Universidad Autónoma Metropolitana
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

Autorizada.

CBI DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
UAM - Azcapotzalco

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Propuesta de proyecto de integración en ingeniería mecánica.

Nombre del proyecto: “Diseño, manufactura, caracterización y análisis de vibraciones de un amortiguador homocinético para estructuras”

Modalidad: Proyecto de investigación.

Versión: Segunda.

Trimestre Lectivo: 22-I

Datos del alumno:

- Nombre: Pérez Ramírez Mauricio.
- Matricula: 2163075083.
- Correo electrónico: al2163075083@azc.uam.mx
- Firma:

Datos del asesor:

- Asesor: Eduardo Arellano Méndez.
- Categoría: Asociado C.
- Nivel académico: Doctorado en Ingeniería.
- Departamento: Materiales.
- Correo electrónico: eam@azc.uam.mx.
- Firma:

Fecha 19/05/2022

Declaratoria.

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Nombre y firma del alumno, asesor(es), y en su caso del Co-asesor o del Jefe directo.

_____

Pérez Ramírez Mauricio.

_____

Dr. Eduardo Arellano Méndez.

Profesor Asociado C

1. Introducción

La aplicación de disipadores o amortiguadores de fluido viscoso o mejor conocidos como viscoelásticos, surge inicialmente durante la guerra fría en el sector militar y aeroespacial a través de la empresa Taylor Devices Inc. En el sector militar se utilizó como protección para la maquinaria encargada de disparar proyectiles, esto debido a que las vibraciones efectuadas a causa del movimiento dañaban los demás componentes de estas máquinas. Por otro lado, en el sector aeroespacial se debía de contener el movimiento efectuado a causa de los transbordadores en la estructura que los rodeaba, esto con el fin de que los dispositivos que los monitoreaban no se vieran afectados.

A través del tiempo se realizó una transición en la utilización de dichos disipadores y actualmente su principal aplicación es en las estructuras de edificios, con el fin de reducir significativamente el daño estructural ante movimientos sísmicos y por ende salvaguardar la integridad de las personas que se encuentren en su interior.

En el presente documento se propone un esquema de planificación para el diseño, manufactura, análisis de datos realizando variaciones en las características del amortiguador con el fin de conocer la respuesta vibratoria y propiedades que se generan en cada variación respectivamente.

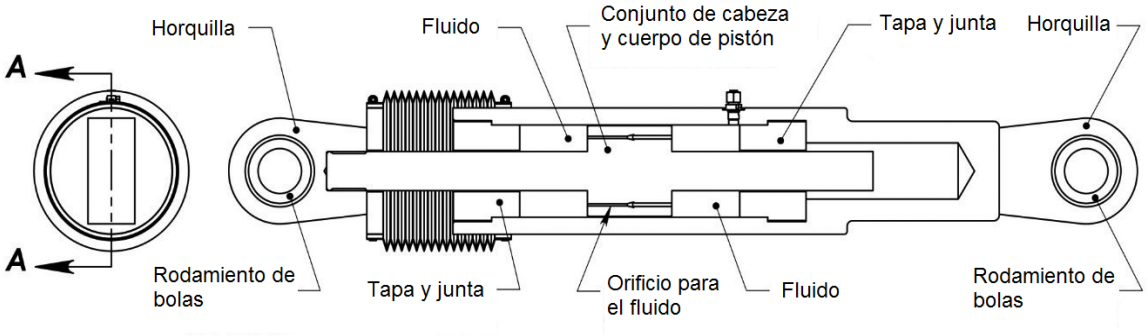

Figura 1.1. Disipador de fluido viscoso con sus componentes (1, 2022).

2. Antecedentes

La ocurrencia de desastres naturales, específicamente hablando los que están asociados a los terremotos, han generado grandes pérdidas a la humanidad a lo largo de la historia, tanto en términos de vidas como en términos económicos.

Los terremotos son fenómenos naturales que causan un mayor impacto a las estructuras, por lo que los países que se encuentran en zonas altamente sísmicas, a través de los años han tenido que buscar alternativas o soluciones que permitan hacer construcciones altamente resistentes ante este tipo de movimientos y evitar pérdidas humanas y económicas.

