

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Caracterización de un aislante topológico elástico cuasi-unidimensional.

Modalidad: Proyecto de Investigación.

Versión: Primera.

Trimestre Lectivo: 24P.

Datos de los alumnos:

Nombre completo: Juan Pablo García Otamendi.

Matrícula: 2173075826

Correo electrónico: al2173075826@azc.uam.mx

Firma:



Nombre completo: Ismael Hernández Vite.

Matrícula: 2163073981

Correo electrónico: al2163073981@azc.uam.mx

Firma:

Datos de los asesores:

Nivel académico y nombre completo: Dra. María Gabriela Báez Juárez

Categoría: Titular "C"

Departamento de adscripción: Ciencias Básicas.

Teléfono: 5547630359

Correo electrónico: gbaez@azc.uam.mx

Firma:

Nivel académico y nombre completo: Dr. Enrique Flóres Olmedo

Categoría: Asociado "D"

Departamento de adscripción: Ciencias Básicas.

Teléfono: 5544798669

Correo electrónico: efo@azc.uam.mx

Firma:

Fecha: 02/09/24

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.

Juan Pablo García Otamendi

Ismael Hernández Vite

Dra. María Gabriela Báez Juárez

Dr. Enrique Flóres Olmedo

1. Introducción.

Los materiales poseen propiedades físicas únicas, y conocerlas es fundamental para seleccionar aquellos con las características adecuadas para cada aplicación. Estas propiedades influyen en la respuesta de un material a estímulos como la conductividad, la resistencia o la temperatura [1].

La conductividad eléctrica depende de la estructura de bandas de un material. En los conductores, las bandas de valencia y de conducción se superponen, permitiendo el libre flujo de electrones. En los semiconductores, existe una pequeña brecha de energía que los electrones pueden superar con suficiente energía, permitiendo la conducción. Por otro lado, en los aislantes, la brecha de energía es lo suficientemente grande como para evitar el movimiento de electrones, impidiendo la conducción eléctrica [2].

De manera similar, los aislantes de ondas mecánicas vibracionales dependen de una estructura en la que las vibraciones (similar a los electrones en un material) se encuentran en una “brecha prohibida” que impide su propagación. Esta brecha de energía se crea a través de la estructura interna y la disposición de átomos, dificultando la transmisión de vibraciones.

En los **aislantes topológicos**, también hay una brecha de energía entre la banda conductora y la banda de valencia. No obstante, debido al acoplamiento spin-órbita de los electrones, se genera un efecto parecido al campo magnético del efecto Hall cuántico entero y también se generan corrientes en los bordes. En este caso, se presentan dos corrientes, una para espín arriba y otra para espín abajo, es decir, es un material que es un conductor en la superficie y un aislante en el interior [3].

Sin embargo, para integrar estos materiales en futuras tecnologías, es crucial confirmar experimentalmente sus propiedades topológicas. Combinando enfoques teóricos y experimentales, podemos verificar la estructura y la presencia de estados de borde.

Por lo que se realizará la caracterización de una estructura elástica cuasi-unidimensional con propiedades de aislante topológico. Se utilizará una barra de aluminio 1100 con muescas que ayudan a emular átomos. Flores Muñiz Elizabeth, diseñó numéricamente esta estructura, y su estudio permitirá validar los resultados teóricos y explorar su potencial en posibles aplicaciones tecnológicas.



2. Antecedentes.

En 2016, se otorgó el Premio Nobel de Física a David J. Thouless, F. Duncan M. Haldane y J. Michael Kosterlitz por sus descubrimientos teóricos sobre transiciones de fase topológicas y fases topológicas de la materia. Esto dio pie a la creación de aislantes topológicos, promoviendo la exploración de sus propiedades electrónicas y estructurales. [4]

El descubrimiento del MnBi_2Te_4 , el primer aislante topológico magnético intrínseco con propiedades antiferromagnéticas, ha abierto nuevas posibilidades para aplicaciones avanzadas como la computación cuántica. Este material promete un alto rendimiento en dispositivos y

aplicaciones tecnológicas. La validación y caracterización experimental de los aislantes topológicos son esenciales para confirmar las propiedades teóricas y explorar su viabilidad en aplicaciones prácticas. [5]

