

Evaluación de osteoporosis mediante sonido focalizado

Evaluation of osteoporosis using focused sound

Estefanía Guadalupe Fierro Álvarez¹

¹Division de ciencias en Ingenierías
eg.fierroalvarez@ugto.mx¹

Jorge Gutiérrez Correa²

¹Division de ciencias en Ingenierías
arq.jorgegutierrezcorrea@gmail.com²

Miguel Ángel López Marquez³

¹Division de ciencias en Ingenierías
ma.lopezmarquez@ugto.mx³

Oscar Quijada Baltazar⁴

¹Division de ciencias en Ingenierías
o.quijadabaltazar@ugto.mx⁴

Dr. Teodoro CORDOVA FRAGA

¹Division de ciencias en Ingenierías
tcordova@ugto.mx

Resumen

El uso del sonido focalizado es abordado como método para la evaluación de la osteoporosis. La actualización del dispositivo se elaboró en el laboratorio de Física Médica de la división de Ciencias e Ingenierías de la Universidad de Guanajuato campus León. A través del sonido focalizado, se busca analizar las propiedades mecánicas y estructurales del hueso para proporcionar una evaluación o diagnóstico preciso y no invasiva de la densidad mineral ósea (DMO). Se pretende que la mejora del prototipo represente un avance significativo en la atención médica. El prototipo tiene la capacidad de mejorar el acceso al diagnóstico temprano de osteoporosis.

Palabras clave: Radar óseo, osteoporosis, sonido focalizado, ondas mecánicas.

Objetivos:

Objetivo general

Replicar y reducir el tamaño del radar óseo de sonido focalizado.

Objetivos particulares

Realizar mediciones mediante ondas mecánicas que muestran datos contundentes y determinar con qué tipo de frecuencia (Hz) se realizan dichas mediciones. Además, se intenciona mejorar progresivamente el radar óseo de sonido focalizado para el diagnóstico temprano de osteoporosis.

Marco teórico

En 1835, Lobstein identificó por primera vez el aspecto patológico de la osteoporosis en una de las maneras más leves de la cual tiende a manifestarse: osteopenia. El origen semántico de la palabra osteoporosis nace del griego osteo (hueso), poros (poros), y penia (pérdida). En la actual época se identifica a la osteoporosis como la enfermedad esquelética con más recurrencia en seres humanos. Esta enfermedad poli-factorial se ve afectada en gran medida por hormonas, factores de crecimiento, estado inmunológico, el sexo, la raza, la nutrición, y actividad física [3].

La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por una disminución de la densidad y la calidad del tejido óseo. Esta patología progresa de manera asintomática hasta que se producen fracturas, comúnmente en la cadera, columna vertebral o muñeca. Hay una importante relación entre el envejecimiento y la incidencia de fracturas a causa de la osteoporosis. Las fracturas de caderas son uno de los accidentes más registrados a causa de esta enfermedad debido a su alta morbilidad, mortalidad e impacto económico, cabe mencionar lo difícil que es detectarla a tiempo. Su manejo incluye medidas no farmacológicas y farmacológicas.

El uso del sonido en evaluaciones médicas no es una novedad. Técnicas como la ecografía han demostrado ser útiles en diversas aplicaciones clínicas debido a su naturaleza no invasiva, accesibilidad y ausencia de radiación ionizante. La propagación del sonido a través de los tejidos puede proporcionar información valiosa sobre las propiedades físicas y mecánicas de éstos.

El sonido focalizado, también conocido como ultrasonido focalizado, se basa en la generación y focalización de ondas sonoras de alta frecuencia en puntos específicos del cuerpo. Estas ondas interactúan con los tejidos, permitiendo evaluar sus características estructurales y mecánicas. En el contexto de la osteoporosis, la velocidad de propagación y la atenuación del sonido en el hueso pueden correlacionarse con la densidad y la calidad ósea. La técnica de sonido focalizado para evaluar la osteoporosis implica el uso de transductores de ultrasonido que emiten ondas sonoras hacia el hueso, la respuesta del hueso a estas ondas se analiza para determinar la DMO y otras propiedades mecánicas.

