

REVISION LITERIARIA SOBRE EL DESEMPEÑO Y FUNCIONALIDAD DE LOS DISIPADORES SISMICOS EN
LATINOAMERICA DURANTE LA ULTIMA DECADA.



JUAN ESTEBAN ZAPATA CHALARCA

Asesor (a)

MARIA JULIA NIETO CALLEJAS

Informe monográfico presentado como requisito para optar al título de INGENIERIA CIVIL el estudiante
JUAN ESTEBAN ZAPATA CHALARCA

Universitaria Católica Luis amigo
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Medellín
[2021]

DEDICATORIA

DEDICATORIA

A mis padres, que, con ejemplo de honestidad, esfuerzo, perseverancia y sacrificio, les debo lo que hoy soy, por sus consejos y lecciones de vida eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios porque me dio el don de la perseverancia para alcanzar la meta.

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional.

A la Universidad que me abrió sus puertas para ser mejor persona.

A los docentes que con el pasar de los años se convirtieron en un ejemplo a seguir.

A la suerte que tuve para que todo se me diera acorde a lo planeado y establecido.

Índice

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
1.	5
2. Índice de Tablas.....	5
3.	5
4.	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
5. JUSTIFICACIÓN	3
6. OBJETIVOS.....	3
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
7. METODOLOGÍA	3
7.1. Tipo de investigación	3
7.2. Diseño de investigación	4
7.3. Población y muestra.....	4
7.4. Técnicas de recolección de datos	5
8. MARCO TEÓRICO.....	6
8.1. Sismo.....	6
8.2. Sismo resistencia.....	6
8.3. Vulnerabilidad sísmica	7
8.4. Amortiguamiento.....	7
8.5. Dispositivos de control de respuesta sísmica.	7
8.6. Disipadores sísmicos.	8
8.7. Disipadores histeréticos metálicos.	11
8.8. Disipadores Viscoelásticos	13
8.9. Disipadores de fricción.....	13
8.10. Amortiguadores de masa sintonizada.	14
8.11. Disipadores basados en materiales con memoria de forma (SMA).....	15
8.12. Disipadores en norma	15
9. CRONOGRAMA.....	18
10. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	18
10.1. Abrazadera con restricción de pandeo BRB.....	15
10.2. Disipadores metálicos de fluencia por corte DMFC.....	15
10.3. Disipadores SLB (Shear-Link Bozzo)	16

10.4.	Dispositivos de control de flexión metálicas en forma de U.....	17
11.	CONCLUSIONES.....	33
12.	BIBLIOGRAFIA.....	35

Índice de Figuras

<i>Ilustración 1</i>	<i>Tipo de disipadores sísmicos.</i>	9
<i>Ilustración 2</i>	<i>Esquema de cada estructura.</i>	10
<i>Ilustración 3</i>	<i>Esquema de los pórticos analizados.</i>	10
<i>Ilustración 4</i>	<i>Disipadores ADAS sobre contraviento Chevrón.</i>	12
<i>Ilustración 5</i>	<i>Disipadores TADAS sobre contraviento Chevrón.</i>	12
<i>Ilustración 6</i>	<i>Componentes disipador viscoelástico.</i>	13
<i>Ilustración 7</i>	<i>Brazo metálico tipo Quaketek.</i>	13
<i>Ilustración 8</i>	<i>AMS instalado en el Modelo TAIPE 101.</i>	14
<i>Ilustración 9</i>	<i>Disipador SLB</i>	16
<i>Ilustración 10</i>	<i>Placas de flexión metálicas en forma de U.</i>	17
<i>Ilustración 11</i>	<i>Numero de artículos y países.</i>	19
<i>Ilustración 12</i>	<i>Numero de artículos y Usos de la edificación.</i>	20
<i>Ilustración 13</i>	<i>Numero de artículos y sistema constructivo.</i>	22
<i>Ilustración 14</i>	<i>Numero de artículos y técnica constructiva.</i>	24
<i>Ilustración 15</i>	<i>Numero de artículos y tipo de disipador.</i>	26
<i>Ilustración 16</i>	<i>Numero de artículos y configuración del disipador.</i>	27
<i>Ilustración 17</i>	<i>Numero de artículos y pisos de la edificación.</i>	28
<i>Ilustración 18</i>	<i>Numero de artículos y funcionalidad,</i>	30
<i>Ilustración 19</i>	<i>Numero de artículos y desempeño.</i>	31

Índice de Tablas

<i>Tabla 1</i>	<i>Protocolo de búsqueda.</i>	4
<i>Tabla 2</i>	<i>Categorías y subcategorías de análisis.</i>	6
<i>Tabla 3</i>	<i>Cronograma de las actividades en meses.</i>	18
<i>Tabla 4</i>	<i>Funcionalidad y desempeño para cada uso de la edificación.</i>	21
<i>Tabla 5</i>	<i>Funcionalidad y desempeño para cada sistema constructivo.</i>	23
<i>Tabla 6</i>	<i>Funcionalidad y desempeño para cada técnica constructiva.</i>	25
<i>Tabla 7</i>	<i>Funcionalidad y desempeño para cada rango de pisos.</i>	29
<i>Tabla 8</i>	<i>Funcionalidad y desempeño para cada disipador.</i>	32

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El continente americano tiene un alto riesgo de actividad sísmica debido al choque de diversas placas tectónicas que rodean la región occidental, en América del Sur y Centroamérica se establecen al menos seis placas que son causantes de los sismos y específicamente de los terremotos a gran escala a lo largo de la historia, (Udias, 1998) Identifica la zona más activa corresponde a la región occidental, mientras que en la zona oriental que bordea los Andes muy baja; a este fenómeno sísmico se le llama el Cinturón de Fuego del Pacífico que consiste en zonas de subducción donde se presentan movimientos telúricos importantes y actividad volcánica (López, Villarreal, & Álvarez, 2017).

De acuerdo con (Ayala, Delgadillo, & Ferrer, 2017) estos fenómenos geológicos han provocado miles de movimientos sísmicos en Latinoamérica, algunos más fuertes que otros en la escala Richter, desde el siglo XX se han generado estudios comparativos sobre los sismos que más afectaciones han generado, se presentan gran cantidad de ellos en la zona de México, Colombia, Chile, Perú, en las zonas occidentales donde se encuentra el Cinturón de Fuego del Pacífico. En países como Colombia, se han presentado fuertes sismos durante de la década de 1990 como el ocurrido en el departamento del Cauca en el año 1994 con una magnitud de 6.0 en la escala de Richter y en el Eje Cafetero en 1999 siendo el más impactante a nivel de pérdidas de vidas humanas. En la última década se han presentado sismos importantes en Chile, Haití, Ecuador y México con magnitudes que sobrepasan los 7 puntos en la escala Richter.

(Genatios & Lafuente, 2016) describen dos tipos de dispositivos de control de respuesta sísmica para las infraestructuras: Los aisladores y disipadores de energía lo que nos permiten es tener la funcionalidad de la estructura, elevar el confort de los que ocupan el edificio en caso de sismos, y proporcionar protección sísmica adicional en caso de ocurrir algún daño estructural posterior al sismo; los aisladores generan una discontinuidad en la transmisión del movimiento de la fundación a la estructura mientras que los disipadores son utilizados en sistemas de control pasivo de estructuras que se integran al diseño estructural. Ambos son importantes para preservar las condiciones de las estructuras, sin embargo, los disipadores son más usados por su bajo costo en comparación con los aisladores, y así mismo, se han generado alternativas para su integración en las estructuras.

Dada la diversidad de disipadores que se encuentran en el mercado de la construcción y la necesidad de cumplir con requerimientos normativos, es importante reconocer cuáles son los más usados y por qué estos son los más usados en Latinoamérica, cuáles son las especificaciones que se cumplen y la característica que deben cumplir para adecuarse a las necesidades. Existen investigaciones de diferente índole que dan cuenta de estudios de casos de implementación de disipadores en las estructuras y los análisis tanto de desempeño como de funcionalidad. Estas investigaciones están aisladas y algunas solo se centran en la descripción de los disipadores, sin embargo, es importante abordar el conocimiento local a fin de determinar cuáles dispositivos de control a la respuesta sísmica, especialmente los disipadores son adecuados en la región, que tiene unas características geológicas, demográficas y constructivas diferenciadas de países como Estados Unidos o Japón que son expertos en estos sistemas constructivos.

Es por esto que la presente investigación pretende abordar investigaciones latinoamericanas de los últimos diez años respecto a los disipadores sísmicos que se han implementado, teniendo en cuenta que las tecnologías han generado innovaciones adaptables a los diferentes contextos. La pregunta de investigación que guía la presente investigación es: ¿Cuál es el desempeño y funcionalidad de los disipadores sísmicos implementados como dispositivos de control de respuesta sísmica en Latinoamérica durante la última década?

JUSTIFICACIÓN.

La presente propuesta de investigación se hace con el propósito de ampliar la mirada investigativa a un tema álgido a nivel constructivo y socioeconómico, es importante hacer un recorrido de las técnicas constructivas que puedan generar beneficios a nivel de gestión de riesgos sísmicos, teniendo en cuenta el cambio climático y las características geomorfológicas de Latinoamérica, como lo explicitan (Genatios & Lafuente, 2016) la mayoría de teoría respecto a este proceso de construcción está dada por países potencia como Estados Unidos y Japón, no obstante, la teoría requiere de la confrontación con los escenarios constructivos diversos como el latinoamericano que se compone de diversos ecosistemas, suelos y climas que son importantes reconocer para dar cuenta de las ventajas y desventajas de los disipadores sísmicos en términos de desempeño y funcionalidad.

Es importante ahondar en este tema porque constituye una necesidad a nivel social y porque permite el reconocimiento de innovaciones tecnológicas alrededor de la seguridad humana. El beneficio de este proceso investigativo se genera a nivel académico puesto que representa una contribución en la compilación de estudios que permiten dar cuenta de generalidades, similitudes y diferencias sobre el tema para la gestión del conocimiento en la disciplina constructiva; por otro lado, es una contribución al desarrollo teórico-práctico a partir del reconocimiento de las nuevas técnicas y aplicaciones que se han generado desde la región, constituyendo una perspectiva diferenciada y local. Por otro lado, este estudio contribuye a los lectores interesados en conocer las técnicas constructivas recientes para su aplicación o para la ampliación de la temática, así como a interesados en realizar investigaciones que requieran un estado del arte a nivel regional. Los estudios que se van a abordar son los que centran en la aplicación de los dispositivos de control de respuesta sísmica en Latinoamérica porque es importante la reducción de fuerzas cortantes que nos proporciona el disipador sísmico además de que nos reduce el daño en elementos estructurales como en los no estructurales.

OBJETIVOS.

6.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar el desempeño y funcionalidad de los disipadores sísmicos que se implementan en las estructuras en estudios de caso e investigaciones de Latinoamérica durante la última década.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir los tipos y características de los disipadores como dispositivos de control de respuesta sísmica que se utilizan en estudios de caso e investigaciones latinoamericanas para dar cuenta del panorama durante la última década.
- Establecer similitudes y diferencias respecto al uso de disipadores en la región latinoamericana abordando técnicas constructivas y materiales.

Identificar las configuraciones relevantes de los disipadores sísmicos dentro de las investigaciones latinoamericanas para conocer transformaciones a nivel de desempeño y funcionalidad.

METODOLOGÍA.

7.1. Tipo de investigación.

La propuesta de investigación se enmarca en la investigación mixta que es la integración de métodos cualitativos y cuantitativos, para (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014): “Los métodos mixtos

representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.”

En este caso el método mixto se aborda en función de la información proveniente respecto a los tipos de disipadores que se utilizan, es importante tener datos cuantitativos sobre los desempeño y funcionalidad para definir los disipadores más pertinentes en cada caso, recolectar formulaciones respecto a los procesos físicos y mecánicos que interfieren para la elección de un disipador particular y otros datos estadísticos que permitan analizar el panorama latinoamericano. Por otro lado, también es importante conocer aspectos cualitativos como las necesidades constructivas, los contextos, las concepciones alrededor de la obra de construcción y otros elementos de naturaleza cualitativa para dar cuenta de los procesos que intervienen integralmente en el desarrollo de disipadores en la región latinoamericana.

7.2. Diseño de investigación

Desde el enfoque mixto se establecen diferentes diseños de acuerdo con la teoría de la metodología de (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) el que se puede integrar en esta investigación es el de diseño de triangulación concurrente que de acuerdo con los autores de manera sincrónica se recolectan y también se analizan datos cuantitativos y cualitativos acerca del problema de investigación más o menos en igual periodo de tiempo. Sin embargo, durante la lectura y la discusión se finalizan justificando las dos clases de resultados, y por lo regular se efectúan paralelismo de las bases de datos.

