



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de un sistema semiactivo con disipadores para el control
de la respuesta sísmica, una revisión de literatura.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Civil**

AUTOR:

Melendez Quichua, Alberto Kenyo Isaac (orcid.org/0000-0002-2230-4596)

ASESOR:

Mgr. Ing. Villegas Martinez, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Análisis de un sistema semiactivo con disipadores para el control de la respuesta sísmica, una revisión de literatura.", cuyo autor es MELENDEZ QUICHUA ALBERTO KENYO ISAAC, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 19 de Agosto del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO DNI: 08584295 ORCID: 0000-0002-4926-8556 | Firmado electrónicamente por: CVILLEGASM el 26- 08-2024 21:34:16 |

Código documento Trilce: TRI - 0861978



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MELENDEZ QUICHUA ALBERTO KENYO ISAAC estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Análisis de un sistema semiactivo con disipadores para el control de la respuesta sísmica, una revisión de literatura.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|--|
| ALBERTO KENYO ISAAC MELENDEZ QUICHUA DNI: 70422175 ORCID: 0000-0002-2230-4596 | Firmado electrónicamente por: AMELENDEZQ el 19- 08-2024 20:27:03 |

Código documento Trilce: TRI - 0861979

Índice de contenidos

| | |
|--|-----|
| Carátula | i |
| Declaratoria de autenticidad del asesor | ii |
| Declaratoria de originalidad del autor(es) | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Resumen | v |
| Abstract | vi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. METODOLOGÍA..... | 13 |
| III. RESULTADOS..... | 17 |
| IV. CONCLUSIONES | 41 |
| REFERENCIAS | 43 |
| ANEXOS | 46 |

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una revisión de las últimas publicaciones y artículos sobre los dispositivos de protección sísmica complementaria de edificaciones como lo son los disipadores de energía pasivos y semiactivos.

Se presenta los artículos desarrollados en el ámbito internacional y nacional mostrando la eficiencia de su uso y su capacidad de reducción de la respuesta sísmica de las estructuras.

El enfoque principal es hacia los amortiguadores de fluido viscoso y las adaptaciones más recientes que se les incorporan a estos para mejorar aún más su capacidad de conversión de energía. También se revisa publicaciones cuyo fluido presenta otras propiedades físicas, como los magnetoreológicos, los cuales han sido extensivamente estudiados en los últimos años.

También se hace mención de los diferentes métodos de control aplicados en las investigaciones como el control por lógica difusa, control predictivo, métodos adaptivos, controladores PID entre otros, cuya misión es variar una propiedad física como el coeficiente de amortiguamiento para obtener mejores desempeños estructurales e inclusive una autonomía energética.

Palabras clave: Amortiguador de fluido viscoso (FVD), amortiguador semiactivo de fluido viscoso (SAFVD), Algoritmos de Control (AC), Coeficiente de amortiguamiento (C).

Abstract

The objective of this research was to develop a review of the latest publications and articles on complementary seismic protection devices for buildings such as passive and semi-active energy dissipators.

The articles developed at the international and national level are presented, showing the efficiency of their use and their capacity to reduce the seismic response of structures.

The main focus is on viscous fluid dampers and the most recent adaptations that are incorporated into them to further improve their energy conversion capacity. Publications are also reviewed whose fluid presents other physical properties, such as magnetorheological ones, which have been extensively studied in recent years.

Mention is also made of the different control methods applied in research such as fuzzy logic control, predictive control, adaptive methods, PID controllers among others, whose mission is to vary a physical property such as the damping coefficient to obtain better structural performances and even energy autonomy.

Keywords: Fluid Viscous Damper (FVD), Semi-Active Fluid Viscous Damper (SAFVD), Control Algorithms (CA), Damping Coefficient (C).

I. INTRODUCCIÓN

Los terremotos ocurren globalmente, especialmente en zonas de fallas geológicas donde las placas tectónicas se encuentran. Recientemente, se registró un terremoto en Marruecos el 8 de septiembre de 2023, con una magnitud de 6.8, afectando a más de 7,900 personas. Otro evento significativo fue el terremoto en Turquía y Siria el 6 de febrero de 2023, con una magnitud de 7.8, impactando a más de 50,000 personas. Estos eventos subrayan la importancia de la investigación en sistemas de disipación sísmica para minimizar pérdidas y avanzar como humanidad. En Perú, los terremotos son frecuentes debido a la interacción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, especialmente por el proceso de subducción entre ellas, causando terremotos a lo largo de la costa oeste del país. Según Tavera (2017), existe una "laguna sísmica" desde 1746, acumulando energía y aumentando el riesgo sísmico en la costa peruana. El documento "Escenario Sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw" de INDECI identifica tres áreas con acumulación significativa de energía sísmica: la región central de Lima, al norte en Ancash y al sur en Ica. Un terremoto en estas áreas podría tener magnitudes entre 8.5 y 8.8, afectando edificaciones a través de sus cimientos. Por ello, un diseño estructural sísmico eficaz debería considerar una forma de adaptación a las variaciones de excitaciones externas y cambios del sistema, además de tener una alta capacidad de reducción en los desplazamientos, disipación de energía y que sea rentable para los dueños de las edificaciones. Por ende, se hace trascendental la investigación en los dispositivos de protección sísmica complementarios para las estructuras y su desarrollo como producto y fabricación para dar empleo e impulso económico a la sociedad.

