



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 20/ Edición N.40
Julio - diciembre de 2023
Reia4013 pp. 1-20

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Caballero Castro, L. F.; Cano Castaño,
H. A.; Molina Herrera, M.; Villalba
Morales, J. M.;
Propuesta de modelación numérica
de disipadores histeréticos metálicos
tipo TADAS, en edificaciones de
pórticos de concreto y acero.
Revista EIA, 20(40), Reia4013.
pp. 1-20.
<https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1688>

 Autor de correspondencia:

Caballero Castro, L. F. (Luis Fernando).
Ingeniero Civil, Especialista en
Estructuras y Magister en Estructuras -
Universidad Nacional de Colombia
Correo electrónico:
lfcaballero@unal.edu.co

Recibido: 21-03-2023
Aceptado: 15 -05-2023
Disponible online: 01-06-2023

Propuesta de modelación numérica de disipadores histeréticos metálicos tipo TADAS, en edificaciones de pórticos de concreto y acero.

 **LUIS FERNANDO CABALLERO CASTRO¹**
HUGO ALEJANDRO CANO CASTAÑO¹
MARITZABEL MOLINA HERRERA¹
JESÚS DANIEL VILLALBA MORALES²

1. Universidad Nacional de Colombia
2. Pontificia Universidad Javeriana - Colombia

Resumen

El presente artículo propone una metodología para modelar disipadores histeréticos metálicos tipo TADAS (Triangular Added Damping and Stiffness) en edificaciones de pórticos resistentes a momento de concreto y acero, que tienen capacidad especial de disipación de energía. Para este propósito, se utilizó el software SAP 2000 para llevar a cabo la modelación y el análisis no lineal estático de plastificación progresiva de las edificaciones. Durante la investigación, se pudo identificar el comportamiento tipo fusible de los disipadores, los cuales incursionan en el rango inelástico antes que los elementos estructurales del sistema principal de resistencia sísmica. Además, se observó que la inclusión de estos dispositivos en los pórticos resistentes a momento mejoró la capacidad de las edificaciones ante cargas laterales.

Palabras clave: Disipador de energía tipo TADAS; Disipadores histeréticos metálicos, Control pasivo, Pórticos de concreto reforzado, Pórticos de acero, Pórticos resistentes a momento, Control de respuesta sísmica.

Proposal for numerical modeling of metallic hysteretic dissipators type TADAS, in concrete and steel frame buildings.

Abstract

This article proposes a methodology for modeling TADAS (Triangular Added Damping and Stiffness) metallic hysteretic dampers in moment-resisting concrete and steel frame buildings, which have special energy dissipation capacity. For this purpose, SAP 2000 software was used to carry out the modeling and nonlinear static analysis of progressive plastification of buildings. During the research, the fuse-type behavior of the dampers could be identified, which enter the inelastic range before the structural elements of the main seismic resistance system. In addition, it was observed that the inclusion of these devices in moment-resisting frames improved the capacity of the buildings against lateral loads.

Keywords: TADAS type energy dissipator; Metallic hysteretic dissipators, Passive control, Reinforced concrete frames, Steel frames, Moment resistant frames, Seismic response control.

1. Introducción

Los principios de diseño sísmico de edificaciones tradicionales se basan en un correcto detallado de la estructura que la provean con suficiente rigidez, resistencia y ductilidad. Para un movimiento sísmico leve, se espera que la estructura pueda cumplir con los requisitos de deformación y resistencia dentro de su rango elástico sin tener en cuenta la ductilidad. En el caso de un sismo intermedio y fuerte, los niveles de deformación en la estructura pueden ser mayores, implicando la probable generación de daño en elementos estructurales, y la consecuente disipación de la energía sísmica de entrada (Rochel, 2012). En países como Colombia, existe un importante número de edificaciones que son construidas en sistemas tradicionales de concreto y acero.

En ese sentido, se torna atractivo la implementación de sistemas de control pasivo, tanto en edificaciones existentes como nuevas, que permitan disminuir el impacto de futuros eventos sísmicos. Para ello, se debe garantizar que se cumplan con objetivos de desempeño estructurales superiores, no solo con el objetivo de desempeño de salvaguardar la vida, de tal forma que a su vez se proteja el patrimonio económico de los ciudadanos (Oviedo Amézquita & Duque Uribe, 2009). Al implementar técnicas de control pasivo en

edificaciones de pórticos de acero y concreto se puede mejorar su respuesta sísmica mediante la concentración de la disipación de energía en los dispositivos adicionados, lo cual lleva a reducir la demanda en los pórticos. Es importante anotar que en Colombia no existen metodologías de diseño para edificaciones con sistemas de disipación de energía y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010), sólo se limita a mencionar normativas como la ASCE 7-05.

La disipación a partir de la fluencia es uno de los principios físicos más utilizados para la generación de dispositivos de protección sísmica (Constantinou, Soong & Dargush, 1998). Dentro de los dispositivos más conocidos se encuentran los tipos TADAS, quienes presentan un comportamiento histerético estable y cuyas propiedades mecánicas se pueden determinar experimentalmente (Soong & Dargush, 1999).