En este sentido se utiliza este diseño para analizar conjuntamente los datos tanto cuantitativos como cualitativos para conocer aspectos puntuales de las categorías de análisis, es un proceso de triangulación en donde se complementan, comparan y analizan los datos con la teoría para dar respuesta a la investigación.

7.3. Población y muestra

En este proceso no se trabajan con fuentes vivas, es decir, con sujetos sino con fuentes secundarias que son las investigaciones y trabajos que se han realizado sobre la temática, con una base de 50 fuentes bibliográficas para ello se presenta un protocolo de búsqueda tomado de (Carranza, Gómez, & Ramos, 2017) que se presenta a continuación:

Tabla 1

Protocolo de búsqueda.

Términos de búsqueda	Disipadores sísmicos, uso de disipadores en Latinoamérica, Dispositivo de respuesta sísmica, edificaciones con disipadores sísmicos, desempeño de los disipadores sísmicos, funcionalidad de disipadores sísmicos.
Idioma	Español e inglés
Recursos	Scopus, Springer Link, Science Direct, Ebsco, Booklick, Google Académico
Fecha	2011-2021

Nota: Modificado de (Carranza, Gómez, & Ramos, 2017).

7.4. Técnicas de recolección de datos

Para lograr estos análisis se hace uso de la revisión documental que es definida por (Hoyos, 2000) como una técnica que tiene como propósito demostrar qué se ha hecho o dicho respecto a un tema, a través de investigaciones afines y que delimitan el campo de conocimiento.

De acuerdo con esta misma autora, la investigación documental es una síntesis del estado de un tema con el análisis y comprensión del contexto del tema. De esta manera se deben seguir dos fases: la de recolección de información y la del análisis de la información. Para (Hoyos, 2000) la primera fase tiene dos etapas que son la búsqueda de la información desde diversas fuentes, en este caso, las fuentes son secundarias y se remiten a investigaciones como artículos científicos, investigaciones, trabajos de grado y posgrado que se encuentran en las bases de datos bibliográficas que ofrece la universidad y de los repositorios virtuales de otras instituciones educativas. Para la segunda etapa se genera la sistematización de la información que puede ser a través de fichas o una matriz bibliográfica. En este caso, se hace uso de una matriz en Excel con los principales aspectos de cada texto, (Hoyos, 2000) presenta uno que es pertinente para la investigación esta matriz consta de:

- Título
- Autores
- Año
- Técnicas constructivas
- Tipo de disipador
- Materiales
- Desempeño
- Funcionalidad
- Conclusiones

Con esta matriz se pretende tener una visión integral de todos los documentos para abstraer la información más relevante que dé respuesta a cada objetivo específico. La segunda fase es de la interpretación, para eso se analiza la información, se abstraen los apartados que responden a cada objetivo en categorías y subcategorías que correspondan a cada uno, a continuación, se presenta un esquema para este proceso:

Tabla 2*Categorías y subcategorías de análisis.*

Objetivo	Categoría	Subcategoría
Describir los tipos y características de los disipadores como dispositivos de control de respuesta sísmica que se utilizan en estudios de caso e investigaciones latinoamericanas para dar cuenta del panorama durante la última década	Tipos de disipadores	Disipadores histeréticos metálicos Disipadores Viscoelásticos Disipadores de fluidos viscosos Disipadores de fricción Disipadores basados en materiales con memoria de forma (SMA)
Identificar las innovaciones de los disipadores sísmicos dentro de las investigaciones latinoamericanas para conocer transformaciones a nivel de desempeño y funcionalidad	Innovaciones de disipadores Desempeño Funcionalidad	Cumplimiento de requisitos Características físico-mecánicas
Establecer similitudes y diferencias respecto al uso de disipadores en la región latinoamericana abordando técnicas constructivas y materiales	Técnicas de construcción	Materiales

Nota. Elaboración propia.

MARCO TEÓRICO.

8.1. Sismo.

Los Sismos, Temblores o Terremotos según (Rodríguez, 2013) son fenómenos geológicos que pasan repentinamente producto de la liberación rápida de la energía acumulada en una zona del interior de la Tierra. Cabe resaltar siempre que un sismo es un fenómeno natural vinculado con los procesos que ocurren dentro en la Tierra y que no tienen ninguna relación con el calor, el frío u otros procesos meteorológicos.

8.2. Sismo resistencia.

De acuerdo a lo anterior mencionado las edificaciones están construidas según (SENA, 2016) con una cualidad que se le da a una construcción mediante la ejecución de las técnicas de diseño mediante la incorporación en su constitución física y su configuración geométrica, de componentes estructurales especiales que la capacitan para aguantar las cargas que se manifiestan durante un evento sísmico.

8.3. Vulnerabilidad sísmica.

Por eso la vulnerabilidad sísmica de una edificación, de acuerdo con (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2007) se determina como su tendencia consecutiva a sufrir daño ante la contingencia de un evento sísmico y está relacionada de primera mano con sus características físicas y sus características estructurales de diseño.

8.4. Amortiguamiento.

Por ende, se estiman los valores de amortiguamiento que son naturalmente valoración de las relaciones de amortiguamiento modal y suficiente para análisis lineal. Para esto se determinan los coeficientes de la matriz de amortiguamiento; es obligatorio según (Aparicio, 2015) para montar la ecuación correspondiente obtenida de equilibrio dinámico junto con la realización del análisis lineal.

de acuerdo a lo anterior planteado y según lo que dice (Aparicio, 2015)“El amortiguamiento es una de las tantas propiedades de materiales y estructuras, tomando tanto a nivel macro como microscópico, por esto son particularmente factible a la presencia de fisuras, microgrietas y grietas. Por lo cual este fenómeno disipa energía mecánica en un sistema (Primeramente, en la generación de energía y calor). La amortiguación establece la amplitud de la onda en la resonancia y el tiempo en el que persiste la vibración después que culmina el sismo.”

8.5. Dispositivos de control de respuesta sísmica.

Par todo esto es que se emplea los dispositivos de control de respuesta sísmica, Según lo que dice (Ahumada, 2010) tienen el propósito de generar diferentes códigos sismorresistentes para diseños de estructuras que no admiten daños en sismos de intensidad leve pero sí para que se mitiguen estos en sismos severos; se espera que con estos requisitos, directrices y demás documentación y experimentación las estructuras no colapsen bajo ningún evento de movimiento de masas. La resistencia es el vector principal de toda estructura tanto desde su razón de existencia como en cualquier evento en donde se exponga, así como la ductilidad para que pueda deformar en el rango inelástico permitiendo disipar las energías. De acuerdo con este autor, este proceso de construcción desde un enfoque sismorresistente no es nuevo, desde el siglo XX se ha vinculado con las vibraciones propias de las edificaciones y las posibles deformaciones por los movimientos de masas, los primeros experimentos buscaron aumentar el amortiguamiento, el aislamiento y la absorción de los elementos de la estructura.

En términos matemáticos, los sistemas de control sísmico tienen el objeto de liberar a la estructura de las fuerzas externas producidas por el ambiente como los vientos y los mismo sismos, la dinámica estructural se aborda bajo tres fuerzas que son: la fuerza inercial que se determina por la aceleración de la masa estructural por acción del movimiento, la fuerza de amortiguamiento de elementos no estructurales y el rango elástico en donde a mayor rigidez mayor fuerza sobre la estructura; de acuerdo con (Ahumada, 2010) estas fuerzas sumadas deben contrarrestar el efecto del sismo transmitido desde la base de la estructura yendo en dirección contraria a la fuerza de las ondas sísmicas superficiales.

Para lograr un sistema de control se debe tener en cuenta la mejora de la respuesta de la masa, el amortiguamiento y la rigidez tanto en construcciones nuevas como en edificaciones existente, para ello se han desarrollado diferentes sistemas de protección que van de diseños simples a complejos con automatización, de acuerdo con (Lopez, Retamales, & Kannegiesser, 2011) estos dispositivos se pueden dividir en tres categorías que son los activos, semiactivos y pasivos. Los sistemas activos incluyen

dispositivos complejos con sensores de movimiento, procesamiento de información y actuadores dinámicas, es decir, estos se encargan de monitorear las respuestas sísmicas en tiempo real y a partir de los datos, aplican las fuerzas necesarias que disminuyan el efecto sísmico en la estructura. Tiene ventajas a nivel de protección siendo la alternativa más eficiente por su acción en tiempo real, sin embargo, es un sistema de altos costos que solo se utilizan en países como Estados Unidos y Japón.

Los sistemas semiactivos cuentan con mecanismos de monitoreo, pero no necesariamente aplica control directo sobre la estructura, sino que se aplican las propiedades mecánicas en sistemas de disipación de energía como amortiguadores de masa (Gomez, Marulando, & Thomson, 2008) Los sistemas pasivos son para (Lopez, Retamales, & Kannegiesser, 2011) los sistemas más usados y se incluyen los de aislación sísmica de base como también los disipadores de energía, de acuerdo con estos autores, estos reducen la respuesta dinámica de las estructuras con sistema mecánicos para disipar energía por mediante el calor.

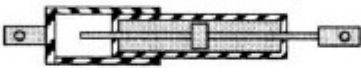
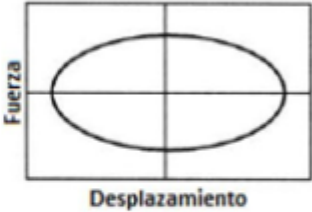




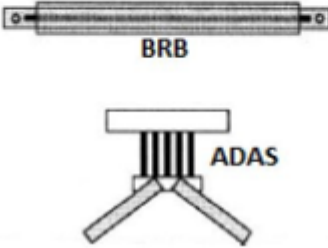

Los dispositivos se dividen entre disipadores de energía y también aisladores sísmicos. Los disipadores disipan la energía de los sismos, vientos o cualquier evento dinámico para minimizar los daños en los elementos estructurales y no estructurales, aumentan el nivel de amortiguamiento; mientras que los aisladores separan el edificio de los movimiento del suelo con objetos flexibles en dirección horizontal ubicándose en la fundación o subestructura del edificio o en los pisos superiores, tienen el objetivo de reducir la rigidez del sistema mejorando la aislación hasta tres veces mayor que un edificio que no maneja un sistema de protección (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 1999)

8.6. Disipadores sísmicos.

Como se mencionó anteriormente, los disipadores tienen el objeto de disipar la energía que se introduce en el sistema estructural por las fuerzas dinámicas externas, aumentando el nivel de amortiguamiento, para (Genatios & Lafuente, 2016) son dispositivos adicionales de protección para que la energía de entrada no haga deformaciones significativas existen varios tipos de disipadores que se encuentran a continuación.

Ilustración 1

Tipo de disipadores sísmicos.

<p>De Fluido Viscoso</p>		
<p>Sólido Viscoelástico</p>		
<p>De Fricción</p>		
<p>Histerético Metálico</p>		

Nota: Tomado de (Cano Castaño, 2020).

Para la configuración de dichos disipadores tomamos como referencia la siguiente tabla que nos muestra un esquema sobre las ubicaciones de los disipadores.

Ilustración 2

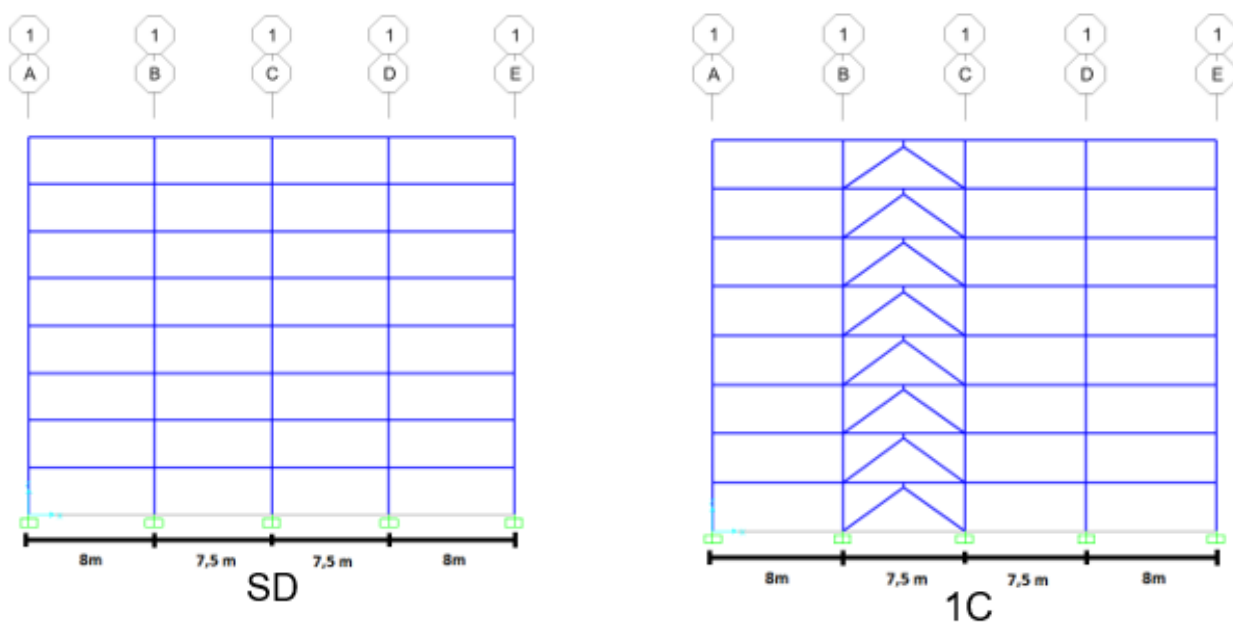
Esquema de cada estructura.