Estos dispositivos se dividen en 3 categorías, la primera está relacionado a los dispositivos pasivos de disipación de energía, los cuales se caracterizan principalmente por no requerir una fuente externa o de medición de alguna variable para su funcionamiento. Como un segundo paso en la evolución de esto dispositivos, tenemos a los semiactivos, los cuales incorporan la posibilidad de adaptación e inteligencia a los anteriores, maniobrando las propiedades del dispositivo en tiempo real para mejorar su desempeño, cabe mencionar que restos dispositivos ya requieren de una fuente de potencia energética, aunque mínima para su funcionamiento. Por

último, tenemos a los dispositivos activos, cuyo funcionamiento requiere de un costo elevado de instalación y maniobra, pero son los que mejor resultados ofrecen en cuanto a la supresión de deformaciones y respuesta sísmica (Cheng, F. et al 2008).

En el presente estudio se busca realizar una revisión de los antecedentes nacionales e internacionales con respecto a 2 de los sistemas antes descritos, los sistemas pasivos y semiactivos con énfasis en los amortiguadores de fluido viscoso. Se resalta como variable independiente de la investigación, el tipo de disipador y su mecanismo de funcionamiento y como variable dependiente la respuesta de las estructuras con enfoque en la reducción de desplazamientos.

La presente investigación encuentra como justificación el desarrollo de nuevos sistemas de mejoramiento estructural, así como la adaptabilidad a cada condición específica de la estructura. También se busca el mejoramiento de un producto con fines económicos,

Los objetivos de la presente investigación son la revisión de avances relacionados a los sistemas de disipación de energía pasivo y semiactivo, mejoras, nuevas técnicas aplicadas, efectos en los desplazamientos y distorsiones.

II. METODOLOGÍA

Como primer paso tenemos las investigaciones internacionales realizadas sobre los dispositivos pasivos, tenemos el estudio desarrollado por **Yenny N. y Muchammad L. (2021)** en su artículo de investigación: "Evaluación de la colocación de amortiguadores viscosos como disipación de energía pasiva en edificios de gran altura, un estudio numérico", compararon el efecto en las distorsiones para un edificio de 10 pisos con y sin el amortiguamiento cuando se coloca un amortiguador en el primer y segundo nivel, luego en el tercero y cuarto, y así hasta llegar al 9no y décimo nivel . El mejor desempeño se logró con la instalación de los amortiguadores en el primer y segundo nivel donde se redujo las máximas derivas internas en el edificio en un 7% comparado a la estructura sin disipadores. Por lo tanto, concluye que la ubicación del amortiguador si influye en su desempeño de disipación y reducción del desplazamiento lateral.

Raja Dilawar Riaz et al. (2023) en un estudio llevado a cabo en Pakistán, se investigó cómo mejorar la capacidad de los edificios existentes de hormigón armado para resistir terremotos mediante el uso de amortiguadores viscosos no lineales. La investigación se centró en analizar comparativamente la respuesta de un edificio de hormigón armado frente a sismos, tanto con la implementación de estos amortiguadores como sin ellos, empleando un enfoque de análisis dinámico no lineal. Se evaluaron aspectos como los desplazamientos, las derivas (o desviaciones laterales) y la aceleración en diferentes niveles del edificio, además de los procesos de absorción de energía. Los resultados indicaron que, al incorporar estos amortiguadores, se conseguía una notable reducción en las deformaciones de cada nivel, alcanzando una disminución de hasta el 31.16%. Asimismo, los desplazamientos en la parte superior del edificio se reducían en un 36.58%, y se observaba una eficiente disipación de energía, con un 70% de esta siendo absorbida por los amortiguadores de fluido viscoso.

Laxmi M Ramdas et al. (2022) en su investigación, se analizó un edificio de concreto armado de 19 pisos en la India, utilizando software Python. Se instalaron amortiguadores de fluido viscoso en cada nivel del edificio, con el objetivo de maximizar los beneficios de estos dispositivos, evaluando distintos arreglos y

cantidades de amortiguadores. Se realizaron análisis dinámicos, tanto de respuesta espectral como de tiempo-historia. Los resultados mostraron que el desplazamiento máximo del edificio sin amortiguadores era aproximadamente de 240mm, mientras que, con amortiguadores, variaba entre el 55% y el 82% de dicho valor. No se encontraron diferencias significativas en la cortante basal con o sin amortiguadores. Además, se observó que la capacidad de disipación de energía de los amortiguadores variaba entre 1306 y 2091 KN-m.