Es por eso que se han desarrollado instrumentos para controlar la respuesta sísmica como los disipadores y en particular los amortiguadores sísmicos. Estos dispositivos son una alternativa adecuada para disminuir la vulnerabilidad de las construcciones ante terremotos. Constituyen una alternativa efectiva para diseñar nuevas estructuras, rehabilitar o readecuar estructuras existentes, con los fines de incrementar su seguridad y resiliencia. [2]

A partir de finales de la década de los años ochenta se han utilizado en México disipadores pasivos de energía tanto para la rehabilitación sísmica de estructuras como para el diseño original de edificios en zona sísmica. Las primeras aplicaciones se dieron en la reestructuración sísmica de estructuras existentes con dispositivos tipo ADAS, como son los casos del Edificio Izazaga, el Hospital de Cardiología del Centro Médico Siglo XXI del IMSS y el Complejo de Oficinas Centrales del IMSS. Posteriormente se han utilizado además otras técnicas, como conexiones friccionantes, disipadores con materiales viscoelásticos y amortiguadores viscosos. En los últimos años se han construido edificios nuevos con disipadores de energía, así como siguen existiendo proyectos de rehabilitación. [3]

El amortiguamiento viscoso es el mecanismo de amortiguamiento de mayor uso en el análisis de vibración. Cuando un sistema mecánico vibra en un medio fluido como aire, gas, agua o aceite, la resistencia ofrecida por el fluido en el cuerpo en movimiento hace que se disipe la energía. En el amortiguamiento viscoso, la fuerza de amortiguamiento es proporcional a la velocidad del cuerpo vibratorio. [4]

3. Justificación

Los dispositivos de aislamiento y disipadores de energía son de gran utilidad y apoyo en el diseño y construcción de estructuras que se ubican en zonas altamente sísmicas, particularmente hablando, México se sitúa en una zona geográfica con alta actividad sísmica, esto hace que se tenga en consideración la implementación de elementos que ayuden a la protección de dichas estructuras.

En este caso, los disipadores viscoelásticos (fluido viscoso) tienen una mayor aplicación, debido a que soportan fuerzas de gran magnitud, ya sea las que son provocadas por movimientos telúricos o por causa de fuertes vientos, además de que, a diferencia de otros dispositivos de control pasivo, el costo de fabricación es menor y su mantenimiento se realiza en un periodo de tiempo más prolongado respecto a otros elementos.

Sin embargo, en la literatura no se tiene un estudio muy a fondo que detalle sobre diseño, características, respuestas vibratorias, comportamiento del fluido y otros parámetros que conllevan en el funcionamiento de los amortiguadores de fluido viscoso.

Por tal motivo es de interés la manufactura de un amortiguador para poder observar su funcionamiento de manera más detallada, del mismo modo realizar las

modificaciones en su diseño base, para saber que ocurre con la disipación de energía, analizar la respuesta vibratoria y conocer las propiedades del fluido cuando el disipador está en funcionamiento.

4. Objetivos

Objetivo general:

Diseñar, manufacturar, caracterizar y analizar el comportamiento vibratorio de un amortiguador de fluido viscoso homocinético.

Objetivos particulares:

Diseñar y fabricar un amortiguador de fluido viscoso homocinético.

Realizar al menos dos variaciones en el número de orificios de la cabeza del pistón del amortiguador (disipador).

Analizar y reportar las diferentes respuestas vibratorias.

Caracterizar el disipador de acuerdo con sus variaciones y amortiguamiento después de haber realizado el análisis de vibraciones.

Analizar la transferencia de calor en el fluido que ocurre en cada configuración.

5. Metodología

Fase 1. Diseño del disipador.

En la primera fase, se realizará el diseño del amortiguador teniendo como medidas de referencia, la mesa de pruebas que está en el laboratorio de estructuras. Además, en este proceso de diseño se considerarán todos los parámetros que se van a medir, con el fin de tener en cuenta los instrumentos de medición y adecuarlos al prototipo que se diseñará.