Materiales

- Placas de PCB
- 2 Arduinos nano (por radar)
- Cable de cobre
- Cinta doble cara
- Cajas
- Thermofit
- Pantallas
- Modulo micrófono MAX9814
- Campana de estetoscopio
- Borneras
- Puente H L298N
- Pines Hembra
- Corta corriente de llave
- Conector para alimentación
- Conector glándula PG – 7
- Conector de aviación 2 pines
- Imán
- Resorte
- Memoria microSD
- Cinta aislante
- Tornillos y tuercas
- Adhesivo liquido
- Puente H L298N
- Jumpers

Herramientas:

- Taladro de banco
- Equipo completo de soldadura
- Multímetro
- Software EasyEDA
- Software Arduino
- Software Nextion
- Desarmador
- Segueta
- Impresora 3D
- Pinza de corte
- Pinza de punta y corte

Procedimiento:

La creación de un sistema de radar utilizando componentes de Arduino es de un proceso meticuloso que combina diseño, ensamblaje y prueba rigurosas. A continuación, se presenta una narración detallada del método utilizado para la fabricación de este sistema, destacando los materiales y herramientas empleados en cada etapa del proyecto.

1. Diseño y Fabricación de la Placa de Circuito Impreso (PCB)

i) Diseño de la PCB:

El primer paso de la creación del sistema de radar fue el diseño de la placa de circuito impreso (PCB) utilizando el software EasyEDA. Este programa permitió adaptar las dimensiones de la PCB a las medidas de la caja en la que se colocó. Posteriormente, la PCB fue enviada a imprimir y cortar con la maquina CNC, asegurando que los carriles estuvieran bien diseñados para la continuidad eléctrica, ver figura 1.

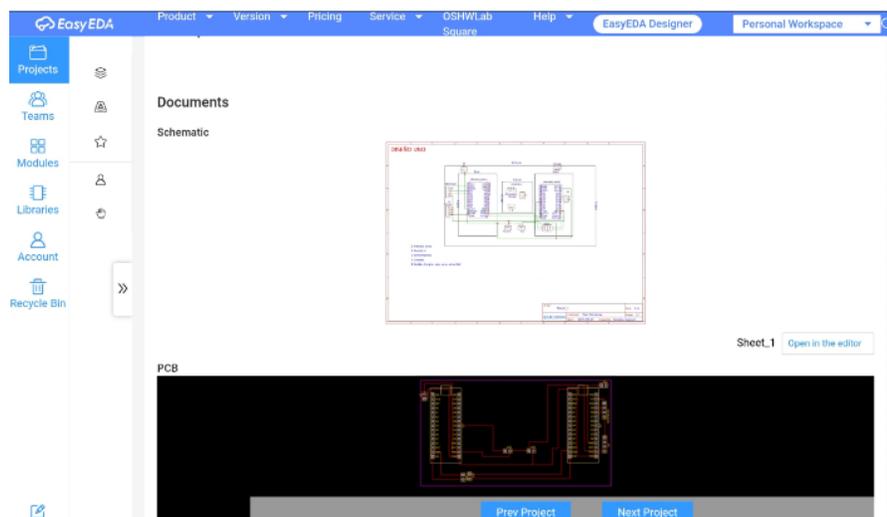


Figura 1. Diseño de la placa PCB en el software EasyEDA

ii) Verificación y Preparación de la PCB:

Una vez impresa la PCB, se utilizó un multímetro para verificar la continuidad de los carriles y asegurar la integridad del diseño. Con la ayuda del taladro de banco se realizaron perforaciones, evitando dañar los carriles y manteniendo la continuidad en los espacios asignados para la colocación de pines y borneras.

iii) Soldadura de Componentes:

Con la PCB preparada, se procedió a soldar los pines utilizando equipos de soldadura, aplicando una gota de estaño para asegurar el contacto adecuado sin afectar los carriles. Se verificó nuevamente la continuidad de cada sección de la placa para asegurar que todas las conexiones estuvieran correctas, ver la figura 2.



