

| Entregable Nº 2. Planos de diseño del sistema y algoritmo software | |
|---|---|
| Responsable | Germán Torregrosa |
| Participantes | Alberto Rodríguez, Andrea Martínez (contratada) |
| Estado | Finalizado (100 %) |
| Fecha de entrega | 31 de marzo de 2025 |

Diseño de la antena

Se ha realizado el diseño de las antenas (18 antenas iguales) del sistema, que irán integradas en el casco y que forman el sistema sensor de medida.

Las características de diseño de las antenas son las siguientes

- Frecuencia de funcionamiento: banda ancha dentro del rango 100 MHz a 6 GHz.
- Tamaño máximo 30 x 40 x 50 mm³ (largo x ancho x alto)
- Topología de antena embebida con minimización (si es posible eliminación) de reflexiones en la zona opuesta al cerebro y focalización del haz de radiación hacia el cerebro.
- Uso de materiales de fabricación aditiva para el diseño de la antena en HFSS

Se ha realizado el diseño de la antena y la parte embebida para la eliminación de la radiación trasera. Se ha seguido una topología similar a la implementada en las cámaras anecoicas para absorber la radiación en la zona deseada, utilizando un material específico de baja permitividad y alta absorción electromagnética (White Zirconia Zetamix). La zona anterior de la antena embebida debe realizar una focalización del haz de la misma hacia la zona donde se encuentra la cabeza del paciente. Esta focalización se realizará utilizando materiales dieléctricos de distintas permitividades y bajas pérdidas, siguiendo un diseño similar al de las lentes dieléctricas.

En la figura 1 se muestran algunas imágenes representativas del diseño llevado a cabo, donde se aprecian los diferentes materiales y la estructura piramidal del absorbente.

En la figura 2, se muestra el despiece de la antena final fabricada (18 unidades), la antena final una vez montada y los resultados de la misma en cuanto a pérdidas de retorno medidos en el interior de una cámara anecoica.

También se ha implementado y ajustado el subsistema de alimentación y control de los conmutadores de alta frecuencia y alta velocidad que conectan cada una de las 18 antenas del sistema con uno de los dos puertos del VNA. Los switches utilizados son comerciales de 4 salidas y frecuencia máxima de operación 6 GHz, modelo ZSWA4-63DR+ de la empresa *Mini-Circuits*. El control de este sistema se realiza mediante un microcontrolador ARDUINO DUE que se comunica con un script en Python que controla al mismo tiempo el VNA y los conmutadores. En la figura 3 se muestra el sistema de conmutación implementado, así como el microcontrolador que lo gestiona.