En 2018 Jianfei Yin, Massimo Ruzzene, Jihong Wen de la Universidad de Tecnología de Defensa, la escuela de ingeniería aeroespacial de Atlanta Georgia, diseñaron un cristal fonónico elástico compuesto por una viga de aluminio con secciones transversales dispuestas periódicamente para estudiar la inversión de bandas masivas debido al cambio de fases topológicas. Los cristales fonónicos y los metamateriales acústicos se estudian como medios para manipular ondas sonoras o elásticas. Las propiedades de particular interés incluyen la existencia de estados de borde protegidos topológicamente que podrían ser beneficiosos para una variedad de aplicaciones, incluyendo el enfoque acústico, la recolección de energía y el control de vibración y/o ruido. El análisis publicado es de importancia, debido a que proporcionará las bases para realizar las pruebas que se plantean llevar a cabo en este proyecto. [6]

En mayo del 2024 Flores Muñoz Elizabeth de la Universidad Autónoma Metropolitana presentó un Proyecto de Investigación que lleva por nombre "Diseño de una estructura elástica cuasi-unidimensional con propiedades de aislante topológico". En su estudio, se diseñó numéricamente un material cuasi-unidimensional para ondas elásticas, utilizando el método de elemento finito y COMSOL Multiphysics. Los resultados confirmaron la viabilidad del diseño y la presencia de estados de borde y transiciones topológicas, destacando la necesidad de validar experimentalmente la barra diseñada. Este proyecto se tomará como guía para la caracterización del aislante topológico. [7]

3. Justificación.

La caracterización del modelo propuesto es crucial para validar las propiedades de aislante topológico predichas en el diseño numérico. Aunque este diseño muestra viabilidad teórica, la validación práctica es necesaria para confirmar la existencia de los estados **de borde y transiciones topológicas**. Esto permitirá una comprensión más detallada de las propiedades físicas del material y su relación con la estructura del modelo, además de mejorar la percepción de la conductividad en estos sistemas. Así, facilitará el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en **materiales topológicos**.

4. Objetivos.

Objetivo general:

Construir y caracterizar una estructura elástica **cuasi-unidimensional** de aluminio 1100 con propiedades de aislante topológico para vibraciones torsionales, ~~con el fin de validar los resultados numéricos obtenidos en el proyecto de investigación de Flores Muñoz Elizabeth.~~

Objetivos particulares:

Manufacturar la barra cuasi-unidimensional propuesta.

Aprender la técnica experimental de caracterización elástica por espectroscopia acústica resonante (ARS).

Caracterizar elásticamente el sistema usando ARS.

Analizar los resultados experimentales para identificar el intervalo de frecuencias en el que el sistema actúa como aislante topológico.

Examinar los patrones estacionarios y el espectro de frecuencias característico de la estructura.

Verificar las propiedades de aislante topológico del sistema mediante la comparación con los resultados numéricos.

5. Metodología.

Se buscará la bibliografía o información para caracterizar el material.

CAD

Se diseñará el prototipo de una barra de aluminio 1100 de sección transversal circular en CAD con las siguientes dimensiones:

Tabla 1. Medidas geométricas y propiedades del aluminio 1100.

Parámetro	Valor	Descripción
L	3.28 in	longitud de la barra de radio r
C1, C2	0.24 in	distancia entre los cilindros
L1	1.40 in	Altura del cilindro
r	0.12 in	Radio de la barra
R	0.25 in	Radio de los cilindros
ρ	0.0979 lb/in ³	Densidad
ν	0.33	Coefficiente de Poisson
E	70 GPa	Modulo de Young

Una vez teniendo el diseño en CAD con las medidas especificadas se construirá el prototipo de la barra como se muestra en la imagen 1.



Figura 1. Barra de aluminio con muescas.

Comprender el método de espectroscopia acústica resonante (ARS). La espectroscopia acústica resonante es una técnica utilizada para estudiar las propiedades mecánicas y estructurales de

los materiales. Se basa en la medición de las resonancias acústicas que ocurren cuando un material es sometido a una excitación.

La barra se someterá a pruebas de ARS. La técnica consiste en aplicar una onda mecánica a un material y medir la respuesta en términos de frecuencia y amplitud.

Se utilizará el software COMSOL MULTIPHYSICS para analizar los fenómenos físicos en la barra, se tomarán datos y se presentarán los resultados obtenidos.