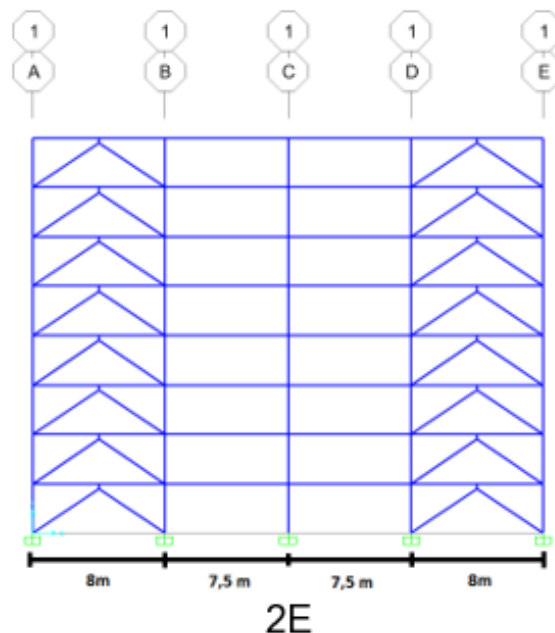
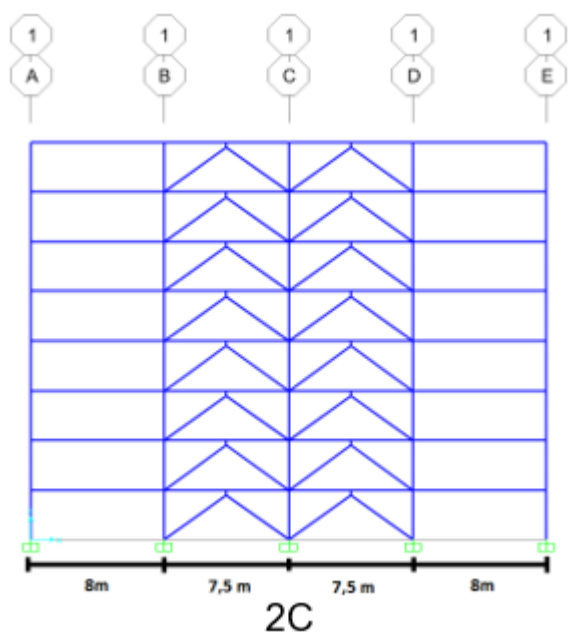
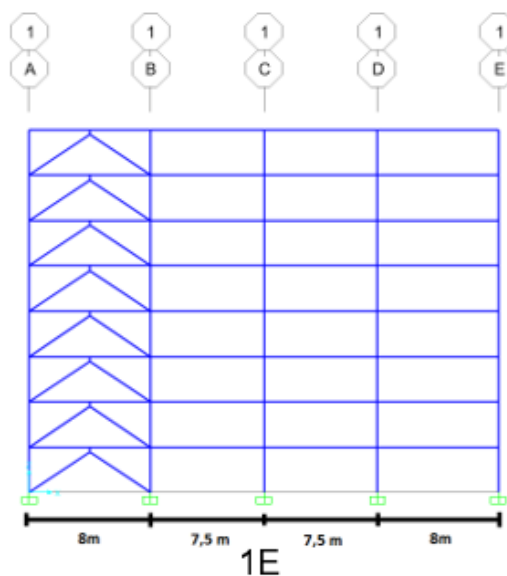
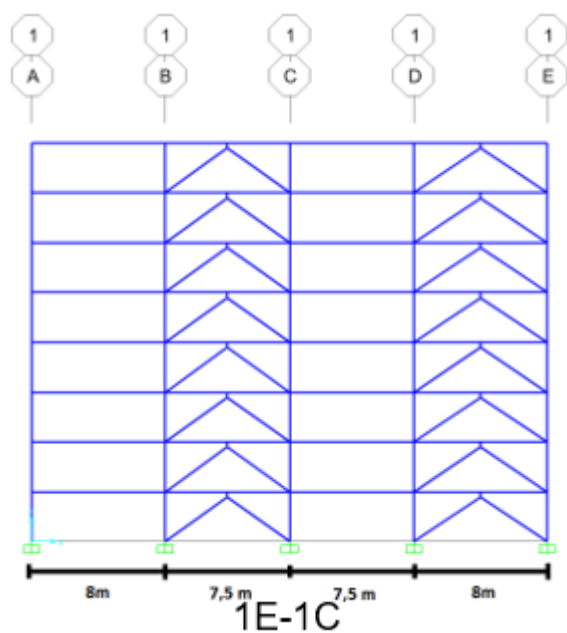
Notación	Descripción
SD	Pórtico sin ningún tipo de disipadores
1C	Pórtico con el sistema de disipación ubicado en un único vano central, concretamente el vano BC
1E	Pórtico con el sistema de disipación ubicado en un único vano exterior, concretamente el vano DE
1E-1C	Pórtico con el sistema de disipación ubicado en dos vanos, uno exterior y uno central, concretamente BC y DE. En este caso cada vano se refuerza con 5 placas, para que en conjunto conformen las 10 placas.
2C	Pórtico con el sistema de disipación ubicado en los dos vanos centrales (BC y CD). En este caso cada vano se refuerza con 5 placas, para que en conjunto conformen las 10 placas.
2E	Pórtico con el sistema de disipación ubicado en los dos vanos exteriores (AB y DE). En este caso cada vano se refuerza con 5 placas, para que en conjunto conformen las 10 placas.

Nota: Tomado de (Cano Castaño, 2020).

Ilustración 3

Esquema de los pórticos analizados.





Nota: Tomado de (Cano Castaño, 2020).

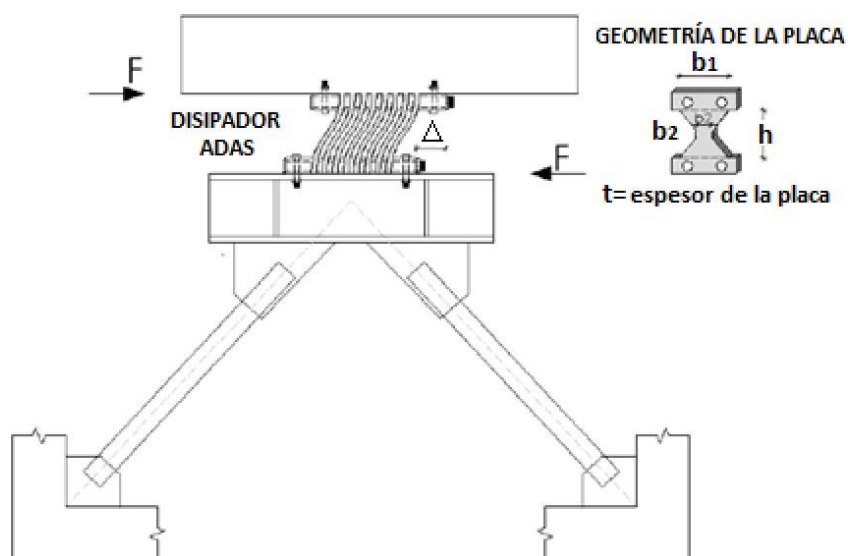
8.7. Disipadores histeréticos metálicos.

Se trata de disipadores que se utilizan en diferentes estructuras, alturas y materiales, utiliza una técnica en donde se interviene la respuesta sísmica de la edificación controlando el daño y agrupándolo: (Oviedo & Duque, 2013) "En general, el control pasivo ofrece grandes ventajas prácticas por: (I) requerir procedimientos más sencillos para la verificación del estado de los dispositivos, para su mantenimiento y

reemplazo durante la vida útil de la estructura, (II) utilizar menos componentes adicionales que intervienen en la respuesta de la edificación ante una excitación externa, y (III) la sencillez en los procedimientos de análisis y diseño estructurales, aptos para la práctica profesional.” Entre estos se encontramos los disipadores tipo TADAS Y ADAS

Ilustración 4

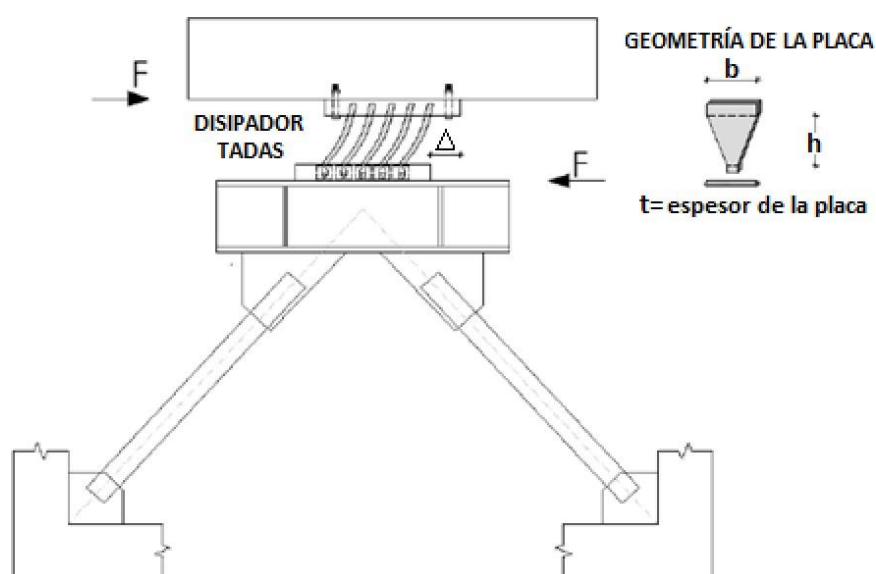
Disipadores ADAS sobre contraviento Chevrón.



Nota: Tomado de (Cano Castaño, 2020).

Ilustración 5

Disipadores TADAS sobre contraviento Chevrón



Nota: Tomado de (Cano Castaño, 2020).

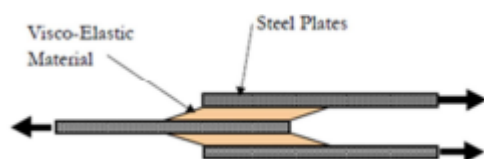
Para los disipadores hystereticos metálicos se trabajó con los siguientes documentos: Rodriguez, 2017, De Jesus, 2011, Narváez Espinoza, 2020, Cabrera, 2019, Aguilar, 2015, Charles Clifton, 2018, Sepulveda, 2012, Almazan, 2015, Siso Flores, 2017, Garber, 2012, Almazana, 2011, Bozzo, 2019, Mena Ramírez, 2019, Coronel, 2019, Purca, 2016, J.M. Jara, 2021, Bedrinana, 2021, Hernandez, 2020, Reyes, 2014 (Curadelli, 2014), Orellana, 2021, Tena, 2013, Pimiento, 2014, Morales Quispe, 2018.

8.8. Disipadores Viscoelásticos.

Por consiguiente, al igual que los otros disipadores de acuerdo con lo que dice (Mieles Bravo & Aguiar, 2007) “Este tipo de disipadores permiten el reforzamiento de estructuras ante eventuales acciones sísmicas, estos se componen por un perfil cerrado y sus caras exteriores cuentan con gomas, y sobre ellas perfiles abiertos, la goma se encuentra entre los dos perfiles de acero y en cada cara. La función que logra respecto de la disipación sísmica se presenta gracias a las deformaciones de corte de la goma que se encuentra vulcanizada en los perfiles.”

Ilustración 6

Componentes disipador viscoelástico.



Nota: Tomado de (Waleón & Lama, 2013)

Para los disipadores viscoelásticos se trabajó con los siguientes documentos: Lama Chong, 2013, Fernando, 2021.

8.9. Disipadores de fricción.

Por otro lado, también existe el disipador de fricción que según lo que dice (Villarreal Castro & Oviedo Sarmiento, 2008) “Este tipo de disipador se refiere a un mecanismo en donde se disipa la energía

Ilustración 7

Brazo metálico tipo Quaketek.

para disipadores metálicos, utilizan la fricción entre dos cuerpos sólidos deslizándose uno respecto del otro para proveer la disipación de la energía deseada. Gracias a ello se generan los efectos de amortiguamiento friccional. Hacia el final de la década de los años setenta Keightley fue el primero en utilizar este tipo de disipadores y aplicarlas a edificios, se sirvió del modelo de los frenos de los vehículos, éste consideraba que el objetivo era mejorar la respuesta sísmica de las estructuras frenando en vez de quebrando.”