También se diseñarán dos anillos homocinéticos para hacer pruebas experimentales, y realizar una caracterización.

Fase 2. Adecuación de instrumentación.

Después de haber realizado la fase de diseño, se determinará la instrumentación necesaria para poder efectuar las pruebas correspondientes a los parámetros establecidos y para hacer las respectivas mediciones en cada proceso experimental.

Fase 3. Realización de pruebas y mediciones.

En esta etapa se realizarán las pruebas de funcionamiento utilizando la configuración original de un agujero en la cabeza del pistón que se muestra en la literatura (figura 1.1), posteriormente se realizarán pruebas con las modificaciones planteadas (variación en el número de agujeros) en la fase 1.

En cada actividad experimental se registrarán los datos de las mediciones efectuadas.

Las variables de estudio son el número y tamaño de los agujeros, la velocidad de desplazamiento, la carrera y fuerza desarrollada que impactan en la respuesta vibratoria o amortiguamiento.

Fase 4. Análisis de datos.

Después de la realización de pruebas, se analizarán los datos de funcionamiento y propiedades respectivamente para cada configuración con respecto a las condiciones iniciales.

Fase 5. Caracterización de las configuraciones efectuadas.

De acuerdo a los análisis hechos en la fase 4 al variar las condiciones del amortiguador (variables de estudio en la fase 3), se hará una caracterización con los datos recabados, dicha caracterización tendrá como objetivo indicar el funcionamiento de cada configuración, centrándose en su efectividad de funcionamiento.

Fase 6. Manufactura.

Una vez concluida la fase 5, se escogerá el disipador de mejor rendimiento para manufacturarlo.

Fase 7. Cierre de proyecto.

Se concluye el proyecto con la entrega de un reporte con todas las actividades realizadas.

6. Normatividad.

- NTC-2020. Apartado B.4. Prueba de los disipadores.

Este apartado indica que todos los disipadores deben ser probados en laboratorios antes de instalarse con base a los siguientes apartados.

- NTC-2020. Apartado B.4.1. Supervisión de las pruebas.

Este apartado menciona que se asignará un equipo de profesionales que supervise las pruebas realizadas al disipador, con la finalidad de verificar que las pruebas a los dispositivos estén completas, tales como:

- ✓ Cargas con adecuados números de ciclos.
- ✓ Intervalos de frecuencias.
- ✓ Amplitud de interés.

Además de corroborar que los disipadores tengan características (geometría, dimensiones, tipos de materiales, etc.) similares a los que se instalen en la construcción. La documentación completa sobre los amortiguadores debe incluir información relativa al tipo y propiedades del disipador, su comportamiento ante deformaciones cíclicas correspondientes a diferentes estados de límite, la influencia de las condiciones ambientales en sus características mecánicas durante su vida útil y los posibles cambios del comportamiento cíclico de los disipadores con la temperatura.

- NTC-2020. Apartado B.4.2. Control de calidad.

En este apartado se especifica que el fabricante de los disipadores debe realizar una serie de pruebas con alto control de calidad para asegurar el buen funcionamiento del amortiguador.

Los dispositivos viscosos deben de someterse a pruebas.

- ✓ Para que sean capaces de soportar la presión interna del fluido.
- ✓ Para evitar fallas en las juntas debido a efectos térmicos.
- ✓ Para que preste suficiente resistencia ante las cargas cuasi-estáticas, etc.

- NTC-2020. Apartado B.4.4. Número de ciclos que deben soportar los disipadores de energía.

Este apartado indica que los disipadores deben soportar un número de ciclos completos con amplitud igual a la que se espera que sufran, siempre y cuando no sea menor de 2000 ciclos completos continuos. [5]

- ASCE/SEI 7-16.

En esta norma se menciona que se deben considerar pruebas e inspecciones de todos los dispositivos de amortiguamiento con el fin de garantizar que los disipadores respondan de manera confiable durante su vida de diseño. Considerando en su diseño las propiedades máximas y mínimas con las que estarán operando en su funcionamiento. [6]

- UNE-EN 15129:2009. Dispositivos antisísmicos.