Se hará una comparación de los datos numéricos con los datos experimentales.

6. Normatividad.

Normas de las propiedades mecánicas del aluminio:

NMX-W-047-SCFI-2013 Aluminio y sus aleaciones-Propiedades mecánicas-Ensayo de resistencia a la tensión. Establece el método de prueba a la tensión para determinar las propiedades mecánicas en el aluminio y sus aleaciones, en cualquier forma física, exceptuando las de papel, polvos y sintetizados, a la temperatura ambiente y a baja velocidad de deformación.

NMX-W-162-SCFI-2013 Aluminio y sus aleaciones- Determinación del tamaño de grano promedio. Esta norma mexicana establece el método para la determinación del tamaño de grano promedio por el método de comparación y el procedimiento de intercepción en el aluminio y sus aleaciones, en cualquier forma física, siempre y cuando su estructura presenta aspectos similares a los de las estructuras metálicas que se observan en las cartas de comparación.

ASTM B308. Especificación estándar para aleaciones de aluminio y sus aleaciones en perfiles estructurales. Establece propiedades mecánicas como, límite elástico, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión.



7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

- Proyecto de integración de ingeniería mecánica I.

	Actividades del trimestre 24-O	Semanas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Consulta bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Recopilar información de las dimensiones y tolerancias de la barra			x	x								

3	Dibujar el prototipo en CAD					x							
4	Construcción del prototipo						x	x	x				
5	Aprender el método ARS								x	x	x	x	x

	Actividades del trimestre 25-I	Semanas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Pruebas preliminares del prototipo	x	x										
7	Simulación numérica COMSOL			x	x								
8	Toma de datos experimentales					x	x						
9	Análisis de resultados							x	x				
10	Validación de resultados									x	x	x	
11	Realizar y entregar el reporte final	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

8. Entregables.

- Reporte final del proyecto de integración.

9. Referencias bibliográficas.

[1] BSDI, 2021, Transformamos tus ideas en realidad, Qué son las propiedades de los materiales y cuales son?, de <https://bsdi.es/que-son-las-propiedades-de-los-materiales-y-cuales-son/>

[2] Rami Arieli, "The laser adventure", Universidad de Murcia España, Chapter 6.3 Diode lasers, de <https://www.um.es/LEQ/laser/Ch-6/F6s3p3.htm#:~:text=Las%20bandas%20de%20energ%C3%ADa%20en,pueden%20moverse%20por%20el%20semiconductor.>

[3] Victor Knapp Perez, 2019, Instituto de Ciencias Nucleares UNAM, Aislantes Topológicos, de https://bigbang.nucleares.unam.mx/~jimenez/FAMC/Trabajo1_2019/KnappPerezV_AislantesTopologicos.pdf

[4] Osvaldo de Melo, 2016, EFECTO HALL CUANTICO Y AISLANTES TOPOLOGICOS, Revista Cubana de Fisica, vol, 33, n 2°, págs 150-155 <https://researchs.uam.elogim.com/c/p347yv/viewer/pdf/mvbbk52rez>

[5] 2019, campusa Noticias de la Universidad del PAis Vasco, Descubierto el primer Aislante Topologico Magnetico Intrinseco, de <https://www.ehu.eus/es/-/aurkitua-lehen-berezko-isolatzaile-topologiko-magnetikoa>

[6] Jianfei Yin, Massimo Ruzzene, Jihong Wen, Dialong Yu, Li Cai y Linfeng Yue, 2018, Band transition and topological interface modes in 1D elastic phononic crystals, Scientific Reports

[7]. Flores Muñiz Elizabeth, 2024, "Diseño de una estructura elástica cuasi-unidimensional con propiedades de aislante topológico", proyecto de investigación, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco

10. Terminología.

- No aplica.

11. Infraestructura.

- El proyecto se realizará dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, en el edificio G planta baja.
- Se construirá el prototipo en el taller de Ingeniería Mecánica.

12. Asesoría complementaria

- No se requiere asesoría complementaria.

13. Publicación o difusión de resultados.

- No se realizará publicación o difusión de resultados.

Caracterización de un aislante topológico elástico cuasi-unidimensional.

COMENTARIO DEL CEIM		ACCION REALIZADA EN LA PPI	
pag	comentario	pagina	comentario