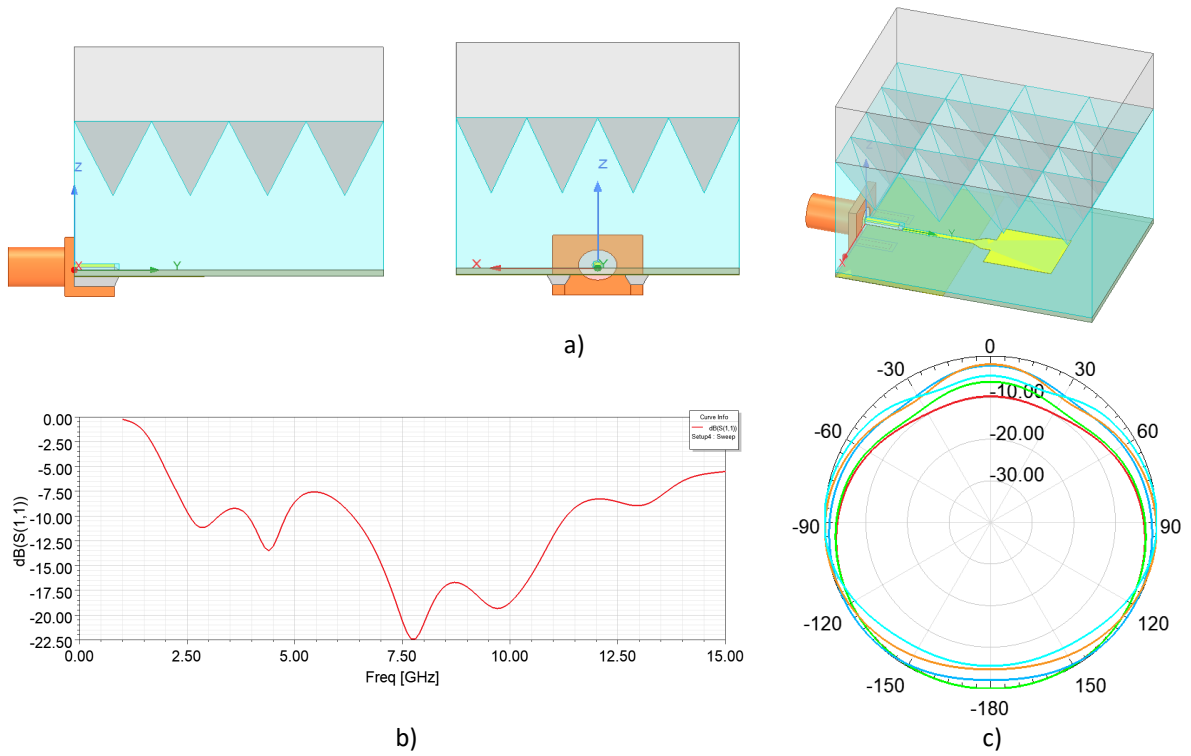


Figura 1. Antena impresa embebida del sistema. a) Imágenes representativas de la tipología de la antena embebida junto con el material absorbente. b) Pérdidas de retorno de la antena. c) Diagramas de radiación en la dirección perpendicular a la antena, donde se encuentra la cabeza del paciente.

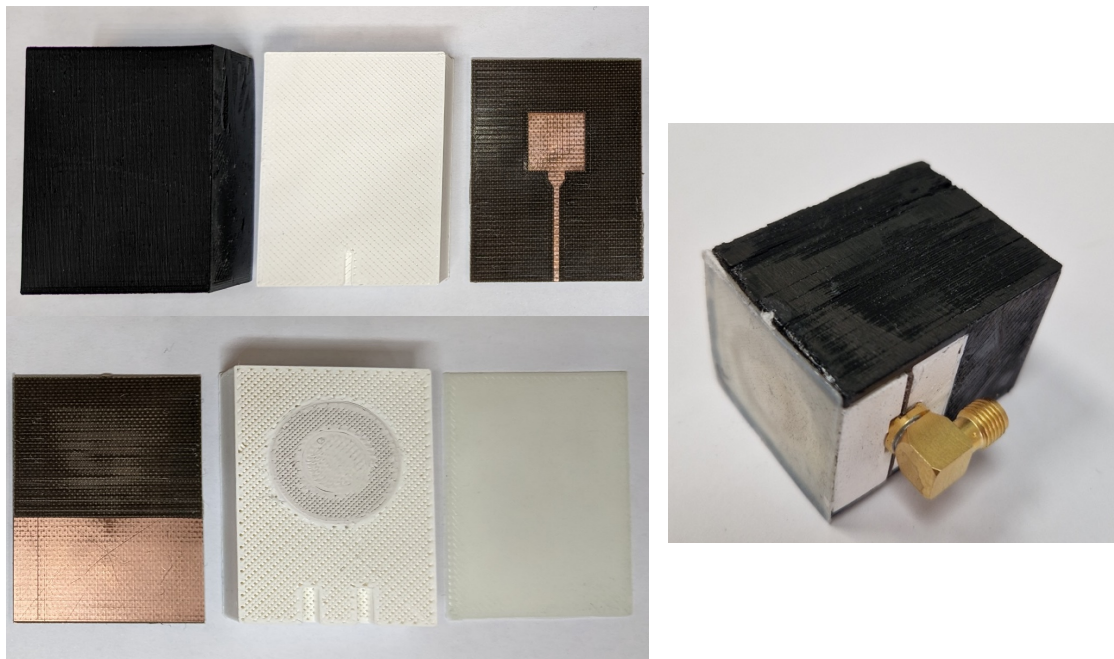


Figura 2. Antena fabricada. Despiece y antena final.