Nota: Tomado de (Quiroz Gordillo, 2020).

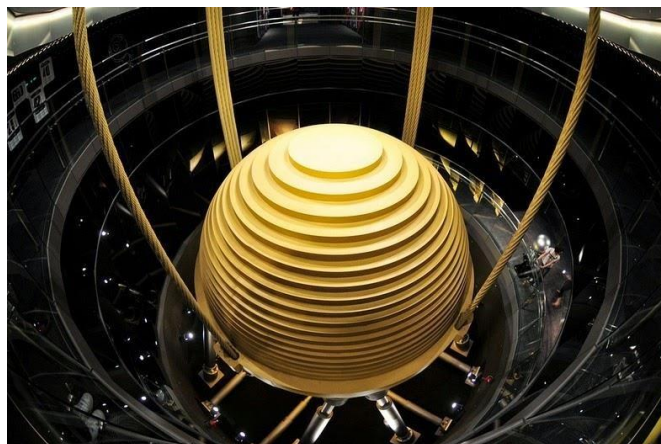
Para los disipadores de fricción se trabajó con los siguientes documentos: Clifton, 2019, Riera, 2019, Quiroz, 2020.

8.10. Amortiguadores de masa sintonizada.

El tipo Amortiguador de masa sintonizada o en sus siglas (AMS) se trata de un mecanismo que contiene un amortiguador, un resorte y una masa que es implementado a una edificación para minimizar la respuesta dinámica de la edificación. De acuerdo a lo dicho por (Cotacallapa Turpo, 2017) “El amortiguador con su frecuencia es sintonizado a la frecuencia de la edificación en el propio modo que cuando esa frecuencia es agitada, el amortiguador resonará fuera de fase con el movimiento de la edificación. La energía se disipada por medio de la fuerza de inercia amortiguadora que actuara sobre la edificación.”

Ilustración 8

AMS instalado en el Modelo TAIPE 101.



Nota: Tomado de (Cotacallapa Turpo, 2017).

Para los Amortiguadores de masa sintonizada se trabajó con los siguientes documentos: Garcia, 2018, Turpo, 2017, Aguirre, 2012.

8.11. Disipadores basados en materiales con memoria de forma (SMA).

A diferencia de los disipadores anterior tratados los materiales con memoria de forma son aquellos que pueden volver a su forma luego de haber sido deformados, el efecto de cambio de forma se refiere a dos cuestiones, ya se de tipo térmico o de tipo magnético debido lo que dice (Schiepp, Pagounis, & Laufenberg, 2014) “Este tipo de aleaciones, prometen grandes ciclos de operación en actuadores, sin fatiga, aunque, de momento, existen problemas a resolver, como los efectos de la fricción o los de la inadecuada excitación eléctrica del MSMA, que provoca el mal funcionamiento de los mismos.”

8.12. Disipadores en norma.

Para todos estos disipadores el Reglamento de Construcción Sismo Resistente de cada país de Latinoamérica contiene los requisitos para una edificación diseñada para resistir de las fuerzas que el impone su uso, los sismos de poca intensidad, sismos sin daño estructural y sismos fuertes con daños estructurales sin colapso. El objetivo principal es que la construcción tenga como principio el respeto a la vida a través de la generación de técnicas constructivas seguras y el respeto al patrimonio que se compone de la infraestructura de un territorio; es por esto, que las indicaciones que se establecen allí promueven acciones para proteger a las edificaciones de sismos fuertes para que en el momento en que estos se presenten la infraestructura no sufra daños irreparables y que sea factibles.

El alcance del proyecto es de dar los requisitos para nuevas edificaciones para la resistencia de eventos naturales y de su propio uso desde casas hasta infraestructura más grande para otros usos, para construcciones anteriores, se establecen los requisitos para evaluar, adicionar o modificar las estructuras de manera que cumplan con las directrices mínimas de una edificación segura en eventos sísmicos, estos requisitos se basan principalmente en rehabilitación y reforzamiento; también se incluye las directrices de reparación para las edificaciones que ya hayan sufrido por un evento sísmico y requiera de estas para su funcionamiento actual evitando la demolición y otros costos adicionales. El Reglamento tiene una clasificación definida para cada estructura en términos de su uso, tamaño, diseño entre otros que permite abstraer de primera mano lo esencial para cada clase.

8.13. Abrazadera con restricción de pandeo BRB.

La primera patente para estos dispositivos se hizo en Japón mediante la empresa nipón Steel, este tipo de disipador funciona consumiendo la energía sísmica y disipándola mediante la plastificación del metal es por esto que adopto el seudónimo de fusible sísmico, estos disipadores pueden llegar a fallar y destruirse totalmente con el propósito de que el sistema resistente principal de la estructura que está compuesto por vigas y columnas, se mantenga dentro de su rango elástico y no sufra daño alguno. Este tipo de disipador hace parte de los disipadores histéricos antes mencionados en el marco teórico.

8.14. Disipadores metálicos de fluencia por corte DMFC.

Buscando disipar energía económicamente, se diseñaron los dispositivos metálicos de fluencia por corte(DMFC), como el dispositivo anterior mencionado, este también funciona como un fusible estructural que permite concentrar una parte de la energía sísmica y disiparla mediante la histéresis del metal y así reducir el daño en el sistema estructural que trabaja soportando las cargas de gravedad, llegando a tal punto que si son destruidos pueden ser remplazados después de un sismo sin comprometer

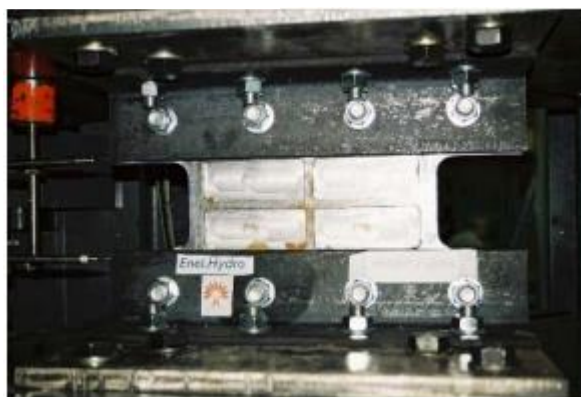
la integridad del sistema estructural. Este tipo de disipador hace parte de los disipadores histéricos antes mencionados en el marco teórico.

8.15. Disipadores SLB (Shear-Link Bozzo).

Este tipo de disipador son elaborados en Perú mediante la empresa Postensa SAC, Son unos disipadores que pertenecen a la tercera generación, de mayor capacidad de disipación y bastantes compactos con gran flexibilidad a fracturas las cuales incorporan láminas de neoprenos para así tener una protección. Este tipo de dispositivo se compone de un sofisticado sistema estructural que incorpora abrazaderas excéntricas, con esto la forma general de la que esta se compone es una sección de brida ancha bastante rígidas. Por otro lado, este tipo de disipador no está compuesto de soldadura o formas estándar. Por su parte, el dispositivo se muele con una forma estandarizada plana. En parte, como en los aparatos ortopédicos excéntricos, la disipación de esta energía es uniformemente en toda la sección, y se cumple su estabilidad siempre que se trate de evitar el pandeo de la banda. Continuando con anterior mencionado (Mena Ramirez, 2019) describe otra característica relevante del disipador Shear Link Bozzo es que puede presentar un trabajo de doble modo. En palabras de (Mena Ramirez, 2019) “Inicialmente, la energía se disipa principalmente en la banda mediante esfuerzos de cizallamiento uniformes en un modo de cizallamiento. Después de que la red se degrada, los refuerzos continúan disipando energía en un modo de flexión. La forma desviada cambia significativamente entre esos modos de uno lineal a uno curvo.” La relevancia de dicha característica es que aporta un sistema más robusto que disipa energía incluso posteriormente de que la red se desgasta.

Ilustración 9

Disipador SLB



Nota. Tomado de (Mena Ramirez, 2019).

8.16. Dispositivos de control de flexión metálicas en forma de U.

Este tipo de disipador estaría dentro del grupo de los disipadores de fricción antes comentados, pero este tipo en particular lo encontraremos dentro de los datos evaluados, En particular este tipo de dispositivos de control de vibraciones están compuestos por una serie de placas de flexión metálicas en forma de U (UFP) y todo esto para llegar a mitigar el impacto sísmico en una edificación. Según (Almazána, 2011) Cada disipador exhibe un tipo histérico unidimensional de no linealidad modelado por la ley de fuerza restauradora.

Ilustración 10

Placas de flexión metálicas en forma de U.



Nota. Tomado de (Almazána, 2011).

CRONOGRAMA

Tabla 3

Cronograma de las actividades en meses.

Actividad	Meses			
	1	2	3	4
Búsqueda de información en bases de datos y repositorios.	x			
Sistematización (organización y clasificación) de la información.		x		
Comparar la variable desempeño y funcionalidad para cada disipador sísmico.		X	x	
Comparar la variables técnicas constructivas y materiales para cada disipador sísmico.			X	x
Elaboración de conclusiones.				x
Organización de la monografía.				X

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

La búsqueda de artículos para la base de datos nos arrojó 50 documentos que comprenden desde el periodo de 2011 hasta 2021, Tomando como base América latina se obtuvo documentos de los siguientes países: Argentina, Brasil, México, Ecuador, Perú, Chile, Colombia. Con el fin de evaluar el desempeño y la funcionalidad de los disipadores sísmicos evaluado en dicho documento se evaluaron aspectos relevantes como el uso de la edificación evaluada en el documento, su técnica constructiva y sistema constructivo, también número de pisos de la edificación anotando que pisos eran los que tenían instalado el sistema de disipación. Sin olvidar que para evaluar todo esto primero teníamos que determinar qué tipo de disipador estaban utilizando, su configuración en el edificio y sus materiales.

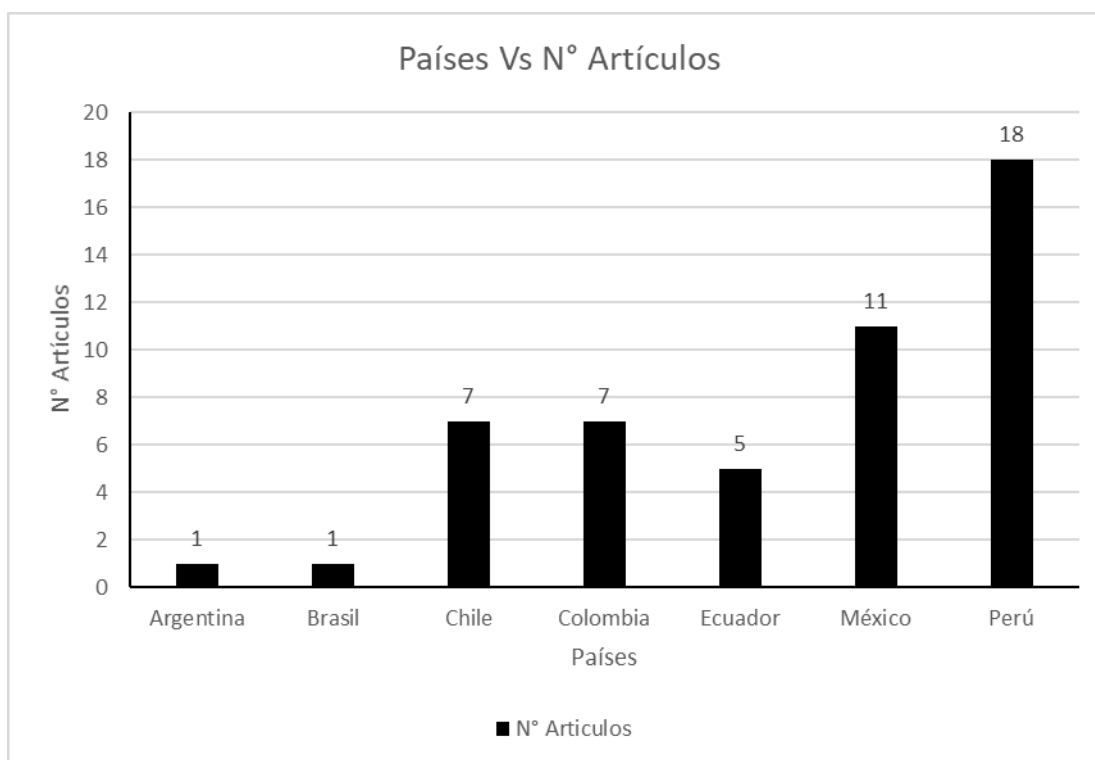
Con base a los principales disipadores propuestos en el marco teórico se encontraron configuraciones adicionales a estos que es importante evaluar.