E. K. Alataby et al (2021) en su estudio sobre el efecto de la distribución del amortiguador viscoso para la estructura de acero llevado a cabo en la Universidad Al-Basrah en Iraq, tuvieron como principal objetivo reducir la respuesta estructural de un edificio de 10 niveles mediante el uso de amortiguadores de fluido viscoso. La respuesta sísmica fue estudiada bajo 2 condiciones, con y sin amortiguamiento, las simulaciones fueron desarrolladas con la ayuda del software SAP2000 v14, usando el análisis lineal tiempo historia. Los amortiguadores se instalaron en 6 diferentes formas en la estructura: amortiguador de una sola bahía simple, amortiguador de dos bahías simples, amortiguador de una bahía cruzada, amortiguador de dos bahías cruzadas, amortiguador de una bahía Chevrom y amortiguador de doble bahía Chevrom. Como conclusiones obtuvieron que los desplazamientos se redujeron para un nivel entre 54% a 94% cuando los amortiguadores son ubicados en 5 niveles en comparación con el estado normal del edificio. También se obtuvo una significativa reducción de las derivas y la fuerza cortante basal al instalarse amortiguadores de alto amortiguamiento de 120000 KN-sec/m en 5 niveles fue entre 34%-79% y 24%-70% respectivamente.

Daniel C. et al. (2019) en su artículo de investigación Análisis dinámico de estructuras usando amortiguadores de fluido viscoso para varias intensidades sísmicas, llevado a cabo en el Instituto de Tecnología y Ciencias de Karunya, Coimbatore- India, analizaron una estructura de 5 niveles con y sin amortiguamiento de fluido viscoso para 6 intensidades de Mercalli desde la escala V a la X. Se modelo la estructura y las fuerzas sísmicas mediante el software SAP 2000, se utilizó el método tiempo historia para el análisis estático y dinámico. Como resultados se obtuvieron que en contraste

hubo una reducción en la cortante basal de un 50% para el eje X y 61.3 % para el eje Y, así como también el desplazamiento del techo con el amortiguador se redujo en el eje X en un 50.65% y en el eje Y un 51.35%.

Subasini, Y. and Sivakumar, C. (2020), en su estudio titulado estudio analítico de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado y de acero estructural con amortiguadores de fluido viscoso, en el cual se compara a los disipadores implementados en ambas estructuras observando sus efectos de reducción de la respuesta sísmica simulando los efectos de los sismos de Imperial Valley (1940), Loma Prieta (1989) y Northridge-1 (1994), se obtuvieron resultados del orden del 40% al 70% en la reducción de las distorsiones para ambos sistemas comparándolo con la estructura sin estos dispositivos.

Elwardany, H. and Jankowwski R. (2021), en su estudio titulado “Mitigación del golpeteo de edificios de múltiples niveles en serie utilizando amortiguadores de fluido viscoso lineales y no lineales”, se resalta las serias consecuencias de este efecto entre estructuras adyacentes por lo que se propone diversas formas de reducir este efecto como vigas rígidas, el uso de los disipadores y enlaces viscoelásticos. Se concluye que el uso de los disipadores lineales y no lineales trae una gran reducción en la respuesta de los edificios adyacentes en serie. En el diseño se debe asignar una fuerza de resistencia máxima de entre 6.20 a 1.90 veces la fuerza de diseño si se hiciera el análisis independiente para cada estructura si se usara amortiguadores lineales y no lineales respectivamente.

Dentro de los estudios nacionales llevados a cabo con efectividad en los últimos años, tenemos el estudio realizado por **Narváez, M. (2019)** para su tesis de maestría desarrollada en Lima, Perú, se realizó un análisis comparativo entre amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos en una estructura de 12 pisos para evaluar su eficiencia en mitigar la respuesta sísmica del edificio. Los hallazgos indicaron que los amortiguadores de fluido viscoso eran superiores, limitando las deformaciones a menos del 6‰, mientras que los disipadores histeréticos, aunque no alcanzaban esta

marca, satisfacían la Norma Técnica E.030 (7‰) para terremotos con un periodo de retorno de 2475 años. En cuanto a la capacidad de absorber energía, los amortiguadores de fluido viscoso mostraron una efectividad mayor, absorbiendo alrededor de tres cuartas partes de la energía sísmica, en comparación con solo un tercio por parte de los disipadores histeréticos. Desde una perspectiva económica, los disipadores histeréticos ofrecían una ventaja de costo, con un precio de 98,88 dólares por metro cuadrado, frente a los 125 dólares de los amortiguadores de fluido viscoso.