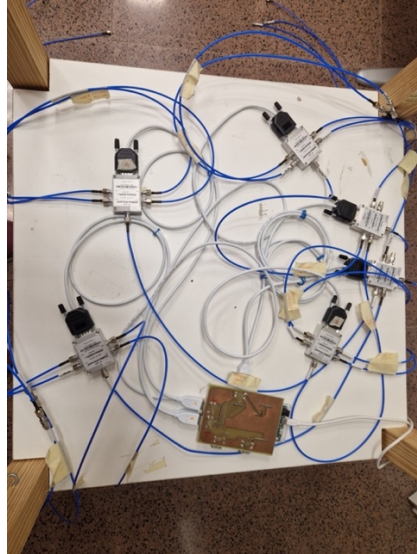
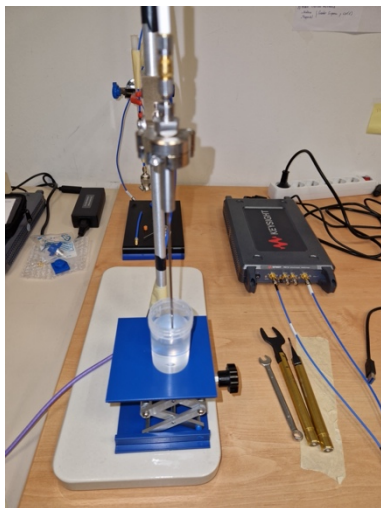


Figura 3. Subsistema de conmutación de las antenas con el VNA implementado.

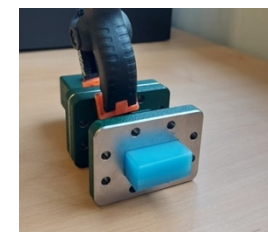
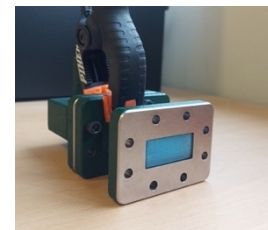
Materiales para la fabricación de la antena y casco

Materiales para la antena

Se ha realizado un análisis de diferentes materiales de impresión 3D con propiedades dieléctricas específicas para mejorar el diseño de las propiedades de la antena embebida. Para ello se han utilizado dos métodos: se ha utilizado una sonda coaxial acabada en abierto comercial junto con un suite de medida (solución comercial de Keysight) y un método de caracterización dieléctrica para materiales de impresión 3D desarrollado por el grupo de investigación EMwLab y que se basa en el uso de guías de onda y el método de obtención de propiedades dieléctricas a partir de los parámetros de transmisión de Baker-Jarvis. En la figura 4 se muestran unas imágenes de los dos sistemas de caracterización dieléctrica empleados.



a)



b)

Figura 4. Set-up utilizado para la caracterización dieléctrica de diferentes materiales de impresión 3D analizados para la antena embebida. a) sonda coaxial acabada en abierto de Keysight. b) Método desarrollado por el grupo de investigación EMwLab basado en medidas de transmisión en guía de onda.

