Federal Emergency Management Agency – FEMA274 (1997)

En el FEMA274 están incluidos procedimientos para analizar y diseñar estructuras con dispositivos de protección sísmica. Esta normativa presenta metodologías que sirven para recomendar óptimos procedimientos. Según (Herrera, M., 2018, pág. 31) en su tesis para optar el título profesional de la Universidad de Piura, titulada “Desempeño sísmico en Edificaciones con aisladores elásticos y amortiguadores de fluido viscoso”, en Piura señala que; el FEMA274 presenta la deriva máxima de entrepiso como el principal parámetro a controlar. Sin embargo, en vez de centrarse en el incremento de la rigidez para controlar el desplazamiento lateral, utiliza el amortiguamiento efectivo de la estructura para poder disminuir dicho desplazamiento. En muchos casos el amortiguamiento del 5% del crítico brindado por la propia estructura es insuficiente para un apropiado desempeño ante eventos sísmicos, siendo así necesaria la utilización de aisladores o amortiguadores para brindar un amortiguamiento adicional que supere el 5%.

Para poder cuantificar la disminución de las aceleraciones, el FEMA274 propone un factor B_M que está en función del amortiguamiento efectivo.

Tabla 2

Factor B_M

Amortiguamiento Efectivo (%)	B_M
≤ 2	0.8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

Fuente: (Herrera, M., 2018, pág. 31)

Este factor será utilizado para escalar el espectro de aceleraciones de la estructura y es calcula con la siguiente expresión.

$$EspectroAmort .E_{ff} \neq 5\% = Espectro5\%/BM$$

Consideraciones propuestas para el diseño con amortiguadores de fluido viscoso

Este procedimiento incluye consideraciones en base a la ASCE 7-10. Específicamente en el capítulo 18 la norma señala que el análisis tiempo historia debe realizarse con un mínimo de 3 pares de registros sísmicos, esa recomendación se utilizó para la ejecución de la propuesta de reforzamiento.

1. Objetivo de Desempeño:

Se inicia el proceso con la elección del objetivo de desempeño sísmico esperado, ello para relacionar el nivel de desempeño deseado de acuerdo al nivel de sismo esperado.

SEAOC – COMMITTEE VISION 2000 (1995)

La alternativa planteada del SEAOC desarrollada en 1995 a través del COMMITTEE VISION 2000 señala que: “el desempeño de una edificación se establece de acuerdo con la importancia de la estructura, al sismo de diseño y al estado de la estructura posterior a la sollicitación sísmica” (Muñoz, 2001).

SEAOC clasifica el nivel de desempeño de una edificación en cuatro grupos, los cuales fueron detallados en el Acápite 1.3:

Desempeño Sísmico

Esta metodología esta implementada en las especificaciones del COMMITTEE VISION 2000, donde se presentan las pautas, tal como se presentan a continuación:

Para aplicar el diseño por desempeño sísmico, SEAOC planteó en 1995 cuatro niveles de desempeño que puede tener la estructura luego de la ocurrencia de un siniestro:

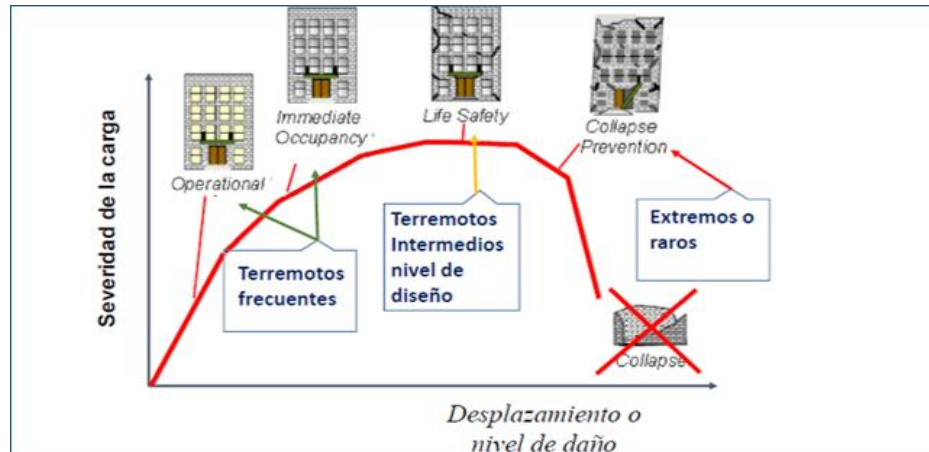


Figura 30 : Curva de Carga vs. Daño

Fuente: Recuperado de Sousa and Burton (2018)

a) Totalmente Operacional

En este nivel no ocurrirán daños. El edificio puede ser usado inmediatamente luego del evento sísmico y no requerirá reparación alguna.

b) Operacional

Igual que en el nivel anterior, la edificación puede ser ocupada inmediatamente después del evento sísmico. Sin embargo, se presentan daños estructurales leves en elementos no estructurales, los cuales pueden ser reparados con facilidad.

c) Seguridad

En este nivel ya se presentan daños moderados en los elementos estructurales y el contenido de la edificación se ve afectado. La rigidez lateral de la edificación se reduce notablemente, pero no se encuentra cerca al colapso.

d) Pre-Colapso

El daño es severo, la rigidez lateral se degrada notablemente y no se podrá habilitar el edificio. En la mayoría de casos, el costo de reparación es tan alto que lo recomendable es construir un edificio nuevo.

Por otra parte, para poder escoger un nivel de desempeño, se debe tener en cuenta la función y la importancia de la edificación. Por esta razón, se clasificaron las estructuras de la siguiente manera:

- Estructuras Críticas: Contienen materiales peligrosos y las actividades realizadas en la edificación son de suma importancia.
- Estructuras Esenciales: Similares a las denominadas esenciales por la norma E-030, como hospitales, estaciones de bomberos, estaciones de policía, etc.
- Estructuras Básicas: Todas las estructuras que no pertenecen a las otras dos categorías.

Se proponen distintos sismos de diseño que deberán ser evaluados para cada tipo de edificación. Por ello, la siguiente tabla, asocia el nivel de desempeño objetivo con el tipo de estructura y el sismo esperado de diseño.

Tabla 3

Nivel de desempeño objetivo para un sismo de diseño y un tipo de estructura

		Nivel de desempeño recomendado para las estructuras		
		Estructuras Críticas	Estructuras Esenciales	Estructuras Básicas
Sismo de Diseño	Frecuente	Totalmente operacional	Totalmente operacional	Totalmente operacional
	Ocasional	Totalmente operacional	Totalmente operacional	Operacional
	Raro	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad
	Muy raro	Operacional	Seguridad	Pre-colapso

Fuente: SEAOC, 1995

Tabla 4

Sismos de Diseño

Sismo de Diseño	Probabilidad de excedencia
Frecuente	50% en 30 años
Ocasional	50% en 50 años
Raro	10% en 50 años
Muy Raro	10% en 100 años

Fuente: SEAOC, 1995

Es importante poder controlar el daño, por lo que si se define en el diseño una deriva objetivo que será como una deriva limite al momento de incorporar los amortiguadores sísmicos. En la siguiente tabla se presentan los valores de deriva objetivo para cada nivel de desempeño.

Tabla 5

Derivas objetivo para cada nivel de desempeño en edificaciones de concreto armado

Nivel de Desempeño	Deriva Objetivo
Totalmente Operacional	0.002
Operacional	0.0033
Seguridad	0.0058
Pre colapso	0.0156

Fuente: SEAOC, 1995

2. Deriva Objetivo

La relación entre el daño – deriva ha sido cuantificada por el FEMA274, en donde se presentan los estados de daño y las derivas resultantes de acuerdo al sistema estructural definido.

La primera tabla muestra la clasificación de estructuras según la Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS:

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ($\leq 5,000$ sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2			All	2	24
		Wood, Commercial and Industrial ($> 5,000$ sq. ft.)				
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120

Figura 31: Clasificación de estructuras según la Hazus

Fuente: Metodología Hazus

Mientras la segunda tabla relaciona el tipo de estructura, con el estado de daño y su deriva correspondiente.

Building Properties Type	Height (inches)		Interstory Drift at Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Figura 32: Derivas correspondientes de acuerdo a nivel de sismo moderado.

Fuente: Metodología Hazus

3. Ubicación y Disposición de los Amortiguadores

Luego de definido los objetivos se procede a elegir o iterar el tipo de disposición a emplear para los dispositivos, ello dependerá del sentido en que requieras reforzar o de las características arquitectónicas que se tenga en el Proyecto.

ASCE (2010)

Según (Herrera, M., 2018, pág. 33) en su tesis para optar el título profesional de la Universidad de Piura, titulada “Desempeño sísmico en Edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso”, en Piura señala que; mediante este enfoque del ASCE-2010 (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles) más que centrarse en evaluar los desplazamientos o el desempeño de la estructura, se enfoca en evaluar la capacidad de la estructura para que pueda resistir fuerzas sísmicas sin recibir un daño considerable. Asimismo incluye otras consideraciones para un uso correcto y presentando metodologías para el diseño de los amortiguadores sísmicos.

Al igual que el FEMA274, el ASCE propone la utilización de disipadores porque éstos aportan un amortiguamiento significativo que logra disminuir las fuerzas sísmicas que ingresan a los elementos estructurales.

Tiene muchas similitudes con el código FEMA274 en cuanto a los cálculos del amortiguamiento viscoso.

Es muy importante recordar que las consideraciones bajo esta norma son las siguientes:

- La estructura tendrá que ser regular y se recomienda distribuir los amortiguadores simétricamente.

- Como mínimo se requerirán dos amortiguadores en cada piso y en cada dirección del análisis, para que logren aportar y no se sobre esfuerce en los dispositivos.

Esta norma considera que el amortiguamiento es un parámetro fundamental para el control de las fuerzas sísmicas, porque al incrementar el amortiguamiento aportado por los dispositivos sísmicos, menores serán las fuerzas actuantes en los elementos estructurales y menor será el daño en la estructura.

1.2 Formulación Del Problema

1.2.1 Problema General

- ¿En qué medida el reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal influirá en el análisis técnico - económico en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán las fuerzas cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso resultantes del análisis técnico del sistema convencional en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021?
- ¿Cuáles serán las fuerzas cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso resultantes del análisis técnico del reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021?

- ¿En qué medida el reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal influirá en el costo total del caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Realizar el análisis técnico-económico del reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las fuerzas cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso resultantes del análisis técnico del sistema convencional en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021.
- Determinar las fuerzas cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso resultantes del análisis técnico del reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021.
- Evaluar la influencia del reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal en el costo total del caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

- El reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble influye positivamente en el análisis técnico-económico en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- El análisis técnico del sistema convencional en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021, demuestra que los límites establecidos por la Norma Peruana E030 para derivas de entrepiso exceden el 7 por mil.
- Las fuerzas cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso resultantes del análisis técnico del reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal en el caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021, cumplirán con los requerimientos de Norma Peruana E 0.30 y las Recomendaciones del ASCE 7-10.
- El reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal generará un aumento en el costo total del proyecto inicial pero un beneficioso económico post sismo del caso de una edificación multifamiliar de 15 niveles en la av. Sergio Bernales N°438 - Surquillo, Lima 2021.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo y diseño de la investigación

2.1.1 Tipo de investigación

La investigación de acuerdo a sus propósitos es de tipo **descriptivo** con un análisis de información tipo **cuantitativo**, ya que desde un principio requiere de información real para analizar los datos, de las condiciones iniciales y con ello derivar la solución a plantearse. Según (Sabino, 1986, pág. 51) “La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta” Para la investigación descriptiva realizada, el enfoque fue poner en evidencia las características fundamentales de la edificación existente y su actual comportamiento estructural para realizar un adecuado diseño de los dispositivos a implementar. Por otro lado, es de análisis cuantitativo ya que el estudio involucra la medición de aspectos técnicos los cuales serán tratados por cálculos numéricos en diferentes procesos desde la evaluación, diseño y verificación del sistema de disipadores de fluido viscoso, así como para análisis económico donde se evaluarán los costos respectivos y concluir con la discusión de los porcentajes de variación de estos sistemas.

2.1.2 Diseño de la Investigación

En relación con los alcances de la investigación, se inclina a un diseño de estudio **no-experimental** y de carácter **transversal**. La descripción de diseño no-experimental es que:

“Tiene la característica de no manipular a las variables, y se basa fundamentalmente en la observación de los fenómenos para posterior a ello

analizarlos" (Ato, 1995, p. 45) este tipo de estudio sirve para afrontar situaciones donde no es posible o no es ético aplicar la metodología experimental, o donde los estrictos requisitos del método experimental no se satisfacen. En nuestro caso, por medio del reforzamiento con disipadores se propone observar las variables, analizarlas entre sí en un determinado contexto (Surquillo) y tiempo (2021).

- Variable independiente 1: **Reforzamiento con disipadores de fluido viscoso**

Según (Alarcón Sagástegui & Asto Pinedo, 2017, pág. 26) define al reforzamiento estructural como "El proceso que se realiza con el fin de conseguir una respuesta aceptable ante un evento sísmico. Dicho refuerzo dependerá de las condiciones en las que se encuentren las estructuras y se consigue mediante modificaciones en el diseño".

Esas modificaciones en el diseño pueden ser de diversas maneras, una de estas es implementando disipadores de fluido viscoso que han sido definidos como dispositivos que cumplen la función de absorber la energía de un sismo y por ende controlar las derivas de entrepiso ello gracias a la facilidad que tienen de incorporarse post construcción en diversas formas de disposición.

- Variable dependiente 2: **Análisis técnico – económico**

El estudio hace referencia al análisis de las características técnicas propias de una estructura. Según (Vásquez Tirado, 2017, pág. 14) "Cada estructura responde a las cargas en forma diferente, deformándose y desplazándose según se desarrollan los esfuerzos internos a fin de balancear los efectos de la carga aplicada"

Es decir el comportamiento es la respuesta explícita de cualquier edificación en estudio ante sollicitaciones máximas de esfuerzos, los más severos son los sismos

reales de grandes magnitudes. Luego de someter a la estructura a ese tipo de cargas se procede a evaluar los criterios de comportamiento, los cuales vienen dados principalmente por las derivas de entrepiso máximos, esfuerzos cortantes y momentos flectores máximos. Estos indicadores son esenciales al evaluar un adecuado funcionamiento de la estructura y por ende determinaran si el comportamiento estructural final de esta es adecuado. Por otro lado, el análisis económico tiene la finalidad de evaluar los costos finales ya sea que estos se reduzcan o aumenten.

Tabla 6

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Reforzamiento con Disipadores de Fluido Viscoso	Según (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2009) “ Los disipadores de fluido viscoso tienen la propiedad de reducir simultáneamente los esfuerzos y las deflexiones de la estructura. El reforzamiento utilizando disipadores de fluido viscoso depende de las condiciones iniciales de la estructura.	Comportamiento Estructural	-Elementos Estructurales -Sistema Estructural -Uso del Etabs
Análisis técnico económico	Según (Vásquez Tirado, 2017, pág. 14) “Cada estructura responde a las cargas en forma diferente, deformándose y desplazándose según se desarrollan los esfuerzos internos a fin de balancear los efectos de la carga aplicada” Luego de someter a la estructura a un tipo de carga se procede a evaluar los criterios de comportamiento, los cuales vienen dados principalmente por las derivas de entrepiso máximos, esfuerzos cortantes y momentos flectores máximos y finalmente de los costos agregados.	Diseño Convencional Inicial Diseño con el sistema de DFV	-Aplicación Norma E 0.30 -Consideraciones del ASCE 7-10 -Fuerzas Cortantes Máximas -Momentos Flectores Máximos -Derivas de entrepiso -Costo de Inversión del Sistema

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

La población corresponde a una Edificación de viviendas multifamiliares de 15 niveles, ubicado en la av. Sergio Bernales N°438, distrito de Surquillo en el Departamento de Lima.

La edificación consta de 3 sótanos, 15 pisos y azotea distribuida a razón de 3 departamentos por piso.

En un estudio de investigación identificar a la población es importante para limitar el estudio y comprender el contexto al que el investigador se enfrenta.

Según (Tamayo y Tamayo, 1997, pág. 114), "La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación".

2.2.2 Muestra

En el estudio de investigación fue importante establecer la muestra, ya que de ella, se analizaron las dimensiones correspondientes. Para focalizar el estudio, la edificación se dividió en 2 bloques, parte norte y sur.

- La parte Sur de la Edificación Multifamiliar de 15 niveles diseñada con un sistema de disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal, fue la muestra elegida para realizar el estudio.

Frente a ello, (Tamayo y Tamayo, 1997, pág. 38), afirman que la muestra "es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico"

2.3 Técnicas e instrumentos

La investigación utilizó como técnica de recolección y análisis de datos:

- Análisis Documentario utilizando como instrumento una matriz de documentos para tener en consideración las normas técnicas peruanas E. 020, E. 030, ASCE 7-10 y la SEAOC comité visión 2000.
- Observación Directa utilizando como instrumento una ficha técnica.

Instrumentos:

-Ficha técnica

Esta ficha sirve para medir cualitativamente la variable independiente, es decir el reforzamiento estructural específicamente nos sirve para evaluar inicialmente las condiciones existentes de la edificación. La ficha se llena en concordancia con las características cualitativas y cuantitativas que se recolectan del proyecto y servirá para iniciar la corrida de datos en el software ETABS.

-Cuestionario

El cuestionario correspondiente a los documentos previos, permite al evaluador consignar los datos que se tengan antes, durante y después del modelamiento en el software. Contempla las consideraciones que se requieren para el análisis computacional y contempla las que se deben tener posterior al análisis técnico.

Herramientas:

- Computadora
- Apuntes de análisis sísmico
- Software Ingeniera, Etabs V.2017
- Impresora

2.3.1 Recolección y análisis de datos

Pasos para la recolección de datos:

- Llenado de Ficha técnica de observación

Pasos para el análisis de datos:

- Análisis de Planos
- Llenado de Cuestionario de documentos
- Modelamiento en el Etabs por el método Dinámico y Tiempo-Historia
- Análisis de Resultados de Evaluación Virtual.

El análisis de datos se realizará con la ficha técnica:

- Tabla comparativa de derivas obtenidas por tipo de registro sísmico
- Tabla comparativa de fuerza cortante, momento flector y derivas finales

2.4 Procedimiento

El desarrollo de la investigación se alinea con los objetivos específicos del trabajo, los cuales son 3.

Síntesis del Procedimiento

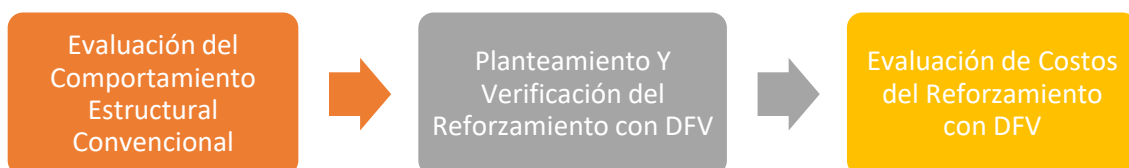


Figura 33 : Proceso de Elaboración de la Investigación

En relación al primer objetivo se tiene que realizar el análisis del comportamiento estructural de la edificación en su forma convencional, teniendo en cuenta los datos técnicos.

A. Análisis sísmoresistente del sistema convencional

Descripción del Proyecto

El edificio en estudio corresponde a un Proyecto de Viviendas Multifamiliares. El edificio consta de 15 niveles, 3 sótanos y 1 azotea distribuido en razón de 3 departamentos por piso.

Ubicación

El proyecto corresponde a una edificación que se ubica geográficamente en la región costa de nuestro país, específicamente en la región de Lima, Provincia de Lima, distrito de Surquillo, en la avenida Sergio Bernales N°438.

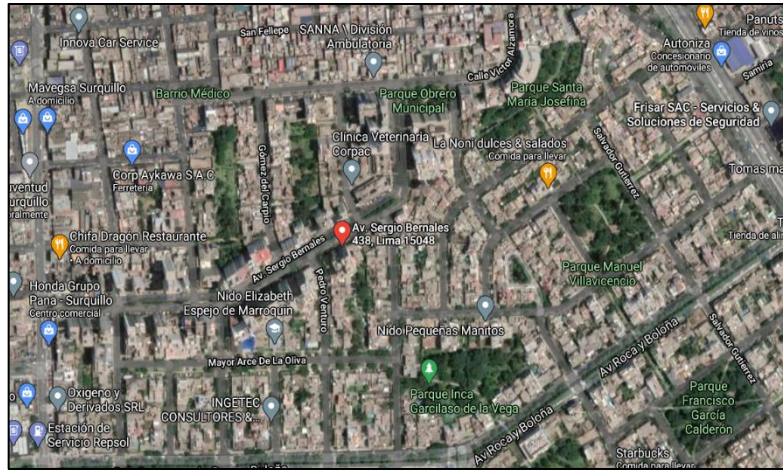


Figura 34 : Mapa de ubicación del proyecto

Sistema y Elementos Estructurales

El diseño estructural de la edificación fue planteada bajo norma E. 030 y E. 050 del año 1997 donde se obtuvo las siguientes consideraciones de diseño con las que se construyó. En la dirección X-X, el edificio tiene una configuración estructural de Pórticos compuesto por columnas, vigas y placas de concreto armado.

En la dirección Y-Y tiene una configuración estructural de Muros de Concreto Armado.

Cuenta con losas aligeradas de 0.20 m. y también losas macizas de 0.20 m. de espesor. En el techo de los sótanos y el 1° piso se tiene un caso especial de losa aligerada con peralte de 0.25 m. debido a que la luz libre es de 5.50 m.

Las vigas en el semisótano del edificio y del 1° al 14° piso, tienen un peralte de 0.50m, además de tener una altura de piso a fondo de techo 2.40 m.

El semisótano cuenta con muros de contención con la finalidad de contener el desnivel de plataformas con respecto a las edificaciones vecinas. La configuración en planta tiene una junta de aislamiento que separa a la edificación en 2 bloques y permite que losas de los diferentes sean independientes entre las partes adjuntas de la estructura. Este detalle nos permitirá tomar un enfoque más detallado al momento del modelamiento y el análisis. A continuación se presentan la configuración en planta y la distribución de los elementos estructurales.

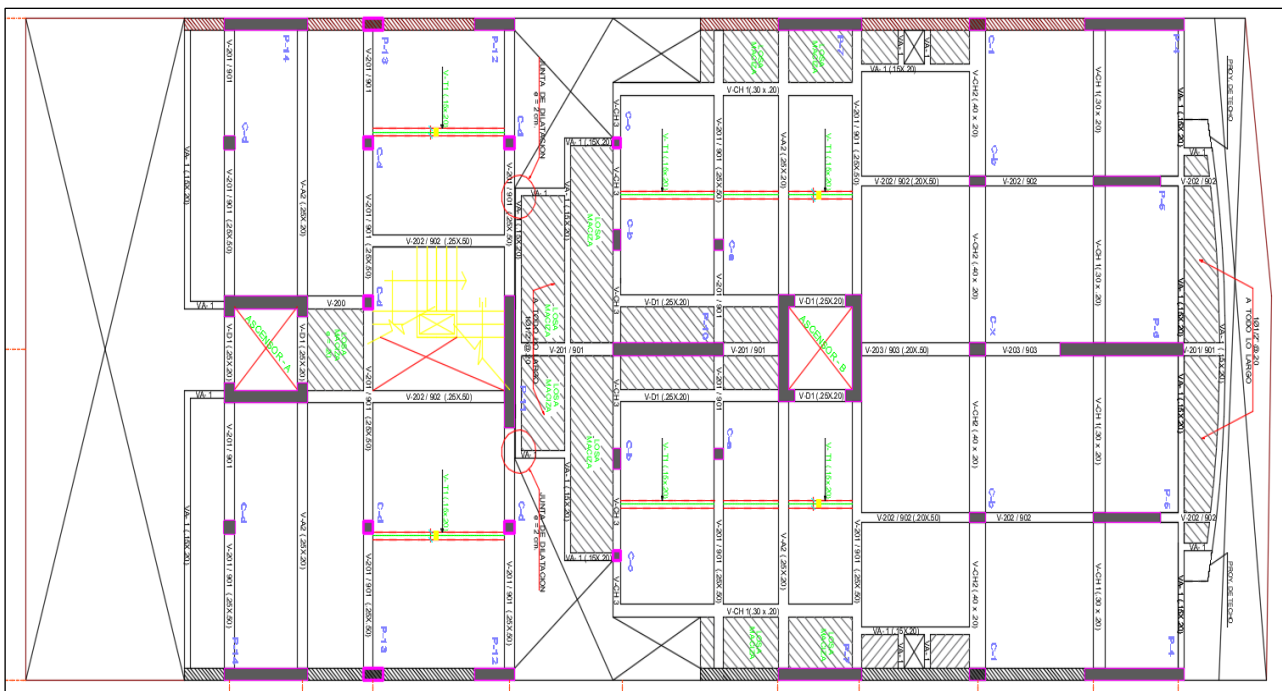


Figura 35 : Distribución en planta de los elementos estructurales (1er Piso)

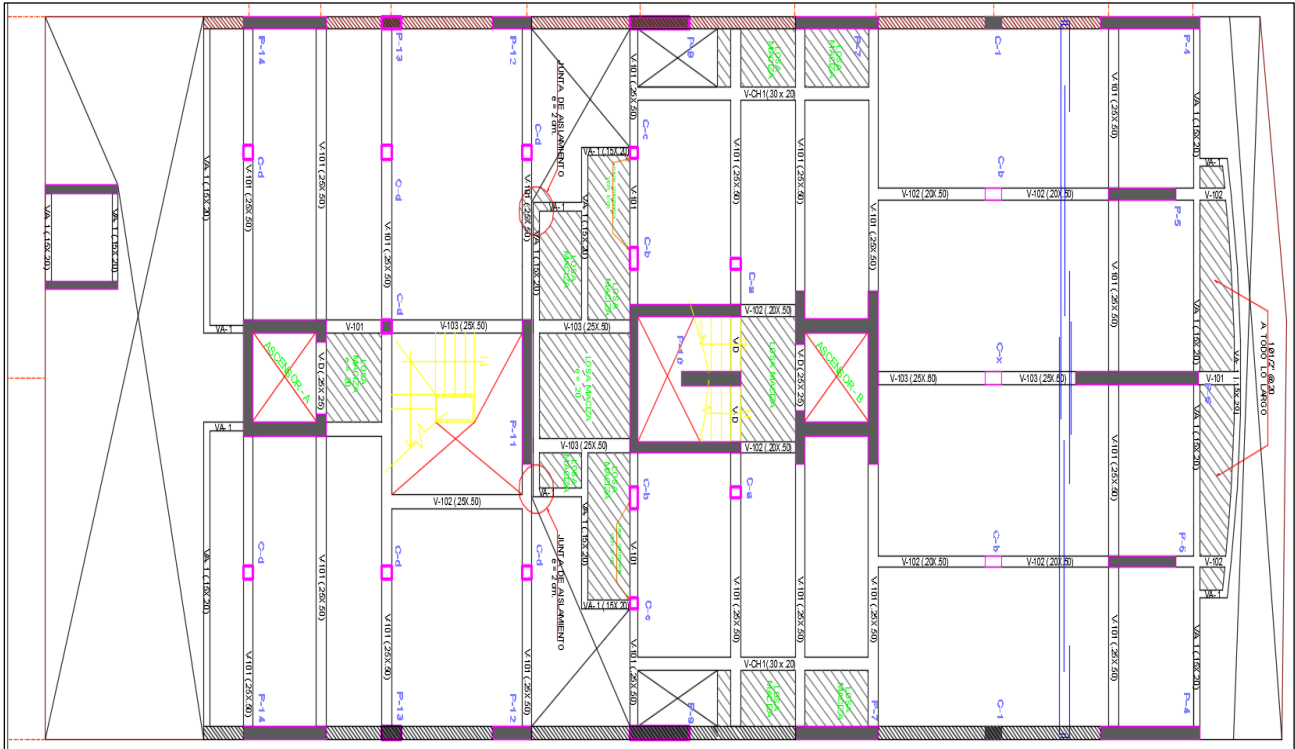


Figura 36 : Distribución en planta de los elementos estructurales (2do al 15vo Piso)

Tabla 7

Detalle de los elementos estructurales

ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
Muros de Albañilería Armada	e=23 cm	Losas Aligeradas Losas Macizas	20 cm 20cm
VIGAS		PLACAS	
V1	25 x 50	P1	25 x 100
V2	20 x 50	P2	25 x 210
V-02	25 x 40	P3	25 x 50
VA	25 x 25	P4	25 x 150
VA-1	15 x 20	P5	25 x 250
V-CH1	30 x 20	P6	25 x 170
V-CH2	40 x 20	P7	40 x 310
V-CH3	20 x 20	P8	25 x 130
VD-1	25 x 20	P9	100 x 120
VT	15 x 20		

Fuente: Elaboración Propia

Modelamiento Estructural

Para el modelamiento se utilizó el criterio de separación de bloques considerados en la configuración de planta de la estructura, lo cual permitió analizar el edificio en 2 bloques que en adelante se ha denominado Norte y Sur. Se modeló en el software Etabs 17.0.1 el modelo tridimensional, suponiendo losas infinitamente rígidas. En el análisis se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales. Las placas de concreto se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

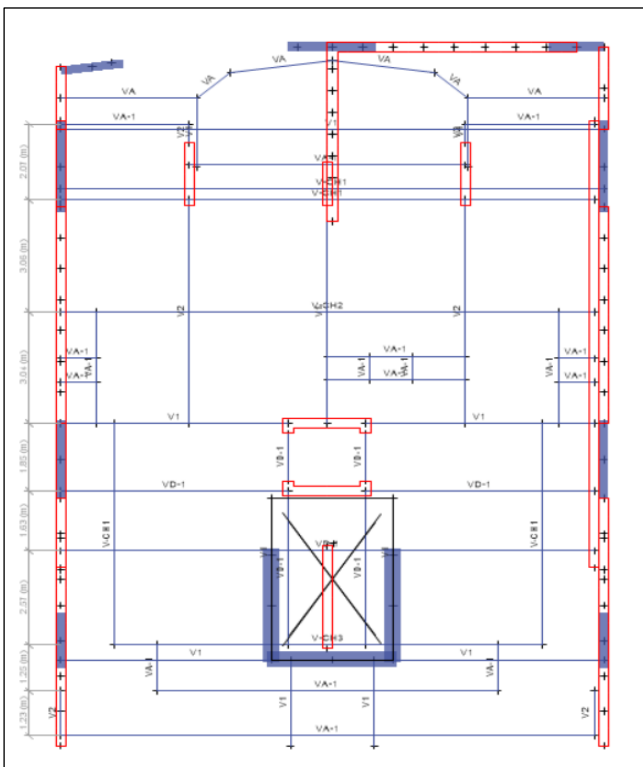


Figura 38 : Bloque Norte 1er Piso

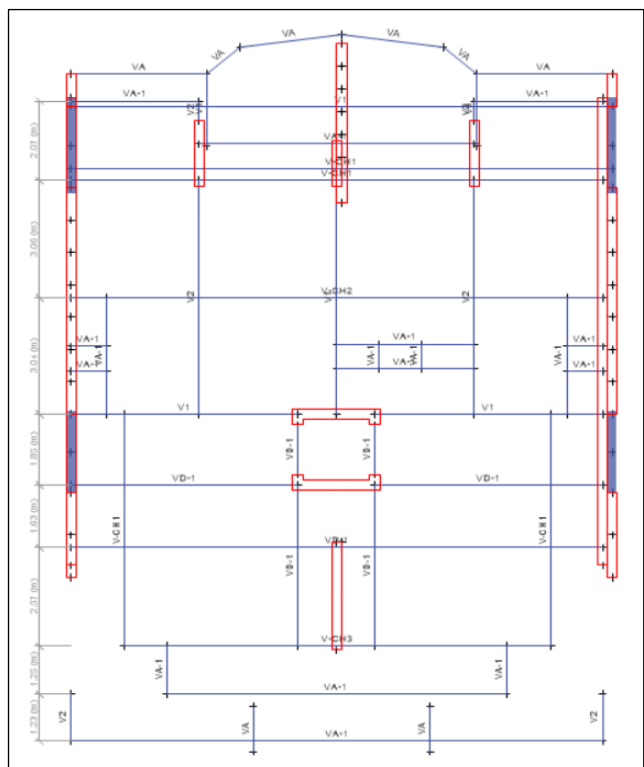


Figura 37 : Bloque Norte 2do al 15vo Piso

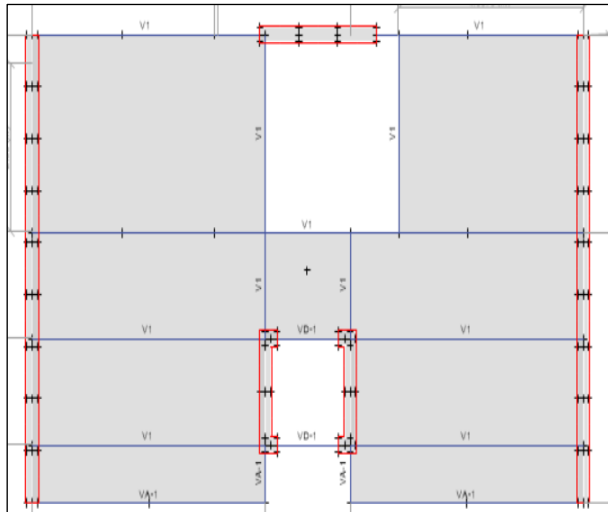


Figura 40 : Bloque Sur 1er Piso

Fuente: Elaboración propia en Etabs

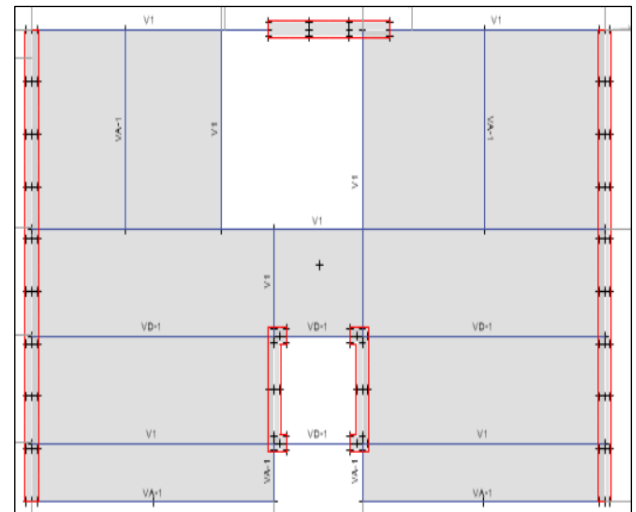


Figura 39 : Bloque Sur 2do al 15vo Piso

Propiedades de los materiales

A continuación se muestra las propiedades de los materiales a utilizar en el modelamiento;

Tabla 8

Propiedades de los materiales

Propiedades del Concreto	
$f'c=$	210 kg/cm ²
E_c 210=	217371 kg/cm ²
$\gamma =$	2400 kg/cm ³
Propiedades del Acero	
$f'y=$	4200 kg/cm ²
$E_s=$	20000000 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

Cargas Consideradas en el Análisis

Para la cuantificación de cargas aplicadas a la edificación se considerará la normativa expuesta Norma de Cargas E.020 de nuestro RNE.

Sobrecargas:

- S/C= 200 kg/m² Piso típico (15 pisos)
- S/C=300 kg/m² (3 Sótanos)

- Para el cálculo del peso total de la edificación se usó el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva.

Cargas muertas:

- Nivel típico
- Peso de acabados : 100 Kg/m²
- Peso de la tabiquería : 100 Kg/m²
- Instalaciones varias : 50 Kg/m²
- **Total : 250 Kg/m²**

En el software ETABS se procesó todas las consideraciones anteriormente señaladas, tanto las dimensiones generales, las características de los materiales, la creación de los tipos de sección que tenga cada elemento, la asignación de cargas vivas y muertas y posteriormente los parámetros sísmicos de la estructura.