Ancassi, R. (2019) en su tesis de maestría desarrollado en Lima-Perú, propone un método para el diseño de edificios con disipadores pasivos de energía utilizando registros sísmicos peruanos, si bien para el diseño de los disipadores el investigador hizo uso de las indicaciones brindadas por el ASCE y por el FEMA, se adapta con el uso de las normas E030 para los análisis tiempo historia lineal, así como también en la verificación de distorsiones máximas laterales con un límite de 0.007 al cual logra llegar con la incorporación de los disipadores a una estructura esencial que no cumplía con dicho valor. Como resultado se logró la reducción de la distorsión máxima de un 1.14% a un nivel de 0.69% para su sismo de diseño.

Fuentes, J. (2019) en su tesis de maestría desarrollado en Lima-Perú, propone procedimientos para el análisis y diseño de estructuras con sistemas de disipación de energía en el Perú, con el fin de reforzar una estructura aporticada de 5 niveles, para ello se hizo uso de los disipadores de fluido viscoso y los disipadores TADAS, el primero dependiente de la velocidad y el segundo del desplazamiento, para el análisis se siguió también los lineamientos del código ASCE 7 Y FEMA. Se concluye que los disipadores deben ser tomados en cuenta en las posteriores actualizaciones de la norma técnica peruana por su efectividad en la reducción de las derivas y aligeramiento de los elementos estructurales lo que influye en la rentabilidad de esta misma.

Valdez, C. (2019), en su tesis de grado titulado “Análisis y diseño estructural de un edificio utilizando disipadores de energía de fluido viscoso” llevado a cabo en la ciudad

de Arequipa-Perú., para una estructura de 14 niveles con semisótano y sótano de un nivel de una estructura dual con muros de corte de concreto armado, columnas y vigas cuyo destino es ser un edificio multifamiliar de un área de 830 m², se planteó una protección adicional para la estructura con disipadores no lineales con $\alpha = 0.8$ con un total de 4 amortiguadores por dirección horizontal. Luego de la implementación se obtuvo vía software de diseño ETABS una reducción de la deriva máxima hasta un 0.0036 en la dirección X y de 0.0031 en el eje Y. Se verificó el comportamiento histerético de los disipadores para confirmar una óptima disipación de la energía sin entrar en estado viscoelásticos.

Los sistemas de control semiactivo de vibraciones son uno de los sistemas más rentables en cuanto a su aplicación y monitoreo, lo que lo hace más atractivo en muchas industrias en la actualidad. Estos sistemas tienen la capacidad de ajustarse modificando sus características de amortiguamiento para tener una mejor respuesta ante vibraciones, todo esto lo hacen en tiempo real, de acuerdo a los requerimientos de rigidez diseñados. Para desarrollar esta investigación se revisaron una diversidad de trabajos a nivel internacional, entre los más recientes tenemos:

Hengameh Farahpour y Farzad Hejazi (2023) quienes investigaron sistema de control semiactivo y adaptivo de vibraciones para puentes sometidos a cargas de tráfico en la Universidad de West England, Bristol, Reino Unido. Tuvieron como objetivo principal el desarrollo de un sistema integrado de control de vibraciones adaptivo y semiactivo que consiste de un nuevo amortiguador semiactivo de fluido derivativo (SABFD), un controlador PLC y sensores para medir los desplazamientos del puente y la presión del aceite viscoso en el amortiguador, el cual consta de 2 tuberías cada una con una válvula motorizada de control instalada para manipular el flujo de aceite dentro del cilindro. El controlador PLC recoge los datos de movimiento y desplazamientos de los sensores y calcula la señal de salida requerida para la válvula de posición del dispositivo SABFD. Esta señal de salida es enviada del controlador como un comando hacia las válvulas motorizadas, las cuales son instaladas en el medio de las tuberías derivativas del dispositivo SABFD. El control en tiempo real de

la posición de la válvula da como resultado la presión en tiempo real dentro del amortiguador, entonces se desarrolló un sistema de control a base de algoritmos de lógica difusa pre-definida en el controlador PLC. Como resultado tenemos que cuando sometemos todo este sistema semiactivo a las máximas cargas de tráfico y máxima velocidad, los desplazamientos en el centro de la vía decrecen hasta en un 68% en la dirección X y en la dirección Y se logra pasar de 20.87mm a 4.3mm. Cabe decir que el comportamiento del amortiguador no es completamente viscoso, ya que desarrolla una rigidez a medida que se cierra la válvula de control, este comportamiento es debido a la ausencia de un acumulador.