La norma europea para amortiguadores de fluido viscoso establece los requerimientos de diseño que deben de cumplir estos dispositivos, tales como los materiales de fabricación siendo estos acero inoxidable, níquel y/o acero duro, dichos materiales deben soportar el rango de temperatura de servicio esperado, tomando en cuenta tanto la temperatura ambiental como los cambios producidos por el funcionamiento del dispositivo.

Además se especifica que en sus parámetros de diseño se debe considerar las condiciones de funcionamiento (fuerza de amortiguamiento y desplazamiento) y ambientales, de tal motivo que no afecten su vida útil, esto con el objetivo de que no requiera mantenimiento. [7]

7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

Proyecto de integración en Ingeniería Mecánica I

Actividades para el trimestre 21-P		Semanas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Analizar los instrumentos disponibles en el laboratorio de estructuras y en su caso comprar el que falte para realizar las mediciones de los parámetros establecidos.												
2	Diseñar el amortiguador homocinetico junto con las cabezas de pistón en un programa de CAD (Inventor Autodesk) que permitirán efectuar la caracterización prevista.												
3	Fabricar un prototipo de amortiguador y cabezas del pistón con los distintos números de orificios para realizar pruebas.												
4	Realizar las pruebas de funcionamiento con cada configuración.												
5	Analizar los datos de funcionamiento, evaluando los datos obtenidos a través de las mediciones.												
6	Caracterizar cada variación del amortiguador con respecto a sus propiedades de funcionamiento.												
7	Manufacturar el amortiguador de mejor funcionamiento.												
8	Redactar y entregar el reporte final.												

8. Entregables.

- Reporte final de proyecto de integración.
- Planos del amortiguador que se entregará.
- Prototipo funcionando.

9. Referencias bibliográficas.

[1] Damper Design Manual, 2022.

[2] Genatios, C. y Lafuente., M, 2016, *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras,* CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Caracas Venezuela, cap. 2.

[3] Tena-Colunga, A., 2003, “Disipación pasiva de energía en México: Un estado del arte” *VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Barquisimeto, Venezuela, pp. 17.*

[4] Singiresu S, R., 2012, *Vibraciones Mecánicas,* Pearson Educación, México, cap. 2.

[5] NTC, 9 de Junio de 2020, “Normas Técnicas Complementarias Para Diseño Por Sismos”, Gaceta Oficial de la Ciudad de México, Apéndice B. Edificios Con Disipadores de Energía Sísmica, pp. 98-100.

[6] ASCE/SEI, 2016, “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. America Society of Civil Engineering, cap. 18.

[7] European Standard, 19 September 2009, “Anti-seismic devices”, EN 15129:2009 (E), cap.7, pp. 39-42.

10. Terminología

Disipador homocinético: Amortiguadores en los cuales la acción de frenado se realiza en una correspondencia de dos sentidos de movimiento, en contraste con los amortiguadores comunes que efectúan una dirección de movimiento (de forma telescópica).

11. Infraestructura

- Equipo de medición del laboratorio de estructuras.
  Para el desarrollo del presente proyecto de integración se cuenta con la disponibilidad y autorización para utilizar el Laboratorio de Estructuras.

- Taller de ingeniería mecánica.

12. Asesoría complementaria.

No aplica.

13. Publicación.

En algún congreso de ingeniería sísmica o ingeniería estructural.

Diseño, manufactura, caracterización y análisis de vibraciones de un amortiguador homocinético para estructuras.