Se manejaron unas conversiones en los datos cualitativos en las variables de funcionalidad y desempeño con el propósito de manejar solo una serie de datos en ambas variables para esto se manejo el rango de inaceptable que va desde 0% hasta 12.5%, Aceptable que su rango va desde 12.5% hasta 25%, Bueno que su rango va desde 25% hasta 37.5% y por ultimo el rango optimo que va desde 37.5% hasta 50%.

Realizando el conteo entre número de artículos y países de dichos artículos los cuales son Argentina, Brasil, México, Ecuador, Perú, Chile, Colombia; tenemos lo siguiente, 18 artículos en Perú, 11 artículos en México, 5 artículos en Ecuador, 7 artículos en Colombia como también en Chile y 1 artículo realizado en Brasil y otro en Argentina, para ser un total de 50 artículos como se puede observar en la ilustración 11.

Ilustración 11

Numero de artículos y países.

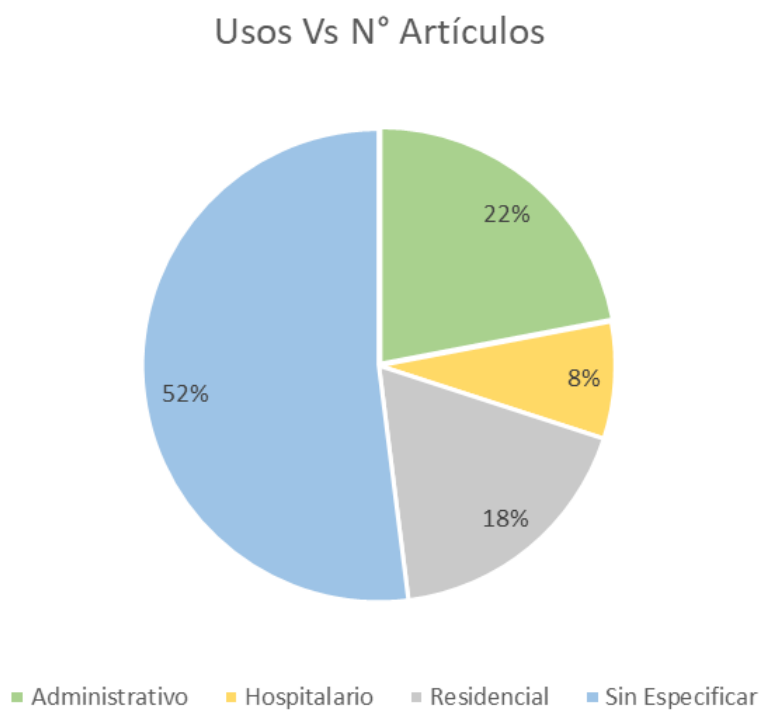


Nota. Elaboración propia.

Realizando el conteo entre los diversos usos de la edificación y el número de artículos tenemos lo siguiente, 8% se refiere a uso hospitalario, 18% se refiere a una edificación que es destinada a uso residencial, 22% tenemos que la edificación es utilizada para fines administrativos y con un 52% obtenemos que no se especificaba para que era utilizada la edificación como podemos ver en la ilustración 12.

Ilustración 12

Numero de artículos y Usos de la edificación.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior analizado respecto al número de artículos y el uso de la edificación podemos obtener la funcionalidad y el desempeño de los disipadores sísmicos en cada uso en específico, para esto se promedió los resultados obtenidos en funcionalidad y desempeño para cada tipo de disipador sísmico en la en la edificación, teniendo como resultado que los disipadores usados en edificaciones que son de uso administrativo, su funcionalidad fue buena y observamos que su desempeño fue aceptable, analizando las edificaciones que eran de uso hospitalario, los disipadores que en ellas utilizaron o se instalaron, se concluyó que su funcionalidad fue óptima y el desempeño de dichos disipadores en estas edificaciones fue bueno, al momento de hallar estas variables en las edificaciones de uso residencial obtuvimos que la funcionalidad de los disipadores allí instalados su funcionalidad fue aceptable y su desempeño fue bueno, también analizamos unas edificaciones que no especificaron su uso pero si arrojaron datos de la funcionalidad y desempeño de los disipadores en ellas utilizados concluyendo que su funcionalidad fue aceptable y el desempeño fue bueno, como lo observamos en la tabla 4.

Tabla 4

Funcionalidad y desempeño para cada uso de la edificación.

Uso	Funcionalidad	Desempeño
Administrativo	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>
Hospitalario	<i>Óptimo</i>	<i>Bueno</i>
Residencial	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>
Sin Especificar	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>

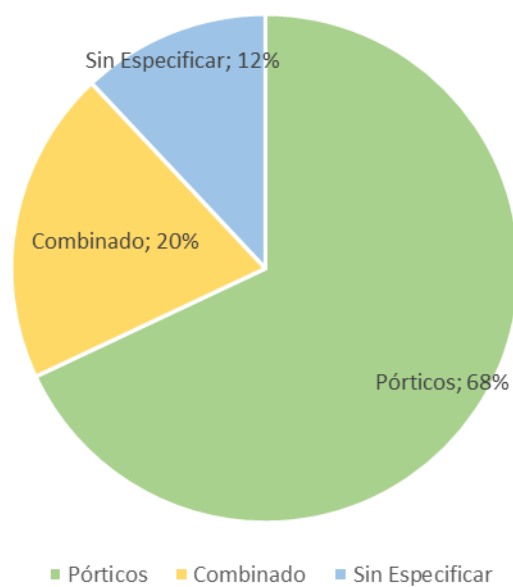
Nota. Elaboración propia.

Realizando el conteo entre el sistema constructivo utilizado y el número de artículos se obtiene lo siguiente, un 12% de los artículos no se proporciona información sobre el sistema constructivo utilizado, un 20% obtenemos un sistema constructivo combinado y por último con un 68% se asocian al sistema constructivo de pórticos, como se ve en la ilustración 13.

Ilustración 13

Numero de artículos y sistema constructivo.

Sistema constructivo Vs N° Artículos



Nota. Elaboración propia.

analizando lo anteriormente mencionado respecto al número de artículos analizados y el sistema constructivo utilizado en dicha edificación podemos obtener la funcionalidad y el desempeño de los disipadores sísmicos, para esto se promedió los resultados obtenidos en funcionalidad y desempeño de los disipadores sísmicos para cada tipo de sistema constructivo en la edificación, observando que los disipadores para el sistema constructivo en pórticos arrojaron una funcionalidad óptima con un desempeño bueno, para los disipadores instalados en sistemas constructivos combinado se obtuvo una funcionalidad buena y un desempeño también bueno y para finalizar se analizaron los disipadores en sistemas constructivos no especificados, pero si obtuvimos sus datos de funcionalidad y desempeño siendo en ambos casos aceptable.

Tabla 5

Funcionalidad y desempeño para cada sistema constructivo.

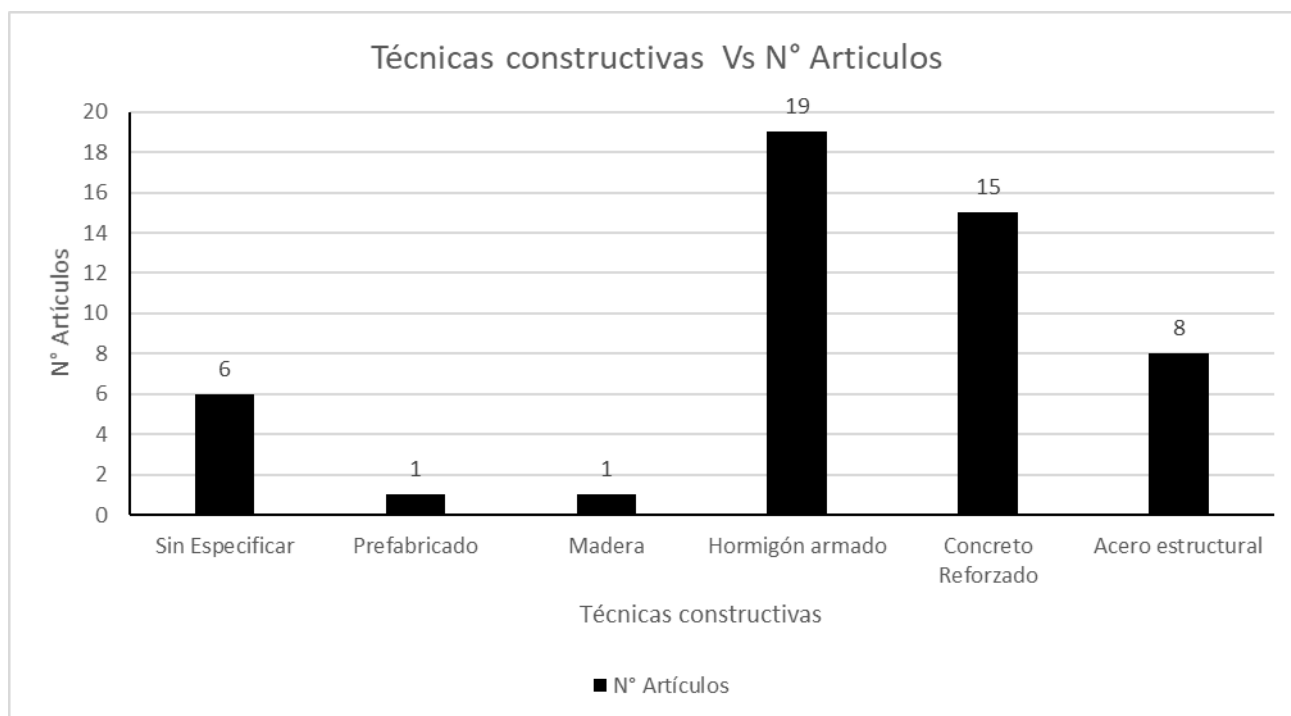
Sistema constructivo	Funcionalidad	Desempeño
Pórticos	<i>óptimo</i>	<i>Bueno</i>
Combinado	<i>Bueno</i>	<i>Bueno</i>
Sin Especificar	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>

Nota. Elaboración propia.

Realizando el conteo de los datos observamos que la técnica constructiva más utilizada en los documentos analizados es el hormigón armado y el concreto reforzado con un total de 34 artículos, esta expresado de las dos formas ya que dependiendo del país le dicen de una forma u otra, pero teniendo la claridad que se refieren a lo mismo, de ahí le sigue el acero estructural con 8 artículos, luego tenemos 6 artículos los cuales no nos especificaron bajo que técnica constructiva estaba desarrollada la edificación y por último tenemos 2 técnicas constructivas, prefabricado y en madera, como se observa en la ilustración 14.

Ilustración 14

Numero de artículos y técnica constructiva.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado respecto al número de artículos analizados y las técnicas constructivas utilizadas en las edificaciones del estudio podemos obtener la funcionalidad y el desempeño de los disipadores sísmicos, para esto se promedió los resultados obtenidos en funcionalidad y desempeño de los disipadores sísmicos para cada tipo de sistema constructivo en las edificaciones, principalmente analizamos los disipadores en las edificaciones las cuales no nos especificaron su técnica constructiva pero si la funcionalidad y desempeño de los disipadores sísmicos y en ambas ocasiones la respuesta del disipador fue aceptable, seguimos con la técnica constructiva de prefabricados y para esta los disipadores obtuvieron una funcionalidad buena y un desempeño aceptable, continuamos con la técnica constructiva en madera la cual analizando los datos se encuentra que tiene una funcionalidad aceptable y un desempeño bueno, la técnica constructiva de acero estructural arrojó una funcionalidad buena y un desempeño aceptable y por último evaluó el concreto reforzado y este arrojó una funcionalidad aceptable y un desempeño bueno, como se ve en la tabla 6.

Tabla 6

Funcionalidad y desempeño para cada técnica constructiva.