Los dispositivos TADAS consisten en un conjunto de placas triangulares de acero, las cuales disipan energía a través de la flexión, lo que lleva al dispositivo a desarrollar un comportamiento histerético en el rango inelástico (Tsai et al., 1993). El objetivo es iniciar la disipación de energía en sismos moderados y a desplazamientos cortos. (Dareini & Hashemi, 2011) muestran a partir de ejemplos analíticos que la adición de amortiguamiento y de rigidez a través de dispositivos TADAS permite reducir la fuerza cortante en la base, las derivas y las fuerzas internas en los elementos estructurales principales. Así mismo, su mecanismo de instalación permite que no se presente una afectación debido a cargas verticales (Palazzo et al., 2018).

En países como México y Ecuador, se han implementado disipadores tipo TADAS como alternativa de reforzamiento sísmico de estructuras existentes. En el caso de Ecuador, se encuentra el Hospital Rodríguez Zambrano de la ciudad de Manta (Aguiar, 2018), el cual tuvo daños leves a raíz de un sismo ocurrido en el año 2016. En México, por otro lado, se han usado dispositivos tipo ADAS, los cuales son unos dispositivos que preceden a los dispositivos TADAS, sin embargo, su manera de disipar energía es similar. Ese es el caso del Hospital de Cardiología del Centro Médico Siglo XXI de la ciudad de México, el cual fue reforzado mediante esta metodología (Tena Colunga, 2003). En otros países, como Chile, se ha incursionado en el uso de dispositivos de disipación de energía tipo riostras de pandeo restringido BRB, como se muestra en Peña & Urzúa (2019), lo que indica un cambio en las concepciones de diseño sísmico.

Una de las preguntas a las que se ve enfrentado un diseñador estructural es cómo modelar numéricamente los disipadores TADAS

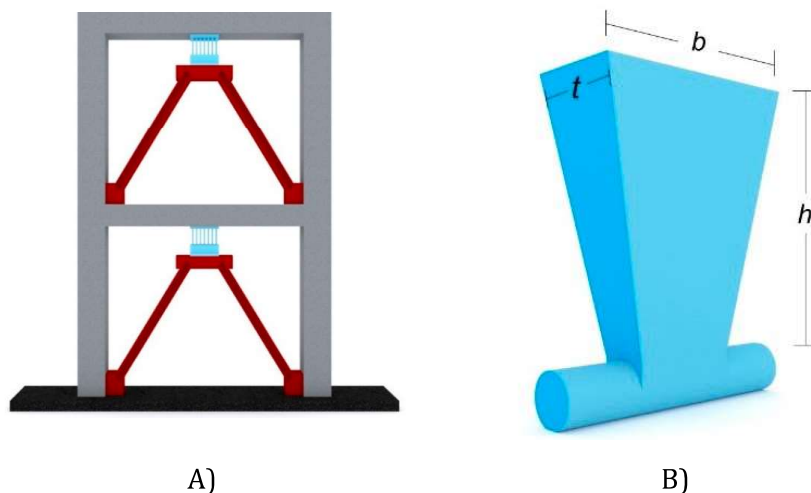
en los programas computacionales de análisis de estructuras disponibles en el mercado. En ese sentido, aún existe mucho trabajo por realizar para que el uso de disipadores de energía se contemple como una alternativa de los diseñadores estructurales y constructores. Este artículo propone una técnica sencilla para la modelación numérica de disipadores TADAS. En la Sección 2 se describe el comportamiento mecánico y numérico, generalidades del proceso de diseño y la propuesta de modelación de los dispositivos en el software SAP2000. En la Sección 3 se presentan resultados de aplicación del modelado propuesto a una edificación de concreto y otra de acero de mediana altura y planta regular. Los resultados mostrados son parte del desarrollo de las tesis de maestría de Cano (2020) y Caballero (2022), las cuales fueron realizadas en la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Finalmente, se establecen algunas conclusiones para el presente trabajo.

2. Generalidades y metodología

2.1. Descripción de comportamiento mecánico de un disipador tipo TADAS

La Figura 1A muestra un esquema representativo de la instalación de un disipador tipo TADAS sobre un pórtico de concreto de dos pisos. El dispositivo es apoyado sobre riostras, donde la parte inferior del dispositivo debe generar una articulación del elemento para facilitar el proceso de fluencia del material. La Figura 1B muestra el esquema de una platina TADAS, las cuales se ubican en paralelo y cuyo número y dimensiones se definen según las necesidades del diseño.

Figura 1. Esquema de un disipador tipo TADAS. A) Localización de dispositivos TADAS en un pórtico. B) Esquema típico de una platina TADAS



Las ecuaciones que gobiernan el dimensionamiento de las platinas son presentadas en la Tabla 1 como se muestra en (Tsai et al., 1993), las cuales se originan en la forma geométrica del dispositivo y las propiedades mecánicas del acero. Por un lado, la forma triangular pretende que la fluencia del material se presente de forma simultánea en todas las fibras del dispositivo, asimismo se busca utilizar un acero de gran ductilidad para maximizar la capacidad de disipación de energía.

Tabla 1. Ecuaciones características del punto de fluencia y de rotura en un dispositivo TADAS

Parámetro	Ecuación	Número
Momento de Fluencia	$M_y = n f_y \left(\frac{b t^2}{6} \right)$	(1)
Fuerza de Fluencia	$F_y = \frac{n f_y b t^2}{6 h}$	(2)
Rotación de Fluencia	$\theta_y = \frac{2 f_y h}{E t}$	(3)
Desplazamiento de Fluencia	$\Delta_y = \frac{f_y h^2}{E t}$	(4)
Momento Último	$M_u = n R_t f_y \left(\frac{b t^2}{4} \right)$	(5)