Figura 2. Soldado de pines en los carriles correspondientes

2. Preparación de Caja

iv) Perforaciones, cortes y colocación de componentes:

Antes de continuar con la PCB se realizó la preparación de una caja cerrada para introducir el *hardware* del prototipo. Con la ayuda del taladro de banco se realizaron cuatro perforaciones en los laterales donde se colocaron: Corta corriente de llave, Conector para alimentación, Conector glándula PG – 7, Conector de aviación 2 pines. En la tapa de la caja se llevó a cabo un corte de acuerdo con las dimensiones de la pantalla. Para asegurar que estos componentes no se movieran, se utilizaron varios métodos de fijación, incluyendo adhesivo líquido, tornillos, soldadura y thermofit para los cables expuestos.

v) Montaje y Conexión de Componentes Electrónicos:

Con la caja lista, se pasó a la instalación de los componentes electrónicos. Utilizando el taladro de banco, se montaron las placas de PCB, que previamente habían sido preparadas con borneras y pines. En la PCB se colocaron los Arduinos Nano y el puente H L298N. Para interconectar estos componentes, se utilizaron cables que fueron conectados a las borneras. Las conexiones entre los componentes y los pines de la PCB se realizaron mediante soldadura, garantizando una conexión sólida y fiable.

3. Desarrollo de bobina

vi) Tipos de embobinado

A la par de esta preparación, se trabajó en la optimización del tamaño del prototipo. Se realizaron pruebas de diferentes embobinados para mejorar el rendimiento del sistema. Se probaron tres tipos de embobinados utilizando una base, cinta doble cara y 14 metros de cable de cobre, ver figura 3. De estas pruebas, se identificó una configuración que ofreció una mejora significativa en la reducción del transductor electromecánico, contribuyendo a un rendimiento más eficiente del prototipo.

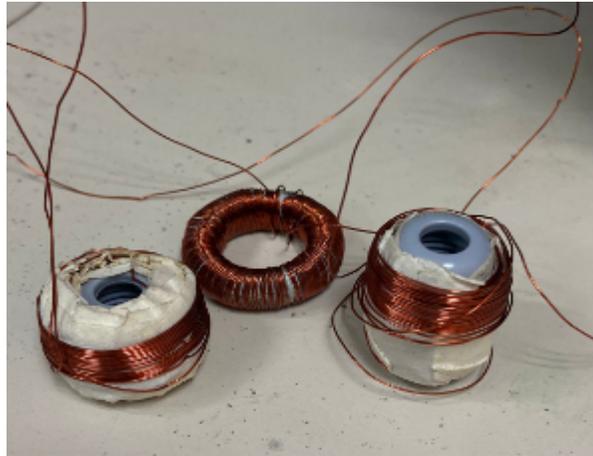


Figura 3. Prototipos de embobinados

4. Desarrollo e Integración de la Interfaz de Usuario

vii) Diseño de la Interfaz de Pantalla:

Se diseñó la interfaz de la pantalla haciendo uso del *software Nextion* que se utilizará para interactuar con el radar, la programación de la interfaz se almacenó en una microSD, ver figura 4, la cual se insertó en la pantalla que se conectará al radar.

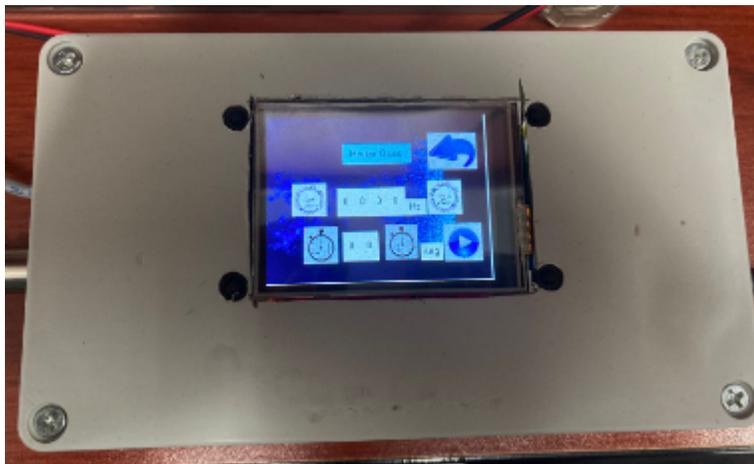


Figura 4. Interfaz de pantalla

5. Integración del Micrófono

ix) Preparación y Conexión del Micrófono:

Finalmente, se realizó la integración del micrófono en el sistema. Se perforó la campana de estetoscopio con un diámetro adecuado para el micrófono y, por razones estéticas, se retiró una sección de la campana con una sierra. Luego, se soldaron pines a un segmento de cable, el cual se aisló utilizando *thermofit* y cinta aislante. Este cable se conectó a las borneras, que estaban interconectadas al Arduino. El micrófono se atornilló a la campana, y los pines del módulo micrófono se conectaron a los pines soldados en el cable.