COMENTARIO DEL CEIM		ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI	
Pág.		Pág.	
1	Revisar si es necesario incluir de forma explícita el análisis de las vibraciones en el título.	1	Se añadió de forma explícita el análisis de las vibraciones en el título, de manera que el título del proyecto es *"Diseño, manufactura, caracterización y análisis de vibraciones de un amortiguador homocinético para estructuras".*
3	Pasar idioma español los rótulos.	3	Los rótulos de la figura 1.1 se tradujeron al idioma español.
4	Revisar la redacción.	4	En el cuarto párrafo de la justificación se corrigió la redacción de las palabras "manufacturación" y "realizarle" por "manufactura" y "realizar las".
5	¿Caracterizar?	5	Se complementó el objetivo general agregando "caracterizar" y "analizar el comportamiento vibratorio de un amortiguador" de manera que exista relación directa con el proyecto.
5	No están en concordancia con el objetivo general, no se desarrollan aspectos indicados en el objetivo general.	5	Se hizo la corrección de los objetivos particulares, se agregaron dos objetivos más, que detallan de mejor manera la relación que existe con el objetivo general, de tal manera que queden en concordancia con el objetivo general.
5	Definir cuáles.	5	En el segundo objetivo particular se especifica en qué consisten las variaciones que se tienen previstas a realizar.
5	No se menciona el diseño y la fabricación.	5	El primer objetivo particular refiere "Diseñar y fabricar un amortiguador de fluido viscoso homocinético".
5	No aplica, por la modalidad elegida para el proyecto. Revisar la concordancia con la modalidad. Si se mantiene la modalidad de proyecto tecnológico, deben incluir Descripción Técnica.	5	Se optó por cambiar la modalidad de proyecto tecnológico a proyecto de investigación con base a la concordancia del proyecto a realizar.
8	No se indica el trimestre.	8	Se agregó el trimestre en el que se desarrollará el proyecto.
8	Sangría francesa.	8	Se aplicó sangría francesa a la bibliografía.
9	Indicar si se cuenta con la disponibilidad del espacio en el Laboratorio de Estructuras, en caso de que sea necesario.	9	Se añadió la aclaración "Para el desarrollo del presente proyecto de integración se cuenta con la disponibilidad y autorización para utilizar el Laboratorio de Estructuras".

Clave de la Propuesta	PPI- 007 - 22 - PT		
Puntos a considerar	**Si**	**No**	**Observaciones/Comentarios**
¿Se incluyen los datos de la **Portada** (licenciatura, título, modalidad, versión, declaratoria, firmas, etc.)?	✓		
¿La extensión del **Título** es adecuada y sin abreviaturas?		✓	Revisar si es necesario incluir de forma explícita
¿El **Título** refleja de forma clara lo que se trabajará en el proyecto?		✓	ver el comentario anterior
¿La **Introducción** describe en forma concisa el área de aplicación del proyecto?	✓		
¿Los **Antecedentes** sitúan el proyecto propuesto respecto a otros trabajos?	✓		
¿La **Justificación** describe la razón, relevancia o necesidad que origina el proyecto?	✓		
¿El **Objetivo General** es claro y tiene relación directa con el proyecto a realizar?		✓	Ver comentario en el texto
¿Los **Objetivos Particulares** se engloban en el objetivo general?		✓	
¿La secuencia de actividades que se presenta en la **Metodología** es congruente con los objetivos y permite que se alcancen éstos?	✓		Aunque no aplica, conforme a la modalidad
¿La **Descripción Técnica** presenta las especificaciones generales y particulares (materiales, dimensiones, normas, etc.), así como la explicación funcional de cada uno de los bloques del sistema a desarrollar?		✓	No hay
¿La **Normatividad** mencionada da un marco a la propuesta?	✓		
¿El **Cronograma de Actividades** señala con claridad las tareas a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto?	✓		
¿El proyecto es realizable en el tiempo propuesto?	✓		
¿Se encuentran indicados los **Entregables** dentro de la propuesta? ¿Se incluye explícitamente la entrega del **Reporte Final**?	✓		
¿Se incluyeron las **Referencias Bibliográficas** y estas cumplen con el formato solicitado?	✓		
¿La **Terminología** específica del proyecto, que no es del conocimiento general en Ingeniería Mecánica, está claramente explicada?	✓		
¿Se indican **instalaciones**, equipos y materiales que se requieren para realizar el proyecto?	✓		Ver el comentario
¿La propuesta tiene una redacción clara y sin faltas ortográficas?	✓		
¿El enfoque del trabajo corresponde a un proyecto de Ingeniería Mecánica?	✓		

Observaciones

Atender las observaciones y entregar la versión segunda.

Estado de la propuesta	
○ Autorizada ◉ Revisada ○ No autorizada	Comité de Estudios de Ingeniería Mecánica