Para el modelamiento estructural se planteó analizar sobre dos estructuras aisladas, como se muestra a continuación:

Peso de la Edificación y Estimación de Masa

El peso de cada nivel según norma actualizada, se obtendrá con el 100% de la carga muerta, más un 25% de la carga viva. En la tabla siguiente se indican las masas en cada nivel, la posición del centro de masas y del centro de rigidez (basándose en la distribución de fuerzas en altura resultante del análisis modal).

Piso	Masa (Tn s2/m)	Centro de masa		Centro de rigidez		Excentricidades		% Excentricidad			
		X (m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	Dx(m)	Dy(m)	Dx	Dy		
15 PISO	8.70	6.51	8.12	6.59	9.18	0.08	1.06	0.64%	3.97%		
14 PISO	10.39	6.49	8.12	6.59	9.16	0.10	1.04	0.78%	3.89%		
13 PISO	10.39	6.49	8.12	6.58	9.12	0.10	1.00	0.75%	3.75%		
12 PISO	10.39	6.49	8.12	6.58	9.08	0.09	0.96	0.72%	3.58%		
11 PISO	10.75	6.52	8.15	6.58	9.02	0.05	0.87	0.42%	3.26%		
10 PISO	11.10	6.52	8.15	6.57	8.95	0.05	0.80	0.38%	2.98%		
9 PISO	11.10	6.52	8.15	6.56	8.84	0.04	0.70	0.32%	2.60%		
8 PISO	11.10	6.52	8.15	6.56	8.71	0.03	0.56	0.26%	2.08%		
7 PISO	11.10	6.52	8.15	6.55	8.51	0.03	0.36	0.20%	1.36%		
6 PISO	11.10	6.52	8.15	6.54	8.23	0.02	0.08	0.13%	0.31%		
5 PISO	11.10	6.52	8.15	6.53	7.82	0.01	0.33	0.04%	1.23%		
4 PISO	11.10	6.52	8.15	6.51	7.19	0.01	0.96	0.05%	3.58%		
3 PISO	11.10	6.52	8.15	6.50	6.20	0.02	1.95	0.15%	7.29%		
2 PISO	11.10	6.52	8.15	6.49	4.63	0.03	3.52	0.26%	13.15%		
1 PISO	11.26	6.48	8.12	6.47	2.12	0.01	6.00	0.04%	22.43%		
1 SOTANO	16.79	6.49	6.46	6.45	-0.48	0.04	6.94	0.29%	22.21%		
2 SOTANO	19.78	6.17	5.77	6.47	0.56	0.31	5.21	2.35%	16.67%		
3 SOTANO	20.75	6.49	5.64	6.49	2.06	0.00	3.58	0.02%	11.47%		
Total:	219.08	Tn s2/m									

Figura 41: Pesos obtenidos del Etabs-Bloque Sur

Fuente: Elaboración propia en Excel

Irregularidades de planta y altura

- Irregularidades en Planta

No se observó ninguna de las siguientes irregularidades:

- Irregularidad Torsional

		DERIVA MÁX	50% DERIVA PREMISIBLE	APLICABILIDAD	1.2 (DERIVA CM)	IRREGULARIDAD
15 PISO	EQ-XX Max	0.0040	0.00350	APLICABLE	0.00477	OK
14 PISO	EQ-XX Max	0.0040	0.00350	APLICABLE	0.00558	OK
13 PISO	EQ-XX Max	0.0041	0.00350	APLICABLE	0.00656	OK
12 PISO	EQ-XX Max	0.0044	0.00350	APLICABLE	0.00764	OK
11 PISO	EQ-XX Max	0.0048	0.00350	APLICABLE	0.00848	OK
10 PISO	EQ-XX Max	0.0052	0.00350	APLICABLE	0.00936	OK
9 PISO	EQ-XX Max	0.0057	0.00350	APLICABLE	0.01019	OK
8 PISO	EQ-XX Max	0.0061	0.00350	APLICABLE	0.01092	OK
7 PISO	EQ-XX Max	0.0064	0.00350	APLICABLE	0.01152	OK
6 PISO	EQ-XX Max	0.0066	0.00350	APLICABLE	0.01190	OK
5 PISO	EQ-XX Max	0.0066	0.00350	APLICABLE	0.01195	OK
4 PISO	EQ-XX Max	0.0064	0.00350	APLICABLE	0.01168	OK
3 PISO	EQ-XX Max	0.0060	0.00350	APLICABLE	0.01080	OK
2 PISO	EQ-XX Max	0.0050	0.00350	APLICABLE	0.00908	OK
1 PISO	EQ-XX Max	0.0034	0.00350			OK
1 SOTANO	EQ-XX Max	0.0017	0.00350			OK
2 SOTANO	EQ-XX Max	0.0013	0.00350			OK
3 SOTANO	EQ-XX Max	0.0007	0.00350			OK

Figura 42: Análisis Torsional X-X

Fuente: Elaboración propia en Excel

		DERIVA MÁX	50% DERIVA PREMISIBLE	APLICABILIDAD	1.2 (DERIVA CM)	IRREGULARIDAD
15 PISO	EQ-YY Max	0.0030	0.00350			OK
14 PISO	EQ-YY Max	0.0032	0.00350			OK
13 PISO	EQ-YY Max	0.0034	0.00350			OK
12 PISO	EQ-YY Max	0.0037	0.00350	APLICABLE	0.00796	OK
11 PISO	EQ-YY Max	0.0039	0.00350	APLICABLE	0.00781	OK
10 PISO	EQ-YY Max	0.0042	0.00350	APLICABLE	0.00767	OK
9 PISO	EQ-YY Max	0.0043	0.00350	APLICABLE	0.00747	OK
8 PISO	EQ-YY Max	0.0045	0.00350	APLICABLE	0.00719	OK
7 PISO	EQ-YY Max	0.0045	0.00350	APLICABLE	0.00683	OK
6 PISO	EQ-YY Max	0.0045	0.00350	APLICABLE	0.00637	OK
5 PISO	EQ-YY Max	0.0043	0.00350	APLICABLE	0.00582	OK
4 PISO	EQ-YY Max	0.0040	0.00350	APLICABLE	0.00516	OK
3 PISO	EQ-YY Max	0.0036	0.00350	APLICABLE	0.00440	OK
2 PISO	EQ-YY Max	0.0027	0.00350			OK
1 PISO	EQ-YY Max	0.0015	0.00350			OK
1 SOTANO	EQ-YY Max	0.0011	0.00350			OK
2 SOTANO	EQ-YY Max	0.0009	0.00350			OK
3 SOTANO	EQ-YY Max	0.0005	0.00350			OK

Figura 43: Análisis Torsional Y-Y

Fuente: Elaboración propia en Excel

- Irregularidad de Discontinuidad de Diafragma

No presenta, debido a que los diafragmas no tienen aberturas en comparación con los demás pisos.

- Sistemas No paralelos

No presenta, porque los elementos estructurales resistentes a fuerzas laterales en ambas direcciones de análisis son paralelos.

Irregularidades en Altura

No se observó ninguna de las siguientes irregularidades:

- Piso Blando

DERIVA X PROMEDIO	1.4 - 1.6 DERIVA PISO SUPERIOR	PROMEDIO 3 PISOS SUPERIOR	1.25 - 1.6 PROMEDIO PISOS SUPERIORES
0.00091			
0.00090	1.00		
0.00091	1.01		
0.00098	1.08	0.00091	1.09
0.00108	1.10	0.00093	1.16
0.00118	1.10	0.00099	1.20
0.00128	1.08	0.00108	1.19
0.00137	1.07	0.00118	1.17
0.00144	1.05	0.00128	1.13
0.00149	1.03	0.00137	1.10
0.00151	1.01	0.00144	1.06
0.00148	0.98	0.00148	1.00
0.00137	0.93	0.00149	0.92
0.00114	0.83	0.00145	0.79
0.00072	0.64	0.00133	0.55
0.00037	0.51	0.00108	0.35
0.00026	0.71	0.00074	0.36
0.00014	0.55	0.00045	0.32
	1.10		1.20

Figura 44: Análisis de piso blando X-X
Fuente: Elaboración propia en Excel

DERIVA Y PROMEDIO	1.4 - 1.6 DERIVA PISO SUPERIOR	PROMEDIO 3 PISOS SUPERIOR	1.25 - 1.6 PROMEDIO PISOS SUPERIORES
0.00086			
0.00092	1.07		
0.00098	1.06		
0.00105	1.07	0.00092	1.15
0.00112	1.07	0.00098	1.14
0.00118	1.06	0.00105	1.13
0.00123	1.04	0.00111	1.11
0.00126	1.03	0.00117	1.08
0.00128	1.01	0.00122	1.05
0.00127	0.99	0.00125	1.01
0.00123	0.97	0.00127	0.97
0.00115	0.94	0.00126	0.92
0.00102	0.89	0.00121	0.84
0.00078	0.77	0.00113	0.70
0.00045	0.58	0.00098	0.47
0.00031	0.69	0.00075	0.42
0.00024	0.78	0.00052	0.48
0.00013	0.55	0.00034	0.40
	1.07		1.15

Figura 45: Análisis piso blando Y-Y
Fuente: Elaboración propia en Excel

Nivel	Masas	Peso sísmico	1.5 Peso sísmico		
	Tnf-s2/m	Tn	Tn		
15 PISO	30,796.28	302.11	453.17	-225.66	
14 PISO	35,866.39	351.85	527.77	-183.88	-101.32
13 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-170.62
12 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
11 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
10 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
9 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
8 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
7 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
6 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
5 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
4 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
3 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-178.58	-178.58
2 PISO	36,407.25	357.16	535.73	-284.50	-178.58
1 PISO	43,605.48	427.77	641.65		-107.96
1 SOTANO	54,984.20	539.40	809.09		
2 SOTANO	55,577.36	545.21	817.82		
3 SOTANO	55,577.36	545.21	817.82		

Figura 46: Análisis de Pesos por nivel
Fuente: Elaboración propia en Excel

- Irregularidad de Masa
- Irregularidad vertical geométrica

No presenta, ya que los pisos presentan una regularidad geométrica en altura

- Discontinuidad de los elementos resistentes

No presenta, ya que los elementos estructurales que resisten las fuerzas cortantes son continuos del primer al último nivel.

Análisis Estructural de la Edificación sin Disipadores

Para edificación común como la expuesta en este trabajo, el tipo de análisis estructural que comúnmente se emplea es el análisis estático, dinámico espectral o el de tiempo historia. En este caso se realizó un análisis dinámico espectral, pero antes de ello, se realizó el análisis estático con las siguientes finalidades:

Analizar las Irregularidades de planta y altura, si la edificación presenta.

Conocer la cortante que toman los elementos estructurales como las placas y columnas para clasificar el sistema estructural de la edificación.

Para calcular la cortante estática que posteriormente deberá ser empleada para el ajuste de la cortante dinámica.

- **Análisis Estático y Dinámico**

Parámetros Sísmicos

Para realizar el análisis estático se deben tener en cuenta las disposiciones de la norma sismorresistente, exponemos los parámetros a usar en la presente tesis en la tabla N° 24.

Para realizar el análisis estático se deben tener en cuenta las disposiciones de la norma sismo resistente.

a. Zonificación Sísmica:

Tabla 9

Factores de Zona

FACTORES DE ZONA	
Zona	Z
1	0.1
2	0.25
3	0.35
<u>4</u>	<u>0.45</u>

Fuente: Norma Técnica Peruana E.030 del RNE

Según la ubicación del Proyecto, localizada en la ciudad de Lima, y según el mapa de Zonificación, esta pertenecería a la Zona 4 (Zona Costera), por lo que corresponde un factor $Z = 0.45$.

b. Condiciones Geotécnicas (S, TP, TL)

Tabla 10

Parámetros de Sitio S, TP, TL del suelo

PERÍODOS "TP" Y "TL"

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
<i>TP</i>				
(s)	0,3	0,4	<u>0,6</u>	1,0
<i>TL</i>				
(s)	3,0	2,5	<u>2,0</u>	1,6

Fuente: Norma Técnica Peruana E.030 del RNE

Tabla 11

Factor de suelo

SUELO \ ZONA	S0	S1	<u>S2</u>	S3
<u>Z4</u>	0,80	1,00	<u>1,05</u>	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnica Peruana E.030 del RNE

La edificación se localiza en suelos intermedios, por lo que según la norma le corresponde a un tipo de suelo S2, cuyo factor de amplificación respecto a la zona es de $S=1.05$, con un período que define la plataforma $T_p = 0.6$ seg. Y con un período que define el inicio de la zona con $T_l = 2.00$ seg.

c. Período Fundamental de Vibración (T)

Según la norma E 0.30, este concepto se calcula con la siguiente expresión

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

En el proyecto se define $C_t = 60$, siendo este como un edificio de concreto armado dual en X y de muros estructurales en Y.

$h_n = 38.4$ (Altura Total del Edificio, sin tomar en consideración los 7.20 de sótanos)

Obteniendo $T = 0.64$ seg.

d. Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo con el Art. 2.5 de la Norma E 0.30. El factor de amplificación sísmica será calculado según este criterio:

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) = 2.34 < 2.5$$

e. Categoría de la Edificación y Factor de Uso (U)

Al ser una edificación de Viviendas Multifamiliares y según las características definidas por la Norma E 0.30, le corresponde la categoría de Edificación Común ($U = 1.00$)

f. Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_o)

La muestra en estudio es de Concreto Armado, siendo en la dirección X de Sistema Dual, mientras en la dirección Y de Sistema de Muros Estructurales, por lo tanto, se tienen los siguientes coeficientes de reducción:

Tabla 12

Coeficiente de reducción R_0

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
<u>Dual</u>	<u>7</u>
<u>De muros estructurales</u>	<u>6</u>
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma Técnica Peruana E.030 del RNE

$$R_{ox} = 7$$

$$R_{oy} = 6$$

Finalmente, exponemos los parámetros a usar en la presente tesis en la siguiente tabla

Tabla 13

Parámetros sísmicos de diseño para el Proyecto

ZONA:	Z4	ZONA 4
Z=	0.45	
Tipo de suelo:	S2	Suelos intermedios
S=	1.05	
Tp=	0.6	
Tl=	2	
U=	1	Edificación común
Factor de ductilidad		
Rx=	7.00	De muros estructurales de concreto
Ry=	6.00	De muros estructurales de concreto
Edificación Irregular:		
	No	
Rdx=	7.00	Corrección por irregularidad
Rdy=	6.00	Corrección por irregularidad

Fuente: Elaboración Propia

Combinaciones de Carga

Las combinaciones de carga han sido tomadas del reglamento E-020 para su empleo en el diseño y/o verificación. Estas 9 combinaciones son las siguientes:

- 1.40D+1.70L
- 1.25D+1.25L+1.00Sx
- 1.25D+1.25L-1.00Sx
- 1.25D+1.25L+1.00Sy
- 1.25D+1.25L-1.00Sy
- 0.90D+1.00Sx
- 0.90D-1.00Sx
- 0.90D+1.00Sy
- 0.90D-1.00Sy

Dónde:

D: Carga muerta

L: Carga viva

Sx, Sy: Carga sísmica en las direcciones X e Y respectivamente

Cálculo de la Cortante Sísmica Estática

Empleando las expresiones de la norma E030 para el análisis sísmico con
fuerzas estáticas equivalentes, se tiene:

Tabla 14

Valores de Parámetros Sísmicos

T_p =	0.6
T_L =	2
T_x =	1.193
T_y =	0.692
$0.2T_x$	0.24
$1.5T_x$	1.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15

Cálculo de coeficiente C

C	C	$C=.125R$	C MAX
1.2573345	1.2573345	0.88	1.26
2.1676301	2.1676301	0.75	2.17

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16

Cálculo de ZUCS/R

ZUCS/R	$g*ZUCS/R$
0.084870	0.8317267
0.170701	1.6728685

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Fuerza Cortante Basal Estática

Dir	Z	U	C	S	R	P (Tn)	0.8 V(Tn)	V(Tn)
X	0.45	1	1.26	1.05	7.00	2,148.42	145.87	182.34
Y	0.45	1	2.17	1.05	6.00	2,148.42	293.39	366.74

A continuación, se lista la contribución de cada modo a las fuerzas cortantes en la base y momentos de volteo, tanto para la componente de sismo en dirección X como en dirección Y. Los cortantes en la base obtenidos del análisis dinámico resultan mayores que 80% de los correspondientes cortantes estáticos.

- **Cálculo de la Cortante Basal Dinámica**

Tabla 18

Cortante por sismo dinámico en ambas direcciones

Story	Load	VX	VY
Base	EQ-XX Max	114.30413	2.8013
Base	EQ-YY Max	3.26811	208.44179

Tabla 19

Cortante Dinámica en la Dirección X-X

Spec	Mode	F(x)	F(y)	Mx	My	Mz
SX	1	60.61	63.39	-540.43	509.449	409.486
SX	2	116.76	-87.58	742.828	960.774	-1327.06
SX	3	13.02	25.23	-207.033	99.279	204.504
SX	4	21.32	13.62	-26.589	17.426	48.681
SX	5	14.07	-18.75	35.042	12.921	-241.53
SX	6	6.62	3.85	-5.11	9.028	13.93
SX	7	1	3	-2.552	0.065	25.392
SX	8	1.83	-3.53	4.933	2.598	-42.519
SX	9	1.44	0.56	-0.569	1.112	-0.456
SX	10	0.36	-0.62	0.597	0.267	-7.476
SX	11	0.17	0.69	-1.005	0.255	6.381
SX	12	0.03	0.14	-0.111	0.015	1.226
	CQC	138.89	110.18	914.679	1120.865	1399.03

0.8 Cortante estático: 145.87 tn **1.28** > 1

Cortante espectral: $\frac{114.30}{1}$ Tn Amplificar Espectral

Cortante amplificada: $114.30 * 1.28 = 145.87 \text{ ton}$

Tabla 20

Cortante Dinámica en la dirección Y-Y

Spec	Mode	F(x)	F(y)	Mx	My	Mz
SY	1	101.43	106.09	-904.399	852.552	685.265
SY	2	-140.12	105.1	-891.471	-1153.028	1592.604
SY	3	40.37	78.24	-641.98	307.85	634.138
SY	4	21.79	13.91	-27.171	17.807	49.746
SY	5	-30	39.98	-74.709	-27.548	514.938
SY	6	6.15	3.58	-4.75	8.392	12.949
SY	7	4.8	14.35	-12.212	0.31	121.491
SY	8	-5.65	10.91	-15.244	-8.03	131.405
SY	9	0.89	0.35	-0.354	0.691	-0.283
SY	10	-0.99	1.7	-1.645	-0.735	20.608
SY	11	1.11	4.43	-6.445	1.638	40.934
SY	12	0.22	0.94	-0.748	0.101	8.243
CQC		176.29	181.87	1471.975	1423.152	1985.426

0.8 Cortante estático: 293.39 tn 1.41 > 1

Cortante espectral: 208.44 Tn Amplificar Espectral

Cortante amplificada: $208.44 * 1.41 = 293.39 \text{ ton}$

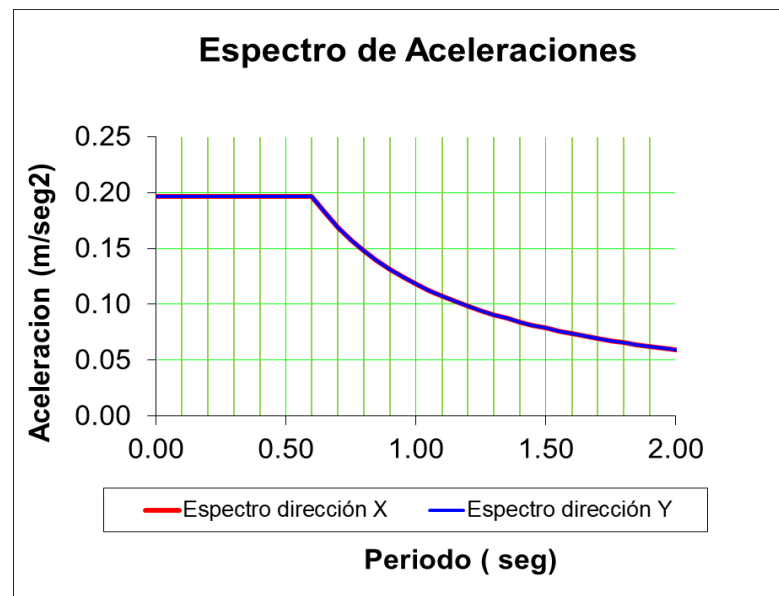


Figura 47 : Espectro de Diseño

Fuente: Elaboración Propia

- **Verificación de la Masa Participativa**

Previo a realizar el análisis espectro modal de la estructura se requiere según la sección de modos de vibración de la Norma E.030-2014 de Diseño Sismorresistente que para el análisis se deben considerar el número de modos necesarios para que la suma de masas efectivas sea mayor o igual al 90% de la masa de la estructura, siendo además importante que los 3 primeros modos de vibración sean los más predominantes en cada dirección de análisis.

Sin embargo por lo general se trabaja con 3 modos por piso, en este caso se utilizaron un total de $4 \times 3 = 12$ modos de vibración para el análisis. La Tabla muestra los periodos de vibración de la estructura, las frecuencias, así como la masa participativa por cada modo considerado (en cada dirección de análisis).

Tabla 21

Modos de vibración obtenidos

Mode	Periodo (s)	Frecuencia (Hertz)	Masa efectiva total	
			X	Y
1	1.193	0.838	0.58	0.00
2	0.692	1.445	0.58	0.52
3	0.503	1.988	0.58	0.52
4	0.359	2.786	0.67	0.52
5	0.186	5.376	0.72	0.52
6	0.137	7.299	0.72	0.71
7	0.119	8.403	0.76	0.71
8	0.106	9.434	0.76	0.71
9	0.098	10.204	0.76	0.72
10	0.080	12.500	0.79	0.72
11	0.078	12.821	0.80	0.72
12	0.072	13.889	0.80	0.72

Fuente: Datos obtenidos del Etabs-análisis dinámico

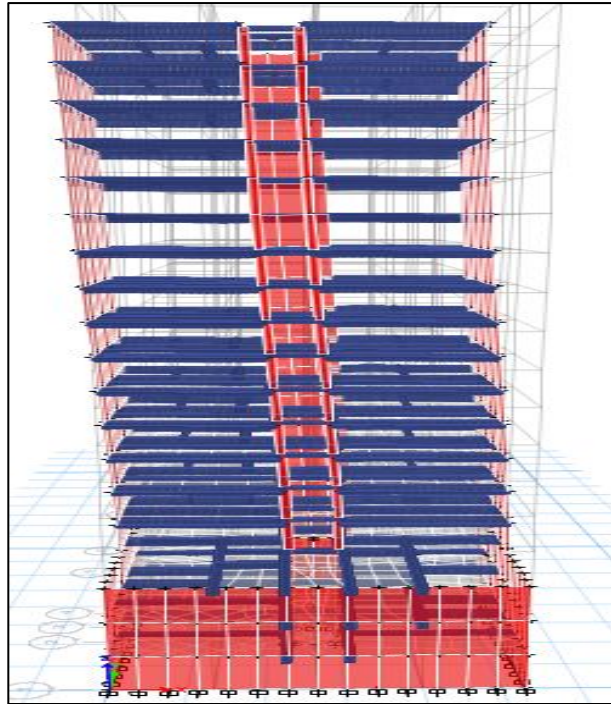


Figura 48 : Modo Traslacional (T 1.193S)

Fuente: Obtenido del análisis dinámico en Etabs

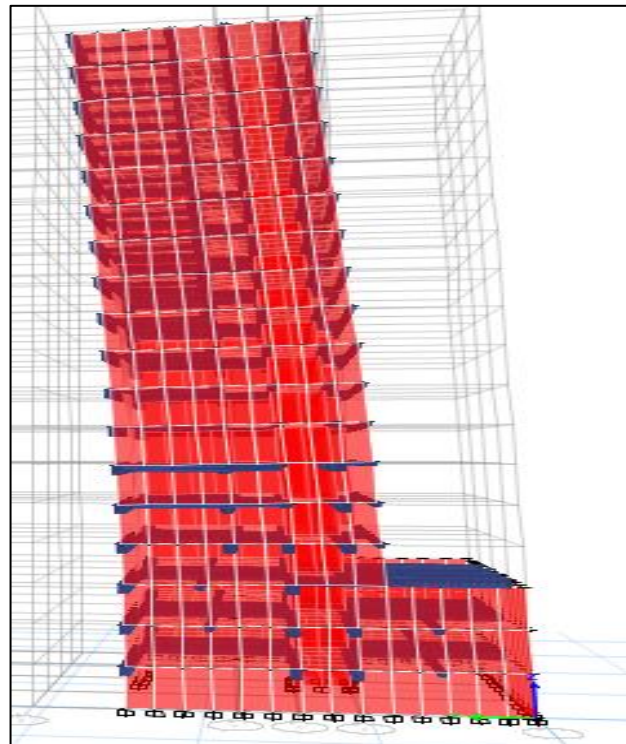


Figura 49: Modo 2 Rotacional (T=0.692s)

Fuente: Obtenido del análisis dinámico en Etabs

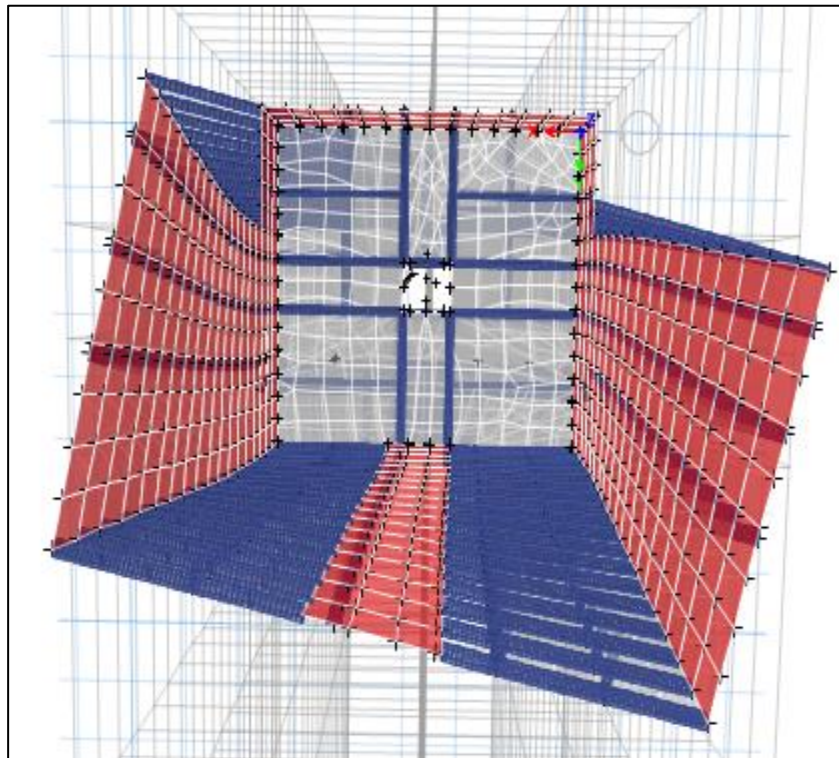


Figura 50 : Modo 3 Traslacional (T= 0.503s)

Fuente: Obtenido del análisis dinámico en Etabs

- **Control de Desplazamientos y Derivas**

Como último paso de este análisis son los desplazamientos elásticos que se muestran a continuación son los que se obtuvieron del análisis dinámico espectral en el programa ETABS, estos desplazamientos fueron tomados en el centro de masa de cada diafragma, los cuales fueron determinados multiplicando los resultados por $0.75R$, conforme se especifica en la norma vigente.

Tabla 22

Desplazamientos y Derivas de Sismo en X-X (Bloque Sur)

Piso	Hi (cm)	d (Del análisis) (cm)	d (Corregido) (cm)	D (cm)	D/hi	Control
15 PISO	240	5.284	27.739	0.953	0.00397	OK
14 PISO	240	5.102	26.786	1.117	0.00465	OK
13 PISO	240	4.889	25.669	1.313	0.00547	OK
12 PISO	240	4.639	24.356	1.528	0.00637	OK
11 PISO	240	4.348	22.829	1.697	0.00707	NO PASA
10 PISO	240	4.025	21.132	1.873	0.00780	NO PASA
9 PISO	240	3.668	19.259	2.038	0.00849	NO PASA
8 PISO	240	3.280	17.222	2.185	0.00910	NO PASA
7 PISO	240	2.864	15.037	2.303	0.00960	NO PASA
6 PISO	240	2.426	12.734	2.380	0.00992	NO PASA
5 PISO	240	1.972	10.354	2.390	0.00996	NO PASA
4 PISO	240	1.517	7.964	2.337	0.00974	NO PASA
3 PISO	240	1.072	5.627	2.160	0.00900	NO PASA
2 PISO	240	0.660	3.467	1.817	0.00757	NO PASA
1 PISO	240	0.314	1.651	1.214	0.00506	OK
1 SOTANO	240	0.083	0.437	0.243	0.00101	OK
2 SOTANO	240	0.037	0.194	0.127	0.00053	OK
3 SOTANO	240	0.013	0.067	0.067	0.00028	OK

Fuente: Elaboración propia en Excel

Tabla 23

Desplazamientos y Derivas en Y-Y (Bloque Sur)

Piso	Hi (cm)	d (Del análisis) (cm)	d (Corregido) (cm)	D (cm)	D/hi	Control
15 PISO	240	4.368	19.658	1.575	0.00656	OK
14 PISO	240	4.019	18.083	1.589	0.00662	OK
13 PISO	240	3.665	16.494	1.591	0.00663	OK
12 PISO	240	3.312	14.903	1.591	0.00663	OK
11 PISO	240	2.958	13.312	1.561	0.00650	OK
10 PISO	240	2.611	11.751	1.535	0.00639	OK
9 PISO	240	2.270	10.216	1.494	0.00623	OK
8 PISO	240	1.938	8.722	1.438	0.00599	OK
7 PISO	240	1.619	7.284	1.365	0.00569	OK
6 PISO	240	1.315	5.919	1.275	0.00531	OK
5 PISO	240	1.032	4.644	1.164	0.00485	OK
4 PISO	240	0.773	3.480	1.033	0.00430	OK
3 PISO	240	0.544	2.448	0.879	0.00366	OK
2 PISO	240	0.349	1.568	0.703	0.00293	OK
1 PISO	240	0.192	0.865	0.485	0.00202	OK
1 SOTANO	240	0.085	0.380	0.192	0.00080	OK
2 SOTANO	240	0.042	0.189	0.125	0.00052	OK
3 SOTANO	240	0.014	0.063	0.063	0.00026	OK

Fuente: Elaboración propia en Excel

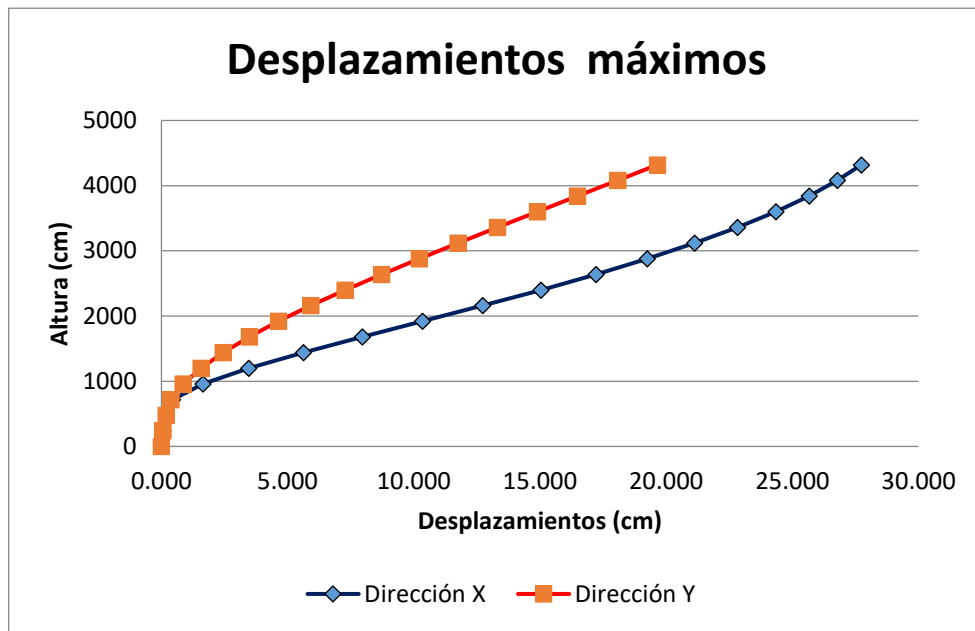


Figura 51: Desplazamientos Máximos

Fuente: Elaboración Propia

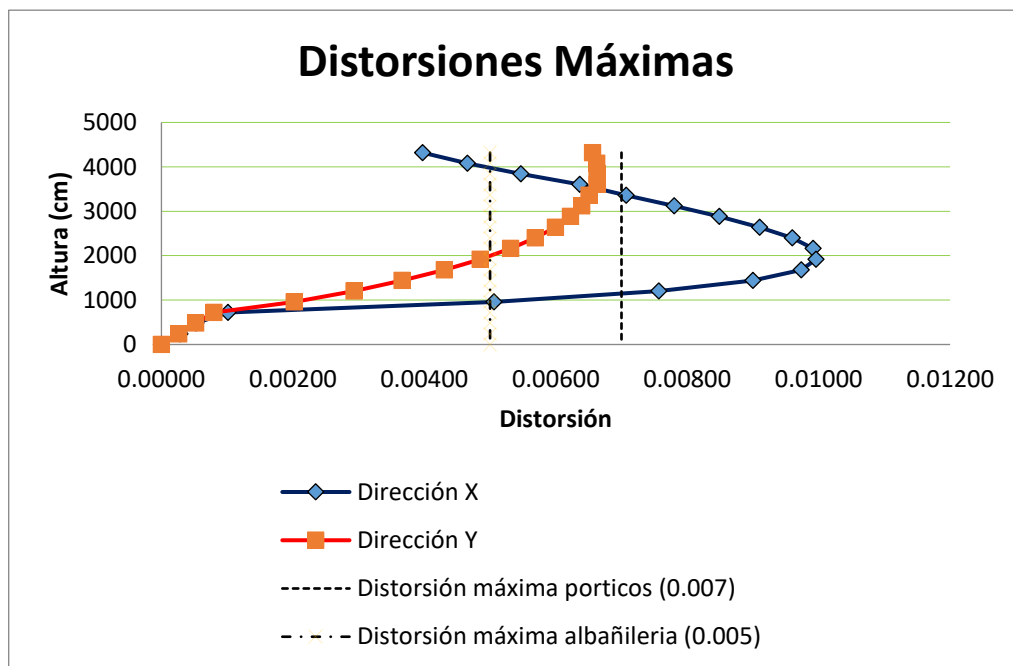


Figura 52: Distorsiones Máximas

Fuente: Elaboración Propia

- **Registro Tiempo – Historia**

Posteriormente habiendo analizado la estructura por el método dinámico espectral, también requerirá que se analicen con el análisis dinámico tiempo historia. La Norma Peruana Sismo Resistente E030 indica que siempre que se desarrolle un análisis estructural tiempo historia, deberá contarse como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Para este análisis se decidió utilizar los registros sísmicos correspondientes a los años 1996 y 1974 en sus dos direcciones X e Y, las cuales fueron escaladas con ayuda del software SeismoMath.