6. Pruebas y Verificación Final

viii) Verificación de Continuidad:

Durante todo el desarrollo del proyecto, se realizaron verificaciones periódicas para evaluar la continuidad del prototipo, utilizando herramientas como el multímetro para asegurar que todas las conexiones estuvieran correctas, ver la figura 5.

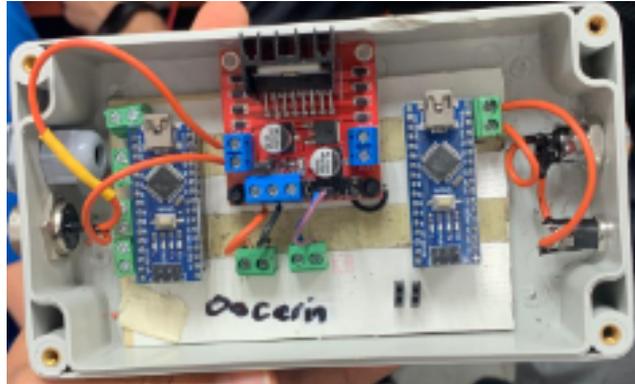


Figura 5 Circuito Interior, conexiones completas

ix) Programación de los Arduinos

Una vez terminado el diseño y la colocación de todos los componentes del radar, se tomó cada uno de los Arduinos Nano y se programaron utilizando el software de Arduino. Uno de los Arduinos se encargó de gestionar las indicaciones del radar, mientras que el otro se dedicó a la distribución correcta de la energía a cada parte del sistema.

x) Diseño estético del transductor

Como parte del diseño estético para el transductor, se utilizó una impresora 3D para imprimir un soporte de filamento plástico que albergara el embobinado sin permitir movimiento interno. Este diseño incluyó un pequeño imán colocado en el centro, sostenido por un resorte, para optimizar la funcionalidad del transductor y mejorar la presentación visual del prototipo

7. Prueba del Embobinado:

xi) Se realizó una prueba del embobinado a diferentes frecuencias (hercios) para asegurar su correcto funcionamiento dentro del prototipo.

Conclusión

El desarrollo del sistema de radar óseo basado en sonido focalizado representa un avance significativo en la evaluación de la osteoporosis. La mejora del prototipo, centrada en la reducción de su tamaño y la optimización de sus componentes, ha permitido obtener un dispositivo más eficiente y accesible para el diagnóstico temprano de esta enfermedad ósea.

A través de un proceso meticuloso que incluyó el diseño y fabricación de placas de circuito impreso, la integración de componentes electrónicos, y la optimización del embobinado del transductor, el prototipo demuestra una capacidad mejorada para medir la densidad mineral ósea (DMO) mediante el análisis de ondas mecánicas. El uso de ultrasonido focalizado ha mostrado ser una técnica prometedora y no invasiva, capaz de proporcionar información valiosa sobre las propiedades estructurales del hueso.

La implementación exitosa del micrófono y la interfaz de usuario también ha facilitado la interacción con el dispositivo y mejorado la calidad de las mediciones.

En resumen, este trabajo no solo ha demostrado la viabilidad del sonido focalizado como método de evaluación de la osteoporosis, sino que también ha establecido una base sólida para futuros desarrollos y mejoras en esta área. La combinación de avances tecnológicos y un diseño innovador abre nuevas posibilidades para la detección y manejo de esta enfermedad prevalente, ofreciendo una herramienta valiosa en la atención médica.

Bibliografía

1. Morales Santiago, M., Estrada, M., Altuve, M., & Uribe, A. (2006). Evaluación de la osteoporosis mediante sonido focalizado. REEMO, 12(3), 22-27. [1]
2. Osteoporosis | Instituto de Salud del Estado de México. (n.d.). <https://salud.edomex.gob.mx/sem/osteoporosis> [2]
3. *Osteoporosis. Tipos, causas, diagnóstico y tratamiento.* (2016). [Tesis de Licenciatura, Universitat de les Illes Balears]. https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/2842/TFG_GBIQ_RAORELLANA.pdf [3]