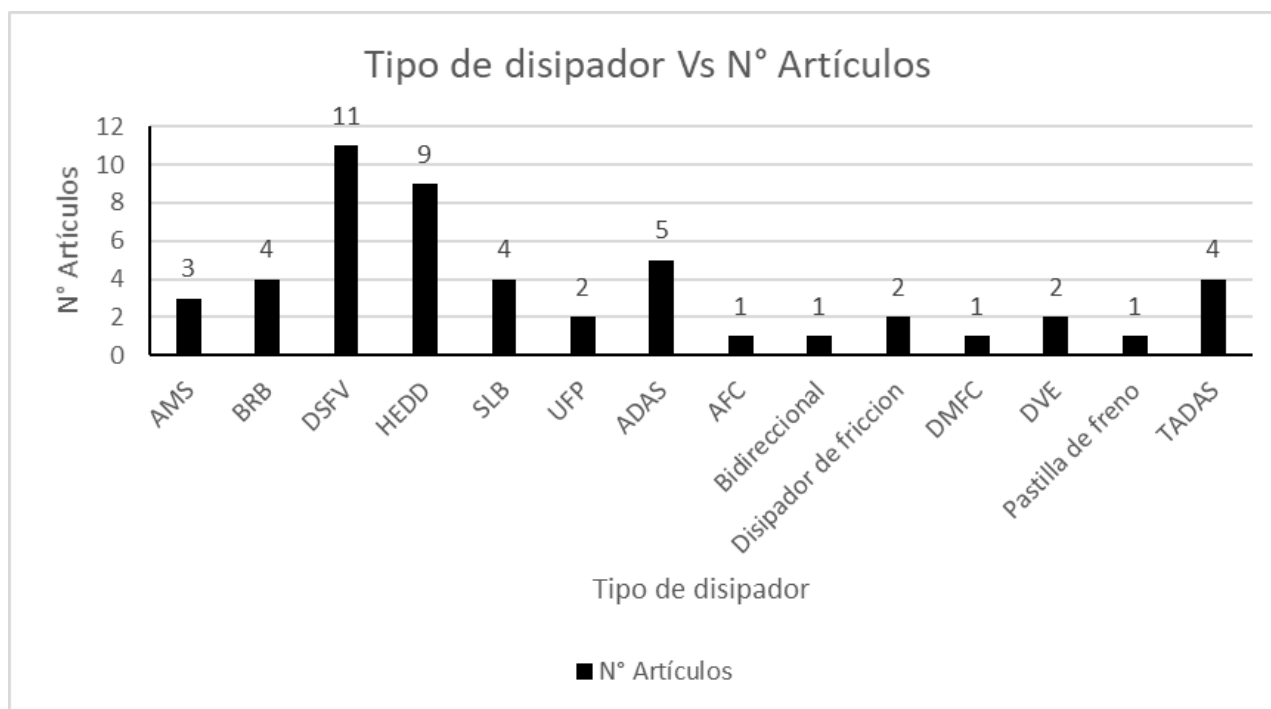
Técnicas constructivas	Funcionalidad	Desempeño
Sin Especificar	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>
Prefabricado	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>
Madera	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>
Acero estructural	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>
Concreto Reforzado	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>

Nota. Elaboración propia.

Realizando el conteo de los datos obtenidos en los documentos se puede apreciar que el disipador más utilizado es el DSFV el cual fue analizado en 11 artículos, el siguiente es el disipador tipo HHED con un total de 9 artículos, después le sigue el disipador tipo ADAS con 5 artículos, a continuación, el tipo de disipador BRB, TADAS y el SLB todos con 4 artículos, luego le sigue el disipador tipo AMS con 3 artículos, continuamos con el disipador tipo UFP, de fricción y DVE con 2 artículos cada uno y por último tenemos los disipadores tipo pastilla de freno, DMFC, Bidireccional, AFC, como se puede observar en la ilustración 15.

Ilustración 15

Numero de artículos y tipo de disipador.

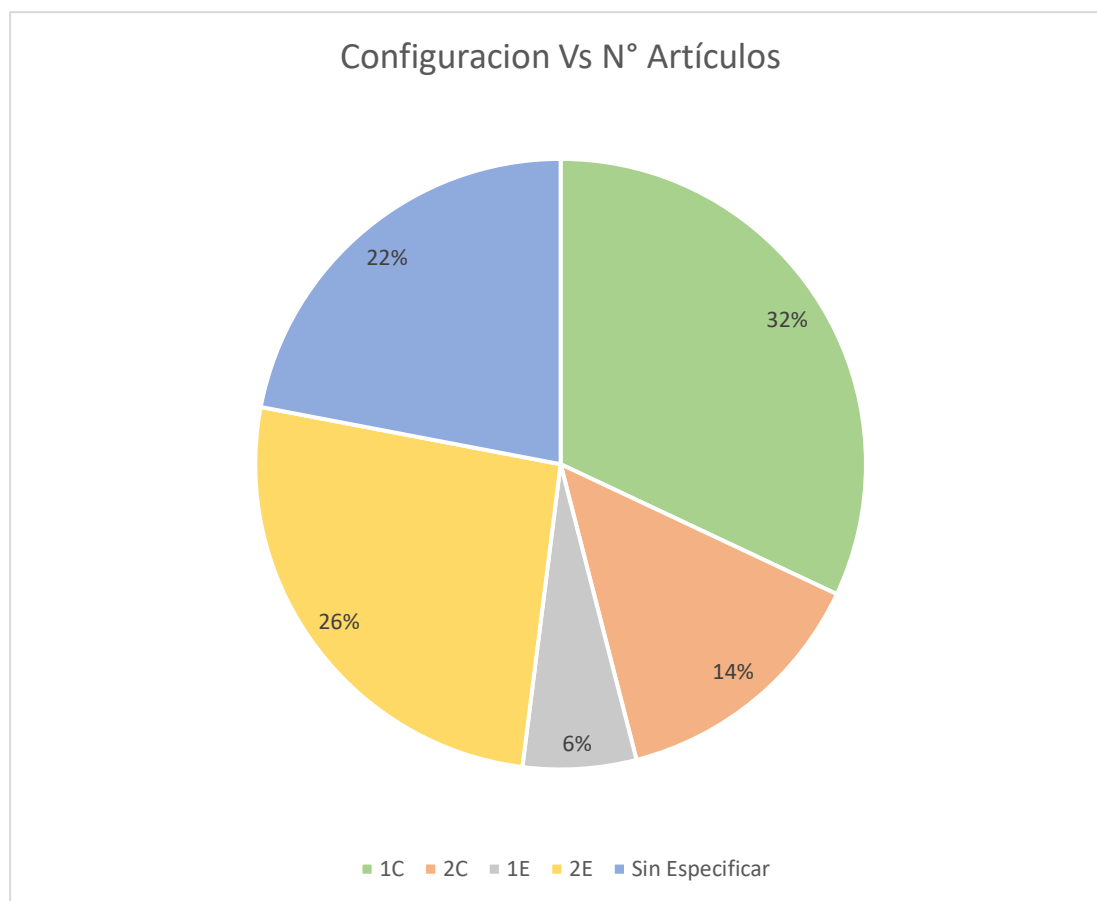


Nota. Elaboración propia.

Al analizar la configuración en que se disponían los disipadores con base al número de artículos obtenemos los siguientes datos, el 6% de los artículos utilizaron una configuración 1E, luego para el 14% obtenemos que la configuración es de 2C, le sigue el 22% en los cuales no especifican una configuración para el disipador, para el 26% obtenemos una configuración 2E y por último con un 32% tenemos una configuración de disipador 1C, como se puede observar en la ilustración 16.

Ilustración 16

Numero de artículos y configuración del disipador.

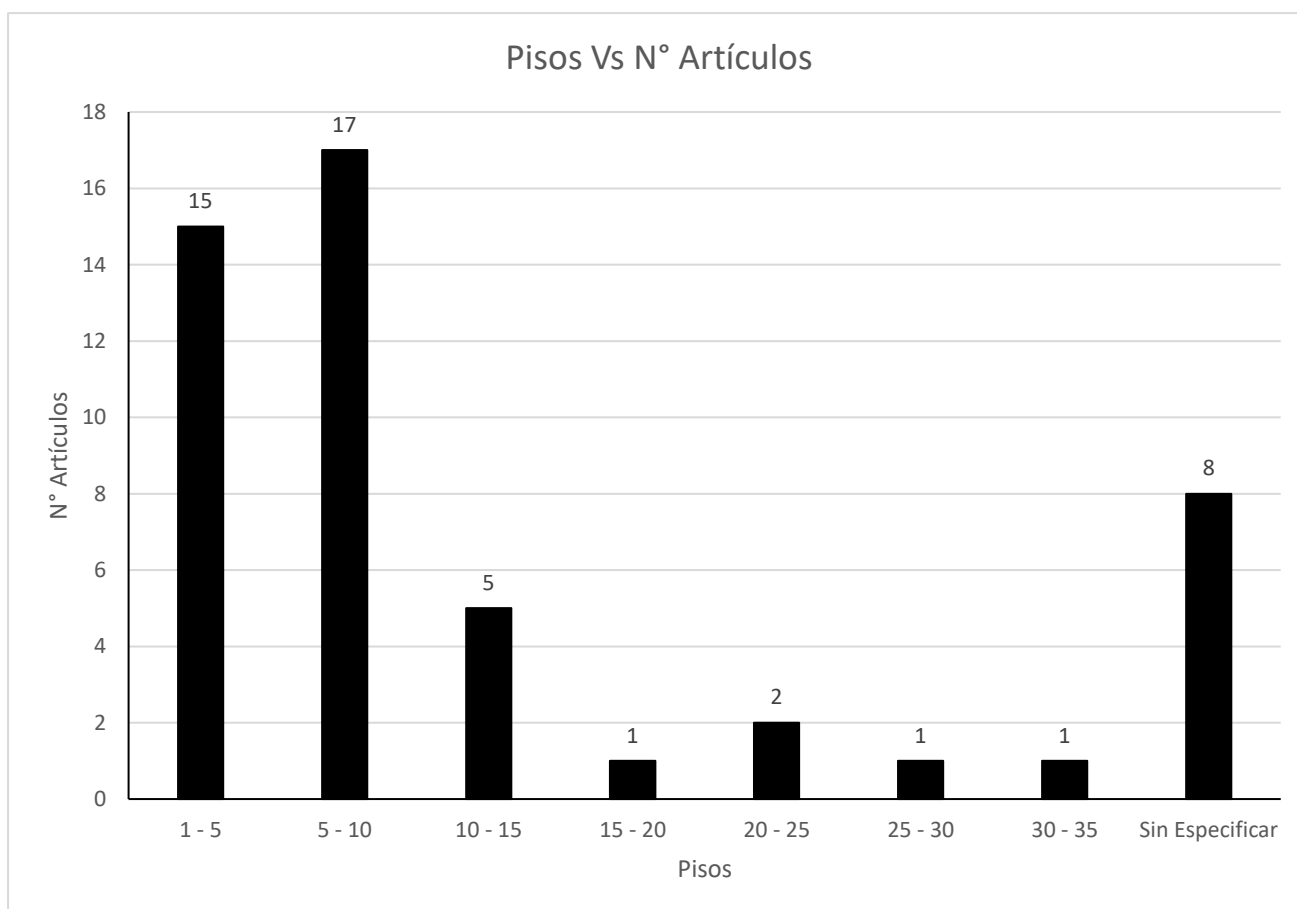


Nota. Elaboración propia.

Para el número de pisos de las edificaciones estudiadas en los distintos documentos obtenemos que hay 1 documento que habla de una edificación que esta entre los 30-35 pisos de altura, también hay 1 documento donde se reporta una edificación de 25-30 pisos de altura y también con 1 documento donde se presenta una edificación de 15-20 pisos de altura, le sigue las edificaciones de 20-25 pisos de altura que son estudiadas en 2 documentos distintos, se reconocen 5 documentos que mencionan de 10-15 pisos, también 8 documentos en los cuales no nos especifican que altura ni con cuantos pisos cuenta la edificación estudiada, de ahí se encontraron 15 documentos donde la edificación contaba entre 1 – 5 pisos y por último se encuentra 17 documentos que nos hablan de 5-10 pisos de altura, como se puede observar en la ilustración 17.

Ilustración 17

Numero de artículos y pisos de la edificación.



Nota. Elaboración propia.

En conclusión los datos anterior mente discutidos y con base en la información obtenida en los documentos analizados se encuentra la funcionalidad y el desempeño de los disipadores sísmicos respecto al número de pisos de la edificación, para esto se promedió los resultados obtenidos en funcionalidad y desempeño de los disipadores sísmicos para el número de pisos de la edificación, empezando con las edificaciones que tienen entre 1 y 5 niveles de altura obteniendo una funcionalidad buena como también su desempeño, continúan las edificaciones que tienen entre 5 y 10 pisos de altura analizado que su desempeño fue aceptable y su desempeño fue bueno, le sigue las edificaciones que tienen entre 10 y 15 niveles de altura para estos la funcionalidad fue aceptable y su desempeño fue igualmente calificado, luego continúan las edificaciones que tienen entre 15 y 20 niveles de altura para las cuales se obtuvo una funcionalidad óptima como también para su desempeño que fue igualmente valorado, le sigue las edificaciones con 20 a 25 niveles de altura que para estas su funcionalidad fue buena y obteniendo un desempeño aceptable, después se tiene las edificaciones que tienen entre 30 a 35 niveles de altura, se encontró que para ambas variables de funcionalidad y desempeño fueron inaceptables, para finalizar también se analizaron la funcionalidad y el desempeño para edificaciones las cuales no especificaron sus niveles de altura en los documentos donde para las variables analizadas se obtiene que fueron aceptables en ambos casos, como se ve en la tabla 7.

Tabla 7
Funcionalidad y desempeño para cada rango de pisos.