Tabla 24

Registros Sísmicos Analizados

Fecha	Componentes	Duración (seg)	Valores máximos		
			Aceleración (cm/s ²)	Velocidad (cm/s)	Desplazamiento (cm)
17 de octubre de 1966	EW NS	65	180.61 268.31	13.58 70.90	49.50 2,217.01
03 de octubre de 1974	EW NS	98	191.95 207.41	43.71 23.92	2,119.28 1,204.21
05 de enero de 1974	EW NS	36	66.74 71.65	15.14 21.78	270.48 349.42

En las siguientes figuras, se muestran los 3 pares de registros sísmicos
utilizados:

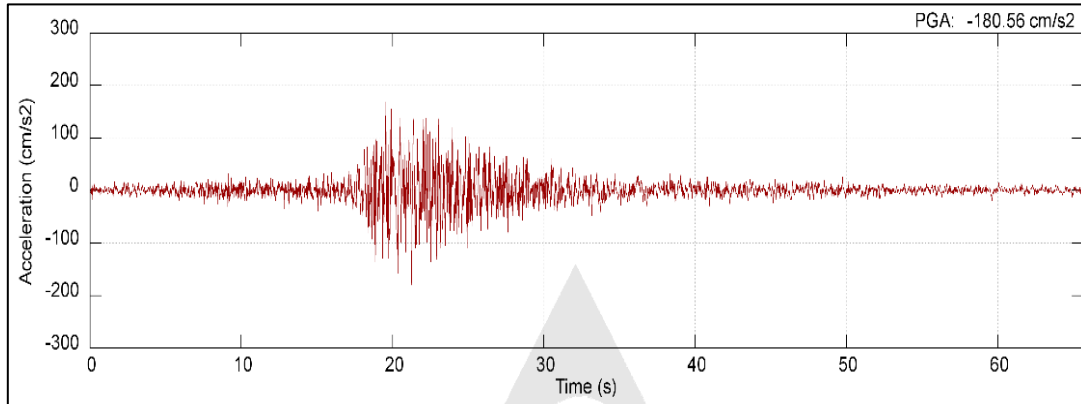


Figura 53: Acelerograma S6610EW

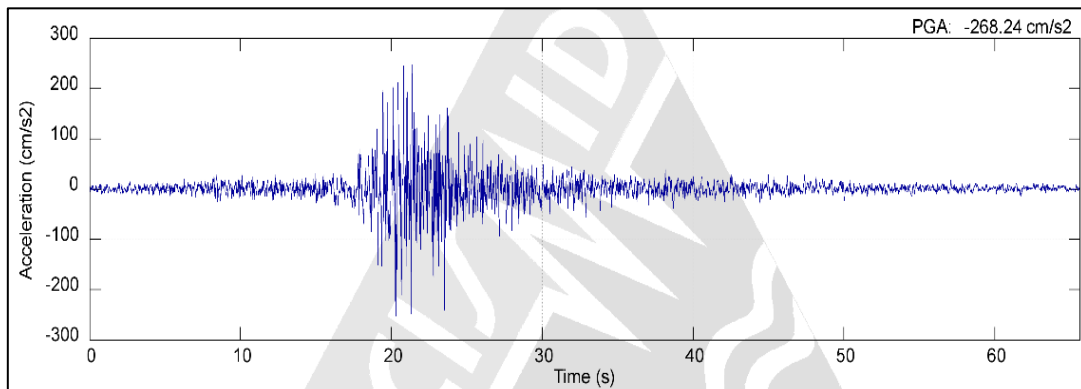


Figura 54: Acelerograma S6610NS

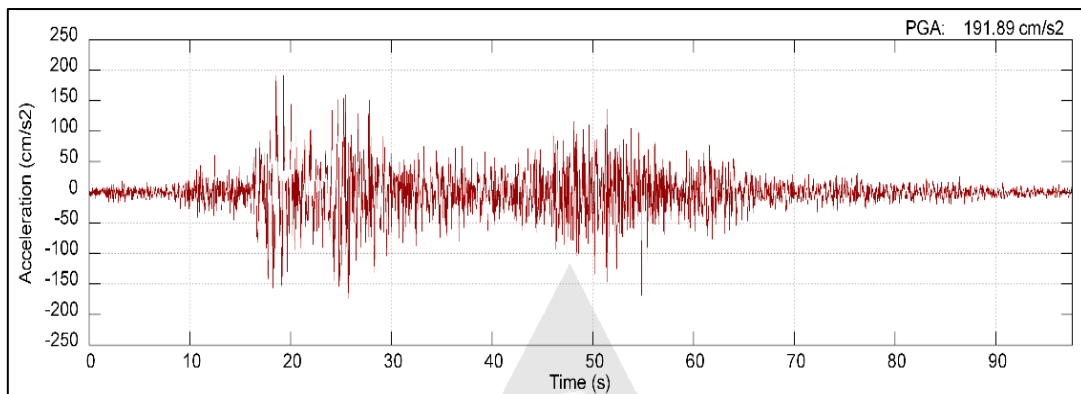


Figura 55: Acelerograma S7410EW

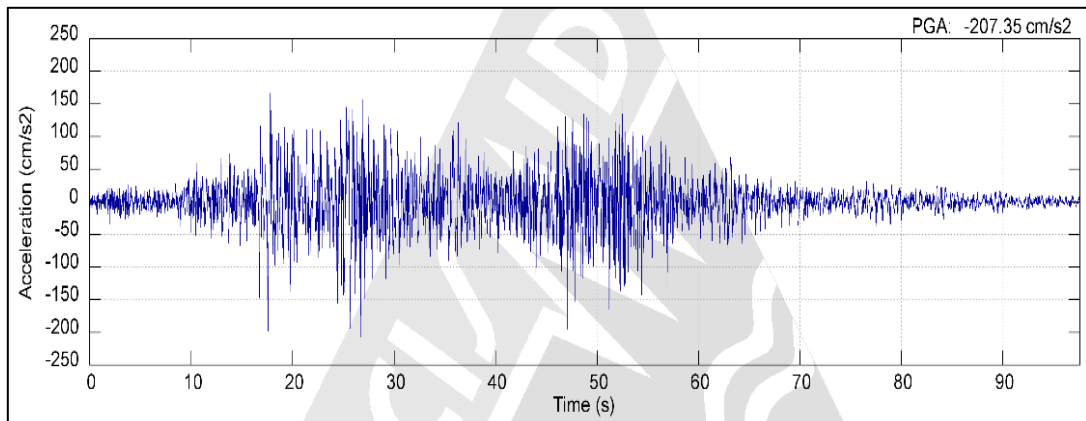


Figura 56: Acelerograma S7410NS

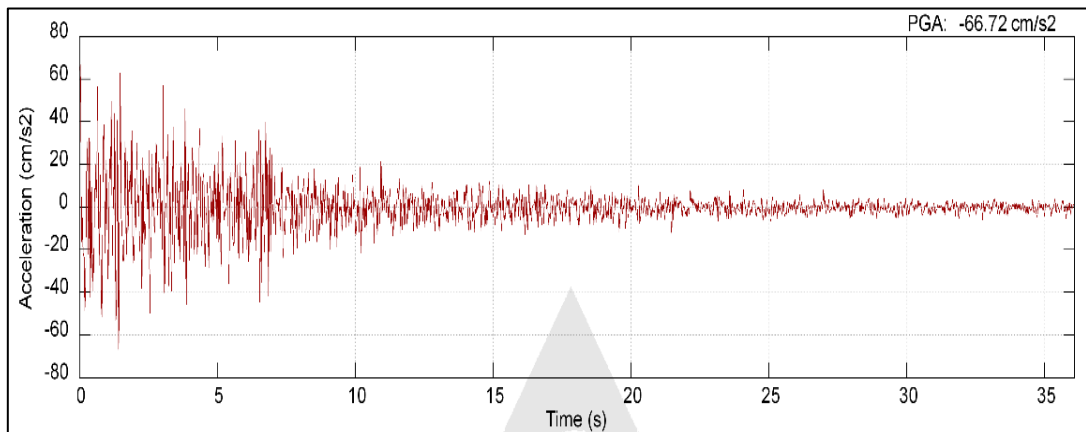


Figura 57: Acelerograma S7401EW

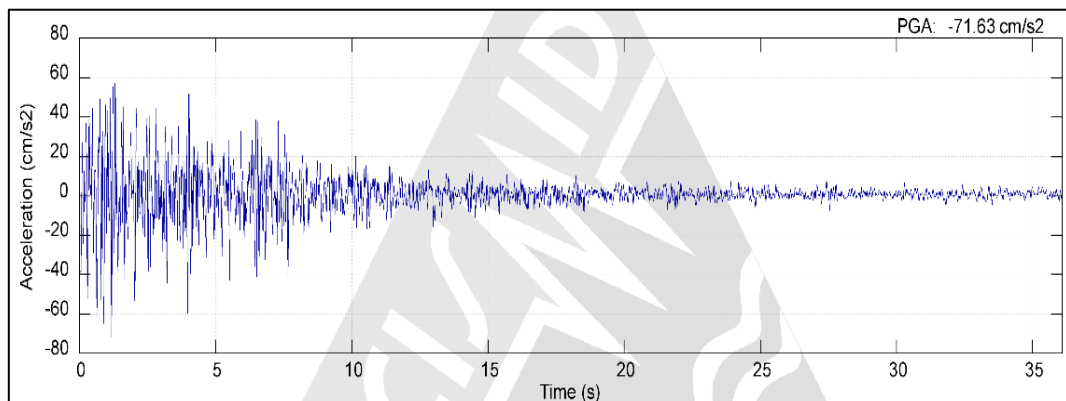


Figura 58: Acelerograma S7401NS

Fuente: Registro sísmicos escalados en el Etabs

- **Derivas de entrepiso análisis Tiempo-Historia**

A continuación, se muestran las derivas inelásticas de entrepiso obtenidas para cada registro sísmico en la dirección X-X, ya que fue el sentido donde no cumplían las derivas en el análisis estático.

Tabla 25

Derivas Máximas del Análisis Tiempo – Historia (‰) en la dirección X-X

PISO	SISMO 66		SISMO 74		SISMO 74	
	17 de octubre de 1966		03 de octubre de 1974		05 de enero de 1974	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
15 PISO	0.004096	0.003895	0.005353	0.002440	0.004078	0.004611
14 PISO	0.004840	0.004634	0.006137	0.002828	0.004830	0.004721
13 PISO	0.005747	0.005564	0.006847	0.003234	0.005730	0.005214
12 PISO	0.006752	0.006604	0.008090	0.004016	0.006696	0.005690
11 PISO	0.007573	0.007418	0.009060	0.004733	0.007412	0.005127
10 PISO	0.008415	0.008218	0.009910	0.005310	0.008119	0.003780
9 PISO	0.009197	0.008924	0.009985	0.006210	0.008747	0.005118
8 PISO	0.009890	0.009523	0.009206	0.007170	0.009206	0.006275
7 PISO	0.010445	0.009990	0.009200	0.008129	0.009533	0.006144
6 PISO	0.010820	0.010288	0.009513	0.008992	0.009680	0.005325
5 PISO	0.010930	0.010332	0.009704	0.009615	0.009522	0.006039
4 PISO	0.010683	0.010025	0.009686	0.009839	0.008761	0.006472
3 PISO	0.009873	0.009092	0.009195	0.009408	0.008143	0.006275
2 PISO	0.008291	0.007596	0.007949	0.008089	0.007037	0.004515
1 PISO	0.005518	0.005053	0.005421	0.005466	0.004764	0.003607
1 SOTANO	0.001080	0.000988	0.001078	0.001083	0.000951	0.000908
2 SOTANO	0.000553	0.000505	0.000568	0.000563	0.000501	0.000563
3 SOTANO	0.000295	0.0002708	0.000310	0.000303	0.000273	0.000328

Fuente: Resultados del Etabs, procesados en Excel.

La siguiente tabla muestra las derivas de entrepiso por nivel y registro sísmico donde exceden el límite establecido por la norma 7‰, alcanzando valores de 10.9‰. Estos valores muestran que en la dirección X-X se requiere de un reforzamiento. Para ello se implementará el uso de disipadores de fluido viscoso.

- **Fuerzas Cortantes por Piso del Sistema Convencional**

PISO	FC MÁXIMO (tonf) (ton)
15	261
14	404
13	414
12	415
11	504
10	624
9	633
8	598
7	632
6	676
5	717
4	748
3	786
2	816
1	827

Figura 59: Valores de Fuerza Cortante por piso

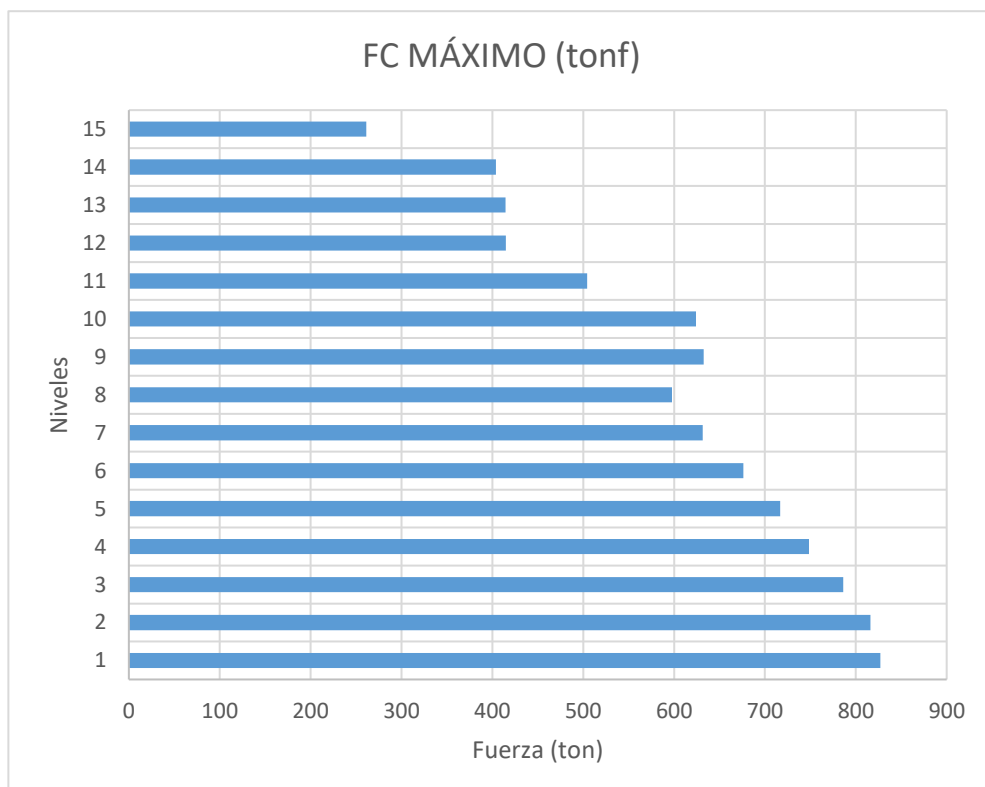


Figura 60: Fuerza Cortante Basal por Piso

- **Momentos Flectores por piso del Sistema Convencional**

PISO	MF (ton-m)
15	676
14	1,680
13	2,660
12	3,406
11	4,097
10	4,727
9	5,721
8	6,721
7	8,047
6	9,530
5	11,252
4	13,050
3	14,898
2	16,772
1	18,654

Figura 61: Valores de Momento Flector por piso

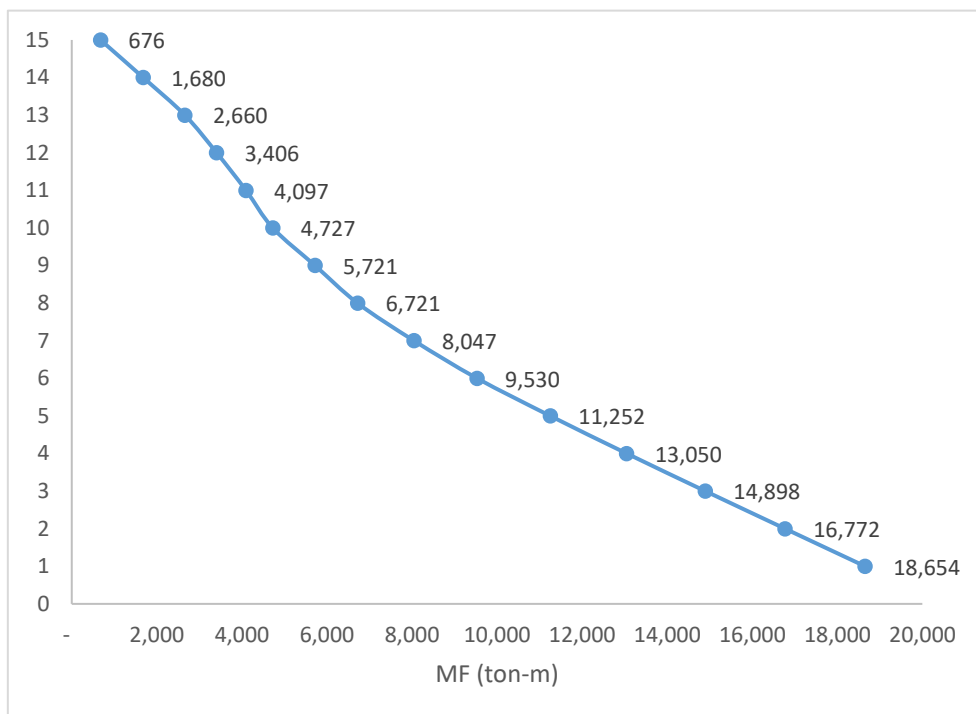


Figura 62: Curva de Momentos flectores por piso

B. Reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en doble diagonal

La tercera etapa, se basa en el diseño y análisis de la edificación reforzada con disipadores de fluido viscoso, esta se ha realizado considerando la metodología establecida por la norma ASCE 7-10. A continuación se presentan los pasos resumidos en un gráfico:

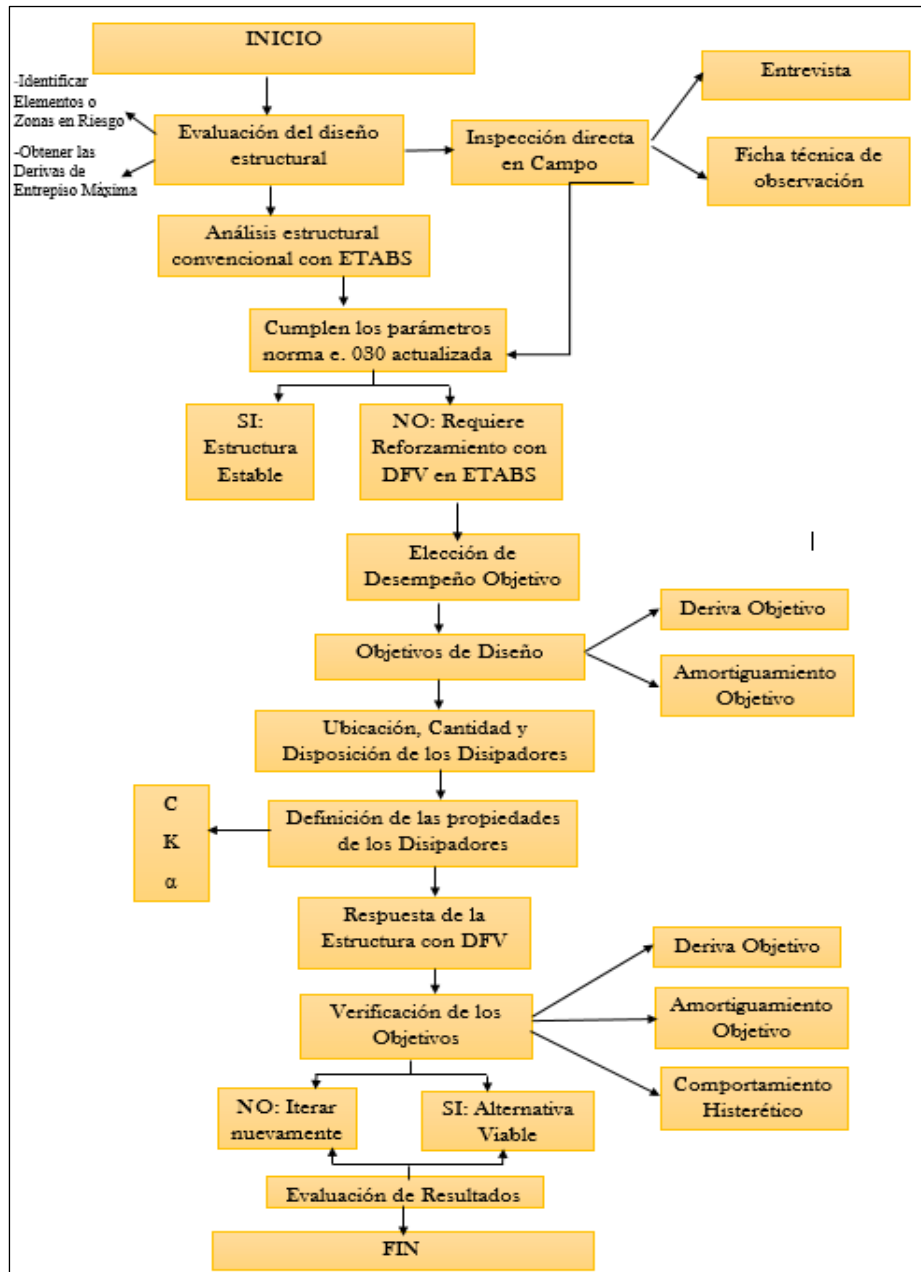


Figura 63 : Diagrama de Flujo del Procedimiento

Fuente: Elaboración Propia

Para esta segunda parte de la investigación se seguirán los procedimientos establecidos en la metodología del estudio bajo la normativa de ASCE 7-10. A continuación se detallarán los procesos y criterios utilizados en todo el análisis, el cual también se desarrolló con el programa ETABS 2017.

El primer paso para utilizar disipadores de fluido viscoso es definir el objetivo de desempeño y deriva y ello debe estar acorde al tipo de clasificación de la estructura.

- **Elección del Objetivo de Desempeño**

Según la importancia de la edificación, establecido por el SEAOC, nuestra estructura califica como una Estructura Básica.

Así mismo, elegimos como sismo de diseño un sismo raro con periodo de retorno de 475 años, el cual representa un nivel de desempeño de Seguridad, dicho de otra manera, se acepta un estado de daño moderado.

Tabla 26

Objetivo de Desempeño para Estructuras Básicas

OBJETIVO DE DESEMPEÑO PARA ESTRUCTURAS BÁSICAS	
Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de Desempeño
Sismo Frecuente	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	Operacional
Sismo Raro	Seguridad
Sismo Muy Raro	Próximo al Colapso

Fuente: Hazus - MH 2.1

- **Deriva y Amortiguamiento Objetivo**

Según el capítulo 5 de Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS nuestra edificación en estudio clasifica como “Edificio aporticado de Concreto Armado de gran altura”, descrito bajo la abreviatura de C2H, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ($\leq 5,000$ sq. ft.)		All	1	14
2	W2			All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1-3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4-7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1-3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4-7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1-3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4-7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1-3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4-7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1-3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4-7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1-3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4-7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120

Figura 64: Clasificación de Estructuras

Fuente: Hazus - MH 2.1

Si se desea alcanzar un estado de daño moderado luego de ocurrido el sismo raro; desde el punto de vista estructural, debemos conseguir que la deriva máxima de nuestra edificación sea alrededor de 0.43% siguiendo las recomendaciones del HAZUS para un código sísmico moderado y/o que cumplan con la deriva máxima de la norma peruana E 0.30

Building Properties			Interstory Drift at			
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0043	0.0116	0.0300

Figura 65: Deriva máxima para Sismo Moderado

Fuente: Hazus - MH 2.1

Para ello, es necesario determinar el factor de reducción de respuesta mediante la siguiente ecuación:

$$B = \frac{\text{Deriva maxima}}{\text{Deriva objetivo}}$$

Ecuación 8: Factor de reducción

El amortiguamiento viscoso de la demanda última se obtiene descontando el amortiguamiento inherente de la estructura de 5%.

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})}$$

Ecuación 9: Factor B con Beff

De dicha ecuación se despeje el valor de Beff x-x y para calcular el amortiguamiento viscoso se debe descontar el amortiguamiento inherente del 5%.

En la siguiente tabla se calculan los factores despejando las ecuaciones anteriores.

Tabla 27

Cálculo de Amortiguamiento Efectivo y Viscoso de acuerdo al daño

Nivel de Daño Aceptado	Deriva Objetivo (‰)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento Efectivo (β_{eff})	Amortiguamiento Viscoso (β_{visc})
completo	30.00	0.36	0.00	0.00
severo	11.60	0.94	3.91	0.00
Norma	7.00	1.56	21.25	16.25
Moderado	4.30	2.54	57.44	52.44
Leve	2.00	5.47	133.98	128.98

Fuente: Elaboración Propia

Un amortiguamiento viscoso para daño leve del 128.98% y para daño moderado de 52.44% no llega a ser viable en términos prácticos ni económicos, por lo que se opta por lo establecido para estructuras de concreto armado según la Norma Peruana E.030 de Diseño sismorresistente. Donde según el cálculo de la deriva objetivo de la norma (Ver Tabla 29), se obtiene el siguiente porcentaje de amortiguamiento viscoso requerido:

$$\beta_{visc.} x - x = 16.25\%$$

Según las empresas fabricantes de estos dispositivos, recomiendan que los disipadores de energía viscosos sean diseñados teniendo en consideración un amortiguamiento viscoso (β_H) entre el 20 al 40%.

Por ello para obtener derivas máximas menores que 7‰ se trabajará con el amortiguamiento viscoso obtenido de esa deriva objetivo.

Por lo tanto, el amortiguamiento efectivo será el siguiente:

$$B_{effyy} = B_Hyy + 5\% = 21.25\%$$

- **Ubicación y Disposición de los Dispositivos de Amortiguamiento**

Luego del análisis inicial del proyecto se reconoció que la dirección a reforzar es la dirección X-X. Asimismo, la arquitectura del proyecto permite reforzarla en ese sentido ya que en la dirección Y-Y se ubican los muros de corte.

El ASCE 7-10 exige como mínimo 2 dispositivos en cada piso y en forma tal que no genere torsión. Considerando ello, se comenzó con 8 dispositivos por piso, luego se fue iterando llegando a 6 dispositivos por piso con un mejor comportamiento, y analizando la viabilidad económica. Estos dispositivos se colocaron desde el 2do piso al 14vo piso, tomando en consideración las derivas del análisis del edificio convencional y los más alejados del centro de masa.

La disposición propuesta ha sido en arreglo doble diagonal, ya que de esta manera el dispositivo trabaja en ambas direcciones.

La distribución de los dispositivos finales se muestra en el siguiente gráfico:

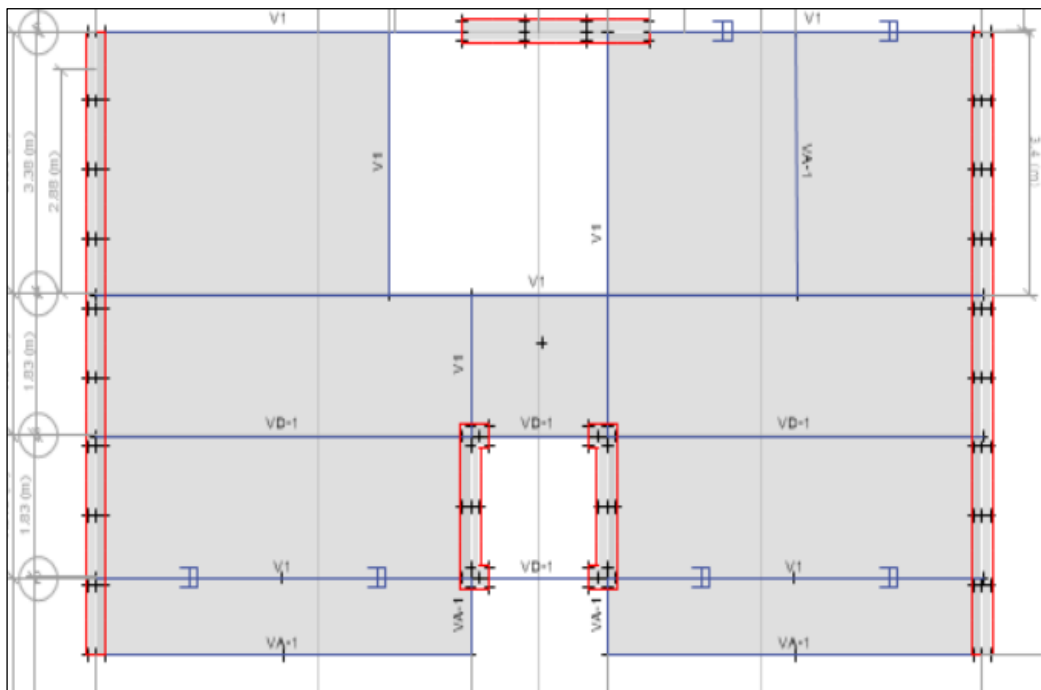


Figura 66: Distribución en planta de DFV

Fuente: Gráfico obtenido del Etabs

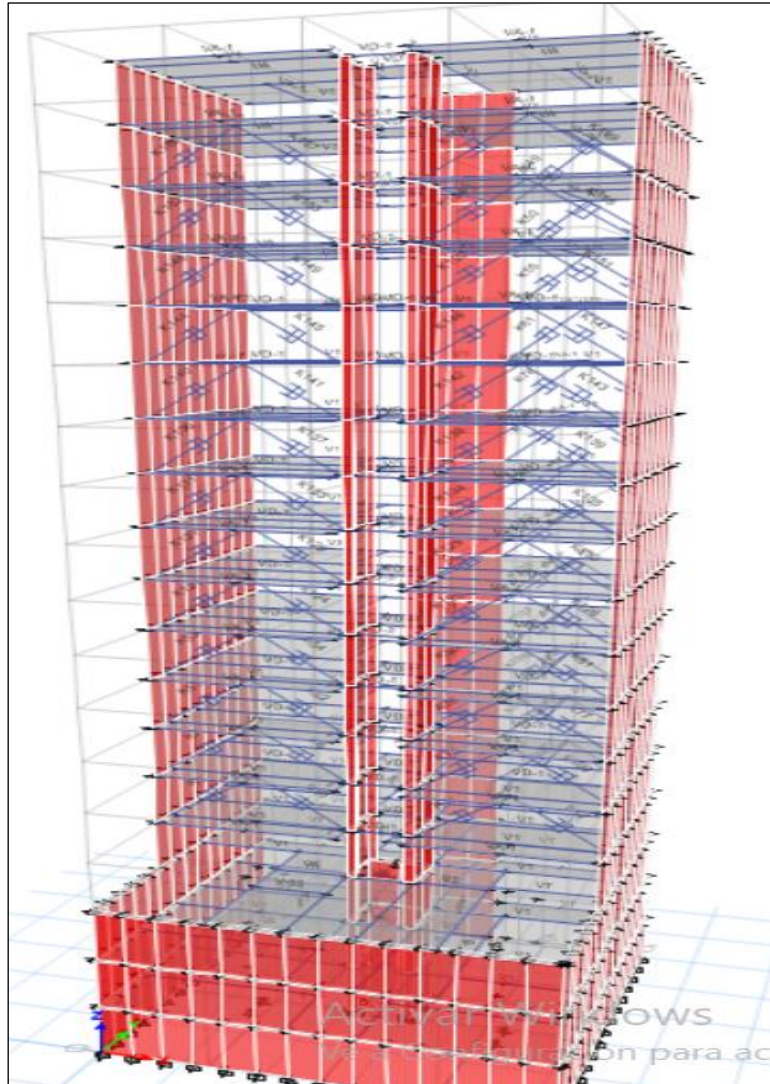


Figura 67: Modelamiento 3d de DFV en Etabs

Fuente: Gráfico obtenido del Etabs

- **Cálculo de rigidez “K”**

Se inició las iteraciones considerando solo un tipo de perfil metálico el HSS 7.50 x 0.500. Luego de las iteraciones iniciales, con el fin de obtener un perfil más adecuado a las solicitaciones de los elementos estructurales se obtuvo los esfuerzos máximos según el Etabs en la siguiente tabla:

Tabla 28

Fuerza Axial en los Disipadores

PISO	tonf
14 PISO	100
13 PISO	102
11 PISO	114
12 PISO	113
10 PISO	116
9 PISO	124
8 PISO	126
7 PISO	124
6 PISO	132
5 PISO	134
4 PISO	142
3 PISO	152
2 PISO	171

De estos resultados se consideró 2 tipos de perfiles

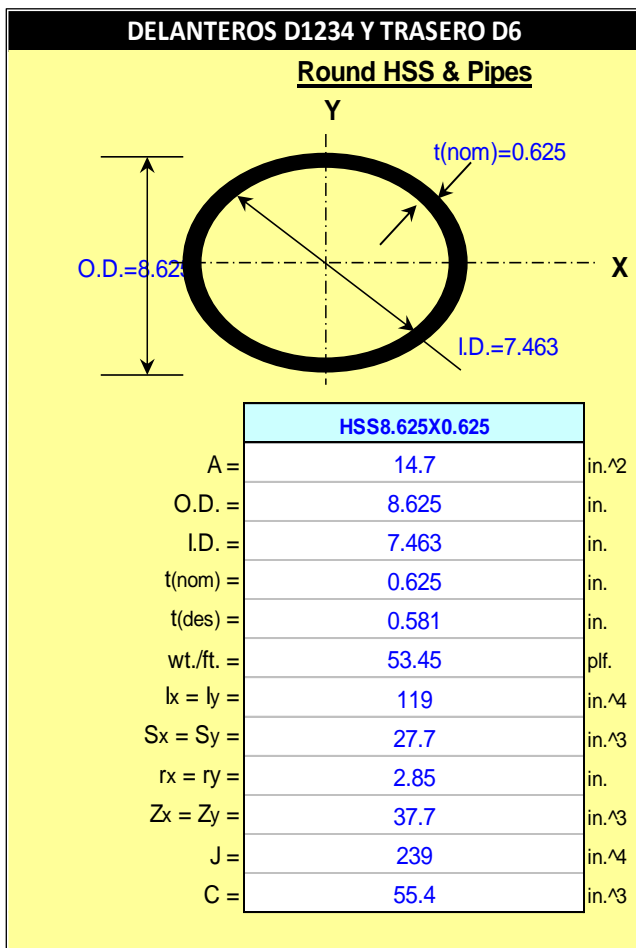


Figura 69: Propiedades del Perfil HSS 8.625 x 0.625

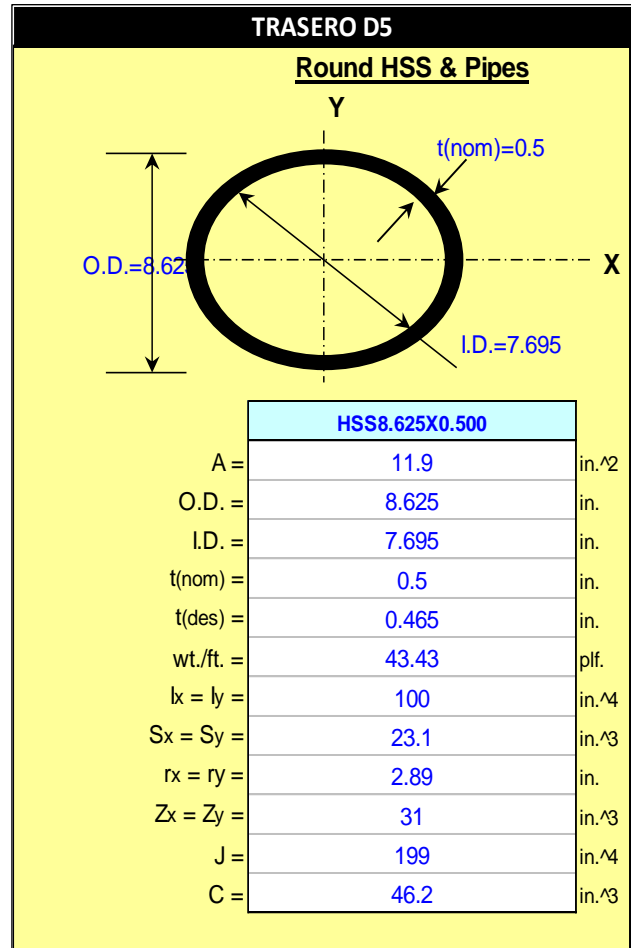


Figura 68: Propiedades del Perfil HSS 8.625 x 0.50

Fuente: AISC 14 Edition Member Dimensions and Properties Viewer

Se consideraron los siguientes perfiles metálicos para los brazos de los amortiguadores lineales. Con los datos del perfil se procede a calcular la rigidez del brazo metálico mediante la siguiente expresión:

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

Ecuación 10: Valor de rigidez

Las características especificadas para el cálculo son:

- Módulo de elasticidad del acero: $E_{ac} = 20,400,000 \text{ tn/m}^2$
- Área del perfil metálico:
- Longitud:

Agrupación de los Dispositivos por niveles de Fuerza

Para el cálculo de la rigidez de los diferentes brazos se elaboró una hoja de datos en Excel:

Tabla 29

Cálculo del Valor K en perfiles

DELANTERO	TRASERO									
		0.0254								
D1-2-3-4	6	3.65								
	r (in)	L (in)	Fe	Fcr	A (in ²)	φPn kips	φPn Tn	k (kip/in)	k (tn/m)	
	2.85	143.55	112.81	30.74	14.7	406.7	184	2,970	52,194	
			Fy		A (in ²)	φPn kips	φTn Tn			
			35.00		14.7	463.05	210			

TRASERO

D5

0.0254

único 3.23

r (in)	L (in)	Fe	Fcr	A (in ²)	φPn kips	φPn Tn	k (kip/in)	k (tn/m)
2.89	127.02	148.18	31.71	11.9	339.6	154	2,717	47,754
			Fy	A (in ²)	φPn kips	φTn Tn		
			35.00	11.9	374.85	170		

Con ello la rigidez del brazo metálico sería:

$$K1 = 52,194 \text{ tn/m}$$

$$K2 = 47,754 \text{ tn/m}$$

- **Estimación de los Parámetros del Sistema de Amortiguamiento**

La ecuación de amortiguamiento efectivo para un amortiguador viscoso lineal

($\alpha = 1$) (FEMA 273) es:

$$\beta_{eff} = \beta_0 + \frac{T \cdot \sum_j \cos^2 \theta_j \cdot \varphi_{rj}^2}{4\pi \sum_i \frac{W_i}{g} \cdot \varphi_i}$$

Ecuación 11: Ecuación de B efectivo

Donde:

β_{eff} : Amortiguamiento efectivo del sistema estructural.