Los materiales que se proponen para su uso en la antena embebida, así como sus propiedades dieléctricas obtenidas se muestran en la siguiente tabla.

| Material | Propiedades dieléctricas obtenidas | | |
|------------------------|------------------------------------|-------------------|------------|
| | permitividad | Tangente pérdidas | Frecuencia |
| TW-CON175BK | 12 | 0.91 | 5 GHz |
| White Zirconia Zetamix | 8.4 | 0.03 | 6 GHz |
| Preperm™ ABS 1000 | 7.53 | 0.0034 | 3 GHz |
| Preperm™ ABS 1200 | 9.6 | 0.008 | 3 GHz |
| Preperm™ ABS1500 | 10.8 | 0.028 | 3 GHz |

Materiales para el casco

Los materiales utilizados en el diseño del casco se han consensado entre el Laboratorio de Microondas de Elche y el Instituto Tecnológico del Textil, AITEX, empresa con la que se ha realizado un contrato para el diseño del casco, tal y como estaba previsto en la memoria del proyecto. Las propiedades dieléctricas de los materiales caracterizados para ser utilizados en el caso son los siguientes:

| Material | Propiedades dieléctricas obtenidas | | |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------|------------|
| | permitividad | Tangente pérdidas | Frecuencia |
| PLA estándar | 2.65 | 0.058 | 3 GHz |
| ABS estándar | 2.52 | 0.064 | 3 GHz |
| Resina Biomed Durable | 2.79 | 0.047 | 5.5 GHz |
| ABS medical | 2.5 | 0.09 | 6 GHz |

Automatización del proceso de medida

Para la automatización de todo el proceso de medida se ha desarrollado un script en Python, con un entorno gráfico asociado para hacer que este programa sea sencillo e intuitivo. Este código corre en el miniordenador encargado del proceso de medida. Este ordenador está conectado en modo remoto con el ordenador de altas prestaciones que realiza todos los cálculos y ejecuta los algoritmos de procesado y realidad aumentada. Este script controla al mismo tiempo el Analizador de Redes Vectorial (VNA), que debe activar para cada pareja de antenas el fichero de calibración previamente realizado y guardado, y el microcontrolador, que controla la red de conmutación y ajusta sus salidas para conectar las antenas adecuadas.

Una vez realizado todo el proceso de medida, los archivos de medida (en formato s2p) se transfieren al ordenador de procesado y cálculo.

En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo del código implementado.

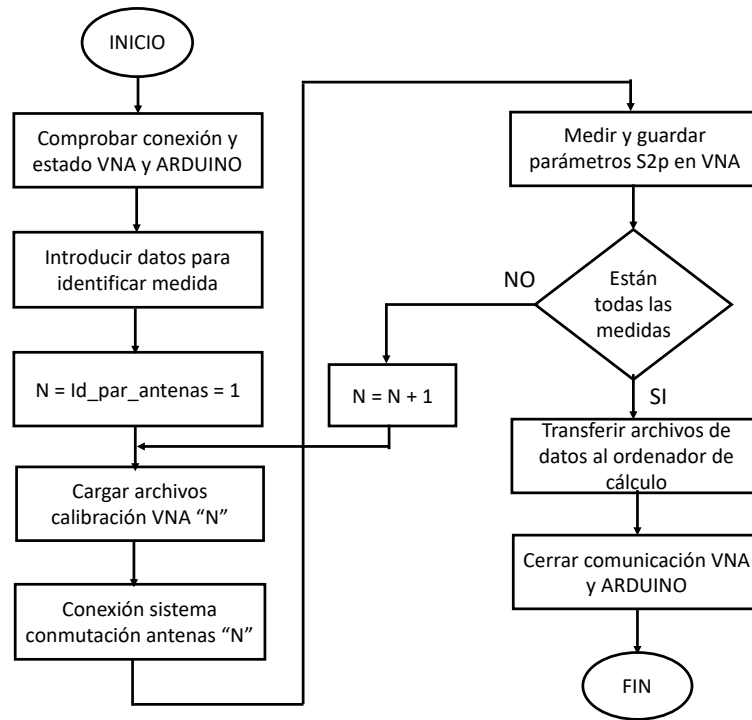


Figura 5. Diagrama de flujo del script implementado para la automatización del proceso de medida.