Pisos	Funcionalidad	Desempeño
1 - 5	<i>Bueno</i>	<i>Bueno</i>
5 - 10	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>
10 - 15	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>
15 - 20	<i>Óptimo</i>	<i>Óptimo</i>
20 - 25	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>
25 - 30	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>
30 - 35	<i>Inaceptable</i>	<i>Inaceptable</i>
Sin Especificar	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se identifica y valora la funcionalidad de algunos disipadores relevante, en particular, los que obtuvieron una valoración inaceptable de 3 disipadores los cuales son tipo SLB, tipo HEDD y tipo DSFV.

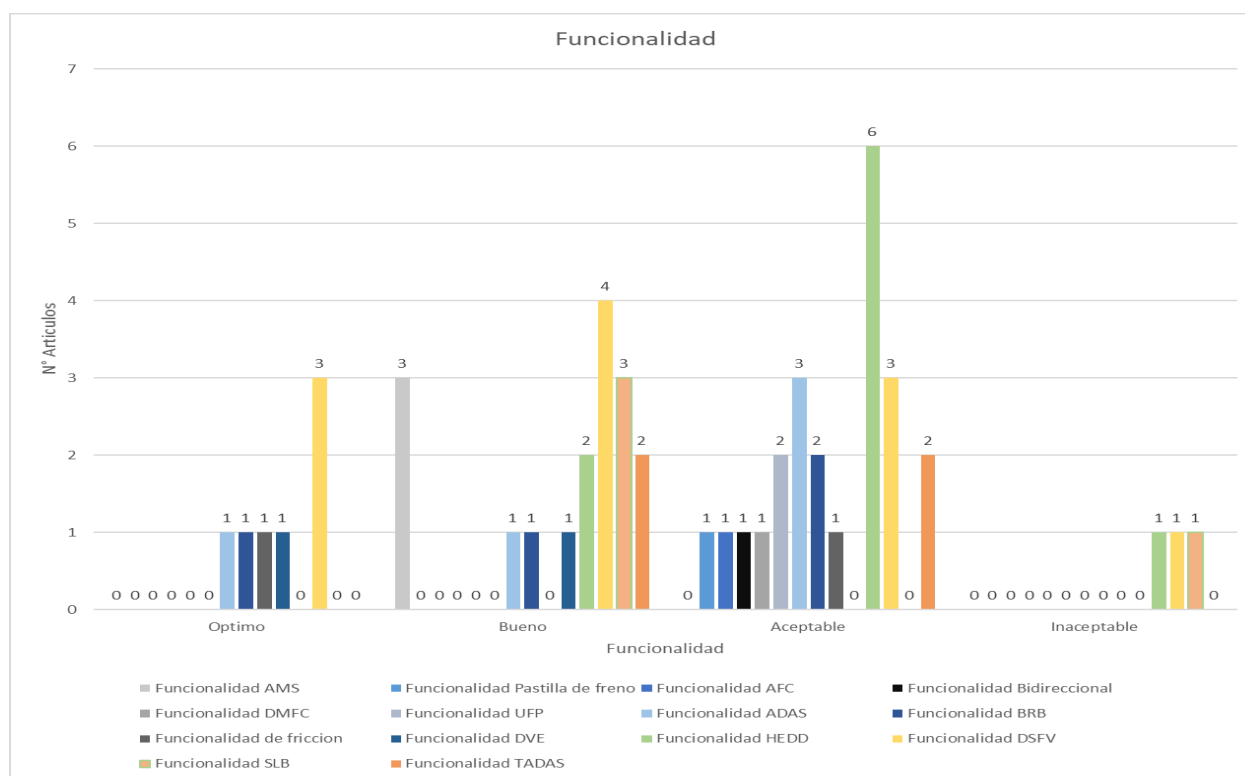
Los siguientes disipadores obtuvieron una funcionalidad aceptable en los documentos analizados empezando por el disipador denominado pastilla de freno que su funcionalidad fue aceptable en 1 documento como también el disipador tipo AFC, tipo bidireccional, tipo DMFC y de fricción. De ahí le siguen los disipadores tipo UFP, tipo BRB y tipo TADAS con 2 documentos en la cual obtuvieron una funcionalidad aceptable cada uno. Le siguen el disipador tipo ADAS y tipo DSFV con 3 artículos cada uno en los cuales observaron que estos disipadores tuvieron una funcionalidad aceptable y, por último, el disipador tipo HEDD el cual fue mencionado en 6 documentos con una funcionalidad aceptable.

A continuación se evalúa los disipadores que arrojaron una funcionalidad buena en los documentos analizados, empezando con los disipadores tipo ADAS, tipo BRB y tipo DVE con 1 artículo cada uno en los cuales evidenciaron que su funcionalidad fue buena, le siguen los disipadores tipo HEDD y tipo TADAS que en sus 2 documentos respectivamente arrojaron una funcionalidad buena, a continuación tenemos el disipador tipo SLB en el cual se mencionó en 3 documentos al igual que el disipador tipo AMS y por último tenemos el disipador tipo DSFV en el cual lo evaluaron en 4 artículos obteniendo una funcionalidad buena.

Por último, se enfatiza los disipadores con una funcionalidad óptima en los documentos analizados empezando por los disipadores tipo ADAS, tipo BRB, de fricción, tipo DVE donde en 1 artículo respectivamente se evidenció que su funcionalidad fue óptima y donde le sigue el disipador tipo DSFV en el cual al evaluarlo en el cual al analizarlo demostró en 3 documentos que tiene un nivel de funcionalidad óptimo, como se puede observar en la ilustración 18.

Ilustración 18

Numero de artículos y funcionalidad,



Nota. Elaboración propia.

Siguiendo con lo anterior planteado se identificó el desempeño relevante en los distintos disipadores evaluados a lo largo de este trabajo; Empezando con los disipadores tipo BRB, tipo DSFV y HEDD los cuales se analizaron en solo un documento respectivamente que su desempeño fue inaceptable.

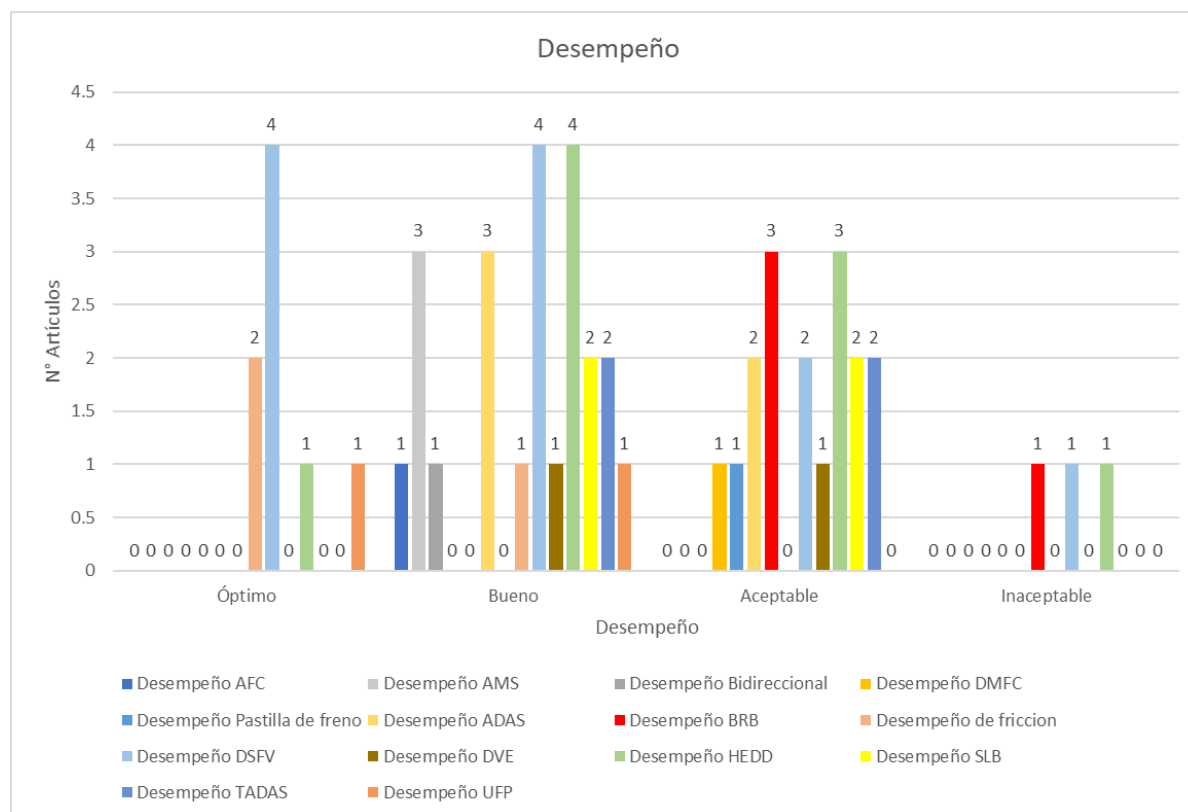
Continuando con los disipadores que en los documentos analizados obtuvieron un desempeño aceptable se tiene los disipadores tipo DMFC, pastilla de freno y DVE donde en 1 artículo respectivamente observaron que el desempeño fue aceptable, le sigue los disipadores tipo ADAS, tipo DSFV, tipo SLB y tipo TADAS en los cuales fueron estudiados en 2 documentos cada uno resultando con un desempeño aceptable y por último tenemos los disipadores tipo BRB y tipo HEDD donde en 3 artículos cada uno y se concluyó que su desempeño fue aceptable.

Ahora, se analizaron los disipadores con un nivel de desempeño bueno en el cual, se identificó que el disipador tipo UFP, tipo DVE, de fricción, bidireccional y AFC fueron estudiados en 1 documento respectivamente, continuando con los disipadores tipo SLB y tipo TADAS en donde cada uno se analizó en 2 documentos, también los disipadores tipo ADAS y tipo AMS con 3 documentos cada uno y por último con 4 documentos cada uno tenemos los disipadores tipo HEDD y tipo DSFV que también reportan el mismo nivel de desempeño.

Para finalizar tenemos los disipadores evaluados que en los documentos su nivel de desempeño fue el más alto, esto quiere decir que su nivel de desempeño fue óptimo y en esta categoría tenemos los disipadores tipo HEDD que se evaluó en 1 documento continuando con los disipadores de fricción que se evaluó en 2 documentos y terminamos con el disipador tipo DSFV el cual fue analizado en 4 documentos y demostró alcanzar este nivel de desempeño que fue óptimo, como se puede observar en la ilustración 18.

Ilustración 19

Numero de artículos y desempeño.



Nota. Elaboración propia.

Para finalizar con los datos obtenidos a lo largo de esta investigación tenemos el valor de funcionalidad y el valor de desempeño para cada tipo de disipador respecto a lo observado en la documentación estudiada, para esto se promedió los resultados obtenidos en funcionalidad y desempeño de los disipadores sísmicos, empezamos con el disipador tipo ADAS el cual su valor de funcionalidad fue aceptable y el valor de desempeño fue bueno, por otra parte tenemos al disipador tipo AFC el cual su valor de funcionalidad fue aceptable y el valor de desempeño fue bueno, entre tanto el disipador tipo AMS su funcionalidad fue buena como también su valor de desempeño, ahora el disipador tipo Bidireccional obtuvo un valor de funcionalidad buena y su valor de desempeño fue aceptable, después de este se evaluó el disipador tipo BRB el cual en ambas variables su valor fue aceptable, luego tenemos al disipador de fricción el cual tu valor de funcionalidad fue óptimo y el valor de desempeño fue bueno, después tenemos al disipador tipo DMFC el cual su valor de funcionalidad fue aceptable de igual forma que su valor de desempeño, le sigue el disipador tipo DSFV al cual se concluyo que su valor de funcionalidad fue bueno igual que su valor de desempeño, por otra parte con el disipador tipo DVE el cual obtuvo un valor de funcionalidad buena aunque su valor de desempeño fue óptimo, por su parte, el disipador tipo HEED mostro un nivel aceptable en ambas variables. Ahora se evalúa que el valor de funcionalidad para el disipador tipo SLB fue bueno de la misma manera que su valor de desempeño, después el disipador tipo TADAS el cual para su valor de funcionalidad y desempeño coinciden en un valor bueno y por último tenemos el disipador tipo UFP obtuvo un valor de funcionalidad buena y su valor de desempeño fue aceptable, como se ve en la tabla 8.

Tabla 8

Funcionalidad y desempeño para cada disipador.

Tipo de disipador	Funcionalidad	Desempeño
ADAS	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>
AFC	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>
AMS	<i>Bueno</i>	<i>Bueno</i>
Bidireccional	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>
BRB	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>
Disipador de fricción	<i>Óptimo</i>	<i>Bueno</i>
DMFC	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>
DSFV	<i>Bueno</i>	<i>Bueno</i>
DVE	<i>Bueno</i>	<i>Óptimo</i>
HEDD	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>
Pastilla de freno	<i>Aceptable</i>	<i>Aceptable</i>
SLB	<i>Bueno</i>	<i>Bueno</i>
TADAS	<i>Bueno</i>	<i>Bueno</i>
UFP	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>

Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES.