β_0 : Amortiguamiento inherente del sistema estructural

T : Período fundamental de la estructura

C_j : Coeficiente de Amortiguamiento del disipador j

W_i : Peso del nivel i

θ_j : Angulo de Inclinación del disipador j

φ_i : Desplazamiento del nivel i

φ_{rj} : Desplazamiento relativo del disipador j

El desplazamiento relativo del sistema de amortiguamiento es representado en la sgte. Figura:

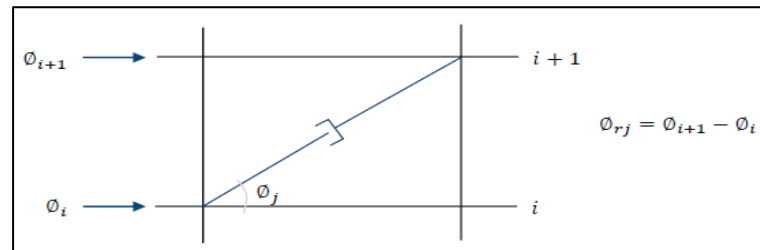


Figura 70: Sistema de amortiguamiento

Fuente: (Guevara Huatuco & Torres Arias, 2012)

La ecuación de amortiguamiento efectivo sirve para estimar el coeficiente de amortiguamiento una vez definidas las demás variables.

- **Coeficiente de Amortiguamiento**

De la ecuación presentada para calcular el amortiguamiento efectivo se despejará el valor del Coeficiente de amortiguamiento C. El análisis se realizará para el primer modo de vibración de la estructura considerando una disposición en Chevron Diagonal.

$$\beta_{eff} = \beta_0 + \frac{\sum_j \lambda C_j \varphi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i \frac{W_i}{g} * \varphi_i^2}$$

Ecuación 12: Ecuación de Beff considerando C

El exponente de velocidad es inicialmente estimado por el proyectista acorde a la reacción del dispositivo que desee obtener. Al inicio se realizó con un dispositivo lineal, sin embargo con ello y el C estimado no cumplían la deriva objetivo, por lo que se estimó un valor menor que 1 para amortiguadores no lineales.

Para el cálculo del valor C se utilizó un $\alpha = 0.5$

El formato de cálculo de los valores C_j se detallan a continuación:

NIVEL	FORMA MODAL (ϕ) (m)	MASA (tn-s/m)	COS (θ) $\theta=41.11^\circ$	N° DE DISCIPADOR	$\sum_j \cos^2 \theta_j * \varphi_{rj}^2$	$\sum_i \frac{W_i}{g} * \varphi_i$
SOTANO 3	0.001	20.75	0.753	-	-	0.00
SOTANO 2	0.002	19.78	0.753	-	-	0.00
SOTANO 1	0.005	16.79	0.753	-	-	0.00
PISO 1	0.018	11.26	0.753	-	-	0.00
PISO 2	0.038	11.10	0.753	6.000	0.0110	0.02
PISO 3	0.061	11.10	0.753	6.000	0.0143	0.04
PISO 4	0.087	11.10	0.753	6.000	0.0161	0.08
PISO 5	0.113	11.10	0.753	6.000	0.0167	0.14
PISO 6	0.139	11.10	0.753	6.000	0.0164	0.22
PISO 7	0.164	11.10	0.753	6.000	0.0156	0.30
PISO 8	0.188	11.10	0.753	6.000	0.0143	0.39
PISO 9	0.210	11.10	0.753	6.000	0.0129	0.49
PISO 10	0.230	11.10	0.753	6.000	0.0113	0.59
PISO 11	0.249	10.75	0.753	6.000	0.0096	0.66
PISO 12	0.265	10.39	0.753	6.000	0.0081	0.73
PISO 13	0.278	10.39	0.753	6.000	0.0064	0.81
PISO 14	0.290	10.39	0.753	6.000	0.0049	0.87
PISO 15	0.300	8.70	0.753	-	-	0.78
				Σ	0.1575	6.13

Figura 71: Coeficiente de amortiguamiento para un dispositivo no lineal = 0.5

Fuente: Resultados del Etabs, procesados en Excel

Por lo tanto se obtiene:

$$\beta_{eff} * \frac{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i \frac{W_i}{g} * \varphi_i^2}{\lambda} = 79.34$$

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\Gamma^2 \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)}{\Gamma(2 + \alpha)} = 3.50$$

Ecuación 13: Valor λ

Tabla 30

Coefficientes para cálculo de C

α	=	0.500	
β_{eff}	=	21.25%	
β_{inh}	=	5.00%	
β_{visc}	=	16.25%	
$\beta_{visc-adoptado}$	=	16.25%	
T	=	1.19	s
ω	=	5.27	rad/s
$\omega^{2-\alpha}$	=	12.09	
A	=	13.441	mm
$A^{1-\alpha}$	=	3.666	
ΣC	=	504	$tn - (sm)^{1/\alpha}$

Una vez afinado el modelo final se obtiene, el valor C elegido y la alternativa óptima con la que se decide trabajar es el $C=520 \text{ tn}-(sm)$

En el programa Etabs, se ingresan los valores para las propiedades de los disipadores.

- Rigidez Axial: corresponde a la rigidez de la diagonal $K= EA/L$
- Constante de amortiguamiento del disipador, C (KN-sec/mm)
- Exponente de velocidad, ALPHA (0.5)

Para ello también se definieron el arreglo y ubicación de los disipadores compatibilizando con la Arquitectura.

Se modela los disipadores dibujando los elementos tipo LINK (draw link) y se le asigna el tipo de disipador que se ha definido anteriormente.

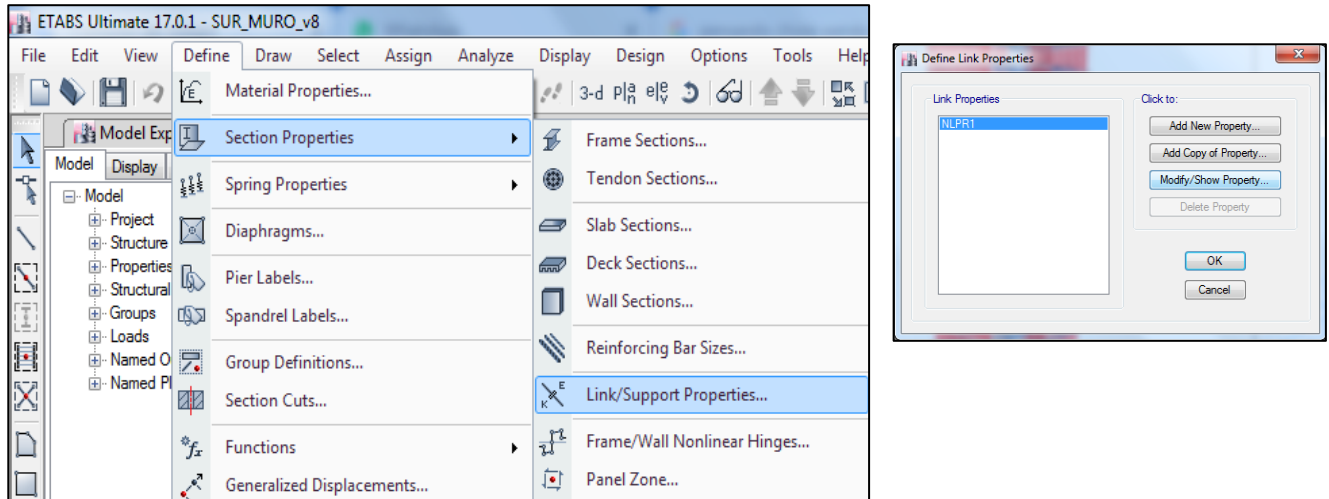


Figura 72: Ingreso de características del disipador en el Etabs

Fuente: Etabs v.17.01

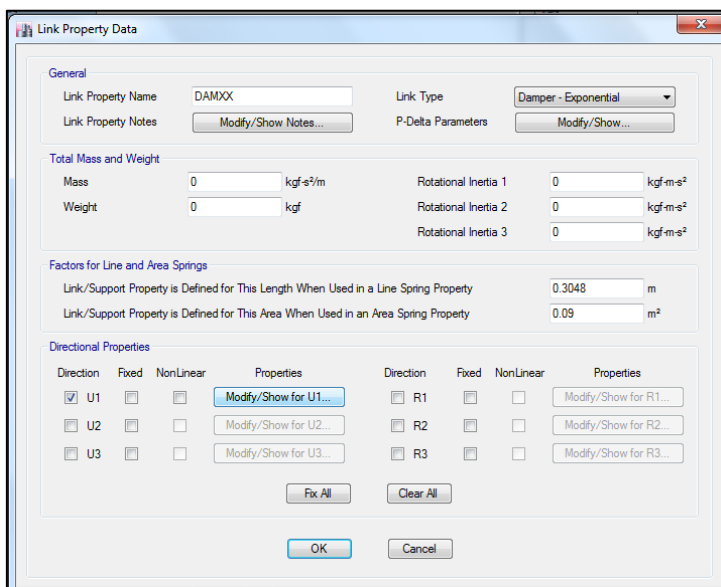


Figura 73: Selección de tipo de disipador en Etabs

Fuente: Etabs v.17.01

- **Análisis No lineal Tiempo-Historia**

Con las características de los disipadores obtenidos de las iteraciones, se procedió a realizar el análisis no lineal de los disipadores no lineales propuestos con $\alpha=0.5$

Tabla 31

Derivas de entrepiso Análisis No Lineal Tiempo-historia en dirección X-X

PISO	SISMO 66		SISMO 74		SISMO 74	
	17 de octubre de 1966		03 de octubre de 1974		05 de enero de 1974	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
15 PISO	0.001190	0.001166	0.001270	0.001174	0.001512	0.001924
14 PISO	0.001266	0.001238	0.001352	0.001276	0.001673	0.002224
13 PISO	0.001285	0.001259	0.001442	0.001471	0.001837	0.002456
12 PISO	0.001379	0.001293	0.001526	0.001760	0.002030	0.002505
11 PISO	0.001549	0.001471	0.001633	0.001994	0.002227	0.002702
10 PISO	0.001788	0.001719	0.001880	0.002216	0.002444	0.002917
9 PISO	0.002017	0.001947	0.002077	0.002553	0.002617	0.003040
8 PISO	0.002194	0.002101	0.002214	0.002852	0.002723	0.003156
7 PISO	0.002283	0.002244	0.002425	0.003152	0.002784	0.003398
6 PISO	0.002336	0.002427	0.002579	0.003443	0.002795	0.003548
5 PISO	0.002439	0.002653	0.002750	0.003729	0.003065	0.003693
4 PISO	0.002615	0.002944	0.002979	0.003977	0.003409	0.003946
3 PISO	0.002940	0.003215	0.003149	0.004197	0.003646	0.004028
2 PISO	0.003073	0.003253	0.003083	0.004169	0.003517	0.003719
1 PISO	0.002369	0.002435	0.002301	0.003100	0.002577	0.002589
1 SOTANO	0.000583	0.000575	0.000554	0.000747	0.000629	0.000667
2 SOTANO	0.000387	0.000375	0.000372	0.000489	0.000421	0.000481
3 SOTANO	0.000226	0.000218	0.000220	0.000283	0.000247	0.000291

Se observa que el registro donde se obtuvo mayor deriva en la dirección X, es el registro del sismo de octubre del 74 con un valor de 4.19%, cumpliendo con los límites según las recomendaciones de la HAZUS (4.2%) y la normativa peruana vigente E 0.30 (7%) para este tipo de estructuras de concreto armado.

Tabla 32

Derivas de entrepiso Análisis No Lineal Tiempo-historia en dirección Y-Y

PISO	SISMO 66		SISMO 74		SISMO 74	
	17 de octubre de 1966		03 de octubre de 1974		05 de enero de 1974	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
15 PISO	0.001736	0.001552	0.001669	0.001720	0.001360	0.001551
14 PISO	0.001744	0.001560	0.001676	0.001728	0.001365	0.001564
13 PISO	0.001739	0.001561	0.001677	0.001728	0.001364	0.001559
12 PISO	0.001715	0.001552	0.001668	0.001715	0.001352	0.001535
11 PISO	0.001669	0.001530	0.001644	0.001687	0.001329	0.001486
10 PISO	0.001617	0.001502	0.001615	0.001654	0.001302	0.001429
9 PISO	0.001549	0.001464	0.001572	0.001607	0.001267	0.001355
8 PISO	0.001466	0.001414	0.001515	0.001544	0.001219	0.001265
7 PISO	0.001367	0.001348	0.001441	0.001465	0.001159	0.001184
6 PISO	0.001253	0.001265	0.001351	0.001368	0.001090	0.001126
5 PISO	0.001149	0.001162	0.001240	0.001251	0.001003	0.001080
4 PISO	0.001028	0.001039	0.001107	0.001111	0.000898	0.001016
3 PISO	0.000885	0.000893	0.000948	0.000946	0.000778	0.000916
2 PISO	0.000720	0.000721	0.000764	0.000758	0.000633	0.000776
1 PISO	0.000510	0.000505	0.000536	0.000527	0.000444	0.000567
1 SOTANO	0.000302	0.000242	0.000307	0.000309	0.000261	0.000311
2 SOTANO	0.000197	0.000159	0.000202	0.000199	0.000165	0.000218
3 SOTANO	0.000103	0.000086	0.000109	0.000107	0.000090	0.000122

Fuente: Elaboración en Excel-Datos obtenidos del Etabs

En la tabla se observa que la dirección Y-Y no presenta derivas de entrepiso considerables, tal como se obtuvo del análisis del sistema convencional. Del análisis no lineal se obtiene que la deriva máxima en la dirección Y-Y es de 1.7%, valor muy inferior a lo establecido como límite en la Hazus y la norma E 0.30. Por lo que las derivas cumplen en ambas direcciones con esta alternativa planteada.

- **Fuerzas Cortantes por piso Edificación con DFV**

PISO	FC MÁXIMO (tonf) (ton)
15	47
14	389
13	392
12	374
11	430
10	524
9	588
8	601
7	624
6	634
5	666
4	746
3	886
2	947
1	486

Figura 74: Valores de Fuerza cortante por piso con DFV

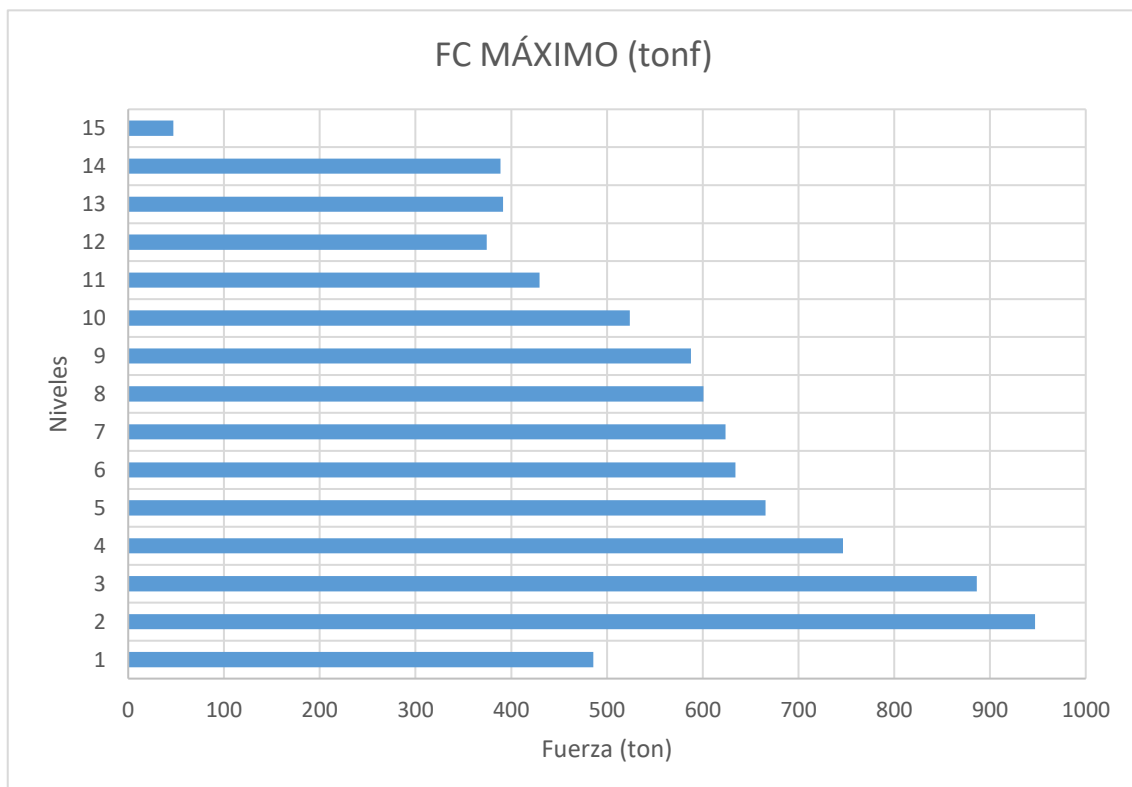


Figura 75: Fuerza cortante basal por piso con DFV

- **Momentos Flectores por piso Edificación con DFV**

PISO	MF (ton-m)
15	146
14	1,136
13	1,373
12	1,504
11	1,640
10	1,935
9	2,427
8	2,880
7	3,242
6	3,525
5	3,832
4	4,542
3	5,465
2	6,493
1	6,880

Figura 76: Valores de Momento flector por piso con DFV

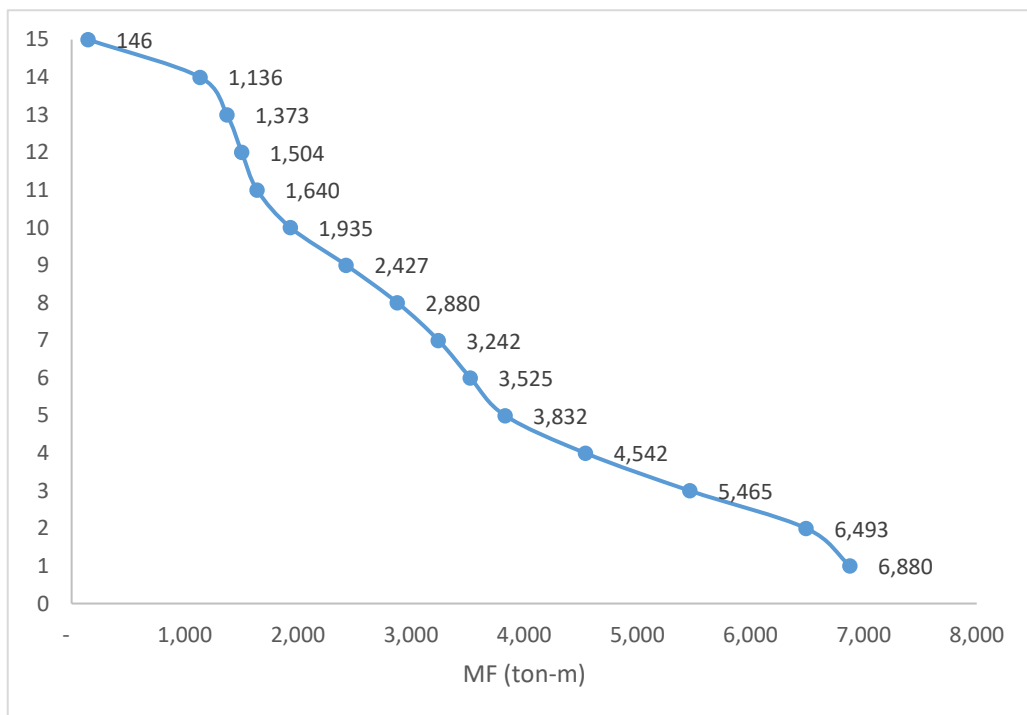


Figura 77: Curva de momento flector por piso con DFV

- **Agrupación de Dispositivos por Niveles de fuerza**

Tabla 33

Agrupación de dispositivos

PISO	Límite	
	tonf	kn
14 PISO	100	150
13 PISO	102	150
11 PISO	114	150
12 PISO	113	150
10 PISO	116	150
9 PISO	124	150
8 PISO	126	150
7 PISO	124	150
6 PISO	132	150
5 PISO	134	150
4 PISO	142	150
3 PISO	152	200
2 PISO	171	200

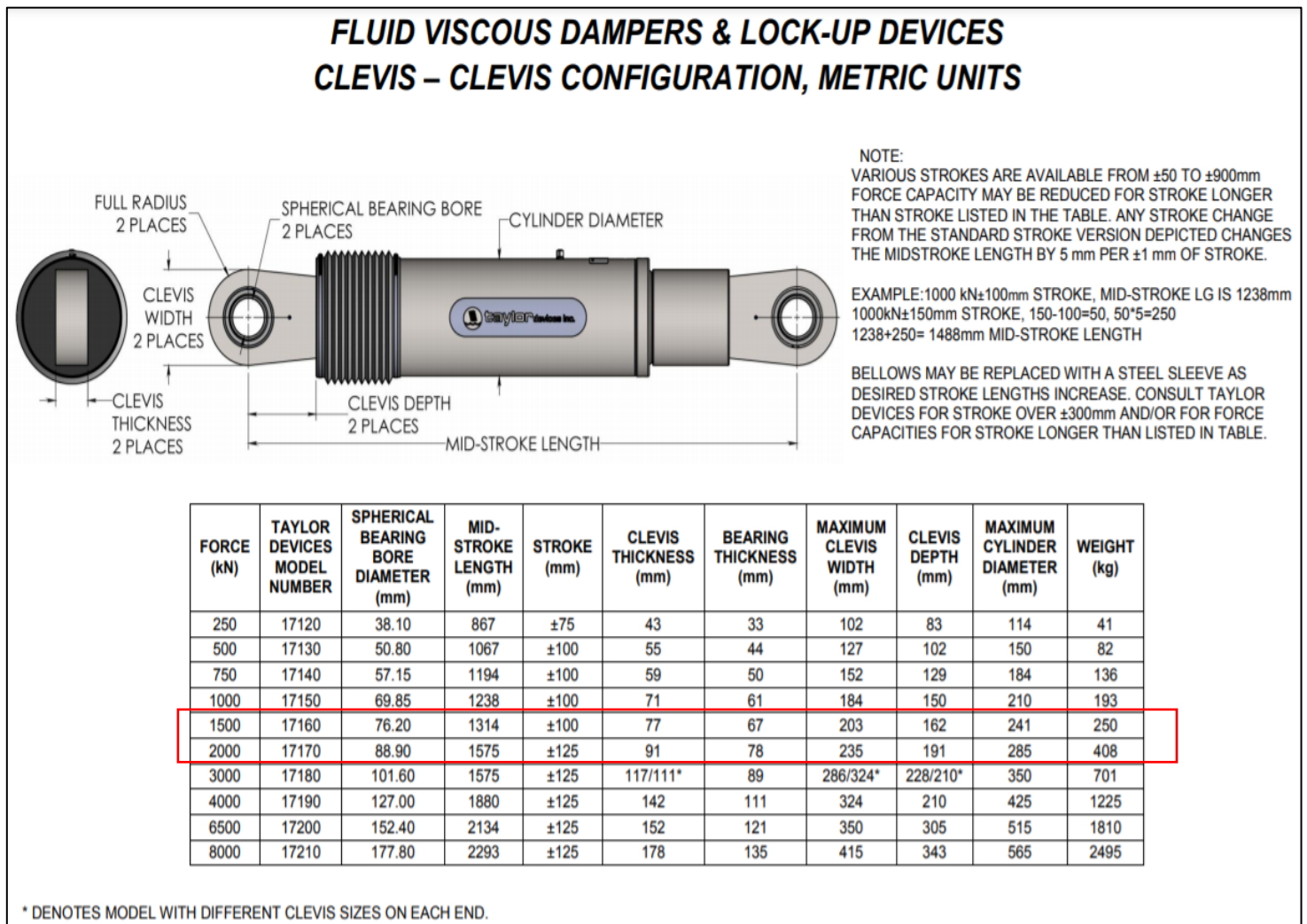
Tabla 34

Fuerza de dispositivo en KN

Fuerza kip	Fuerza	
	kn	tonf
55	245	25
110	489	50
165	734	75
220	979	100
330	1,468	150
440	1,957	200
675	3,003	306

Los dispositivos presentan una fuerza axial de 150 ton y 200 ton, lo que representa 1468kn y 1957 kn.

De acuerdo a los dispositivos de Taylor Devices, el principal fabricante de estos dispositivos, se toman en consideración los siguientes valores para estandarizar lo obtenido.



Fuente: Taylor Devices

Figura 78: Disipadores de fluido viscoso según fabricante Taylor Devices

A. Evaluación de Costos

La última etapa, corresponde al análisis económico de la alternativa final del sistema de disipadores de fluido viscoso, para lo cual se evaluará los costos de la implementación de estos sistemas en el costo total del proyecto inicial en cuanto a porcentajes establecidos y tomando en consideración otros ratios de costos por m² que se manejan en el rubro inmobiliario en la actualidad (Costos Perú, 2019). La evaluación sobre la incidencia de los disipadores de fluido viscoso, se lleva a cabo, empleando el área total de la edificación (8302.74 m²).

Tabla 35

Costo de la Implementación de DFV para un Sismo Moderado

DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO			
TIPO	CANT	PU	PARCIAL
DFV 150tn	65	\$17,321.37	\$1,125,889.09
CONEXIÓN 1	32	\$5,196.41	\$166,285.16
DFV 200tn	13	\$23,095.16	\$300,237.09
CONEXIÓN 2	7	\$6,928.55	\$48,499.84
		TOTAL	\$1,640,911.17
		Costo/m ²	\$197.63

El costo por m² de los disipadores de fluido viscoso con las características que presentan la alternativa planteada implica un costo de \$197.63 por m², en función del área total del proyecto 8302.74 m².

Tabla 36

Porcentaje de Incidencia del Reforzamiento con DFV en el Proyecto

CONSTRUCCIÓN			
ESTRUCTURAS	8,302.7394	S/. 1,058.65	S/. 8,789,663.81
ARQUITECTURA	8,302.7394	S/. 1,250.00	10,378,424.29
IISS	8,302.7394	S/. 650.00	S/. 5,396,780.63
IIEE	8,302.7394	S/. 550.00	S/. 4,566,506.69
IIMM	8,302.7394	S/. 840.00	S/. 6,974,301.12
			S/.
		TOTAL	36,105,676.54
		DFV	S/. 6,399,553.58
		%INCIDENCIA	17.72%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se observa que se obtuvo un porcentaje de incidencia sobre el costo total del proyecto de aproximadamente el 18%, este valor será comparado en el siguiente capítulo con los costos post reparación que pudiese experimentar esta estructura luego ocurrido un sismo de magnitud real. Se debe tener en cuenta que estos valores son obtenidos en el control de la estructura para un nivel de desempeño de Seguridad y con consideraciones de la norma técnica peruana E 0.30. Cabe resaltar que el edificio en estudio es más esbelto que otros proyectos relacionados, en proyectos similares con menores niveles, se obtuvieron valores de incidencia de aproximadamente el 19%. (Narváez Espinoza, 2019, pág. 91). Por lo que el rango de este porcentaje tiene relación.

CAPITULO III. RESULTADOS

Hipótesis 1:

Para verificar que el comportamiento estructural de la edificación inicial (sistema convencional) no cumple con los límites establecidos por la Norma técnica Peruana E 0.30 se realizaron los análisis estáticos, dinámicos y el más significativo el análisis tiempo-historia con el uso de 3 registro sísmicos. Para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

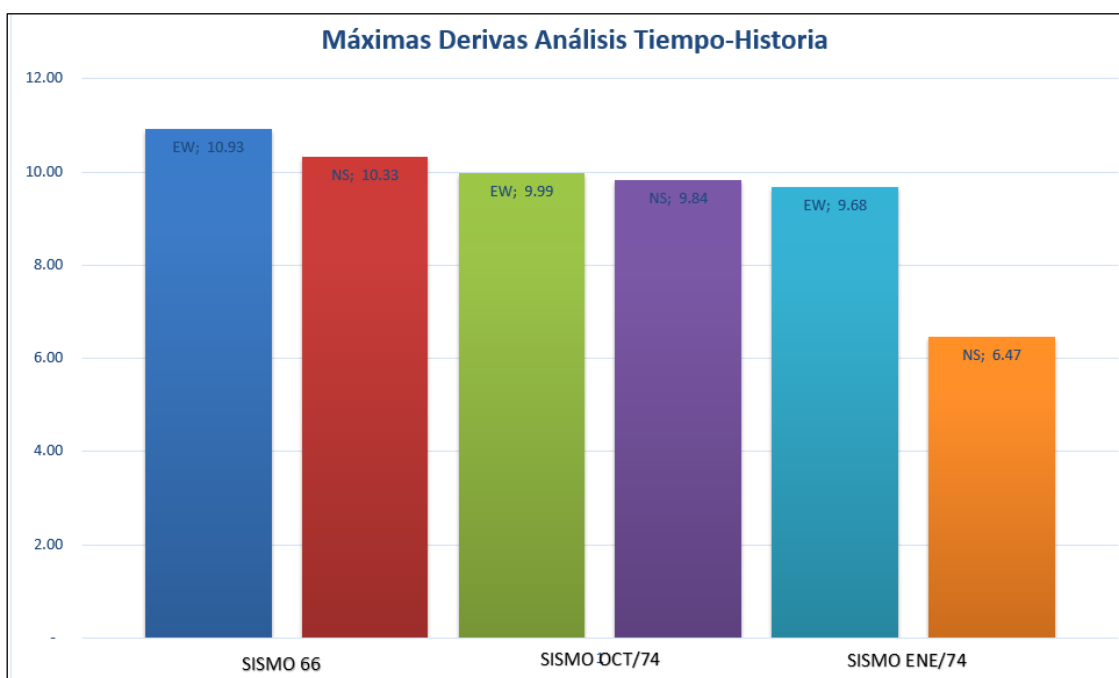


Figura 79: Derivas de entrepiso máximas según registro sísmico

Fuente: Elaboración Propia

La máxima deriva calculada demuestra que el sistema en el sentido X-X no cumple con los parámetros (7 por mil) y requiere de un reforzamiento con DFV en X.

Con ninguno de los 3 registros sísmicos se obtiene el valor aceptable mínimo, la máxima deriva de entrepiso obtenido se da con el registro sísmico del sismo del 66, obteniéndose 10.93 %.

Hipótesis 2:

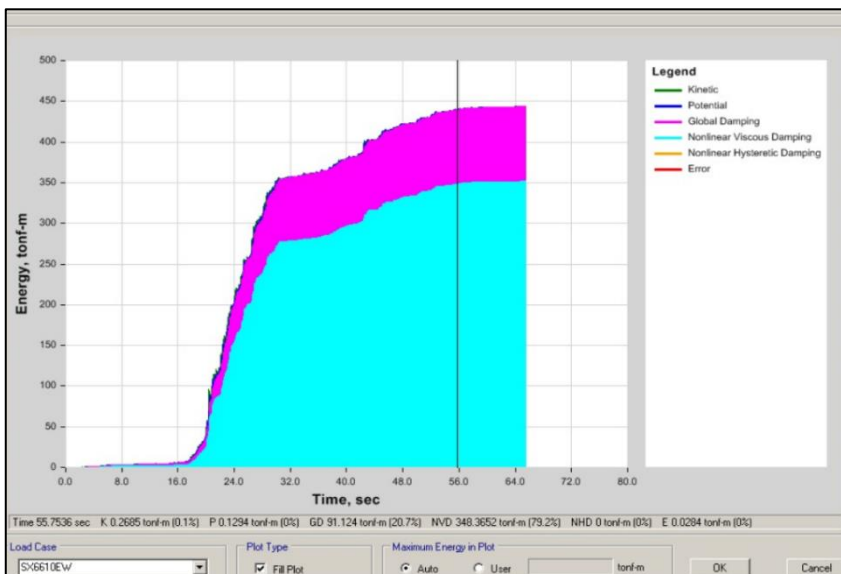
Asimismo para la alternativa propuesta mediante el reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal para el caso de la edificación multifamiliar de 15 niveles ubicada en la av. Sergio Bernales N°438-Surquillo se tiene que obtener:

- El balance de energía del sistema
- Comportamiento histerético de los disipadores de fluido viscoso.

Finalmente se comparará los indicadores técnicos como los esfuerzos cortantes, momentos flectores y derivas de entrepiso en relación al sistema convencional para obtener los porcentajes de reducción y determinar la influencia de este sistema en el comportamiento estructural. Adicionalmente se tendrá que determinar la comparación en costos de este sistema reforzado con los costos daños post reparación del proyecto inicial.