Shmerling A. y Gerds M. (2023) en su artículo de investigación “Control predictivo de aceleración de horizonte corto para reducir las fuerzas de inercia sísmica lateral de estructuras de marco inelásticas utilizando amortiguadores viscosos de fluido semiactivo”, en esta investigación utilizaron el modelo semiactivo propuesto por Symans et al (1994) que consiste de la adición de dos ductos, uno de ingreso y otro de salida del fluido viscoso, y una válvula controlable a un amortiguador de fluido viscoso. Con esto se logra manipular el coeficiente de amortiguamiento de este dispositivo variándolo entre 2 estados de máximo y mínimo amortiguamiento gracias a dicha válvula y mediante un algoritmo de control, en este caso un modelo de filtro Kalman para predecir la aceleración que requiere el sistema, se manipula la válvula con un óptimo comando de voltaje con el objetivo de reducir las máximas fuerzas cortantes y aceleraciones totales. Como resultado de la investigación se tuvo que las fuerzas cortantes en la base fueron reducidas en 2 de los 4 eventos sísmicos simulados, en el primero se redujo en un 14% y en el segundo en un 5.13% y en los otros 2 se obtuvieron fuerzas cortantes superiores de 6% y último de 8.2%. Un aspecto importante a resaltar es que las derivas de entrepiso sufrieron un incremento en todos los niveles en las 4 simulaciones realizadas debido al decremento del amortiguamiento en todos los niveles.

Troise, A. et al (2023) en su estudio titulado “implementación de un amortiguador de orificio variable para control sísmico semiactivo de estructuras civiles” desarrollaron un

análisis numérico del comportamiento de un amortiguador de orificio variable comparando su eficacia en una estructura que consta de un grado de libertad con y sin disipador. Para el desarrollo de la parte de control utilizaron los PID (controlador proporcional-integral-derivativo) y los MPC (controlador de modelo predictivo). ambos desarrollaron una mejor reducción de desplazamientos que los amortiguadores pasivos a su máxima capacidad cuando se establecían en forma ideal. En un entorno ideal con un retraso en el tiempo de adquisición de los datos el modelo sigue siendo mejor que los amortiguadores pasivos similares.

Guzmán, Miguel. (2022), en su investigación titulado Modelado y simulación de amortiguadores magnetoreológicos para la reducción de la respuesta sísmica de estructuras utilizando Simulink, logra establecer un nuevo método de diseño, pero ahora con otro tipo de dispositivo de disipación, los amortiguadores magnetoreológicos, que están siendo estudiados gracias a sus propiedades de control. Para diseñarlos hace uso de los modelos tangente hiperbólico y Bouc Wen ya que son los 2 que mejor plasman su comportamiento, también se utiliza una lógica de control para reducir los desplazamientos laterales activando el campo magnético de estos disipadores. El resultado es que obtiene un buen comportamiento de los disipadores ante sismos simulados para una estructura plana aportificada de 10 niveles.

Lara et al. (2022) se llevó a cabo un estudio innovador sobre un sistema de control semiactivo, que utiliza amortiguadores magnetoreológicos controlados por un algoritmo de lógica difusa. Este sistema se diseñó para mitigar los desplazamientos laterales en estructuras sometidas a cargas sísmicas. Durante el estudio, se analizaron cuatro eventos sísmicos históricos: El Centro (1944), Christchurch-Lyttelton (2011), Mistrato (1979) y Algarrobo (1985). Los resultados mostraron una notable eficacia del sistema, reduciendo los desplazamientos laterales en un 62% para estructuras de dos niveles, un 27% para las de ocho niveles y un 20% para las de once niveles, en comparación con estructuras similares que no contaban con el sistema de control semiactivo.

Grigorios et al. (2022) En un estudio innovador realizado en la Universidad de Patras,

Grecia, se desarrolló un amortiguador de masa sintonizada semiactivo con derivación piezoeléctrica (SATMD) para controlar las vibraciones multimodales en estructuras flexibles de gran envergadura, como las de los vehículos aéreos. El estudio se centró en evaluar la eficacia del SATMD en estructuras realistas sujetas a múltiples modos de vibración de baja frecuencia, enfocándose especialmente en su habilidad para atenuar varios modos de vibración simultáneamente. Se demostró que el amortiguador era eficiente en la supresión de vibraciones en tres modos de gran amplitud, que son críticos debido a sus efectos adversos significativos. Esto se logró mediante el uso de una masa auxiliar que representaba solo el 1% del peso total de la estructura.