La investigación realizada determina que, si bien la mayoría de teoría respecto a este proceso de construcción está dada por países potencia como Estados Unidos y Japón, no obstante, la teoría requiere de la confrontación con los escenarios constructivos diversos como el latinoamericano que se compone de diversos ecosistemas, suelos y climas que son importantes reconocer para así potenciar aún más las edificaciones donde se incorporen disipadores sísmicos para así tener innovaciones tecnológicas alrededor de la seguridad humana, sin dejar de lado los grandes beneficios ya que es importante la reducción de fuerzas cortantes que nos proporciona el disipador sísmico además la reducción del daño en elementos estructurales como en los no estructurales.

En esta tesis se analizo el desempeño y funcionalidad de los disipadores sísmicos que se implementan en las estructuras a través de estudios de caso e investigaciones de Latinoamérica durante la última década, dando como resultado que de los disipadores analizados en los documentos todos tuvieron en promedio un buen funcionamiento al igual que su desempeño.

Se identifico que el numero de pisos de la edificación influye en que disipador es más conveniente para obtener un buen nivel de funcionalidad y desempeño, observando que no se necesita tener demasiados niveles de altura en la edificación para que esta pueda contar con disipador observando que en los documentos analizados la gran mayoría de las edificaciones esta entre 1 y 10 niveles de altura.

Se describió los tipos y características de los disipadores como dispositivos de control de respuesta sísmica que se utilizan en estudios de caso e investigaciones latinoamericanas para dar cuenta del panorama durante la última década, dando como resultado que al pasar de los años se consolidan mas fuertemente los disipadores sísmicos en Latinoamérica.

De esta manera queda en evidencia según la ilustración 16 que la ubicación de los disipadores que genera un menor cambio en las solicitaciones de la edificación es en los pórticos centrales ya que con esta configuración se obtienen los mejores valores de funcionalidad y desempeño.

Como consecuencia de lo expuesto en la ilustración 11 el país donde mas se han hecho estudios de caso sobre disipadores sísmicos es en Perú siendo un gran referente y obteniendo buenos resultados en la funcionalidad y desempeño del disipador sísmico en la edificación.

Actualmente la probabilidad de riesgo sísmico influye bastante al momento de elegir disipador a usar, ya que dependiendo de la ubicación de la edificación con el epicentro del sismo se obtiene influencia diferente en la respuesta sísmica, esto quiere decir que entre mas lejos o cerca, este la edificación del epicentro del sismo sus valores de funcionalidad y desempeño van a varias.

En esta investigación se establecieron similitudes y diferencias respecto al uso de disipadores en la región latinoamericana abordando técnicas constructivas y materiales, dando como resultado que la técnica constructiva mas utilizada es el concreto reforzado obteniendo una funcionalidad aceptable y un desempeño bueno sin despreciar los prefabricados y el acero estructural que también es bastante utilizados con valores similares de funcionalidad y desempeño.

Se identificó las configuraciones relevantes de los disipadores sísmicos dentro de las investigaciones latinoamericanas para conocer transformaciones a nivel de desempeño y funcionalidad, dando como resultado que los disipadores más utilizados son los tipos DSFV y HEDD, ambos con un nivel de funcionalidad bueno poniendo un poco por encima el desempeño del disipador tipo DSFV que fue bueno comparado con el de HEDD que fue aceptable.

Se recomienda que en edificaciones latinoamericanas no mayores a 10 niveles de altura en pórticos de concreto reforzado para uso residencial o administrativo, se implemente el disipador tipo DSFV con una configuración de 1C para garantizar una funcionalidad buena y un desempeño bueno.

BIBLIOGRAFIA

- Cano Castaño, H. A. (2020). *Evaluación del coeficiente de disipación de energía R, en edificaciones de concreto reforzado con disipadores histeréticos metálicos triangulares tipo TADAS, ubicados en zona de amenaza sísmica alta*. Bogotá.
- Mieles Bravo, Y., & Aguiar, R. (2007). *Comparación de tres métodos de análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía visco elásticos de goma*. Ecuador.
- Schiepp, T., Pagounis, E., & Laufenberg, M. (2014). *Magnetic Shape Memory Actuators for Fluidic Applications*. Alemania.
- Villarreal Castro, G., & Oviedo Sarmiento, R. (2008). *Edificaciones con disipadores de energía*. Peru.
- Aguiar, R. (2015). *CEINCI LAB Un software gratuito para encontrar la curva de capacidad sísmica de pórticos con disipadores ADAS o TADAS*. Ecuador.
- Aguirre, J. J. (2012). *Equilibrio torsional de estructuras asimétricas mediante amortiguadores de masa sintonizados*. Chile.
- Ahumada, L. (2010). *Sistemas de control en estructuras*. *Revista científica*.
- Almazan, J. L. (2015). *Reducción del potencial de daño de estructuras no lineales controladas pasivamente de manera óptima*. Chile.
- Almazana, J. L. (2011). *Desarrollo de un sistema de amortiguación y rigidez adicional ampliado para muros de corte con estructura de madera*. Chile.
- Almazána, J. L. (2011). *Sobre el diseño basado en la fiabilidad de estructuras, incluidos los sistemas pasivos de disipación de energía*. Chile.
- Aparicio, C. (2015). *Amortiguamiento en estructuras*. Mexico.
- Ayala, R., Delgadillo, A., & Ferrer, C. (2017). *Amenaza sísmica en Latinoamérica*. *Revista Geográfica Venezolana*. *Revista Geográfica Venezolana*.
- Bedrinana, J. A. (2021). *Capacidad de deformación y pandeo cíclico de amortiguadores histeréticos externos reemplazables para muros de hormigón prefabricado postensado no adherido*. Perú.
- Bozzo, L. (2019). *Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB ejemplos de aplicación*. Perú.
- Cabrera, D. S. (2019). *Investigación de la implementación de disipadores en estructuras existentes*. Perú.
- Carranza, Y., Gómez, D., & Ramos, C. (2017). *Revisión documental, una herramienta para el mejoramiento de las competencias de lectura y escritura en estudiantes universitarios*. *Chakiñan*, 46-56.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (1999). *Cursos sobre diseño y construcción sismorresistente de estructuras*. México. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2007). *Sismos*. Mexico.
- Charles Clifton, G. (2018). *Comportamiento histerético de conexiones de fricción asimétricas utilizando pastillas de freno de D3923*. Colombia.
- Clifton, G. C. (2019). *Diseño de conexión de fricción asimétrica (AFC) para disipación de energía sísmica*. Colombia.
- Coronel, D. A. (2019). *Análisis de la influencia de disipadores de energía en la respuesta modal de estructuras aperticadas de hormigón armado*. Ecuador.
- Cotacallapa Turpo, R. P. (2017). *Análisis de un edificio asimétrico de 10 niveles de concreto armado con amortiguadores de masa sintonizada*. Peru.
- Curadelli, O. (2014). *Colocación óptima de amortiguadores histeréticos no lineales en estructuras planas bajo excitación sísmica*. Argentina.
- De Jesus, H. (2011). *Propuesta de criterios de diseño sísmico conforme a reglamento para marcos no dúctiles de concreto reforzado con disipadores histeréticos*. México.
- Fernando, H. (2021). *Análisis del desempeño estructural de la tipología edificios públicos con el uso de amortiguadores viscoelásticos*. Ecuador.
- Garber, D. (2012). *Comportamiento sísmico de edificios altos de hormigón armado con sistemas constructivos convencionales y no convencionales*. Perú.

- García, D. L. (2018). *Optimización basada en riesgos del amortiguador inerte de masa sintonizado (TMDI) para la protección sísmica de estructuras de edificios de varios pisos*. Chile.
- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). Introducción al Uso de Aisladores y Disipadores en Estructuras.
- Gomez, D., Marulando, J., & Thomson, P. (2008). Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas. *Dyna*.
- Hernandez, H. (2020). *Diseño sísmico resistente de estructuras de acero con fusibles hysteréticos en un formato orientado a códigos*. México.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de investigación. McGraw Hill.
- Hoyos, B. (2000). Un modelo para investigación documental guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte con importantes reflexiones sobre la investigación Consuelo Hoyos Botero. *Señal Editorial*.
- J.M. Jara, E. H. (2021). *Efecto de la distancia epicentral sobre la aplicabilidad de los sistemas de disipación de energía y aislamiento de base para mejorar el comportamiento sísmico de los edificios RC*. México.
- Lama Chong, W. F. (2013). *Análisis y diseño de estructuras de acero con disipadores viscoelásticos para la ciudad de Guayaquil*. Ecuador.
- López, A., Villarreal, E., & Álvarez, I. (2017). Migración de fuentes sísmicas a lo largo del anillo de fuego del pacífico. *La granja*.
- Lopez, C., Retamales, R., & Kannegiesser, T. (2011). Protección Sísmica de Estructuras Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía. corporación de desarrollo tecnológico. *Cámara chilena de la construcción*.
- Mena Ramirez, A. S. (2019). *Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando disipadores sísmicos SLB*. Quito.
- Mena Ramírez, A. S. (2019). *Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando disparadores sísmicos SLB*. Perú.
- Morales Quispe, E. A. (2018). *Reforzamiento sísmico de un edificio ubicado en la zona del lago de la ciudad de Mexico*. México.
- Narváez Espinoza, M. (2020). *Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores hysteréticos*. Perú.
- Orellana, M. (2021). *Factores de amortiguación de espectros de desplazamiento para el diseño preliminar de estructuras con dispositivos hysteréticos de disipación de energía*. México.
- Oviedo, J., & Duque, M. (2013). Disipadores hysteréticos metálicos como técnica de control de respuesta sísmica en edificaciones colombianas. *EIA*, 51-63.
- Pimiento, J. (2014). *Desempeño sísmico de un pórtico con disipadores de energía pasivos de placas ranuradas de acero*. Colombia.
- Purca, R. J. (2016). *Sistema de protección sísmica mediante el uso de disipadores metálicos de fluencia por corte*. Perú.
- Quiroz Gordillo, C. D. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico con disipadores a fricción en dos edificios bajos en el centro poblado El Milagro, Trujillo 2020*. Peru.
- Quiroz, C. D. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico con disipadores a fricción en dos edificios bajos en el centro poblado El Milagro, Trujillo 2020*. Perú.
- Reyes, A. (2014). *Evaluación de la respuesta de estructuras de acero postensado con disipadores de energía utilizando sistemas equivalentes de un solo grado de libertad*. México.
- Riera, J. D. (2019). *Diseño óptimo basado en la confiabilidad de amortiguadores de fricción pasivos en edificios en regiones sísmicas*. Brasil.
- Rodríguez, C. (2013). *SISMOS Ciencia y Comunidad en la gestión*.
- Rodríguez, M. (2017). *Análisis de estructura con espectros disipadores bajo diseño y control*. Ecuador.
- SENA. (2016). *Construcción de casas sismo resistentes de uno y dos pisos*. Bogotá D.C.

- Sepulveda. (2012). *Sobre el diseño de estructuras basado en la fiabilidad, incluidos los sistemas pasivos de disipación de energía*. Chile.
- Siso Flores, V. (2017). *Metodología para la optimización de pórticos planos en acero controlados con disipadores hystereticos metalicos basada en algoritmos geneticos de codificacion binaria*. Colombia.
- Tena, A. (2013). *Diseño sísmico de marcos no ductiles de concreto reforzado con disipadores de energía hystereticos: definicion de parametros de diseño*. Mexico.
- Turpo, R. P. (2017). *Análisis de un edificio asimétrico de 10 niveles de concreto armado con amortiguadores de masa sintonizada*. Perú.
- Udias, A. (1998). Introducción: sismicidad y sismo tectónica de América Central y del Sur. *Física de la Tierra*.
- Waleón, F., & Lama, C. (2013). *Análisis y diseño de estructuras de acero con disipadores viscoelásticos para la ciudad de Guayaquil*. Ecuador.



FIRMA DEL AUTOR 1

Vo. Bo Coordinador de Comité de Trabajo de Grado

AUTORIZACIÓN DE TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES

La Universidad Católica Luis Amigó solicita su autorización para la recopilación, almacenamiento y tratamiento de sus datos personales y le informa que estos datos se utilizarán únicamente para las siguientes finalidades: PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO y demás finalidades descritas en la Política de Tratamiento y Protección de Datos Personales de la institución académica.

Sus datos personales son tratados y protegidos de acuerdo a lo que reglamenta dicha política con apego a lo dispuesto por la normativa colombiana sobre Tratamiento de Datos Personales, Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013. Consulte nuestras Políticas para el Tratamiento y Protección de Datos en www.ucatolicalluisamigo.edu.co