A. Balance de energía

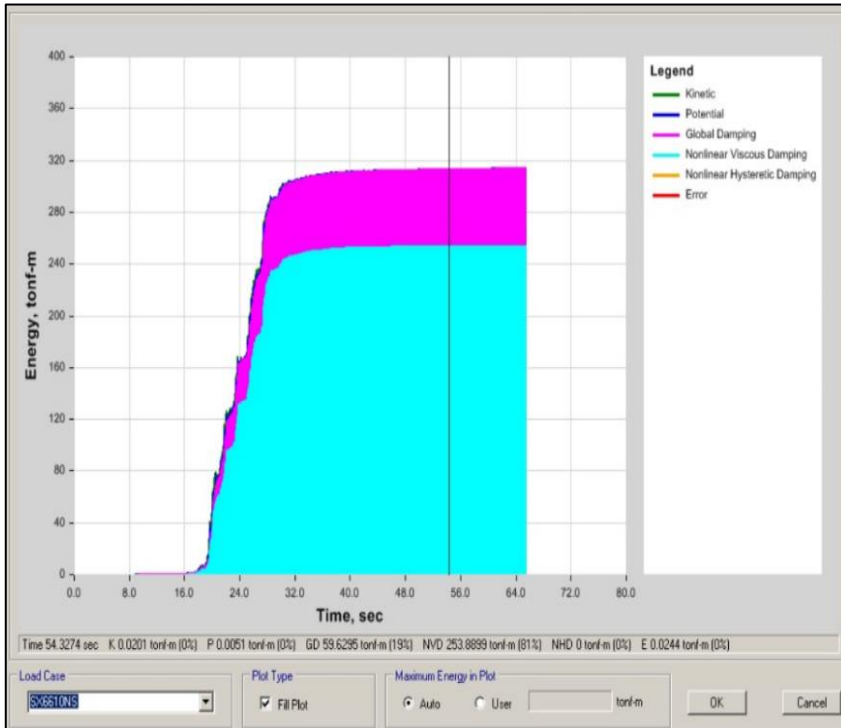
A continuación se presentan las gráficas obtenidas del análisis no lineal tiempo-historia.



$$\% \text{Disipación} = \frac{348.37}{439.76} =$$

$$\% \text{Disipación} = 79.2\%$$

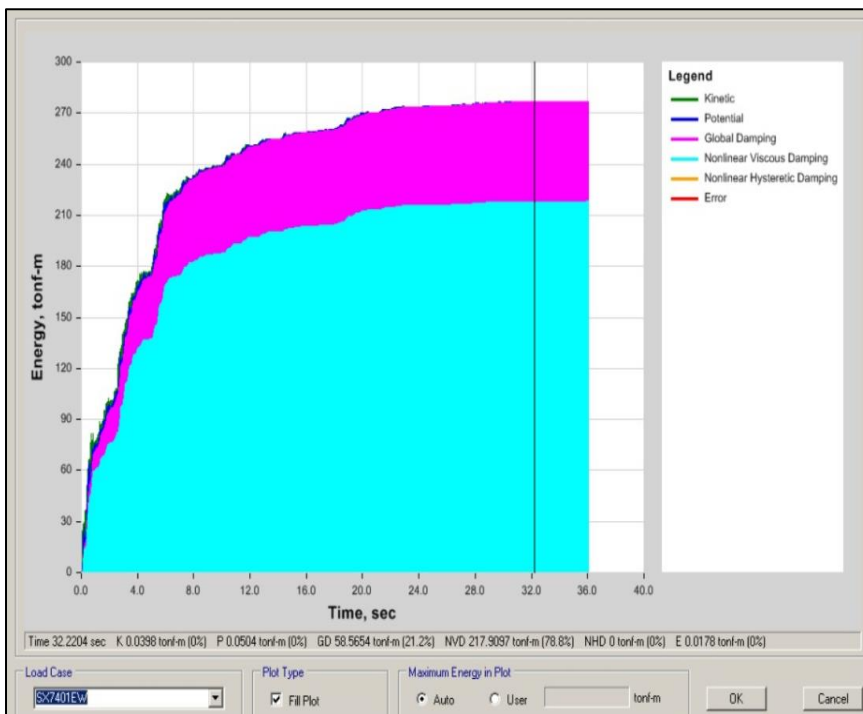
Figura 80: Registro sísmico NL-SX6610EW



$$\% \text{Disipación} = \frac{253.89}{313.54} =$$

$$\% \text{Disipación} = 80.97\%$$

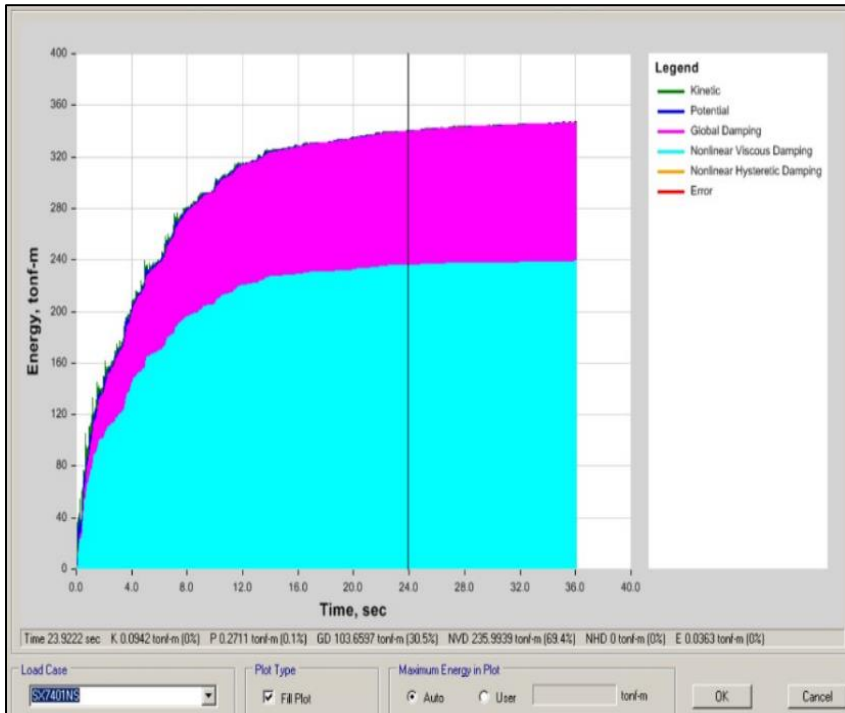
Figura 81: Registro sísmico NL-SX6610NS



$$\% \text{Disipación} = \frac{217.91}{276.57} =$$

$$\% \text{Disipación} = 78.8\%$$

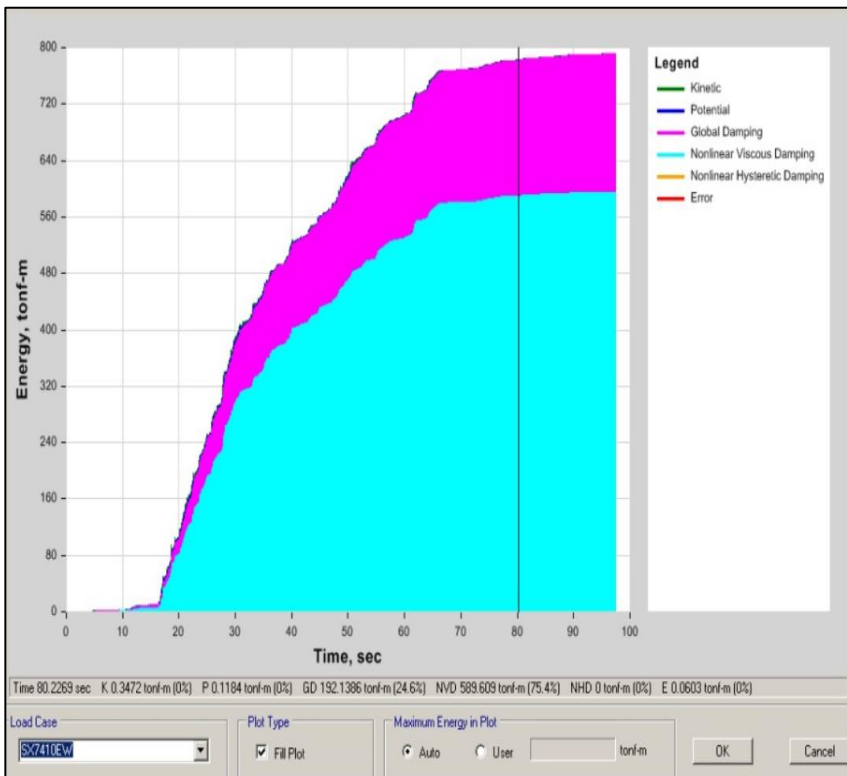
Figura 82: Registro sísmico NL-SX7410EW



$$\% \text{Disipación} = \frac{235.99}{340.01} =$$

$$\% \text{Disipación} = 69.4\%$$

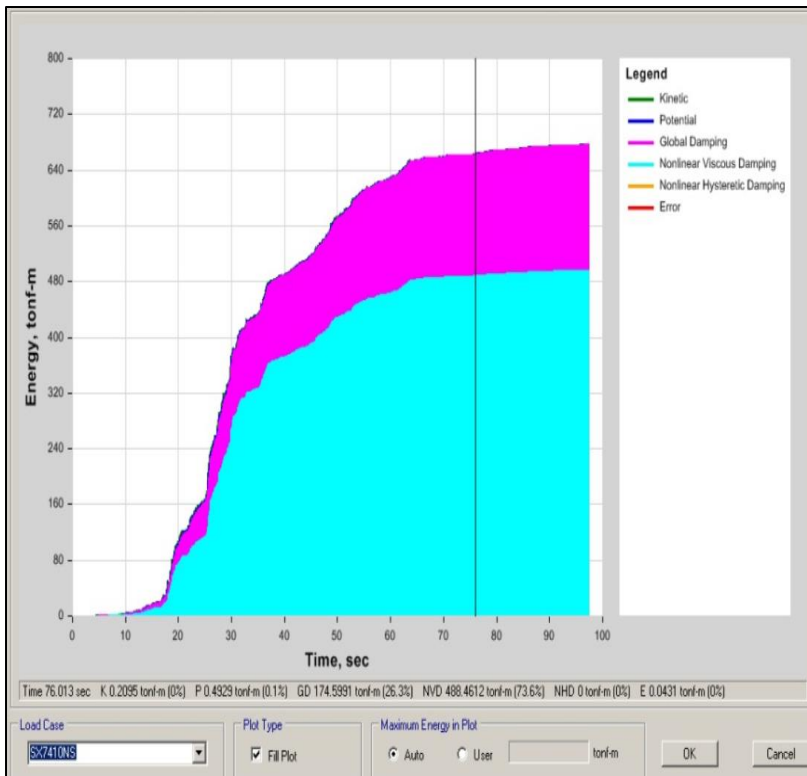
Figura 83: Registro sísmico NL-SX7410NS



$$\% \text{Disipación} = \frac{589.60}{781.96} =$$

$$\% \text{Disipación} = 75.4\%$$

Figura 84: Registro sísmico NL-SX7410EW



$$\% \text{Disipación} = \frac{488.46}{663.66} =$$

$$\% \text{Disipación} = 73.6\%$$

Figura 85: Registro sísmico NL-SX7410NS

Tabla 37

Porcentaje de disipación de energía tomada por los disipadores de fluido viscoso

Señal Sísmica	Porcentaje de Disipación
SX6610EW	79.20%
SX6610NS	80.97%
SX7410EW	78.8%
SX7410NS	69.4%
SX7410EW	75.4%
SX7410NS	73.6%
Promedio disipación	76.11%

Fuente: Elaboración Propia

La tabla muestra el promedio de la energía disipada por el sistema de disipadores de fluido viscoso en cuanto al análisis no lineal (Alternativa final propuesta), un valor promedio de 76.11%, es decir durante un evento sísmico los DFV captarían más del 75% de la energía liberada total de un terremoto hacia la edificación.

Asimismo, se presentarán los desplazamientos máximos obtenidos para cada tipo de link durante el evento sísmico de mayores desplazamiento (Sismo 74NS) y se analizará su comportamiento histerético según gráficos.

B. Verificación del Comportamiento Histerético

Tabla 38

Desplazamientos máximos por disipador correspondientes a los 3 registros sísmicos

Etiquetas de fila	Máx. de deformación (mm)
K10	7.16
K100	7.94
K101	5.702
K102	6.085
K103	6.361
K104	7.206
K105	7.647
K106	7.209
K107	6.786
K108	9.608
K109	9.401
K11	7.638
K111	8.667
K112	8.051
K113	4.459
K114	4.778
K115	4.825
K116	5.271
K117	5.809
K119	6.225
K12	7.744
K120	6.614
K121	7.248

K122	7.669
K123	6.278
K124	5.673
K125	6.225
K126	6.757
K127	5.902
K128	5.3
K129	5.887
K130	6.464
K131	5.349
K133	4.779
K134	5.388
K135	5.961
K136	5.057
K137	4.258
K138	5.068
K139	5.777
K140	4.744
K141	3.997
K142	4.832
K143	5.535
K144	4.333
K145	3.515
K146	4.374
K147	5.173
K148	4.068
K149	3.488
K150	4.418
K151	4.941
K152	4.024
K153	3.535
K154	4.439
K155	4.927
K156	3.605
K157	3.176
K158	4.07
K159	4.464
K49	3.627
K50	3.762
K51	7.208
K52	6.755
K53	6.657
K54	6.252
K55	3.908
K61	4.455
K7	7.815
K70	7.58

K76	7.261
K77	7.54
K78	4.922
K79	5.247
K8	6.909
K80	6.761
K81	7.082
K9	7.76

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla mostrada se aprecia las deformaciones máximas de acuerdo al disipador y en el nivel que se encuentran. Las deformaciones máximas representan al análisis no lineal tiempo-historia respecto a los 3 registros sísmico, de los cuales se está obteniendo la máxima deformación por disipador. La máxima deformación es del disipador K108, con 9.608 mm y no exceden el límite valor máximo aceptado de 5cm. Concluyendo así que los 78 dispositivos añadidos cumplen con lo diseñado y se comportan adecuadamente.

Asimismo, se detallan a continuación las curvas histeréticas de alguno de los disipadores no lineales según el análisis no lineal ejecutado. Por la gran cantidad de disipadores se detallará las curvas más características.

Curva histeréticas del análisis no lineal con DFV no lineales

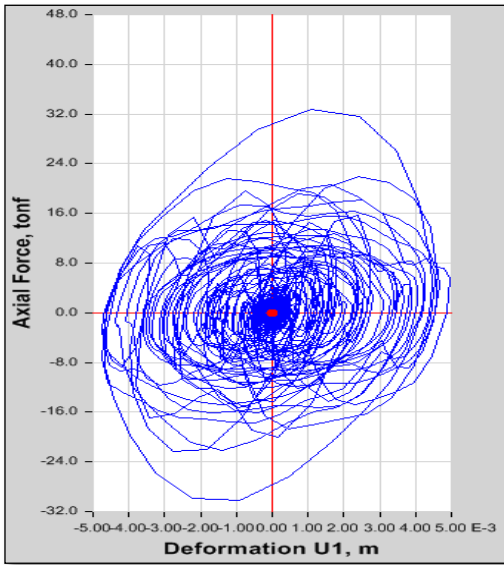


Figura 88: Curva histerética disipador K120-Piso 08

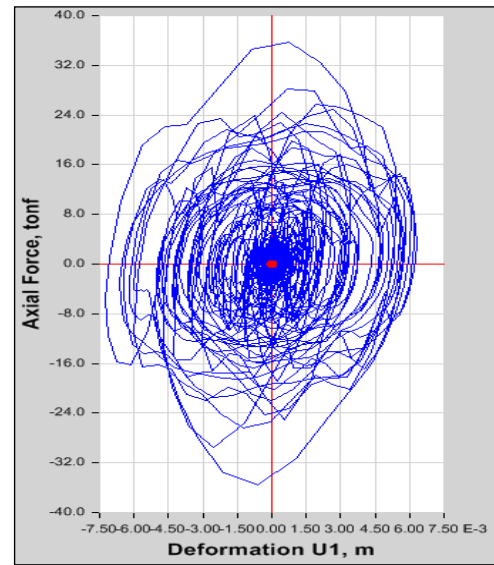


Figura 87: Curva histerética disipador K122-Piso 06

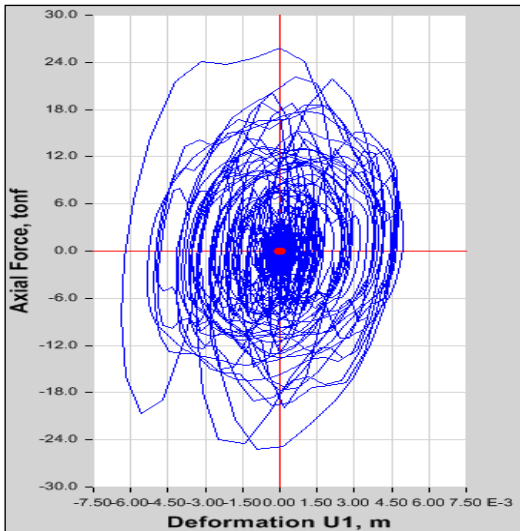


Figura 89: Curva histerética disipador K109-Piso 03

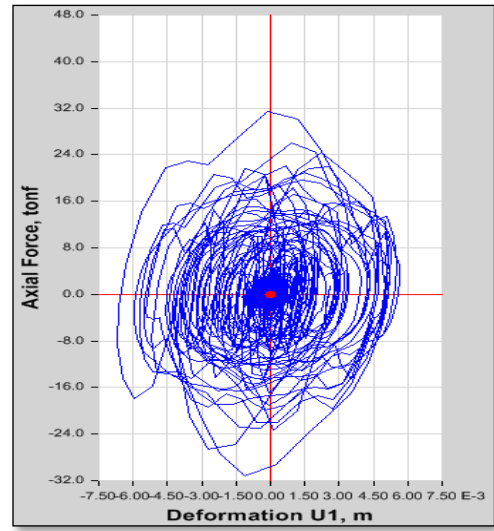


Figura 86: Curva histerética K112-Piso 05

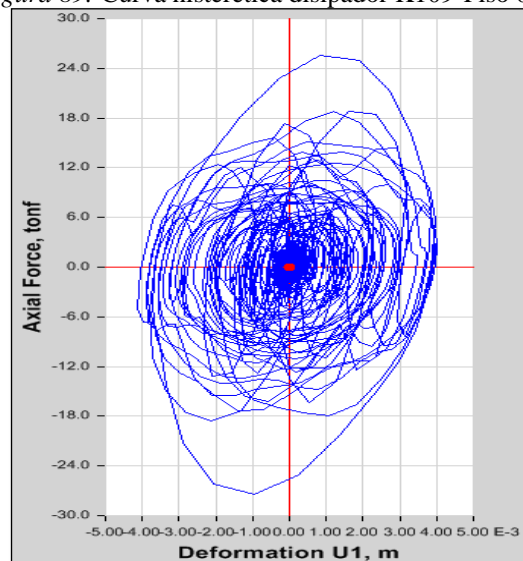


Figura 91: Curva histerética disipador K101-Piso 08

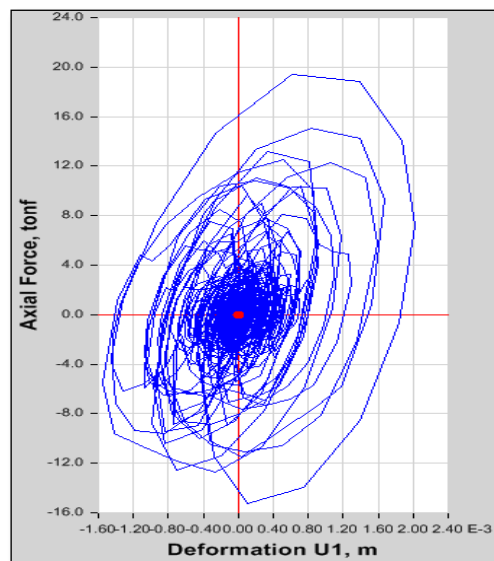


Figura 90: Curva histerética disipador K115-Piso 02

A partir de estos gráficos de las curvas histeréticas del análisis no lineal, se observa el comportamiento fuerza desplazamiento de los disipadores de fluido viscoso. Se observa que todos los disipadores conservan una geometría elíptica, siguiendo el patrón recomendado para este tipo de sistemas, por lo que se comprueba que estos están trabajando adecuadamente.

- Evaluación de Esfuerzos Cortantes

La edificación constaba de las siguientes placas significativas, según la Figura:

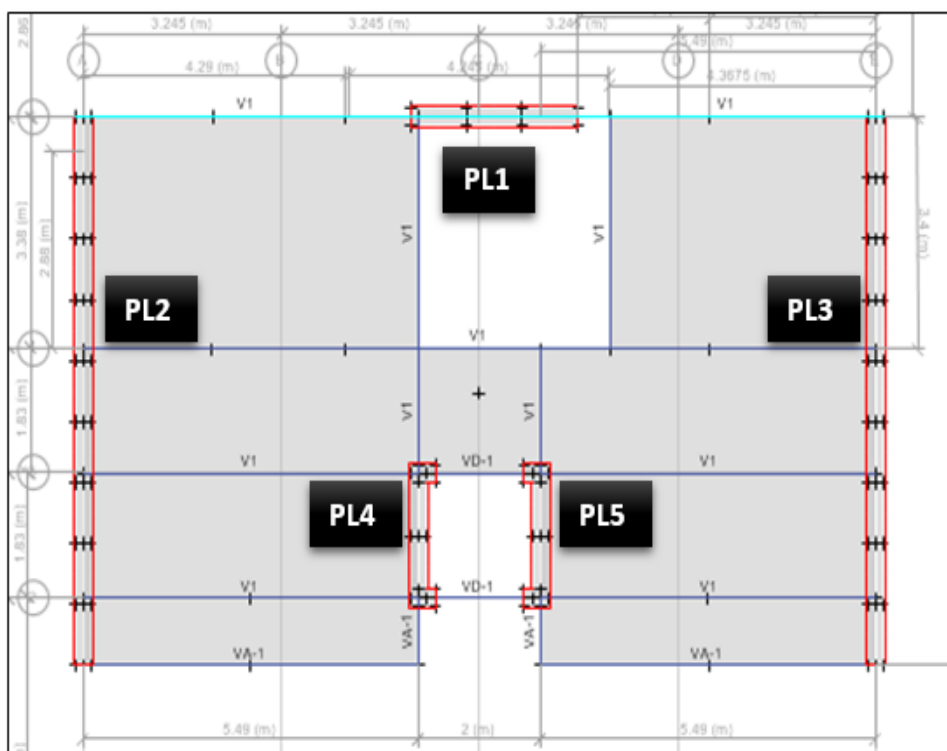


Figura 92: Ubicación de Placas en el proyecto

De las siguientes placas, se obtendrá los máximos esfuerzos de corte por piso, para evaluar la mejora que aporta el sistema de DFV en disposición doble diagonal a la edificación existente.

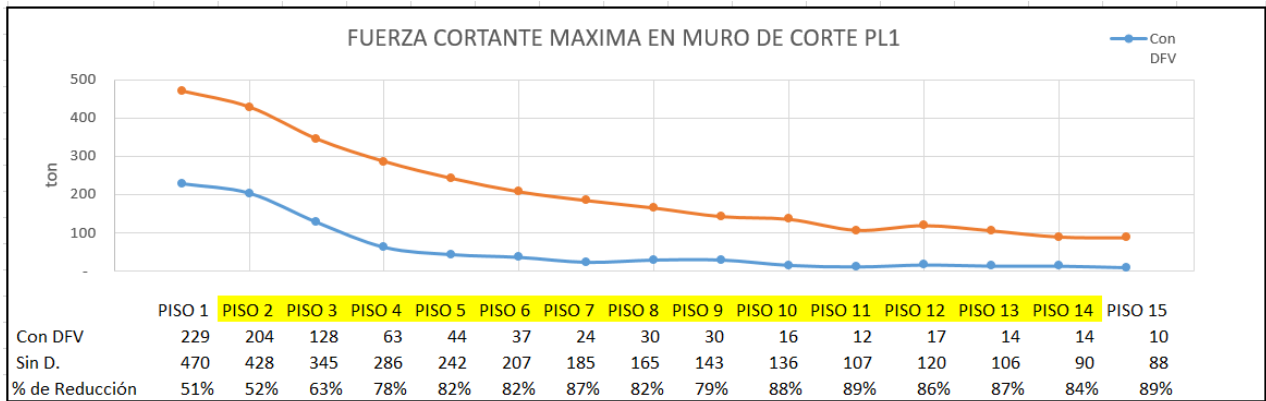


Figura 93: Esfuerzos Cortantes en Placa PL1

Los datos obtenidos en este gráfico fueron exportados del software Etabs para ser procesados en el Excel, con lo que se llega a los siguientes resultados.

El gráfico muestra los valores obtenidos en cuanto a esfuerzos cortantes de la placa PL1 en todos los niveles de la edificación, donde se puede apreciar que el sistema reforzado con DFV presenta reducciones entre un rango del 51% hasta el 89%. Cabe resaltar que dentro de la propuesta el primer nivel no cuenta con estos dispositivos sin embargo, se observa que el esfuerzo cortante generado en la PL1 inicialmente del proyecto convencional logra reducirse en más del 50%. A medida que se evalúan los pisos superiores los valores empiezan a tener mayor incidencia de reducción.

El porcentaje máximo de reducción obtenido fue en el piso 15, donde el esfuerzo inicial de la placa PL1 de 88 ton. se convierte en 10 ton con la edificación reforzada de DFV en disposición doble diagonal.

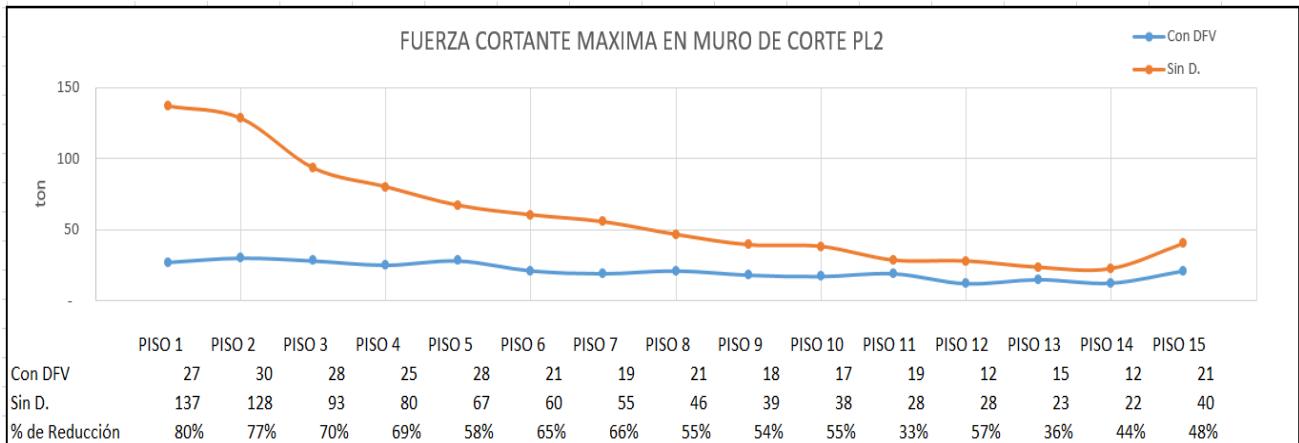


Figura 94: Esfuerzo cortante en placa PL2

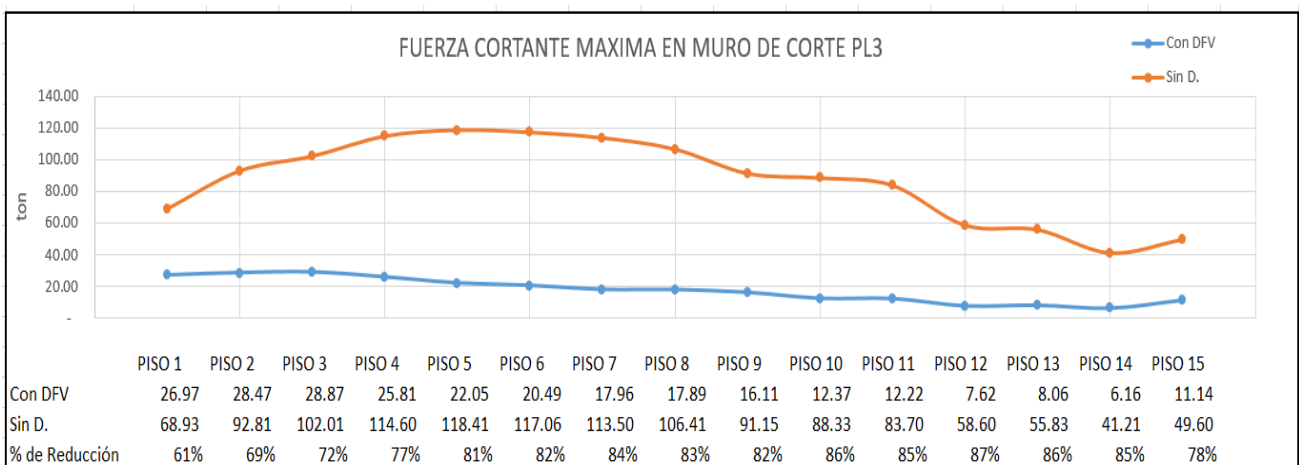


Figura 95: Esfuerzo cortante en placa PL3

La placa PL2 y PL3, se ubican en el lado perimétrico Y-Y, y son las placas que no están acopladas al sistema de DFV. En las figuras se muestra los valores de reducción de esfuerzos obtenidos, donde para la PL2 se alcanzó rangos de reducción entre 33% a 80 %, mientras en la PL3 entre 61% a 87%. Los esfuerzos máximos que sin DFV alcanzaba el 118 ton-m, logrará reducirse hasta 22 ton-m con la incorporación de los DFV.

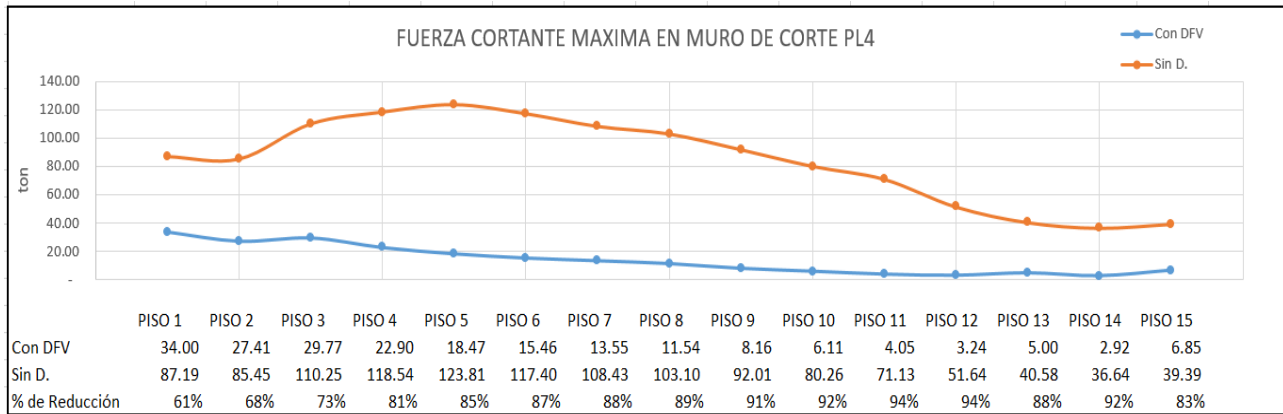


Figura 96: Esfuerzo cortante en placa PL4

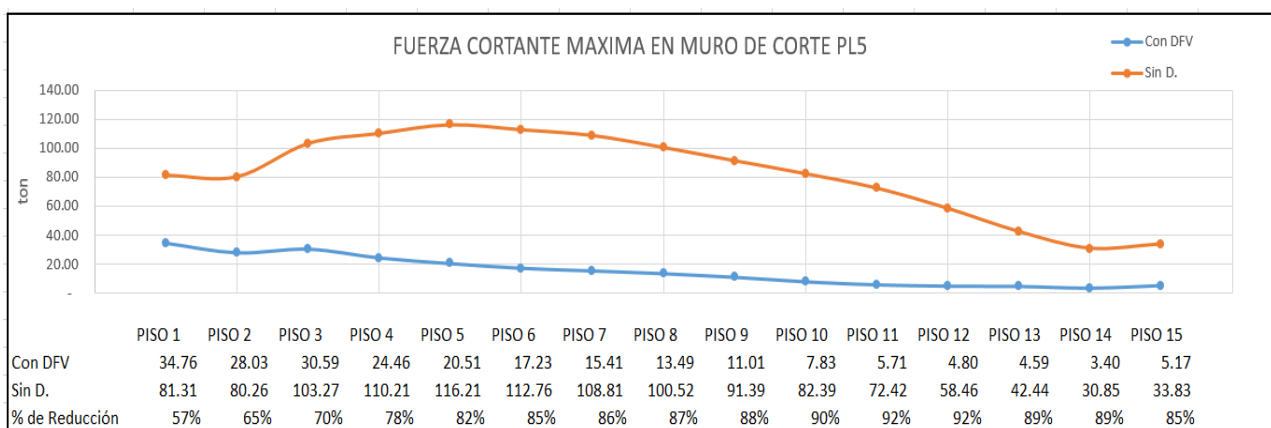


Figura 97: Esfuerzo cortante en placa PL5

La figura muestra los valores obtenidos en cuanto a esfuerzos cortantes de la placa PL4 y PL5 en todos los niveles de la edificación, donde se puede apreciar que el sistema reforzado con DFV presenta reducciones entre un rango del 61% al 94% en la PL4 y de 57% al 92% en la placa PL5.

El comportamiento de ambas placas es similar según las curvas de reducción que se observan, ya que ambas son similares en dimensión y estructuración, además de que son estas a las que se acopla el sistema de reforzamiento con DFV. Los porcentajes de reducción son un poco más elevados en la placa PL4, obteniéndose una incidencia de reducción de más del 60% a diferencia de la PL5 que se obtuvieron valores de reducción desde el 57%.

- Evaluación de Momentos Flectores

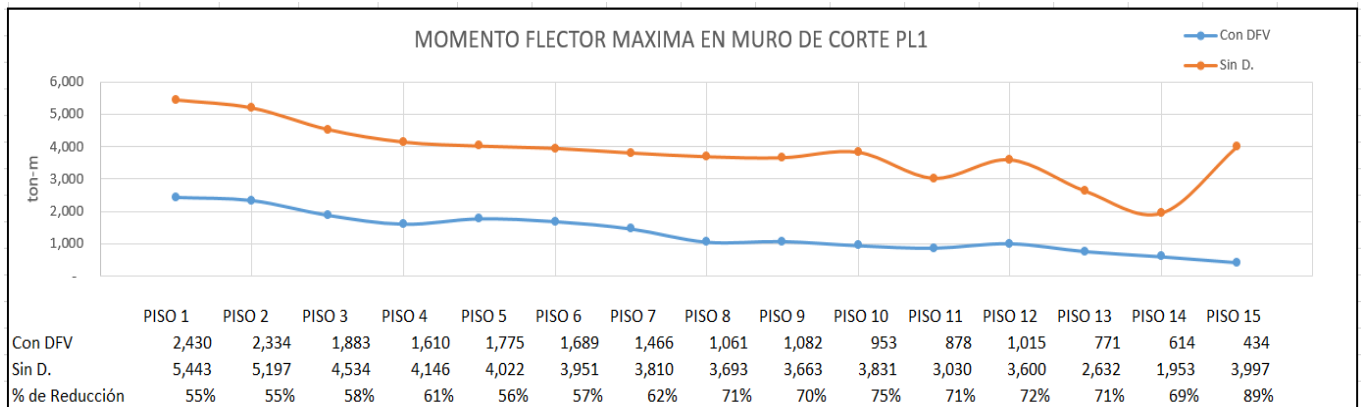


Figura 98: Momentos flectores en PL1

En la imagen se observa los momentos flectores presentados en la placa PL1 en todos los niveles. Los momentos flectores en la edificación sin DFV van desde 1,953 ton-m hasta 5,443 ton-m.

El mayor momento flector generado por esta placa en la edificación convencional sucede en el primer piso, dando un valor de 5,443 ton-m, dicha cantidad se reduce en 55% al adicionar los DFV pese a que el primer piso no cuenta con DFV.

Por otro lado, también se precisa que el porcentaje de reducción de momentos flectores en esta placa esta entre 55% al 89%, siendo el último piso el que tiene mayor porcentaje de reducción, ya que sin DFV se obtenía un valor de 3,997 ton-m y con DFV se obtiene un valor de 434 ton-m, reduciendo este momento en un 89% al valor inicial.