Ghaffarzadeh, H., Talebian, N. and Alizadeh E. (2013), en su estudio titulado “control difuso semiactivo para la reducción de la respuesta en edificaciones de marcos usando amortiguadores de orificio variable sujetos a sismos de falla cercana”, utilizaron una mejora a los algoritmos de control difuso mediante algoritmos genéticos, estos acercan más al amortiguamiento objetivo que deberían producir los disipadores para mejorar su desempeño. Como resultado se aprecia una notable mejoría cuando son comparados con la respuesta obtenida sin control sobre la estructura de 10 niveles simulada. También se resalta el uso de 2 variables de entrada que son los desplazamientos y las velocidades, con esto logra un mejor comportamiento del disipador. La salida que sería el coeficiente de amortiguamiento C , varía de un C mín de 200 N.s/mm hasta un C máx de 1000 N.s/mm que equivaldría a una válvula cerrada.

Gokdag H. (2009), en su tesis de maestría en ingeniería Civil desarrollo su investigación sobre los beneficios de amortiguadores de orificio variable usados en una estructura de tres niveles excitada con terremotos, estos incorporaron una lógica de control LQR para la optimización de la respuesta de la estructura modelada como edificio de corte para reducir grados de libertad. Se desarrolla el cálculo dinámico mediante la formulación en espacios de estados que es un arreglo que facilita el trabajo con ecuaciones diferenciales. En sus resultados obtenidos se observa la reducción de desplazamientos, velocidad y aceleración para los sismos de El Centro, Dizce-Bolu, Kocaeli obteniendo en una reducción en desplazamiento de entre 45% a 60%, en

velocidad de 30 a 68% y en aceleración de 17% a 47% cuando se comparan con la estructura sin control.

Cundumi, O. y Suárez L. (2007), en su estudio titulado “Nuevo dispositivo amortiguador variable semiactivo para la reducción de la respuesta sísmica de estructuras civiles” propusieron este dispositivo con una disposición en V obtenida gracias a la unión de 2 disipadores semiactivos, Para la parte de control utilizaron un algoritmo de control optimo incluyendo un generalizado LQR. Como resultados obtuvieron una reducción en los máximos desplazamientos de un 80% a 93% comparando este sistema con la estructura sin control y de 50% a 80% comparado con el sistema de control pasivo.

La presente investigación tuvo como fuente las bases de datos de SCOPUS, SCIELO, Repositorios universitarios e internet según la tabla N° 1.

Tabla 1 Base de datos

| NÚMERO DE INVESTIGACIONES | BASES DE DATOS |
|----------------------------------|---------------------------|
| 13 | SCOPUS |
| 01 | SCIELO |
| 01 | INTERNET |
| 05 | REPOSITORIO UNIVERSITARIO |

Fuente: propia.

Las revisiones de los diferentes artículos se desarrollaron en cumplimiento del código de ética de la universidad Cesar Vallejo.

III. RESULTADOS:

Se han obtenido diversos resultados sobre los disipadores pasivos de fluido viscoso, las distorsiones de entrepiso se ven reducidas en grandes rangos (70% a más) cuando se implementan en las estructuras de cualquier nivel, sean altos medios o bajos. La velocidad, la aceleración y las cortantes de entrepiso en su conjunto también se ven reducidas casi en la misma proporción.

Existe una diferencia entre los amortiguadores lineales y no lineales, la disipación es relativamente mayor en los segundos por su lazo histerético, pero se debe tener más cuidado en su diseño ya que puede comportarse como fluido viscoelásticos.

Los amortiguadores semiactivos por otro lado, han mostrado su eficiencia de manera similar a los dispositivos pasivos, con aplicaciones donde pueden exhibir un mejor desempeño al reducir las distorsiones de entrepiso, cabe resaltar que para lograr dichos propósitos se requiere un algoritmo de control de muy difícil programación, que debe estar en constante monitoreo de las variables y que cuando se trata de modelar con condiciones reales sigue presentando mejores desempeños, aunque se reducen.

Las lógicas de control pueden ser el punto más complicado en la programación de estos dispositivos, pero como contraparte son los que mejor desempeño tendrán.

IV. CONCLUSIONES

Se revisó un total de 20 investigaciones referidas a los temas de disipación de energía del tipo pasivo y semiactivo más relevantes en cuanto a su fecha y desarrollo de su estudio.

Sobre los disipadores pasivos de fluido viscoso, estos han sido ampliamente estudiados, diseñados y aplicados en diferentes condiciones para conocer su rendimiento en tales circunstancias como:

Se ha estudiado casos de aplicaciones en estructuras de gran altura, revisando la ubicación que mejor desempeño le daría a los amortiguadores.

Se ha revisado cuando existe edificaciones con posibles problemas de golpeteo ante un sismo por su desplazamiento total.

Se ha implementado estos dispositivos para el reforzamiento estructural reduciendo las distorsiones máximas de entrepiso haciendo cumplir las recomendaciones de las normas técnicas de la ciudad de la investigación.

