

PROPUESTA D para TFG Ingeniería Electrónica Industrial

Título: Estudio computacional para la generación y control de ondas elásticas convergentes superficiales mediante un phased array anular de elementos piezoeléctricos

Plazas: 1

Grado: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial

Departamento: Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica

Tipología: Resolución de problemas en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura.

Curso: curso 2025/2026

Profesor proponente tutor: Antonio Jesús Gómez Fernández (ajgomez@ugr.es)

Cotutor de la UGR: José Manuel Cortés Cortés (jmcortes@ugr.es)

Descripción general (resumen y metodología):

Como propuesta novedosa dentro de la matriz del Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada, se está explorando la convergencia de ondas elásticas de volumen como las ondas de cizalla y las ondas elásticas superficiales tipo Rayleigh y Scholte con fines médicos. Este tipo de configuración convergente tienen la ventaja de perder menos energía por dispersión geométrica que sus homólogas versiones divergentes.

Un Trabajo Fin de Grado (TFG) del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial, con finalización en el curso actual 2024/2025, ha consistido en el diseño y validación de un sistema experimental para la generación de ondas convergentes mediante piezas anulares rígidas acopladas a actuadores de vibración lineal. Dicho sistema genera las ondas elásticas mencionadas arriba de forma que convergen en el centro de rotación del sistema.

Como un paso más en el desarrollo de una versión avanzada de este concepto, este proyecto propone reemplazar el anillo rígido y el vibrador lineal por un sistema de sectores circulares cerámicos piezoeléctricos apilados para formar un emisor de ondas convergentes tipo phased array, lo que permitiría elegir la orientación de los frentes de onda convergentes consiguiendo así focalizar en cualquier punto superficial y del interior en profundidad del anillo. Además, esto permitiría hacer un barrido focal en todo el volumen de tejido que queda debajo y entre el anillo de sectores piezoeléctricos.

El proyecto consistiría en el estudio computacional mediante el método de los elementos finitos, y usando el software comercial COMSOL del cual disponemos de licencia, para diseñar y optimizar el conjunto apilado de elementos piezoeléctricos (tomando características de piezoeléctricos comerciales ya disponibles en el mercado) y sus sistemas auxiliares (conexiones, armazón, masa de inercia) de forma que generen ondas convergentes controlables en posición de foco, frecuencia y magnitud.

Objetivos planteados:

Diseñar y optimizar de forma computacional un actuador de ondas elásticas convergentes tipo phased array usando tecnología piezoeléctrica. Explorar los fenómenos constructivos-destructivos resultantes de la interacción de ondas mecánicas superficiales y volumétricas generadas desde la superficie de medios blandos.

Bibliografía básica:

- J. F. Li 2021. Fundamentals of piezoelectricity. Lead-Free Piezoelectric Materials, First Edition. Wiley-Vch GmbH.
- Z. G. Ye. 2008. Handbook of advanced dielectric, piezoelectric and ferroelectric materials. First Edition. Elsevier.
- J. Torres; A. Callejas; A. Gomez; G. Rus. 2023. Optical micro-elastography with magnetic excitation for high frequency rheological characterization of soft media. Ultrasonics, 132:107021.
- A. Gomez; G. Rus; N. Saffari. 2021. Wave Propagation in a Fractional Viscoelastic Tissue Model: Application to Transluminal Procedures. Sensors, 21:2778.
- A. Callejas; A. Gomez; J. Melchor; M. Riveiro; P. Masso; J. Torres; M. López; G. Rus. 2017. Performance Study of a Torsional Wave Sensor and Cervical Tissue Characterization Sensors, 17:2078.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Animamos a los estudiantes de último año del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial a embarcarse en este excitante proyecto. Puede ser particularmente atractivo a aquellos estudiantes con interés en tecnología médica. Son ya 10 los estudiantes del Grado de Ingeniería Electrónica que han realizado de forma muy satisfactoria su TFG con el Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada.

Se recomienda contactar con el profesor responsable de la propuesta antes de solicitarla (ajgomez@ugr.es). Sería relevante tener nociones en física de ondas, mecánica básica y métodos numéricos, así como destreza en programación en lenguaje Matlab y/o Python.

La presente propuesta es transversal a diversas líneas de investigación ya existentes en el Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada, por lo que, si los resultados de investigación del proyecto son positivos, surgirán sinergias para dar continuidad al proyecto, así como posibilidades de buscar financiación en planes de investigación nacionales, regionales y propios de la universidad.

Para aquellos estudiantes con interés en una carrera académica y de investigación: las ayudas para la Formación del Profesorado Universitario (FPU) son las ayudas por excelencia para realizar estudios de doctorado en España. Contribuyen con el salario y coste laboral del investigador predoctoral durante 4 años, así como con financiación para realizar estancias de investigación en otros centros. Entre los requisitos para solicitarlas se encuentra el tener una nota alta en el expediente académico del Grado, en Ingeniería >7.5. Es de vital importancia involucrarse en investigación desde una etapa temprana, apoyándose en grupos de investigación sólidos y punteros para desarrollar el TFG y el TFM, de forma que el esfuerzo puesto en estos proyectos se materialice en publicaciones científicas y actividades de divulgación que servirán para fortalecer el currículum del candidato a beca FPU. El Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada tiene, en este aspecto, amplia experiencia, habiendo formado y contribuido a la carrera académica e investigadora de más de 12 doctores y candidatos a doctor hasta la fecha, uno de ellos proveniente del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial de la Universidad de Granada.