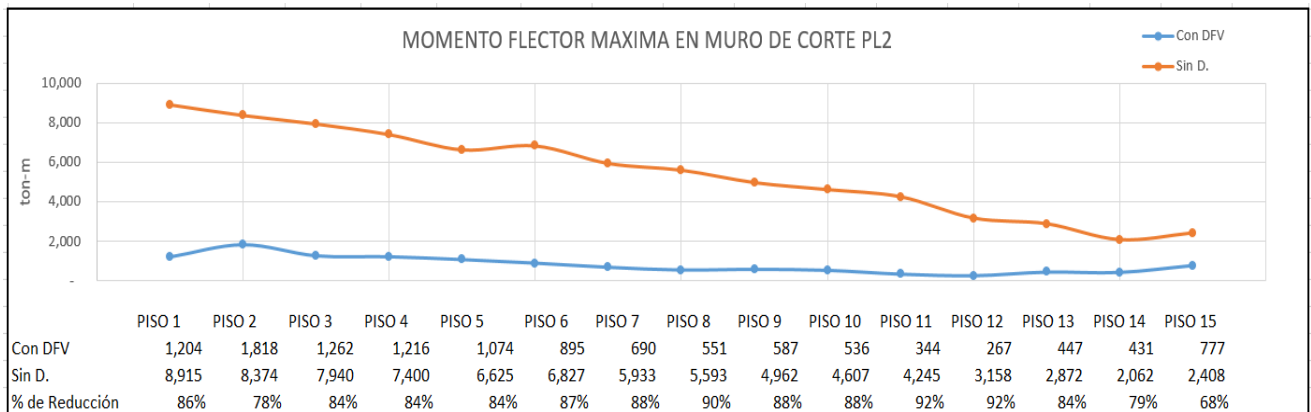


Figura 99: Momentos flectores en PL2

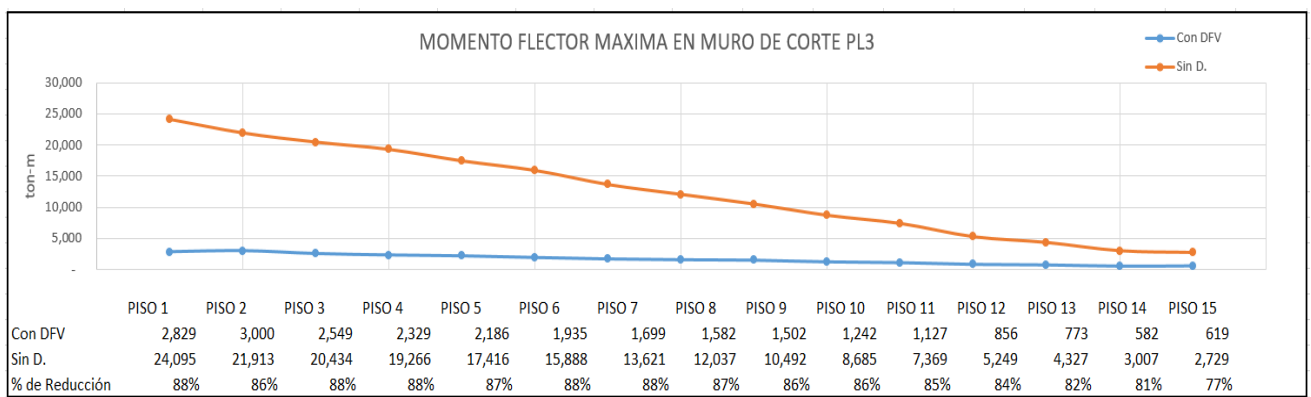


Figura 100: Momentos flectores en PL3

El siguiente grafico corresponde a los momentos flectores presentados en la placa PL2 y PL3 en todos los niveles. Las curvas muestran que los momentos flectores en el sistema reforzado son menores que en el sistema convencional. Los momentos flectores de la PL2 en la edificación sin DFV van desde 2,062 ton-m hasta 8,915 ton-m.

El mayor momento flector generado por la PL2 en la edificación convencional sucede en el primer piso, dando un valor de 8,915 ton-m, dicha cantidad se reduce en 86% al adicionar los DFV.

Por otro lado, en la PL3 se precisa que el porcentaje de reducción de momentos flectores está en promedio de 85%, siendo el nivel 4 con 19,266 ton-m, el momento mayor el cual disminuye con DFV obteniendo un valor de 2,329 ton-m que representa un porcentaje de reducción del 88% del valor inicial.

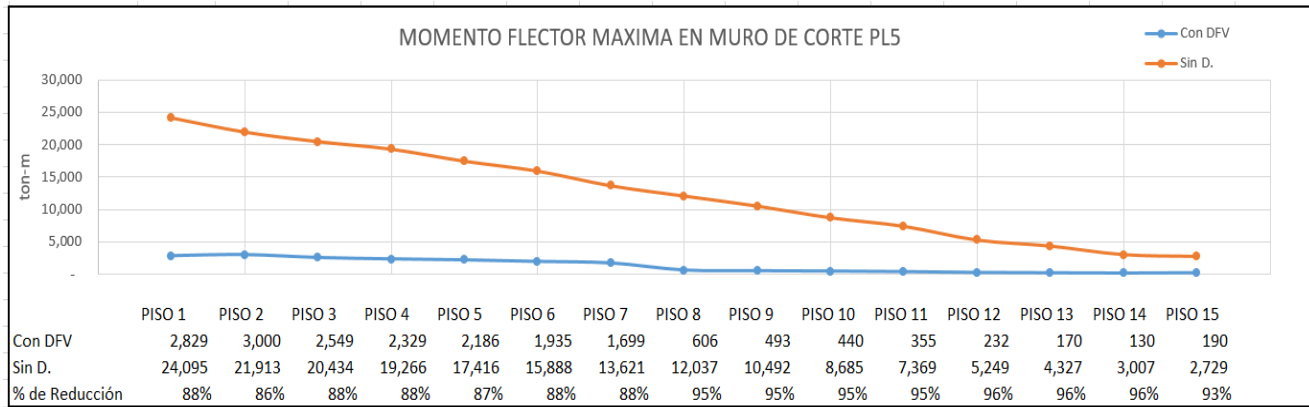


Figura 101: Momentos flectores en PL5

Gráficamente se observa que los valores del momento flector obtenidos de la edificación convencional superan los valores obtenidos del reforzamiento con DFV.

La placa PL5 tiene porcentajes de reducciones promedio de 92%, es la placa con gran porcentaje de reducción y el aporte es significativo ya que el momento flector máximo de 24,095 ton-m logra una reducción del 88% con DFV.

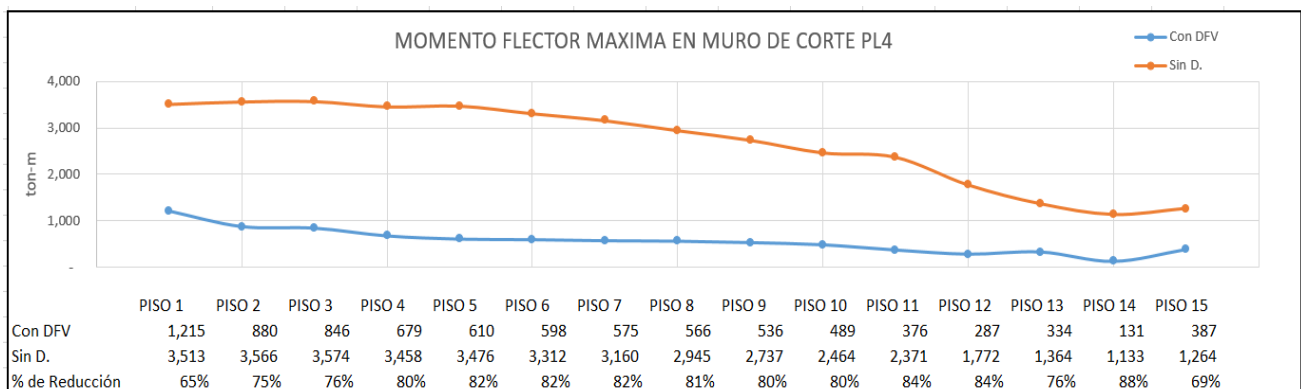


Figura 102: Momentos flectores en PL4

Los momentos flectores presentados en la placa PL4 presenta un porcentaje de reducción promedio de 79%. El momento flector máximo de la PL4 en la edificación se obtuvo en el piso 3 con un valor de 3,574 ton-m. Este valor se reduce en un 76% al reforzarla estructura con DFV y logra obtenerse un valor final de 846 ton-m.

En esta placa al igual que las demás placas, demuestra tener un mejor comportamiento estructural con disipadores de fluido viscoso como reforzamiento.

- **Evaluación de derivas de entrepiso y desplazamientos máximos**

Tabla 39

Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 74NS

Piso	Hi (cm)	D/hi SIN DIS (‰)	D/hi CON DIS (‰)	%REDUCCIÓN	d SIN DIS (cm)	d (Del análisis) (cm)	%REDUCCIÓN
15 PISO	240	4.04	0.89	78.08%	25.76	9.45	63.30%
14 PISO	240	4.69	0.98	79.19%	24.79	9.24	62.72%
13 PISO	240	5.38	1.14	78.84%	23.66	9.01	61.94%
12 PISO	240	5.65	1.26	77.67%	22.37	8.73	60.96%
11 PISO	240	6.34	1.57	75.22%	21.02	8.43	59.88%
10 PISO	240	7.13	1.97	72.38%	19.49	8.05	58.69%
9 PISO	240	7.90	2.38	69.86%	17.78	7.58	57.37%
8 PISO	240	8.60	2.74	68.20%	15.89	7.01	55.88%
7 PISO	240	9.14	3.01	67.02%	13.82	6.35	54.04%
6 PISO	240	8.67	3.27	62.29%	11.63	5.63	51.59%
5 PISO	240	8.74	3.34	61.83%	9.55	4.84	49.26%
4 PISO	240	8.76	3.74	57.28%	7.45	4.04	45.72%
3 PISO	240	8.32	4.15	50.08%	5.35	3.15	41.17%
2 PISO	240	7.18	4.16	41.98%	3.35	2.15	35.87%
1 PISO	240	4.91	3.24	33.97%	1.63	1.15	29.41%
1 SOTANO	240	1.03	0.80	22.89%	0.45	0.37	17.47%
2 SOTANO	240	0.55	0.48	12.88%	0.20	0.18	10.85%
3 SOTANO	240	0.30	0.27	7.06%	0.07	0.07	7.06%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se observa los valores de las derivas de entrepiso en el análisis realizado a la edificación con y sin DFV en disposición doble diagonal para el registro sísmico Octubre del 74NS. Donde se obtienen valores de reducción de hasta 78.08%. Los pisos con mejor comportamiento fueron los pisos superiores. La deriva de 9.14 por mil que superaba el límite logró disminuir hasta 3.01. El porcentaje promedio de reducción de deriva con este registro fue de 56.48%, mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 45.73%.

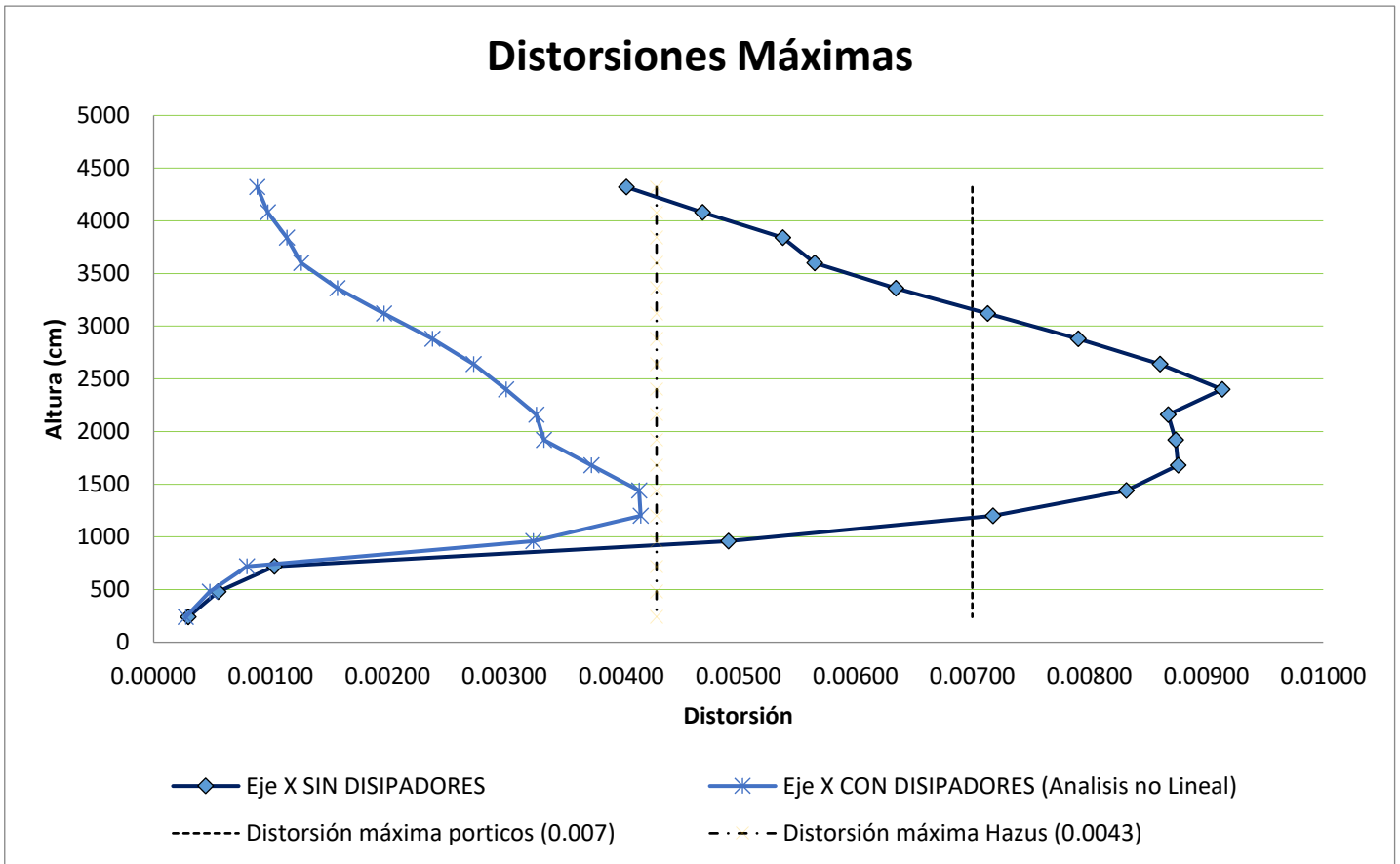


Figura 104: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Octubre del 74NS

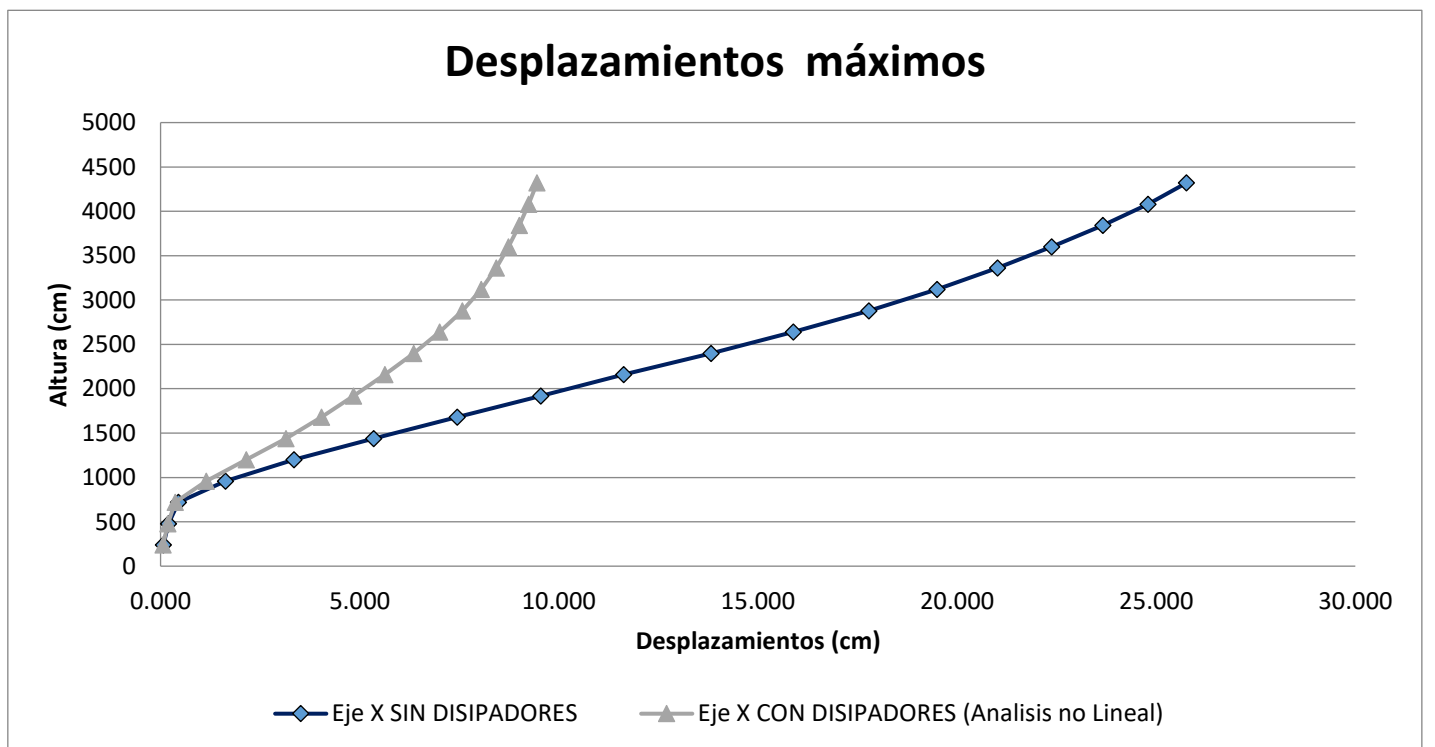


Figura 103: Comparación de Desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 74NS

Tabla 40

Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 74EW

Piso	Hi (cm)	D/hi SIN DIS (‰)	D/hi CON DIS (‰)	%REDUCCIÓN	d	d	%REDUCCIÓN
					SIN DIS (cm)	(Del análisis) (cm)	
15 PISO	240	4.08	0.56	86.29%	25.45	6.97	72.63%
14 PISO	240	4.79	0.47	90.24%	24.47	6.83	72.09%
13 PISO	240	5.57	0.51	90.76%	23.32	6.72	71.19%
12 PISO	240	6.32	0.70	88.95%	21.99	6.60	70.00%
11 PISO	240	6.83	1.03	84.87%	20.47	6.43	68.60%
10 PISO	240	7.20	1.45	79.92%	18.83	6.18	67.18%
9 PISO	240	7.66	1.87	75.56%	17.10	5.83	65.89%
8 PISO	240	7.85	2.21	71.89%	15.27	5.38	64.73%
7 PISO	240	7.11	2.43	65.91%	13.38	4.85	63.72%
6 PISO	240	8.03	2.58	67.86%	11.67	4.27	63.40%
5 PISO	240	8.69	2.75	68.35%	9.75	3.65	62.52%
4 PISO	240	8.93	2.80	68.59%	7.66	2.99	60.93%
3 PISO	240	8.58	3.06	64.38%	5.52	2.32	57.96%
2 PISO	240	7.44	3.08	58.60%	3.46	1.59	54.15%
1 PISO	240	5.05	2.37	53.15%	1.68	0.85	49.40%
1 SOTANO	240	1.06	0.59	44.27%	0.46	0.28	39.62%
2 SOTANO	240	0.57	0.37	35.73%	0.21	0.14	34.00%
3 SOTANO	240	0.31	0.21	30.81%	0.07	0.05	30.81%

En la tabla se observa los valores de las derivas de entrepiso en el análisis realizado a la edificación con y sin DFV en disposición doble diagonal para el registro sísmico Octubre del 74EW. Donde se obtienen valores de reducción de hasta 90.76%. La deriva máxima obtenida por el sistema convencional de 8.93 por mil que superaba el límite logró disminuir hasta 2.80. El porcentaje promedio de reducción de deriva con este registro fue de 68.12%, mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 59.38%.

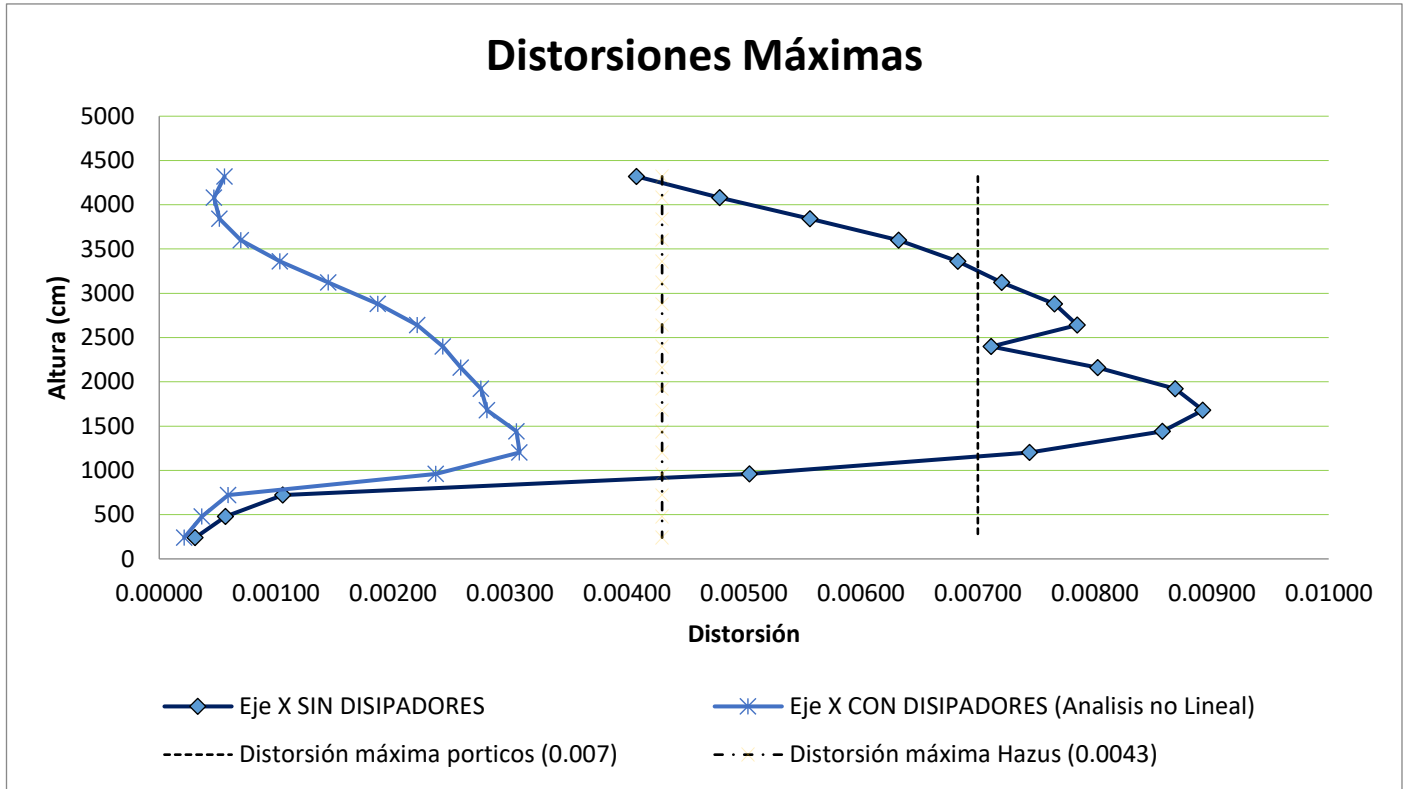


Figura 106: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Octubre del 74EW

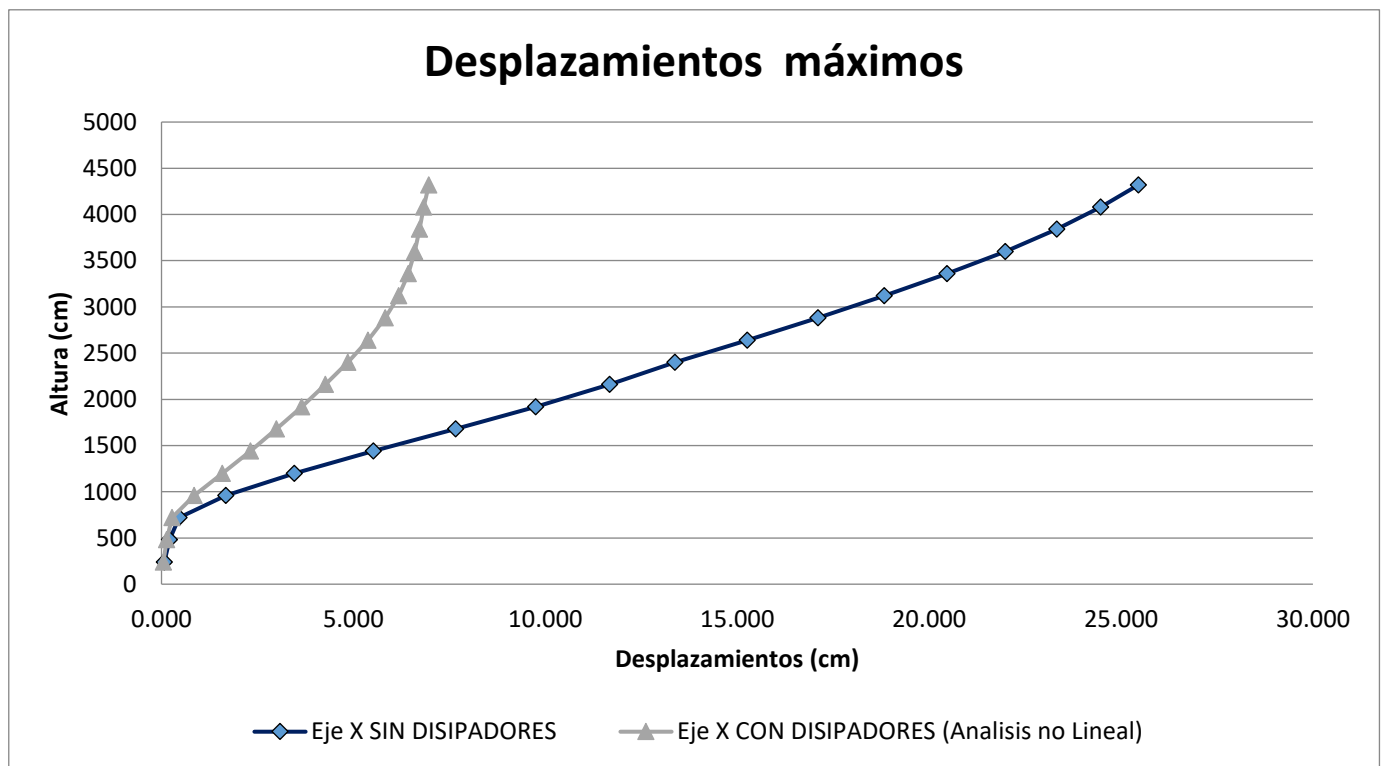


Figura 105: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 74EW

Tabla 41

Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Enero del 74NS

Piso	Hi (cm)	D/hi SIN DIS (‰)	D/hi CON DIS (‰)	%REDUCCIÓN	d SIN DIS (cm)	d (Del análisis) (cm)	%REDUCCIÓN
15 PISO	240	5.16	0.78	84.93%	19.51	6.32	67.62%
14 PISO	240	5.45	0.84	84.63%	18.27	6.13	66.45%
13 PISO	240	2.53	0.82	67.77%	16.96	5.93	65.05%
12 PISO	240	1.21	1.02	15.58%	16.35	5.73	64.94%
11 PISO	240	3.01	0.73	75.89%	16.06	5.49	65.84%
10 PISO	240	4.99	0.96	80.81%	15.34	5.31	65.36%
9 PISO	240	6.77	1.35	80.05%	14.14	5.08	64.06%
8 PISO	240	7.12	1.71	76.06%	12.52	4.76	61.98%
7 PISO	240	5.81	1.97	66.16%	10.81	4.35	59.75%
6 PISO	240	6.99	2.16	69.06%	9.41	3.88	58.80%
5 PISO	240	7.88	2.37	69.89%	7.74	3.36	56.58%
4 PISO	240	7.47	2.64	64.65%	5.84	2.79	52.27%
3 PISO	240	5.85	2.35	59.84%	4.05	2.16	46.79%
2 PISO	240	5.12	2.63	48.59%	2.65	1.59	39.87%
1 PISO	240	3.96	2.53	36.16%	1.42	0.96	32.30%
1 SOTANO	240	0.99	0.72	27.80%	0.47	0.35	24.45%
2 SOTANO	240	0.60	0.47	21.93%	0.23	0.18	20.97%
3 SOTANO	240	0.35	0.28	19.31%	0.08	0.07	19.31%

En la tabla se observa los valores de las derivas de entrepiso en el análisis realizado a la edificación con y sin DFV en disposición doble diagonal para el registro sísmico Enero del 74NS. Donde se obtienen valores de reducción de hasta 84.93%. La deriva máxima obtenida por el sistema convencional de 7.88 por mil que superaba el límite logró disminuir hasta 2.37. El porcentaje promedio de reducción de deriva con este registro fue de 58.28%, mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 51.80%.

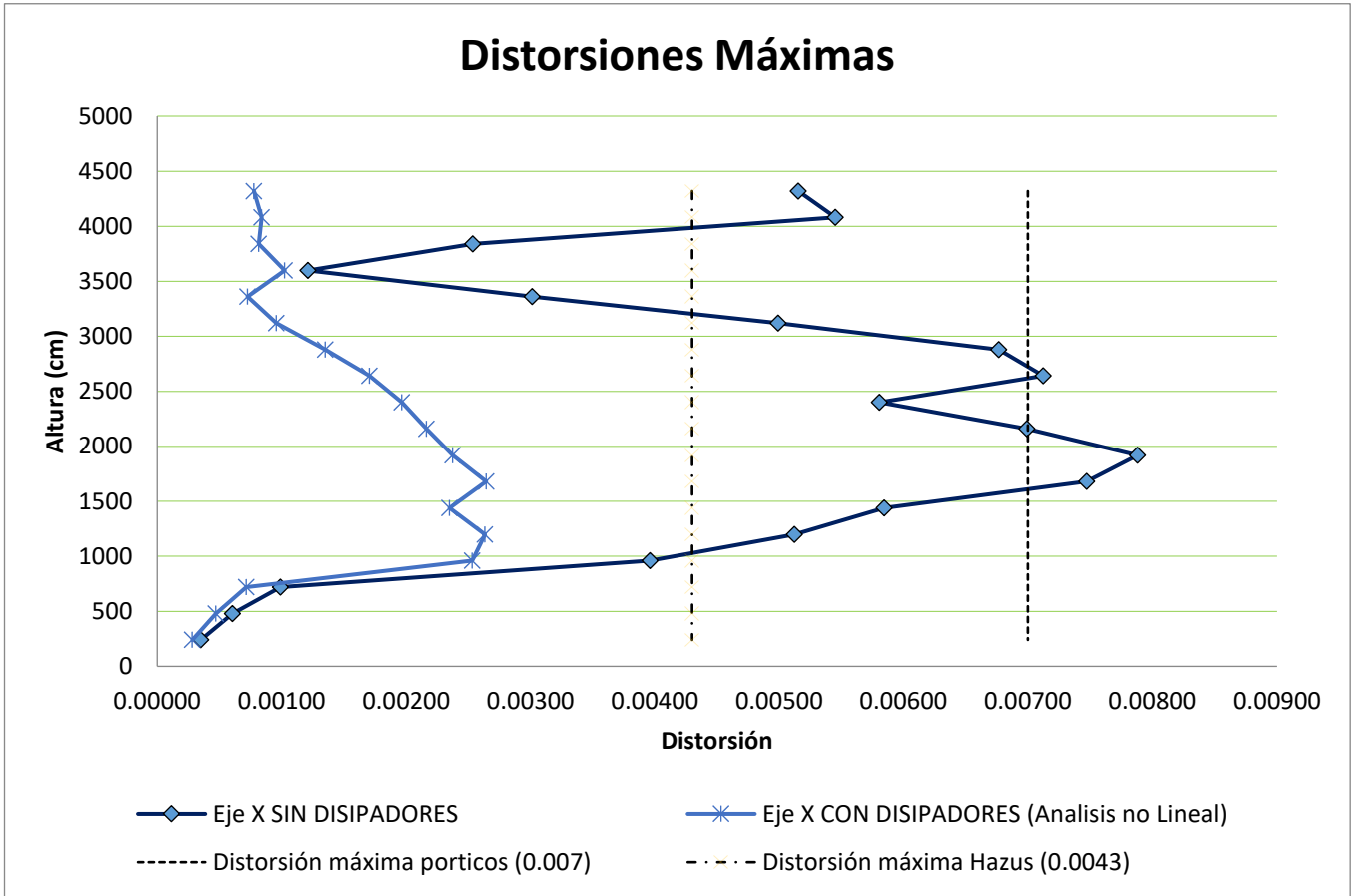


Figura 107: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Enero del 74NS

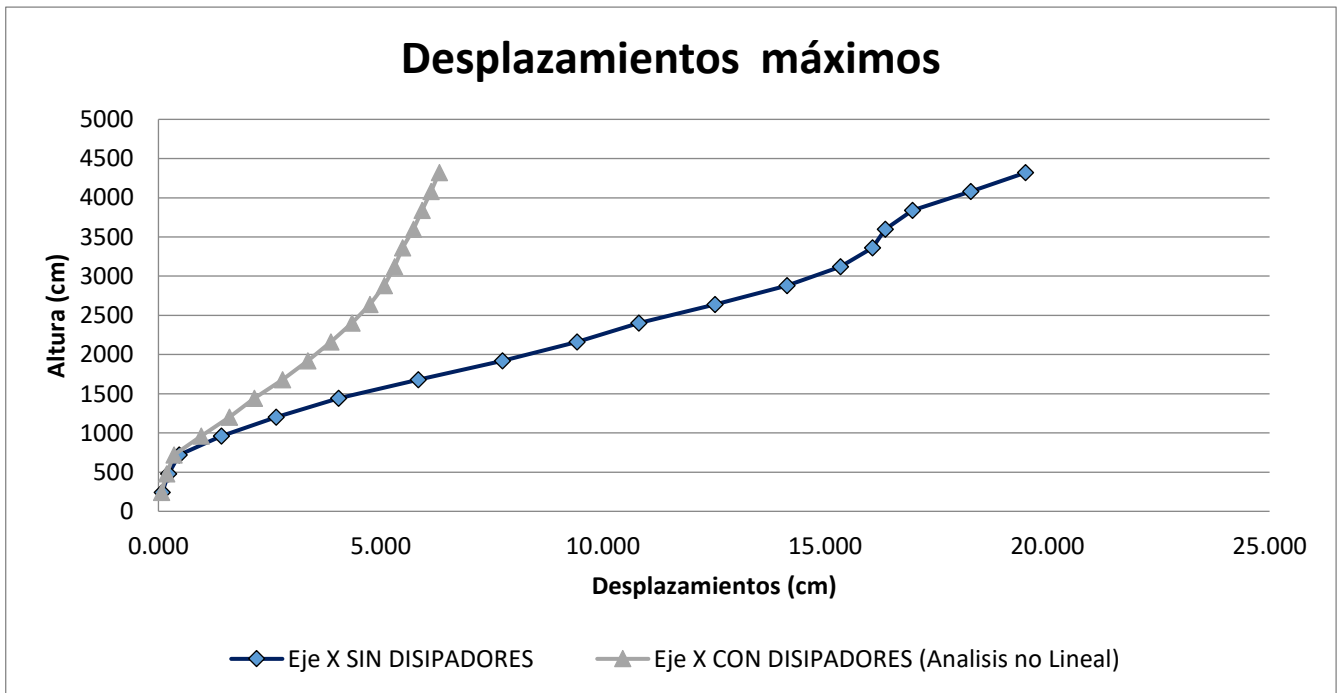


Figura 108: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Enero del 74NS

Tabla 42

Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Enero del 74EW

Piso	Hi (cm)	D/hi SIN DIS (‰)	D/hi CON DIS (‰)	%REDUCCIÓN	d SIN DIS (cm)	d (Del análisis) (cm)	%REDUCCIÓN
15 PISO	240	3.65	1.52	58.53%	26.47	8.63	67.39%
14 PISO	240	4.31	1.67	61.17%	25.60	8.27	67.69%
13 PISO	240	5.05	1.84	63.65%	24.56	7.87	67.97%
12 PISO	240	5.77	2.02	64.95%	23.35	7.43	68.19%
11 PISO	240	6.54	2.23	65.97%	21.97	6.94	68.39%
10 PISO	240	7.38	2.41	67.39%	20.40	6.41	68.58%
9 PISO	240	8.20	2.57	68.58%	18.62	5.83	68.69%
8 PISO	240	8.88	2.72	69.35%	16.66	5.21	68.71%
7 PISO	240	9.33	2.76	70.46%	14.53	4.56	68.61%
6 PISO	240	9.55	2.66	72.18%	12.29	3.90	68.27%
5 PISO	240	9.67	2.58	73.27%	9.99	3.26	67.38%
4 PISO	240	9.41	2.60	72.36%	7.67	2.64	65.60%
3 PISO	240	8.62	2.53	70.66%	5.41	2.02	62.77%
2 PISO	240	7.28	2.61	64.11%	3.35	1.41	57.90%
1 PISO	240	4.90	2.13	56.44%	1.60	0.78	51.11%
1 SOTANO	240	0.98	0.56	43.03%	0.42	0.27	36.33%
2 SOTANO	240	0.51	0.36	30.42%	0.19	0.14	27.98%
3 SOTANO	240	0.28	0.21	23.45%	0.07	0.05	23.45%

En la tabla se observa los valores de las derivas de entrepiso en el análisis realizado a la edificación con y sin DFV en disposición doble diagonal para el registro sísmico Enero del 74EW. Donde se obtienen valores de reducción de hasta 73.27%. La deriva máxima obtenida por el sistema convencional de 9.67 por mil que superaba el límite logró disminuir hasta 2.58. El porcentaje promedio de reducción de deriva con este registro fue de 60.89%, mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 59.72%.