Se ha revisado investigaciones donde se evalúa el costo beneficio de la implementación de estos dispositivos.

Sobre los disipadores semiactivos, se ha visto notables mejoras y estudios para su implementación.

Se ha revisado investigaciones donde se enfocan en el algoritmo de control, implementado lógica difusa, modelos predictivos, controladores proporcional-integral-derivativos PID, entre otros.

Se ha puesto de evidencia que son los más rentables comparándolos con los dispositivos activos y pasivos ya que mejoran la respuesta con un poco gasto energético.

Se ha estudiado las nuevas técnicas y adaptaciones ante el incremento de las nuevas tecnologías.

V. REFERENCIAS

Alataby E. K., Kadhim J. A. and Ahmed M. A. (2021). Study on the Effect of Distribution of Viscous Damper for Steel Frame Structure. doi:10.1088/1742-6596/1973/1/012220

Ahmadizadeh, M. (2006). Equivalent passive systems for seismic-active viscous fluid dampers. https://www.researchgate.net/publication/272795687_EQUIVALENT_PASSIVE_SYSTEMS_FOR_SEMI-ACTIVE_VISCOUS_FLUID_DAMPERS

Ancassi, R. (2019). Propuesta de un método para el diseño de edificios con disipadores pasivos de energía utilizando registros sísmicos peruanos. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15598>

Troise, A. et al (2023). Variable Orifice Damper implementation for seismic semi-active control of civil structures. DOI:10.7712/120123.10553.20285

Cundumi, O. and Suárez, L. (2007). A new variable damping semiactive device for seismic response reduction of civil structures.

Cheng, F., Hongping Jiang, Kangyu Lou (2008). *Smart structures, innovative systems for seismic response control*. CRC Press. ISBN: 0-8493-8532-6

Chopra Anil K. (2014). *Dinámica de estructuras*. Cuarta Edición. University of California at Berkeley. Editorial Pearson. ISBN: 978-607-32-2239-6

Daniel C, Arunraj E, Vincent Sam Jebadurai S, Joel Shelton J, Hemalatha G (2019). Dynamic Analysis of Structure using Fluid Viscous Damper for Various Seismic Intensities. 517-520. DOI: 10.35940/ijitee.J1116.119119

Elwardany Hytham, Jankowski Robert y Seleemah Ayman (2021). Mitigating the seismic pounding of multi-story buildings in series using linear and nonlinear fluid viscous dampers. <https://doi.org/10.1007/s43452-021-00249-9>

Flores Mendoza Rigoberto (2022). Estudio comparativo del costo de edificios de concreto reforzado con y sin amortiguadores viscosos sometidos a la acción sísmica: Un estudio considerando el criterio de diseño óptimo. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México.] <http://132.248.9.195/ptd2022/noviembre/0832567/Index.html>

González, C. (2011). Lógica Difusa, una introducción práctica. Técnicas de Softcomputing. https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf

Grigorios M. Chatziathanasiou, Nikolaos A. Chrysochoidis, Christoforos S. Rekatsinas, Dimitris A. Saravanos (2022). A semi-active shunted piezoelectric tuned-mass-damper for multi-modal vibration control of large flexible structures. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.117222>

Ghaffarzadeh, H., Talebian, N. (2013). Semi-active fuzzy control for seismic response reduction of building frames using variable orifice dampers subjected to near-fault earthquakes. <https://doi.org/10.1177/1077546312449179>

Gokdag Hakan (2009). Investigation of the benefits of variable orifice dampers used in an earthquake excited three story structure. Tesis de maestria. The graduate school of engineering and science of Izmir Institute of technology. <https://grcris.iyte.edu.tr/handle/11147/3022>

Guzmán, M. (2022). Modeling and simulation of magnetorheological dampers for the reduction of the seismic response of structures using Simuink. *Tecnia* [online]. 2022, vol.32, n.2, pp.36-46. ISSN 0375-7765. <http://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v32i2.1402>.

Hengameh Farahpour and Farzad Hejazi (2023). Development of integrated semi-active adaptive vibration control system for bridges subjected to traffic loads. 1773–1794. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.03.107>

Huan Li, Kaiming Bi, Hong Hao (2023). Development of a novel tuned negative stiffness inerter damper for seismic induced structural vibration control. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106341>

Jiayu Chena, Qiwen Qiu, Yilong Hanb and Denvi Laua (2018). Piezoelectric materials for sustainable building structures: Fundamentals and applications. 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.038>

Juan Li, Luyao Zhang, Shengquan Li, Qibo Mao and Yao Mao (2023). Active Disturbance Rejection Control for Piezoelectric Smart Structures: A Review. <https://doi.org/10.3390/machines11020174>

Kurata, N. et al. (1999). Actual seismic response controlled building with semi-active damper system. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9845\(199911\)28:11](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9845(199911)28:11)

Lanlan Xua, Yunyan Yua and Yanliang Cuib (2017). Active vibration control for seismic excited building structures under actuator saturation, measurement stochastic noise and quantisation. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.11.021>

Lara-Valencia Luis A., Valencia-González Yamile and Bedoya-Zambrano David M. (2021). Study of a Semi-Active Control System to Reduce Lateral Displacement in Framed Structures under Seismic Load. *Ingeniería e Investigación* vol. 42 No. 3. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.85937>

Laxmi M Ramdas, M. Helen Santhi, G. Malathi (2022). A study on high-rise RC structure with fluid viscous damper using python. 359-370. <http://dx.doi.org/10.17515/resm2022.362ea1101>

Mohamed A. M. Salem, Mohammed Kassem, Mostafa S. Amin, Hassan M. Farag, Ashraf Osman (2023). Energy-Based Optimal Placement of Piezoelectric Actuator on Smart Thin Plate. <https://doi.org/10.1007/s42417-023-00944-2>

Mohamed Hechmi El Ouni, Mahdi Abdeddaim, Said Elias and Nabil Ben Kahla (2022). Review of Vibration Control Strategies of High-Rise Buildings. <https://doi.org/10.3390/s22218581>

Moutsopoulou Amalia, Stavroulakis Georgios E., Pouliezios Anastasios, Petousis Markos and Vidakis Nectarios (2023). Robust Control and Active Vibration Suppression in Dynamics of Smart Systems. <https://doi.org/10.3390/>

Narváez Espinoza, Mario Eduardo (2019). Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú.] <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16396>

Ñaupas Paitán Humberto, Valdivia Dueñas Marcelino Raúl, Palacios Vilela Jesús Josefa, Romero Delgado Hugo Eusebio (2013). Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. ISBN. 978-958-762-876-0

Raja Dilawar Riaz, Umair Jalil Malik, Mati Ullah Shah, Muhammad Usman and Fawad Ahmed Najam (2023). Enhancing Seismic Resilience of Existing Reinforced Concrete Building Using Non-Linear Viscous Dampers: A Comparative Study. doi.org/10.3390/act12040175

Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y María del Pilar Baptista Lucio (2014). Metodología de la investigación. McGRAW-HILL. ISBN: 978-1-4562-2396-0

Saldaña Vásquez, Keyvin Yuliño (2021). Eficiencia de los sistemas de control pasivo en la respuesta sísmica de edificaciones. [Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional de Ingeniería.]

Luca, S. and Pastia, C. (2009). Case of study of variable orifice damper for seismic protection of structures. <https://www.bipcons.ce.tuiasi.ro/Archive/139.pdf>

SUAREZ Elisabet, ROLDAN Andrés, GALLEGO Antolino Y BENAVENT-CLIMENT Amadeo (2017). Entropy Analysis for Damage Quantification of Hysteretic Dampers used as Seismic Protection of Buildings, Applied Science, 7,628. doi:10.3390/app7060628

Symans MD, Constantinou MC, Taylor DP, Garnjost KD (1992). Semi-active fluid viscous damper for seismic response control. Proceeding 1st World Conf. Structural Control. Univ. South. California, Los Angeles, vol 3, 1994, p. FAA-3-FAA12.

Tianlong Wang, Xun'an Zhang, Kun Li, Shixuan Yang (2021). Mechanical performance analysis of a piezoelectric ceramic friction damper and research of its semi-active control strategy. 1510–1531. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.04.100>

Wei Chun Tai y Masahiro Ikenaga (2022). A semi-active control system in coupled buildings with base-isolation and magnetorheological dampers using an adaptive neuro-fuzzy inference system. *Front. Built Environ.* 8:1057962. doi: 10.3389/fbuil.2022.1057962

Wongprasert, N. and Symans, M. (2005). Experimental evaluation of adaptive elastomeric base-isolated structures using variable-orifice fluid dampers. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9445(2005)131:6(867)

Yenny Nurchasanah, Muchammad Lextito Harnadi (2021). Assessment of Viscous Damper Placement as Passive Energy Dissipation on High-rise Building, a Numerical Study. doi:10.1088/1742-6596/1858/1/012096

Zain Kangda Muhammed, Kumar Sah Subhash y Sachin Bakre (2022). Performance and Protection of Pre-Engineered Buildings Subjected to Blast and Earthquake Excitations. Research Square. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2177209/v1>

ANEXO TURNITIN

Análisis de un sistema semiactivo con disipadores para el control de la respuesta sísmica, una revisión de literatura.

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 9% | 9% | 2% | 2% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 2 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 3 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 5 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1% |