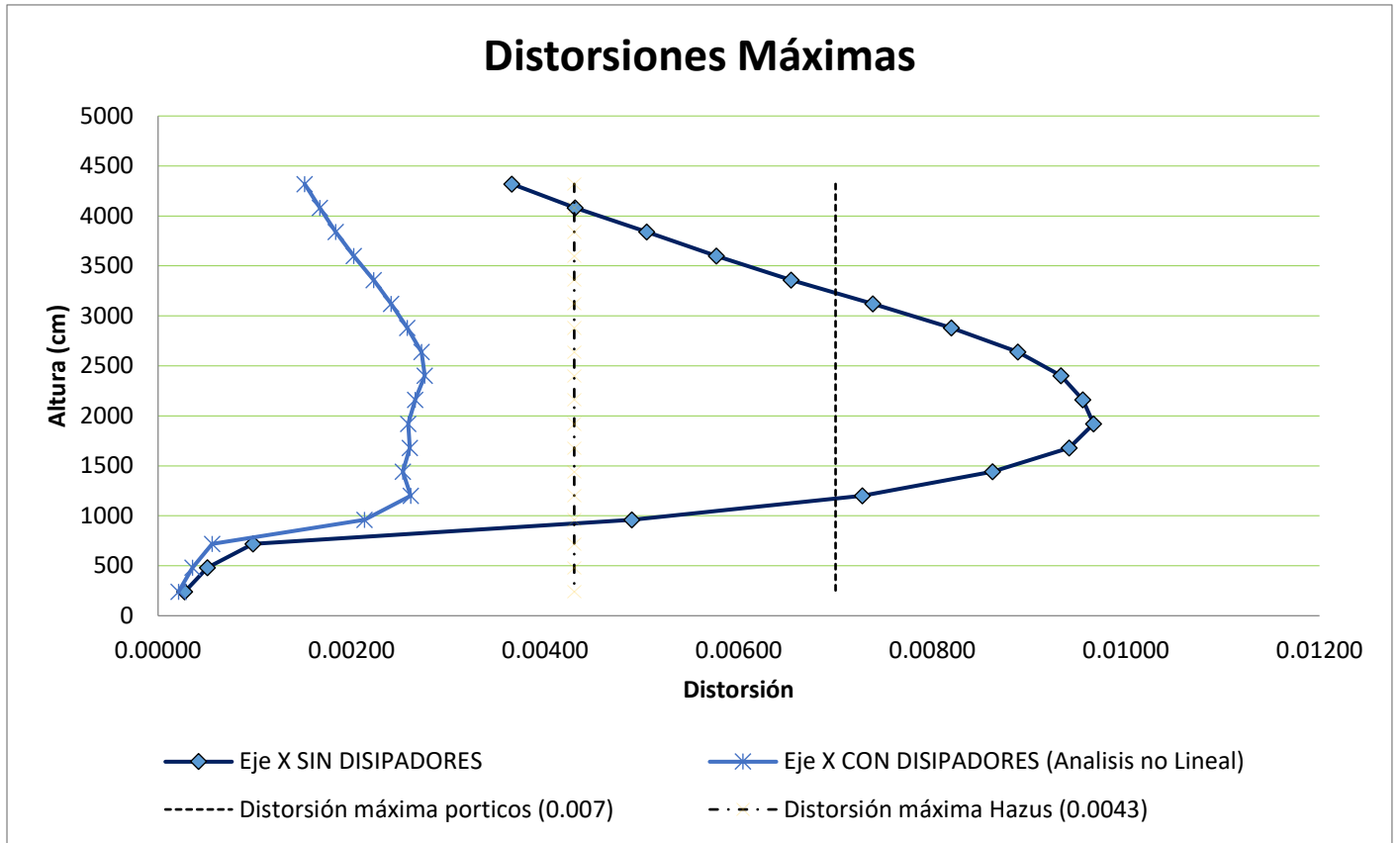


Figura 109: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Enero del 74EW

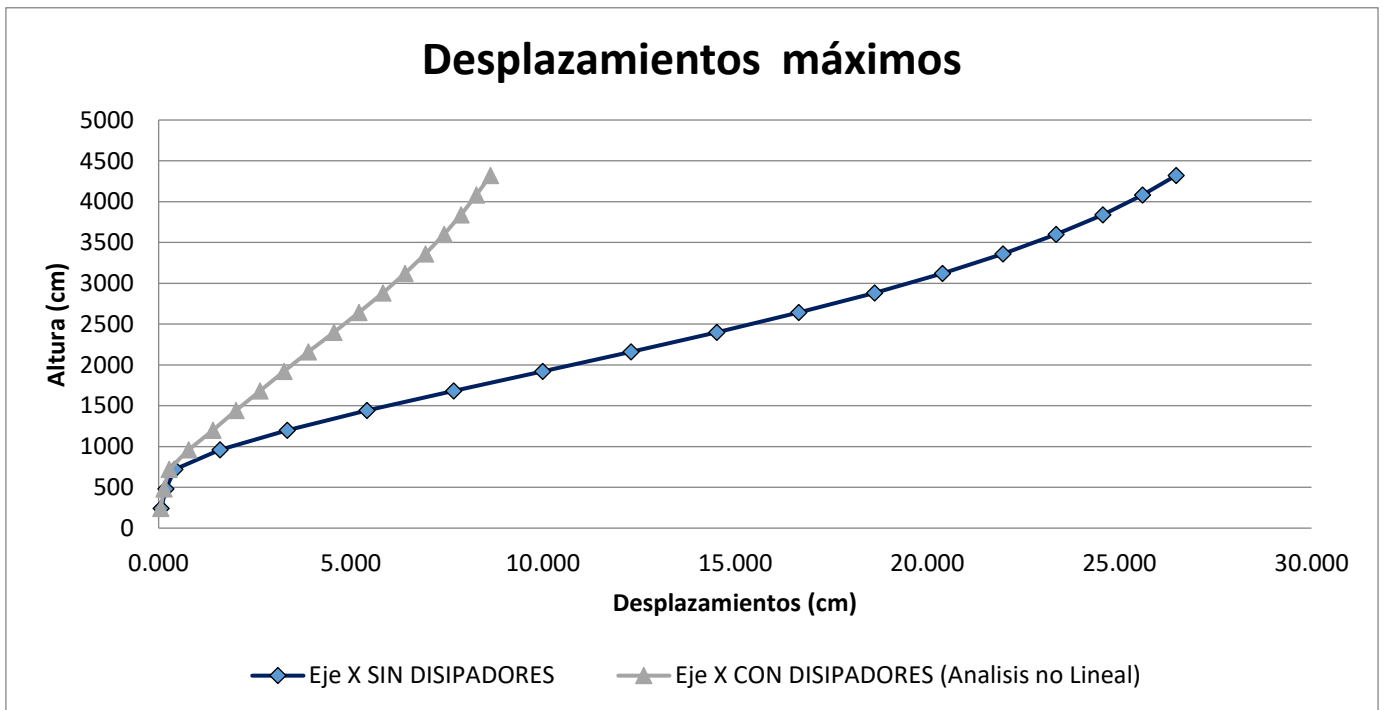


Figura 110: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Enero del 74EW

Tabla 43

Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 66NS

Piso	Hi (cm)	D/hi SIN DIS (‰)	D/hi CON DIS (‰)	%REDUCCIÓN	d SIN DIS (cm)	d (Del análisis) (cm)	%REDUCCIÓN
15 PISO	240	3.87	0.77	80.03%	28.75	6.95	75.83%
14 PISO	240	4.57	0.81	82.31%	27.82	6.76	75.69%
13 PISO	240	5.44	0.85	84.39%	26.72	6.57	75.42%
12 PISO	240	6.41	0.92	85.71%	25.42	6.36	74.96%
11 PISO	240	7.23	1.12	84.53%	23.88	6.14	74.27%
10 PISO	240	8.08	1.45	82.10%	22.14	5.88	73.46%
9 PISO	240	8.87	1.79	79.87%	20.20	5.53	72.63%
8 PISO	240	9.58	2.04	78.69%	18.08	5.10	71.78%
7 PISO	240	10.13	2.18	78.46%	15.78	4.61	70.77%
6 PISO	240	10.47	2.25	78.48%	13.35	4.09	69.37%
5 PISO	240	10.55	2.45	76.81%	10.83	3.55	67.26%
4 PISO	240	10.26	2.76	73.14%	8.30	2.96	64.35%
3 PISO	240	9.44	3.02	68.00%	5.84	2.30	60.64%
2 PISO	240	7.89	3.04	61.44%	3.58	1.57	55.97%
1 PISO	240	5.22	2.40	54.06%	1.68	0.84	49.83%
1 SOTANO	240	1.01	0.58	42.50%	0.43	0.27	37.50%
2 SOTANO	240	0.51	0.34	32.60%	0.19	0.13	31.09%
3 SOTANO	240	0.27	0.20	28.27%	0.07	0.05	28.27%

En la tabla se observa los valores de las derivas de entrepiso en el análisis realizado a la edificación con y sin DFV en disposición doble diagonal para el registro sísmico Octubre 66NS. Donde se obtienen valores de reducción de hasta 85.71%. La deriva máxima obtenida por el sistema convencional de 10.55 por mil que superaba el límite logró disminuir hasta 2.45. El porcentaje promedio de reducción de deriva con este registro fue de 69.52%, mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 62.73%.

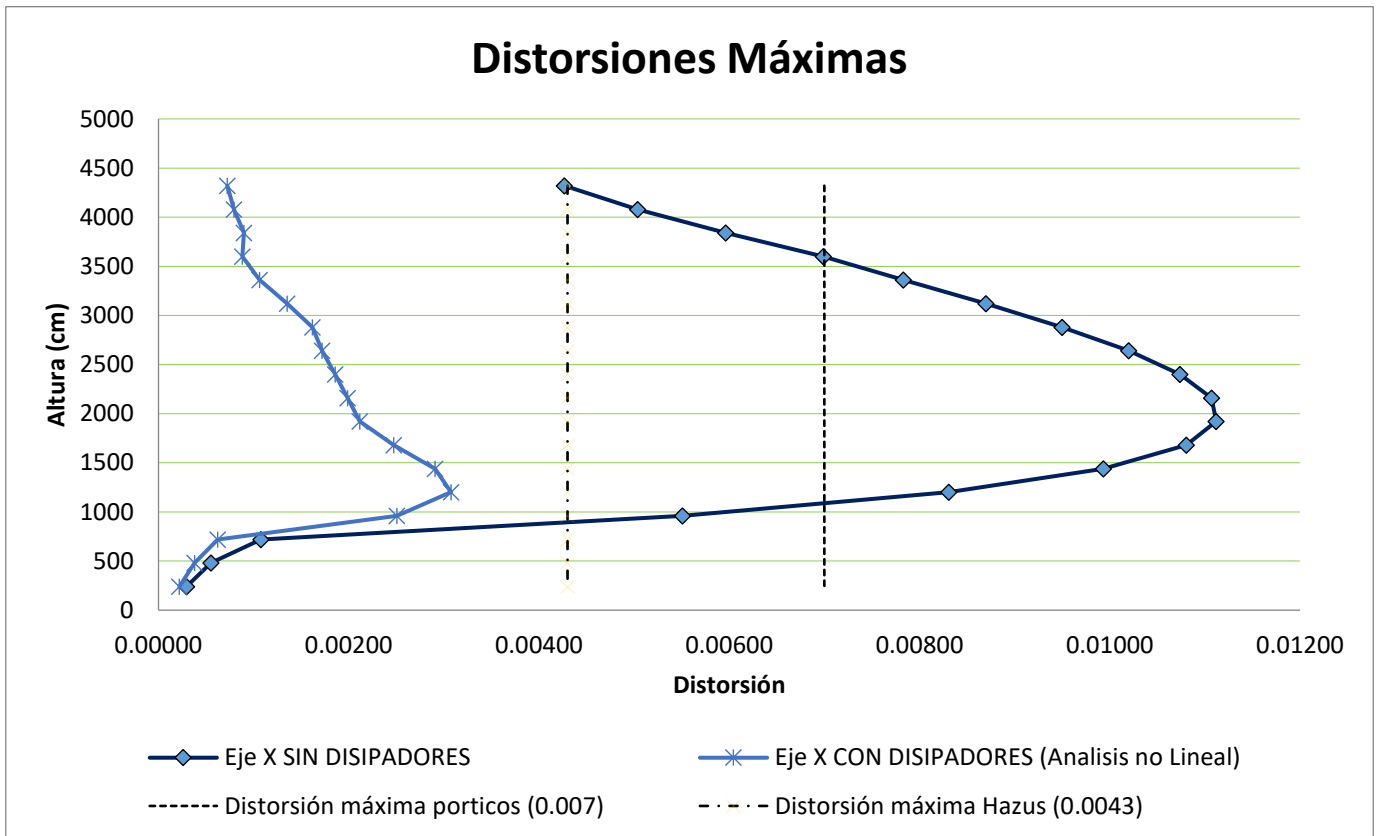


Figura 111: Comparación de distorsiones máximas – Registro sísmico Octubre del 66NS

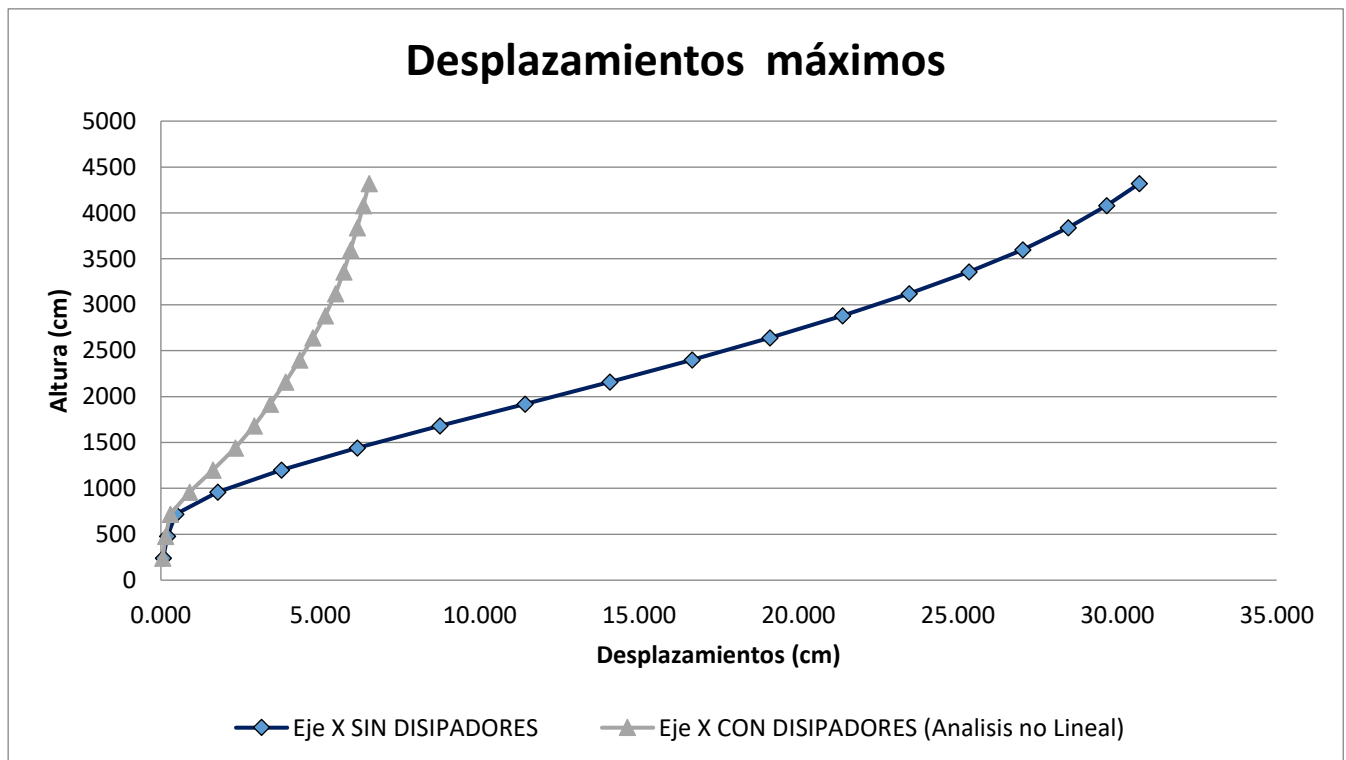


Figura 112: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 66NS

Tabla 44

Reducción de derivas y desplazamientos según registro sísmico Octubre del 66EW

Piso	Hi (cm)	D/hi SIN DIS (‰)	D/hi CON DIS (‰)	%REDUCCIÓN	d SIN DIS (cm)	d (Del análisis) (cm)	%REDUCCIÓN
15 PISO	240	4.27	0.72	83.04%	30.69	6.53	78.73%
14 PISO	240	5.04	0.79	84.22%	29.67	6.35	78.59%
13 PISO	240	5.96	0.90	84.93%	28.46	6.16	78.35%
12 PISO	240	6.99	0.88	87.39%	27.03	5.95	78.00%
11 PISO	240	7.83	1.06	86.41%	25.35	5.74	77.38%
10 PISO	240	8.70	1.35	84.45%	23.47	5.48	76.65%
9 PISO	240	9.50	1.62	82.96%	21.39	5.16	75.89%
8 PISO	240	10.20	1.72	83.14%	19.10	4.77	75.05%
7 PISO	240	10.74	1.86	82.71%	16.66	4.35	73.86%
6 PISO	240	11.07	1.99	82.04%	14.08	3.91	72.24%
5 PISO	240	11.12	2.12	80.98%	11.42	3.43	69.96%
4 PISO	240	10.80	2.47	77.12%	8.75	2.92	66.60%
3 PISO	240	9.93	2.91	70.75%	6.16	2.33	62.18%
2 PISO	240	8.31	3.07	63.00%	3.78	1.63	56.76%
1 PISO	240	5.51	2.51	54.46%	1.78	0.90	49.79%
1 SOTANO	240	1.08	0.62	42.22%	0.46	0.29	36.42%
2 SOTANO	240	0.55	0.38	30.91%	0.20	0.14	29.02%
3 SOTANO	240	0.29	0.22	25.50%	0.07	0.05	25.50%

En la tabla se observa los valores de las derivas de entrepiso en el análisis realizado a la edificación con y sin DFV en disposición doble diagonal para el registro sísmico Octubre 66EW. Donde se obtienen valores de reducción de hasta 87.39%. La deriva máxima obtenida por el sistema convencional de 11.12 por mil que superaba el límite logró disminuir hasta 2.12. El porcentaje promedio de reducción de deriva con este registro fue de 71.46%, mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 64.50%.

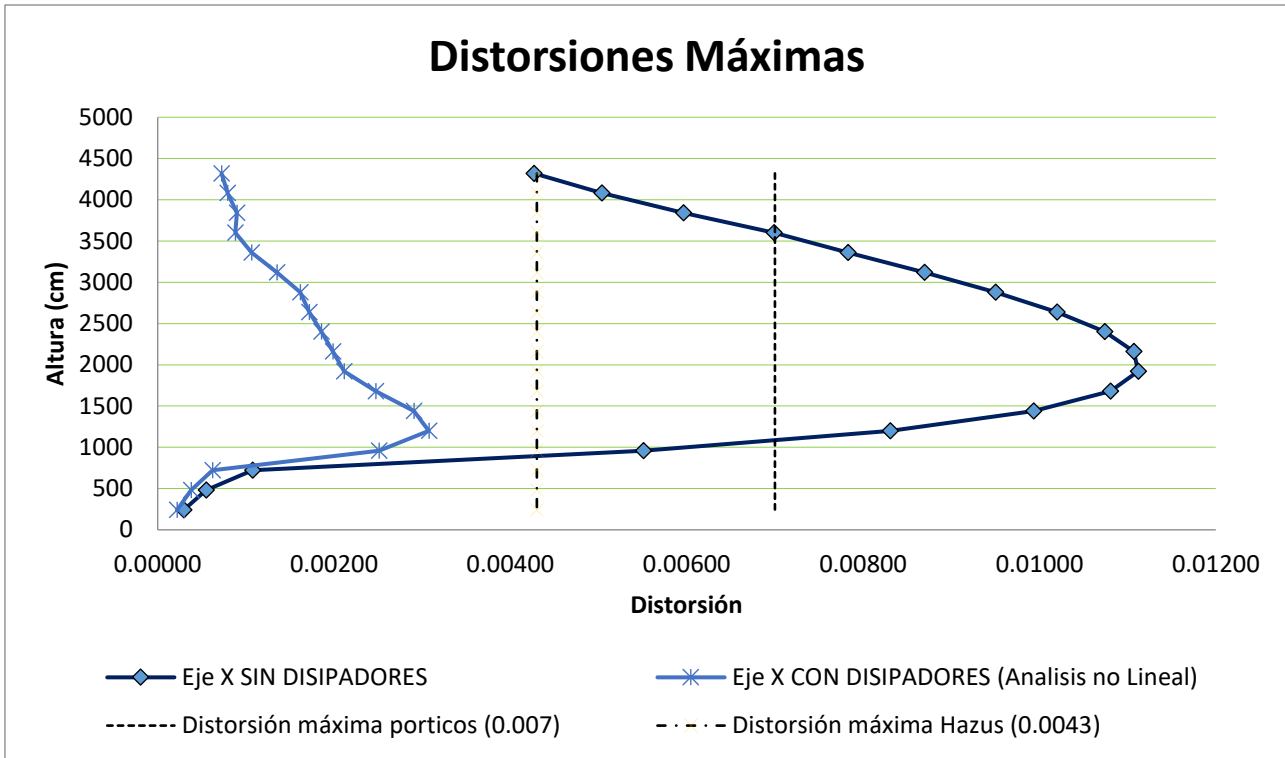


Figura 113: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 66EW

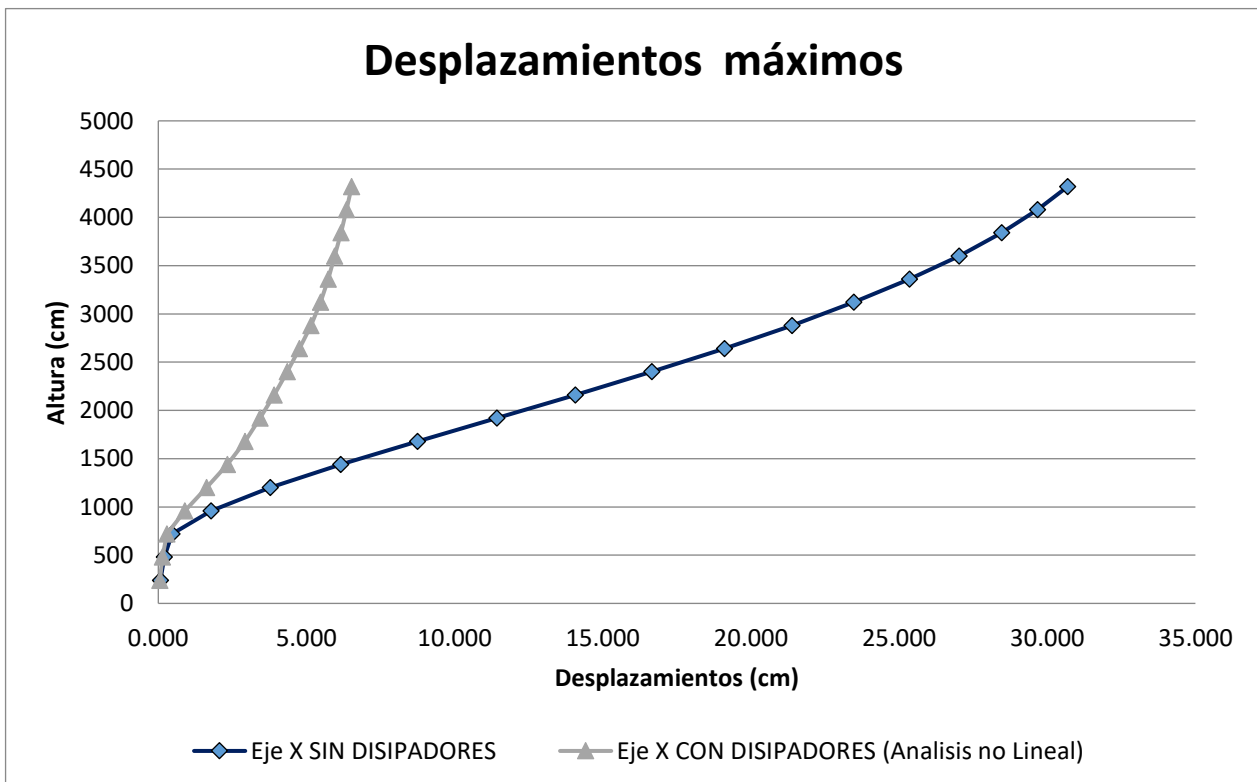


Figura 114: Comparación de desplazamientos máximos – Registro sísmico Octubre del 66EW

Tabla 45

Porcentaje promedio de reducción de derivas y desplazamientos en dirección X-X

Registros	Sentido	% Reducción	
		de derivas de entrepiso	% Reducción de desplazamientos
SISMO	NS	56.48%	45.73%
OCT 74	EW	68.12%	59.38%
SISMO	NS	58.28%	51.80%
ENE 74	EW	60.89%	59.72%
SISMO	NS	69.52%	62.73%
ENE 66	EW	71.46%	64.50%
		64.13%	57.31%

Luego de analizar los 3 registros sísmicos en cada una de sus direcciones se obtiene el promedio de reducción que aportan los DFV en disposición doble diagonal al sistema. En promedio las derivas de entrepiso se reducen en 64.13% en el sentido X-X, donde en un inicio no cumplían con los límites establecidos. Asimismo, los desplazamientos obtenidos en comparación con el sistema convencional se reducen en 57.31%.

Hipótesis 3:

- **Evaluación de Costos del sistema reforzado con DFV vs. Costos post-reparación del sistema convencional**

Para realizar la comparación de costos se utilizó los siguientes ratios de esta

fuente:

Distrito	Nivel SE	Área Promedio (m ²)	Costo de Reparación (US\$/m ²)
San Juan de Lurigancho	C, D, E	130	275
Comas	C, D, E	160	300
Puente Piedra	D, E	160	235
Villa El Salvador	D, E	130	400
Chorrillos	C, D	160	950
La Molina	A, B	250	1300

Figura 115: Costo de Reparación unitaria por nivel socio-económico

Fuente: Informe N°4-Convenio específico de cooperación interinstitucional entre el centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo (CENEPRED) y la Universidad Nacional de Ingeniería, Cismid, Lima.

Tabla 46

Costo de reconstrucción por m²

RECONSTRUCCIÓN			
NIVEL S.E	AREA (m ²)	PU	PARCIAL
B, C	3,636.1496	\$1,000.00	\$3,636,149.63

Fuente: Elaboración Propia

Se toma en consideración un ratio intermedio para el distrito de Surquillo, zona donde se encuentra ubicado el proyecto, y se calcula solo respecto al área sur en estudio, obteniéndose un valor de \$3,636,149.63.

Tabla 47

Comparación de costos con y sin DFV

COMPARACIÓN				
CONSTRUCCIÓN	DISIPADOR	RECONSTRUCCIÓN	TOTAL	% INCIDENCIA
S/. 36,105,676.54	S/. 6,399,553.58		S/. 42,505,230.12	18%
S/. 36,105,676.54		S/. 14,180,983.58	S/. 36,105,676.54	39%

Fuente: Elaboración Propia

Justificación de la inversión

Desde el punto de vista económico:

Como se aprecia en este cuadro comparativo el nivel de daño que generaría sobre la edificación existente convencional en cuanto a daños económicos post reconstrucción o rehabilitación sería de hasta el 39% de incidencia sobre el costo del proyecto solo del lado sur de la edificación, en comparación a la alternativa de reforzamiento con DFV, que disminuiría los costos en el 21% posterior a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, sin tomar en consideración el tiempo y sobretodo los daños humanos.

Desde el punto de vista de funcionalidad y seguridad:

Durante la ocurrencia de un sismo, estas edificaciones tienen la función de resguardar la vida de los residentes hasta que se permite evacuar. Sin embargo, según lo analizado no cumpliría dicha función. Por otro lado, posterior a un sismo, muchas estructuras deberían continuar operando y servir de establecimiento como albergue, es por ello que se debe implementar el reforzamiento con estos sistemas de disipación en edificaciones multifamiliares con características similares de estructuración para lograr mejores desempeños ante un evento sísmico de gran magnitud.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Limitaciones

El presente trabajo es de carácter aplicativo, por lo que los cálculos representan específicamente a la muestra en estudio. La naturaleza de la investigación permite iterar las propiedades estructurales de los DFV hasta encontrar las condiciones estructurales adecuadas. Sin embargo aunque se realizó la verificación del comportamiento histerético, las derivas de entrepiso y la viabilidad económica, no se logró realizar un estudio cuasi-experimental para llevar a escala las características del proyecto, debido a que no se cuenta con un laboratorio estructural y por la coyuntura de la Covid 19 actual.

Por otro lado, en el tema económico debido a que no se cuenta con muchas empresas proveedoras de estos sistemas, únicamente Taylor Devices, fue con esos ratios que se elaboró la parte comparativa en cuanto a costos, en otros países la variedad de dispositivos de energía son mayores y se puede realizar comparativos con una mayor gama de dispositivos y empresas proveedoras.

Al realizar el reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal se pretende asemejarlas a los reforzamientos utilizados en el rubro de la construcción en cuanto a arrostramientos y son muy semejantes al sistema de disipación general. Sin embargo, realizar un comparativo con otro tipo de dispositivos le daría un valor agregado a nuestro estudio ya que estructuralmente son estos dispositivos que funcionan estructuralmente mejor en este tipo de edificaciones, sería como parte adicional que no se incluirá en el estudio.

4.2 Discusión

Respecto al **análisis inicial del Proyecto de la Edificación Multifamiliar** de 15 niveles ubicada en la av. Sergio Bernales N°438 en Surquillo-Lima, se obtuvo que la edificación no tenía un comportamiento estructural adecuado, presentando derivas inelásticas por encima del límite establecido en la dirección X-X. El máximo valor de deriva de entrepiso obtenido del análisis dinámico en el sentido X-X fue de 9.96‰, representando un 42.29% de exceso respecto al límite. Por otro lado, en cuanto al análisis no lineal tiempo-historia se obtuvo un valor de 10.96‰ presentando un 56.57% de exceso respecto al límite, requiriendo solo reforzamiento sobre el sentido X-X donde se observa visiblemente una ausencia de muros.

Según (Lescano Alvarez, 2020) en su trabajo de investigación de Diseño y Evaluación del Desempeño Sísmico para Estructuras de Edificaciones Reforzadas con Disipadores de Energía en la Ciudad de Huancayo, obtuvo en el análisis tiempo-historia realizado en función al Sismo de Lima de 1974, que la deriva de entrepiso máxima en el eje X fue de 14.51 ‰ y de 11.46 ‰ en el eje Y. En este estudio se requirió un reforzamiento en ambos sentidos de la edificación.

De igual manera, (Carranza & Calderón, 2015), obtuvo que la deriva máxima mediante su análisis estático en la dirección X –X fue de 12‰, mientras en la dirección Y – Y fue de 39‰, por lo que en ninguna de las direcciones estaba contralado el comportamiento estructural adecuado. Mientras en el análisis tiempo-historia las derivas inelásticas máximas obtenidas en ambas direcciones con el sismo de 1974 se calcularon de 19‰. Con estos datos queda en evidencia de que las edificaciones de pórticos y muros estructurales sumamente esbeltos y diseñados bajo normativas antiguas, no se están ajustando a las sollicitaciones de sismo real que puedan suscitar en nuestro país.

Asimismo, los autores anteriormente mencionados plantean el reforzamiento con DFV en la dirección expuesta para que pueda cumplir con el límite de deriva máxima y por ende se comporte mejor frente a registros sísmicos reales.

Respecto al **reforzamiento con disipadores de fluido viscoso en disposición doble diagonal** como alternativa para el Proyecto. Se obtuvo lo siguiente:

Las **fuerzas cortantes**, la investigación resalta valores de reducción promedio de 76%, en un rango de 36% hasta 94%, mejorando el comportamiento estructural en las placas PL1, PL2, PL3, PL4 y PL5, valor por mucho mejor en comparación con los valores obtenidos por (Carranza & Calderón, 2015) que obtuvo reducciones de hasta 44% con disipadores de fluido viscoso. Se asume que el valor obtenido en nuestra investigación tiene una eficiencia mejor ya que los dispositivos fueron dispuestos en sentido doble diagonal; mientras que en el de (Carranza & Calderón, 2015) los dispositivos planteados fueron solo en diagonal simple, reduciendo los valores de influencia de estos sobre el sistema.

De acuerdo a los momentos flectores, se obtiene una reducción promedio de 81.4%, valor significativo sobre las placas existentes. En comparación con (Medina, 2017) en sus tesis de Análisis comparativo de desempeño sísmico entre el sistema de reforzamiento convencional con muros estructurales y los sistemas de disipación pasiva de energía viscoelásticos e hysteréticos para el edificio multifamiliar Vílchez en el distrito de El Tambo, obtuvo reducciones con el sistema de DFV en un rango de 35.39% a 57.72%, demostrando que nuestra alternativa presenta mejores rangos de reducciones en los elementos estructurales, a pesar de que nuestra edificación cuenta mayores niveles.

Como último aspecto técnico es importante evaluar la reducción en cuanto a las **derivadas de entrepiso** donde se obtuvo en promedio un porcentaje de reducción de 64.13%, es decir la máxima deriva de entrepiso del sistema convencional se redujo en más del 50% logrando de esa manera cumplir con las recomendaciones de la norma Norteamérica HAZUS y ASCE 7-10, e incluso se obtuvo porcentajes de reducción de deriva de hasta el 90%. Mientras los desplazamientos se redujeron en promedio 57%. Otros autores como (Medina, 2017), obtuvieron rangos similares entre 37.43% a 44.65% con disipadores fluido-viscosos planteándolos en disposición simple diagonal. También (Carranza & Calderón, 2015) en su tesis titulada “Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo” obtiene valores de reducción de hasta 70.21 %, demostrando que la alternativa planteada en esta investigación influye positivamente en el comportamiento estructural e incluso presenta mejores porcentajes de reducción que otras alternativas.

Como último aspecto, en la **parte económica**, se obtuvo que la implementación de este sistema de DFV en disposición doble diagonal genera un impacto en el costo total del proyecto adicionándolo en S/. S/. 6, 399,553.58, monto que representa el 18% del monto total, mientras que la reparación de edificios con similares características en la zona en estudio, representaría el 39% del monto total del proyecto. Ello generaría un 21% de reducción en costos post sismo. En trabajos similares como el de (Narváez Espinoza, 2019) obtiene que el monto de incidencia alcanza el 19%, siendo nuestra alternativa relativamente menor para el Proyecto de Edificación Multifamiliar de 15 niveles ubicada en la Av. Sergio Bernales N°438, por lo que se confirma que el valor de costo se encuentra dentro de los parámetros y que la alternativa es económicamente viable. Además se debe mencionar que el costo del Proyecto tendría un valor agregado ya que estos dispositivos proporcionan un acabado estético adicional al proyecto.

4.3 Conclusiones

El sistema de reforzamiento se planteó en el sentido X-X donde las derivas inelásticas no cumplían con los parámetros normativos y solo se adecuó en el lado Sur del Proyecto, logrando focalizar el problema y disminuyendo costos de inversión totales.

Los disipadores de fluido viscoso propuestos fueron en disposición doble diagonal, ya que se asemejan y se adecuan a los sistemas de reforzamiento simples que se aplican en el rubro de construcción del Perú.

Las iteraciones iniciales con los DFV nos proporcionan ratios para iterar de manera inversa de acuerdo a la deriva objetivo, por ello se varió las propiedades de los DFV así como la cantidad de estos. Finalmente, se planteó 6 dispositivos por piso desde el 2do al 14vo nivel, en total 78 DFV.

El balance de energía con el sistema reforzado del planteamiento final propuesto, proporciona al proyecto una mejor disipación, ya que incluyendo el amortiguamiento del sistema logra disipar el 76.11% de energía producida por el sismo, lo que aportará mayores beneficios en cuanto a comportamiento estructural.

El reforzamiento con DFV en disposición doble diagonal, permite que la estructura se convierta en una estructura estable y adecuada frente a sollicitaciones de sismo reales registrados con anterioridad en nuestro país. Asimismo, el impacto en el costo generaría menores gastos (21% menor) en cuanto a una reparación total de la edificación dañada ya que se comprobó que no soportaría las sollicitaciones de un sismo real o de un sismo de diseño moderado.

4.4 Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios similares para proyectos con características estructurales parecidas, ya que en Lima se cuenta con gran cantidad de Edificios Multifamiliares mayores a 15 niveles y las normas se vienen actualizando constantemente.

Asimismo, se recomienda realizar algún tipo de ensayo en mesa sísmica con prototipos escalados, ello ayudaría a tener una data comparativa para que se optimice alguna característica del disipador.

Es recomendable realizar nuevos proyectos similares pero considerando desde un inicio la adición de estos sistemas de disipación, ya que tendría mejores ventajas a largo plazo tanto económicas como sociales.

Se recomienda que los proyectos que cuenten con diferentes torres, el estudio debe enfocarse en los bloques que se adecuen a las recomendaciones de la ASCE 7-10, siendo estructuras regulares en planta y altura.

Por último, si se realiza un reforzamiento con DFV en proyectos ya construidos y que presentan una arquitectura con diferentes bloques se recomienda verificar la junta sísmica mínima según el desplazamiento máximo que tendrá cada bloque para comprobar que estos no colisionen.

REFERENCIAS

- Alarcón Sagástegui, C. J., & Asto Pinedo, J. N. (2017). Proyecto de Reforzamiento Estructural del Edificio Multifamiliar Los Rosales de 10 Niveles con Disipadores de Fluido Viscoso. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Altieri, D., Tubaldi, E., Patelli, E., & Dall'Asta, A. (2017). Assessment of optimal design methods of viscous dampers. (E. Ltd, Ed.) *Procedia Engineering* 199, 1152-1157. Obtenido de www.elsevier.com/locate/procedia
- Alvarez Vargas, C. F. (2017). Análisis y Diseño de Disipadores Sísmicos de Fluido Viscoso para control de la respuesta Sísmica de Edificaciones en Huancayo. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Assereto Gómez, A., & Gamboa Vásquez, M. (2014). Análisis Sísmico Comparativo entre el Reforzamiento Tradicional con Placas y el Sistema de Reforzamiento con Disipadores de Fluido Viscoso para el Edificio Administrativo "Centro Empresarial" en el Distrito de San Miguel. Lima: Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Azunción, L. (2016). Análisis Comparativo de un Pórtico Convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en SAP 2000. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Caiza, P., Viera, P., Guzmán, S., & Robalino, P. (2016). Pertinencia de las Carreras de Ingeniería Civil en el Ecuador. *Revista Ciencia*, 253-265.
- Carranza, J., & Calderón, E. (2015). Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo. Trujillo.

- Chacón, R., & Ramirez, J. (2014). Análisis de una edificación de 4 pisos con disipadores de fluido viscoso. Lima: Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (Diciembre de 2012). Cámara Chilena de la Construcción. Obtenido de Revista Construcción: www.cdt.ol
- Corpus, J., & Morales, E. (2015). Análisis Sismico Comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el distrito de Victor Larco Herrera aplicando ETABS 2013. Trujillo.
- Elias, S., & Matsagar, V. (2017). Research developments in vibration control of structures using passive (Desarrollos de investigación en control de vibraciones de estructuras utilizando pasivos.). Elsevier-Annual Reviews in Control, 1-28. Obtenido de www.elsevier.com/locate/arcontrol
- Enriquez Acosta, M. A., & Sánchez Guevara, C. F. (2018). Evaluación Sismica y Propuesta de Reforzamiento con Disipadores de Energía al "Hospital Nacional Almanzor Aguinada Asenjo" de Chiclayo-Región Lambayeque, actualizado a la Norma E. 030 2016". Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Farfán Fernando, D., & Rincón Danovis, M. (2016). Modelo didáctico de una estructura utilizando disipadores de energía de fluido viscoso. Bogotá.
- Flores Ramos, H., & Cahuata Corrales, F. (2015). Análisis y Diseño Estructural de Edificaciones con aisladores sísmicos y análisis comparativo de respuesta sísmica y costos con la Edificación Convencional. Arequipa: Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín.

- Guevara Huatuco, D., & Torres Arias, P. (2012). Diseño de un edificio aporticado con amortiguadores de fluido-viscoso en disposicion diagonal. Lima: Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Herrera, M. (2018). Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastomericos y amortiguadores de fluido viscoso. Piura: universidad de piura. Facultad de Ingeniería.
- Huerta Ramírez, L. C. (2017). Analisis comparativo del comportamiento estructural del cpu-unasam con disipadores de energia de fluido viscoso. Huaraz.
- Huerta, L. (2017). Ánalysis comparativo del comportamiento estructural del CPU-UNASAM con disipadores de energia de fluido viscoso. Huaraz.
- Leon Joya, L. (2016). Disipadores y aisladores sísmicos, modelo de puente vehicular con disipador y sin disipador de energía, comparación de la respuesta sísmica. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Lescano Alvarez, Y. (2020). Diseño y Evaluación del Desempeño Sismico para Estructuras de Edificaciones Reforzadas con Disipadores de Energia en la Ciudad de Huancayo. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- López B., S. G. (2019). Diseño del Edificio Multifamiliar Cellerini de diez niveles por el sistema convencional y con disipadores de energía en la ciudad de Chiclayo. Pimemtel: Universidad Señor de Sipán.
- Lopez, A. A. (2017). Análisis Comparativo de Desempeño Sismico entre el sistema de reforzamiento convencional con muros estructurales y los sistemas de disipacion de energía viscoelásticos e hysteréticos para el edificio multifamiliar "Vilchez" en el distrito de el Tambo. Huancayo.

- Maruri Ortiz, C. (2015). Modelo estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistemas de disipación pasiva de energía. Quito-Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Medina, A. (2017). Análisis comparativo de desempeño sísmico entre el sistema de reforzamiento convencional con muros estructurales y los sistemas de disipación pasiva de energía viscoelásticos e hysteréticos para el edificio multifamiliar Vílchez en el distrito de El Tambo. Huancayo.
- Moya Msc, J. C. (2015). Análisis del Desempeño Sísmico del Edificio Peña, aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 Vigente en el distrito Metropolitano de Quito en en año 2015. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Narváez Espinoza, M. E. (2019). Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores hysteréticos. Lima: repositorio pucp.
- Navarro F. (2017). Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Oviedo, J., & Duque, M. (2009). Situación de las técnicas de control de respuesta sísmica en Colombia. Escuela de Ingeniería de Antioquía, 113-124.
- Oviedo Sarmiento, R. R. (2008). Dispositivos Pasivos de Disipación de Energía para Diseño Sismorresistente de Estructuras. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Oviedo, J., & Duque, M. (2006). Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones. Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia.

- Paredes Chuquilin, E. J. (2018). Diseño Estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de Energía, Trujillo-La Libertad,2018. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Pinaud Ricci, W. (2014). Estudio experimental de las características dinámicas de un dispositivo disipador viscoso a escala reducida. Lima: Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Quispe Huamán, C. K., & García Urrutia, P. A. (2019). Reforzamiento Sismico mediante el uso de Disipadores Histeréticos tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Ramos Bernabé, L. D., & Rodríguez Carhuaz, L. A. (2019). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el Diseño de Reforzamiento Estructural implementando Disipadores de Fluido Viscoso en la Vivienda Multifamiliar de 8 niveles Santiago de Surco. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Romero Leceta, J. (2016). Diseño estructural de un edificio de 7 pisos de concreto armado con reforzamiento con disipadores visco-elásticos sólidos. Lima.
- Saéz, A. (2014). Evaluación del método de análisis modal espectral para edificios con sistemas pasivos de disipación de energía utilizando registros sísmicos chilenos. Santiago de Chile.
- Sáez Uribe, A. (2014). Evaluación del método de análisis modal espectral para edificios con sistemas pasivos de Disipación de Energía utilizando registros sísmicos Chilenos. Chile: Repositorio de la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Santos Zeballos, K. (2017). Aisladores y Disipadores Sísmicos en Edificaciones de Concreto Armado. Moquegua: Repositorio de la Universidad José Carlos Mariátegui.

Talavera Gomez, A. (03 de Noviembre de 2017). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/5.Experiencia%20Nacional%20en%20Sist.%20de%20protec.%20s%C3%ADsmica%20\(Alvaro%20Talavera\).pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/5.Experiencia%20Nacional%20en%20Sist.%20de%20protec.%20s%C3%ADsmica%20(Alvaro%20Talavera).pdf)

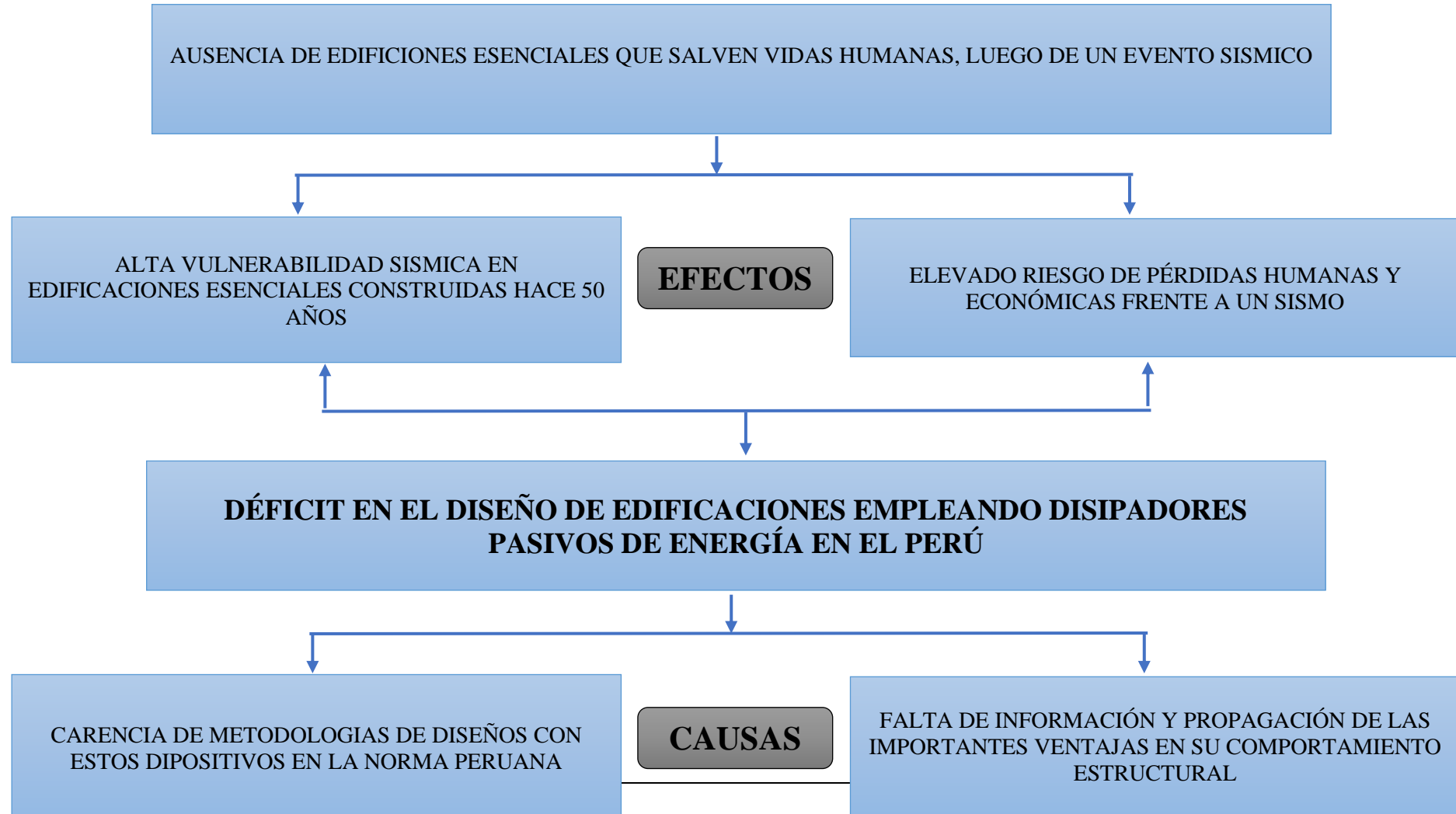
Torres Rabanal, F. O. (2018). Reforzamiento Estructural para la estabilidad de viviendas en las laderas del cerro El Ermitaño del distrito de Independencia-Lima. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

Vásquez Tirado, W. D. (2017). Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de una Edificación con y sin Disipadores de Energía considerando el efecto de la Interacción Suelo-Estructura. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

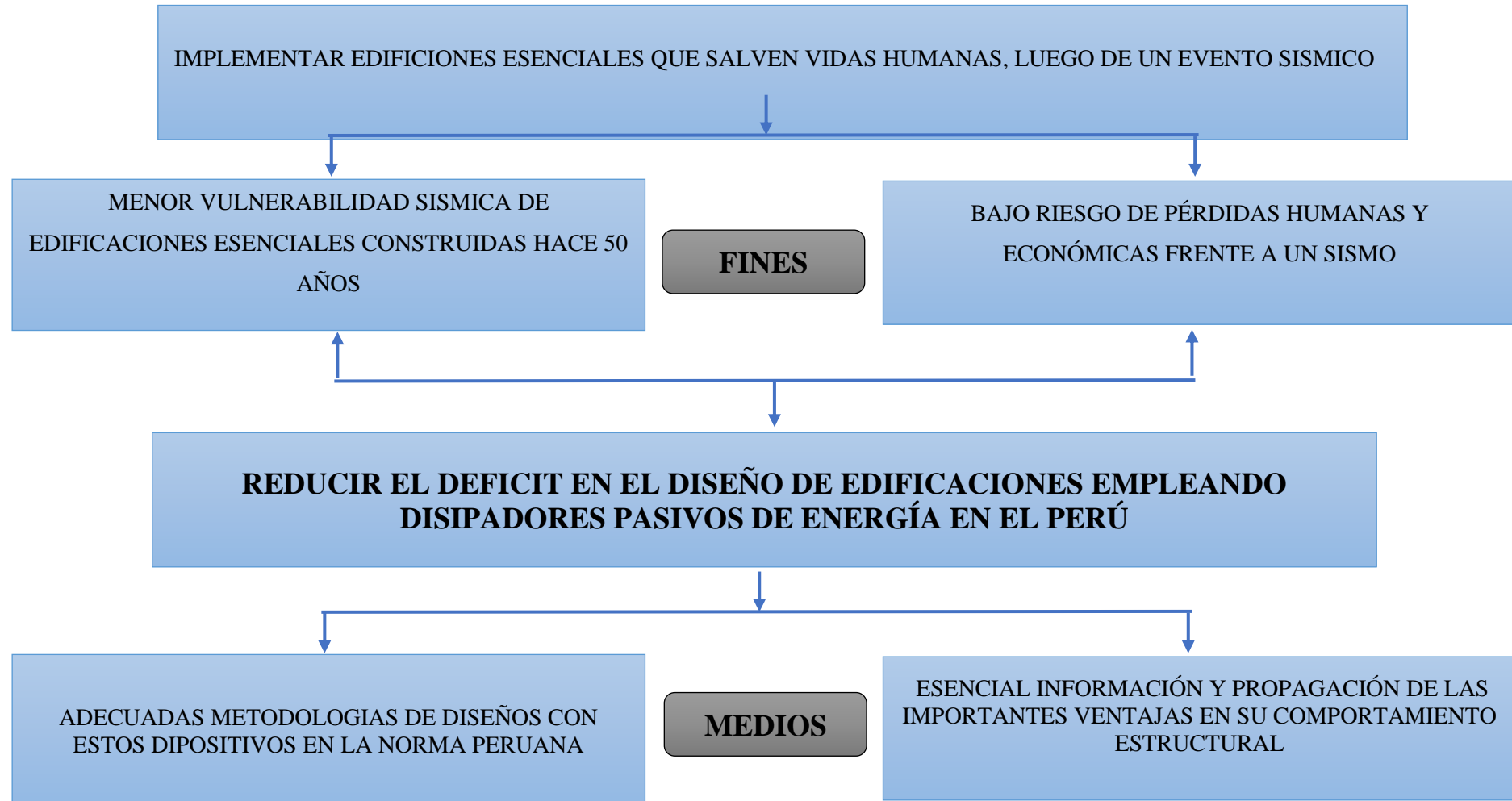
Villarreal Castro, G., & Oviedo Sarmiento, R. (2009). Edificaciones con Disipadores de Energía. Lima.

ANEXOS

Anexo 1: Árbol Causa Efecto



Anexo2: Árbol De Fines Y Medios



Anexo 3: Validación Experto 1

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable: V1

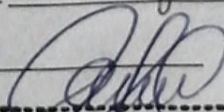
CUESTIONARIO DE ANÁLISIS DOCUMENTARIO DE UN PROYECTO EXISTENTE			
Descripción de documentos	SI	NO	N/A
A. Consideraciones antes del modelamiento virtual en Etabs			
¿Se cuenta con los planos estructurales del proyecto existente?			
¿Se cuenta con la memoria de cálculo del proyecto?			
¿Se cuenta con la memoria descriptiva del proyecto?			
¿Se tienen los factores de suelo de los estudios realizados al proyecto?			
¿Los datos de la memoria de cálculo y la memoria descriptiva coinciden con las especificaciones técnicas del plano?			
¿Se ha realizado la verificación del análisis estático para evaluar la confiabilidad de los datos ?			
¿Se ha realizado la verificación de diseño de los elementos estructurales?			
B. Consideraciones durante el modelamiento virtual en Etabs			
¿El análisis estático se realizó para escalar adecuadamente el la cortante dinámica?			
¿Con el análisis dinámico se obtiene la conformidad de los datos de la memoria de cálculo del proyecto?			
¿Fue necesario realizar el análisis no lineal tiempo-historia?			
¿Los resultados del análisis final de la edificación cumplen con las solicitudes de la norma técnica peruana E 0.30 actualizada?			
C. Consideraciones después del modelamiento virtual en Etabs			
¿Se requiere reforzamiento con un sistema de disipación?			
¿El reforzamiento con disipadores sísmicos será necesario en ambos sentidos?			
¿Las consideraciones de diseño se realizarán tomando en cuenta las norma Hazus y ASCE 7-10?			

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Luis Reategui Pineda DNI: 42058270

Especialidad del evaluador: Ing. Civil

CIP: 98860

Sello y Firma: 

 LUIS REATEGUI PINEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 98860

Lima, 25 de Mayo 2021

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide variable dependiente Variable: V2

FICHA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN MODELO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO

I. INFORMACION GENERAL

I.1 INFORMACION DEL EVALUADOR

Nombre del evaluador: Fecha:
 Institucion a la que pertenece: Firma:

I.2 INFORMACION DE LA EDIFICACIÓN

a. Nombre del inmueble:
 Departamento: Distrito:

II. CONSIDERACIONES PROPIAS DE LA EDIFICACION

Zona Sísmica (Z): Factor de Irregularidad en Planta (Ip):
 Uso (U): Factor de Irregularidad en Altura (Ia):
 Factor de Amplificación Sísmica (C): Cortante Basal estático (Ve):
 Factor de Amplificación del Suelo (S): Cortante Basal Diámico (Vd):
 Coeficiente de Reducción (R):

III. INFORMACION PARA ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA

a. Registro Sísmico 1:
 b. Registro Sísmico 2:
 c. Registro Sísmico 3:

IV. CONSIDERACIONES PROPIAS PARA EL DISEÑO CON EL DISIPADOR

3.1 Tipo de disipador: Disposición del Disipador:

3.2 Propiedades del disipador

Coeficiente de amortiguamiento (C): Cálculo de la rigidez (K): EAL efectivo (Beff)
 Exponente de velocidad (α):

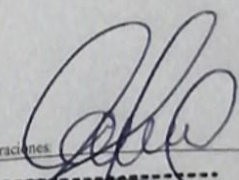
3.3 Cantidad de disipadores en la edificación:

3.4 Disposición en Planta y Altura

Consideraciones tomadas en cuenta para la disposición y cantidad:

- | | |
|--------------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> | Simetría |
| <input type="checkbox"/> | Arquitectura |
| <input type="checkbox"/> | Funcionalidad |
| <input type="checkbox"/> | Costos |
| <input type="checkbox"/> | Otros |

Mencionar Otras consideraciones:


 LUIS REATEGUI PINEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 98860

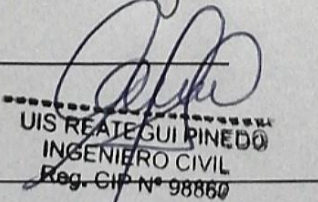
Ubicación de los disipadores en Planta				Ubicación de los disipadores en Altura					
V. RESULTADOS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS				MÁXIMAS DERIVAS DE ENTREPISO OBTENIDAS					
REGISTROS SISMICOS	SIN DISPADOR	CON DISPADOR	% DE REDUCCION	REGISTROS SISMICOS	SIN DISPADOR	CON DISPADOR	% DE REDUCCION		
1				1					
2				2					
3				3					
COMPARACIÓN DE RESULTADOS									
REGISTROS MAXIMOS	FUERZA CORTANTE SIN DISPADOR (V)	FUERZA CORTANTE CON DISPADOR (V)	% DE REDUCCIÓN DE LA FUERZA CORTANTE (V)	MOMENTO FLECTOR SIN DISPADOR (M)	MOMENTO FLECTOR CON DISPADOR (M)	% DE REDUCCIÓN DE MOMENTO FLECTOR (M)	DERIVAS DE ENTREPISO RESULTANTES SIN DISPADOR (Δ)	DERIVAS DE ENTREPISO RESULTANTES CON DISPADOR (Δ)	% DE REDUCCION DE DERIVAS DE ENTREPISO (Δ)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Luis Reategui Pinedo DNI: 42058270

Especialidad del evaluador: Ing. Civil

CIP: 98860

Sello y Firma: 

Lima, 25 de Mayo 2021

Anexo 4: Validación Experto 2

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE VARIAB INDEPENDIENTE

Variable: V1

CUESTIONARIO DE ANÁLISIS DOCUMENTARIO DE UN PROYECTO EXISTENTE			
Descripción de documentos	SI	NO	N/A
A. Consideraciones antes del modelamiento virtual en Etabs			
¿Se cuenta con los planos estructurales del proyecto existente?			
¿Se cuenta con la memoria de cálculo del proyecto?			
¿Se cuenta con la memoria descriptiva del proyecto?			
¿Se tienen los factores de suelo de los estudios realizados al proyecto?			
¿Los datos de la memoria de cálculo y la memoria descriptiva coinciden con las especificaciones técnicas del plano?			
¿Se ha realizado la verificación del análisis estático para evaluar la confiabilidad de los datos ?			
¿Se ha realizado la verificación de diseño de los elementos estructurales?			
B. Consideraciones durante el modelamiento virtual en Etabs			
¿El análisis estático se realizó para escalar adecuadamente el la cortante dinámica?			
¿Con el análisis dinámico se obtiene la conformidad de los datos de la memoria de cálculo del proyecto?			
¿Fue necesario realizar el análisis no lineal tiempo-historia?			
¿Los resultados del análisis final de la edificación cumplen con las solicitaciones de la norma técnica peruana E 0.30 actualizada?			
C. Consideraciones después del modelamiento virtual en Etabs			
¿Se requiere reforzamiento con un sistema de disipación?			
¿El reforzamiento con disipadores sismicos será necesario en ambos sentidos?			
¿Las consideraciones de diseño se realizarán tomando en cuenta las norma Hazus y ASCE 7-10?			

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Aviles Mattos Renato F. DNI: 41899899

Especialidad del evaluador: Ing. CIVIL

CIP: 157036

Sello y Firma: _____



RENATO FABIAN
AVILES MATTOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 157036

Lima, 25 de Mayo 2021

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide variable dependiente Variable: V2

FICHA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN MODELO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

I. INFORMACION GENERAL

I.1 INFORMACION DEL EVALUADOR

Nombre del evaluador: Fecha:
 Institucion a la que pertenece: Firma:

I.2 INFORMACION DE LA EDIFICACIÓN

a. Nombre del inmueble:
 Departamento: Distrito:

II. CONSIDERACIONES PROPIAS DE LA EDIFICACION

Zona Sismica (Z): Factor de Irregularidad en Planta (Ip):
 Uso (U): Factor de Irregularidad en Altura (Ia):
 Factor de Amplificacion Sismica (C): Cortante Basal estático (Ve):
 Factor de Amplificacion del Suelo (S): Cortante Basal Diámico (Vd):
 Coeficiente de Reducción (R):

III. INFORMACION PARA ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA

a. Registro Sismico 1:
 b. Registro Sismico 2:
 c. Registro Sismico 3:

IV. CONSIDERACIONES PROPIAS PARA EL DISEÑO CON EL DISIPADOR

3.1 Tipo de disipador Disposicion del Disipador:
 3.2 Propiedades del disipador
 Coeficiente de amortiguamiento (C): Cálculo de la rigidez (K): EA/L efectivo (Beff):
 Exponente de velocidad (α):


3.3 Cantidad de disipadores en la edificación

3.4 Disposicion en Planta y Altura

Consideraciones tomadas en cuenta para la disposicion y cantidad:

- Simetría
- Arquitectura
- Funcionalidad
- Costos
- Otros

Mencionar Otras consideraciones:


**RENATO FABIAN
 AVILES MATTOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 157036**

Ubicación de los disipadores en Planta	Ubicación de los disipadores en Altura

V. RESULTADOS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS			
REGISTROS SISMICOS	SIN DISPADOR	CON DISPADOR	% DE REDUCCION
1			
2			
3			

MÁXIMAS DERIVAS DE ENTREPISO OBTENIDAS			
REGISTROS SISMICOS	SIN DISPADOR	CON DISPADOR	% DE REDUCCION
1			
2			
3			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

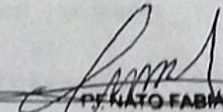
REGISTROS MAXIMOS	FUERZA CORTANTE SIN DISPADOR (V)	FUERZA CORTANTE CON DISPADOR (V)	% DE REDUCCIÓN DE LA FUERZA CORTANTE (V)	MOMENTO FLECTOR SIN DISPADOR (M)	MOMENTO FLECTOR CON DISPADOR (M)	% DE REDUCCIÓN DE MOMENTO FLECTOR (M)	DERIVAS DE ENTREPISO RESULTANTES SIN DISPADOR (Δ)	DERIVAS DE ENTREPISO RESULTANTES CON DISPADOR (Δ)	% DE REDUCCIÓN DE DERIVAS DE ENTREPISO (Δ)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Aviles Matto Renato F DNI: 41899399

Especialidad del evaluador: Ing. CIVIL

CIP: 157036

Sello y Firma: 
**RENATO FABIAN
 AVILES MATTOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 157036**

Lima, 25 de Mayo 2021

Anexo 5: Validación Experto 3

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable: V1

FICHA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO			
INFORMACION GENERAL			
1.1 INFORMACION DEL EVALUADOR			
Nombre del evaluador:		Fecha:	
Institución a la que pertenece:		Firma:	
1.2 INFORMACION DE LA EDIFICACIÓN			
a. Nombre del inmueble:			
Departamento:		Distrito:	
II. CONSIDERACIONES PROPIAS DE LA EDIFICACIÓN			
Zona Sísmica (Z):		Factor de Irregularidad en Planta (ip):	
Uso (U):		Factor de Irregularidad en Altura (ia):	
Factor de Amplificación Sísmica (C):		Constante Basal estático (V _e):	
Factor de Amplificación del Ducto (S):		Constante Basal Dinámico (V _d):	
Coeficiente de Reducción (R):			
III. CONSIDERACIONES PROPIAS PARA EL DISEÑO CON EL DISIPADOR			
3.1 Tipo de disipador:		Disposición del Disipador:	
3.2 Propiedades del disipador			
Coeficiente de amortiguamiento (C):		Cálculo de la rigidez (K): EAL:	
		Porcentaje de Amortiguamiento efectivo (B _{eff}):	
	Exponente de velocidad (α):		
3.3 Cantidad de disipadores en la edificación			
3.4 Disposición en Planta y Altura			
Consideraciones tomadas en cuenta para la disposición y cantidad:	<input type="checkbox"/> Sísmica <input type="checkbox"/> Arquitectura <input type="checkbox"/> Funcionalidad <input type="checkbox"/> Costo <input type="checkbox"/> Otros	Mencionar Otras consideraciones:	
Ubicación de los disipadores en Planta		Ubicación de los disipadores en Altura	

IV. CONSIDERACIONES PROPIAS PARA LA EJECUCIÓN CON EL DISIPADOR

4.1 PROPIAS DEL FLUIDO VISCOSO

Tipo de Fluido:

Consideraciones Ambientales:

Temperatura Ambiente (° C)	Viscosidad

Factores de escala:

En área (A) :	
En Longitud (L) :	
En masa (m) :	
En rigidez (K) :	
En aceleración (Sa) :	
En periodo (T) :	
En Coeficiente de Amortiguamiento (C) :	

ANÁLISIS DIMENSIONAL Y SIMILITUD DEL DISIPADOR

DEL MODELO		DEL PROTOTIPO	
Velocidad (V):		Velocidad (V):	
Diámetro de la cabeza del pistón (Rp):		Diámetro de la cabeza del pistón (Rp):	
Diámetro interno de la capsula (R) :		Diámetro interno de la capsula (R) :	
Longitud de la Cabeza del Pistón (Lp):		Longitud de la Cabeza del Pistón (Lp):	
Viscosidad dinámica del Fluido (μ) :		Viscosidad dinámica del Fluido (μ) :	

Similitud para π	Similitud para ρ	Similitud para μ
$\left(\frac{V_p}{V_m}\right)_{sim} = \left(\frac{R_p}{R_m}\right)_{sim}$	$\left(\frac{V_p}{V_m}\right)_{sim} = \left(\frac{R_p}{R_m}\right)_{sim}$	$\left(\frac{V_p}{V_m}\right)_{sim} = \left(\frac{R_p}{R_m}\right)_{sim} \cdot \left(\frac{L_p}{L_m}\right)_{sim}$

V. PROPUESTA FINAL

Esquema del Disipador Propuesto:



Dimensiones de los elementos	mm
Capsula	
Tapa de capsula	
Reten	
Ventago	
Empaquetadura	
Piston	
Tuerca	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: Raul Antonio Pinto DNI: 077324171

Especialidad del evaluador: Ingeniero Civil

Firma: 

Lima, 17 de setiembre del 2018

¹ Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

² Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE DEPENDIENTE

Variable: V2

FICHA DE RESULTADOS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION CON DISIPADORES									
I. INFORMACION GENERAL									
1.1 INFORMACION DEL EVALUADOR					1.2 INFORMACION DE LA EDIFICACION				
Nombre del evaluador:				Institucion a la que pertenece:			Fecha:		Firma:
Nombre del inmueble:									
II. CONSIDERACIONES PROPIAS DE LA EDIFICACION									
Zona Sismica (Z):				Peso de la Edificacion:					
Uso (U):				Factor de Irregularidad en Planta (p):					
Factor de Amplificacion Sismica (C):				Factor de Irregularidad en Altura (a):					
Factor de Amplificacion del Suelo (S):				Constante Basal elastica (W _e):					
Coeficiente de Reduccion (R):				Constante Basal Dinamica (W _d):					
III. INFORMACION PROPIA DE LA APLICACION									
a. Registro Sismico 1:									
b. Registro Sismico 2:									
c. Registro Sismico 3:									
IV. RESULTADOS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS					MÁXIMAS DERIVAS DE ENTREPISO OBTENIDAS				
REGISTROS MÁXIMOS	SIN DISPADOR	CON DISPADOR	% DE REDUCCION	REGISTROS MÁXIMOS	SIN DISPADOR	CON DISPADOR	% DE REDUCCION		
1				1					
2				2					
3				3					
4				4					
5				5					
6				6					
7				7					
ESFUERZOS MÁXIMOS EN COLUMNAS									
REGISTROS MÁXIMOS	FUERZA CORTANTE SIN DISPADOR (V)	FUERZA CORTANTE CON DISPADOR (V)	% DE REDUCCION DE LA FUERZA CORTANTE (V)	MOMENTO FLECTOR SIN DISPADOR (M)	MOMENTO FLECTOR CON DISPADOR (M)	% DE REDUCCION DE LA FUERZA CORTANTE (V)	FUERZA AXIAL SIN DISPADORES (N)	FUERZA AXIAL CON DISPADORES (N)	% DE REDUCCION DE LA FUERZA AXIAL (N)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									


Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez evaluador: Raul Antonio Pinto Barrantes DNI: _____

Especialidad del evaluador: Ingeniero Civil

Firma: _____



Lima, 17 de setiembre del 2018

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Anexo 6: Certificado de CSI programas

DNV·GL

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

Certificate No:
29928-2008-AQ-USA-ANAB

Initial certification date:
26 June 2008

Valid:
04 April 2018 - 04 August 2020

This is to certify that the management system of

CSI-Computers and Structures, Inc.
1646 North California Boulevard, Suite 600, Walnut Creek, CA, 94596, USA

has been found to conform to the Quality Management System standard:
ISO 9001:2015

This certificate is valid for the following scope:
The Development, Support and Licensing of Software Tools for Structural and Earthquake Engineering.



Figura 117: Fachada de la edificación en la av. Sergio Bernales N°438



Figura 116: Visita de campo a la Edificación