



## Efecto térmico de las Ondas Electromagnéticas de 2.4GHz sobre un modelo sintético de cerebro.

F. Vazquez<sup>1</sup>, O. R. Marrufo<sup>2</sup>, S.E. Solis-Najera<sup>1</sup>, R. Martin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx., 04519, México.

<sup>2</sup>Departamento de Neuroimagen, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS.

**Resumen**— En este trabajo de investigación se estudió uno de los efectos físicos relacionados con la exposición de ondas electromagnéticas de baja energía. Se desarrolló y construyó un modelo sintético de cerebro que fue irradiado por una fuente de microondas durante un período de tiempo determinado. Se logró analizar el efecto de la temperatura relacionado con el tiempo de exposición a las Ondas Electromagnéticas.

**Palabras clave**— Cerebro, Energía no Ionizante, Radiofrecuencias, Temperatura.

Se desarrolló el modelo sintético de cerebro con una mezcla de 500 ml de agua destilada, 6.0%  $\frac{m}{v}$  de Agar, 0.2%  $\frac{m}{v}$  de Sulfato Cúprico, 0.2%  $\frac{m}{v}$  de Sal y 0.1%  $\frac{m}{v}$  de Fosfato de Potasio. La densidad experimental fue de  $0.960 \pm 0.006 \frac{g}{cm^3}$ , apropiada según el valor reportado para materia gris ( $1.040 \frac{g}{cm^3}$ ) [6]. Posteriormente la muestra obtenida fue insertada en un modelo de cráneo con densidad de  $2.210 \pm 0.006 \frac{g}{cm^3}$ , como se muestra en la Fig. 1.

### I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales controversias hoy en día en cuanto al desarrollo de tecnología, es sí el uso de las Ondas Electromagnéticas tiene efectos adversos sobre la salud. Algunas de estas energías están presentes en el ambiente cotidiano con el uso de redes inalámbricas de comunicaciones, hornos de microondas y las nacientes redes en los Hogares Inteligentes (Smart Home) que trabajan en la llamada “Banda-Z” (908/916 MHz) [1].

Actualmente, un marcador de la energía que absorbe un tejido es el valor de la tasa de absorción específica SAR (del inglés, Specific Absorption Rate), sin embargo, los valores seguros reportados [2] provienen de modelos matemáticos o simulaciones numéricas que resuelven las ecuaciones de Maxwell, para entender la interacción de las ondas electromagnéticas con los sistemas biológicos [3].

Los modelos sintéticos son ampliamente utilizados para la evaluación de los efectos de las ondas electromagnéticas [4], por lo que en el presente trabajo se diseñó un modelo del cerebro para registrar la temperatura en su interior. Se analizaron los efectos que tendría la deposición de energía sobre este tejido al estar expuesto a una fuente continua de microondas.

La frecuencia utilizada para el presente estudio corresponde a la de 2.4GHz ya que es la que actualmente utilizan la mayoría de los dispositivos inalámbricos, y es cercana a la utilizada en la tecnología celular 4G LTE [5].

### II. METODOLOGÍA



Fig. 1. Modelo de materia gris insertado en modelo de cráneo.

Para la emisión de microondas a 2.4 GHz se utilizó un generador de ondas (Rohde&Shwarz SML03) que tiene una amplitud de salida de señal de hasta +10dBm; las ondas se amplificaron con un amplificador de potencia (Amplifier Research 250W100A), y la salida de este se conectó a una antena tipo Bocina (ETS Lindgren Horn 3115) para poder radiar ondas electromagnéticas al aire.

La muestra completa se colocó en una caja de acrílico forrada con aluminio y se dejó una cara abierta por donde incidían las ondas, esto para evitar que la radiación fuera dirigida en direcciones no deseadas. Para medir la temperatura, se utilizó un termopar adherido a una de las paredes de acrílico, éste sensaba la temperatura de la caja, y un termistor sensaba la temperatura al interior del modelo de cabeza (Fig. 2); el termistor al encontrarse envuelto por un

volumen dieléctrico no presentaba interferencia por parte de la radiación incidente. El termopar, al estar formado por dos conductores, dejaba de sentir la temperatura al ser colocado en el camino de la radiación.

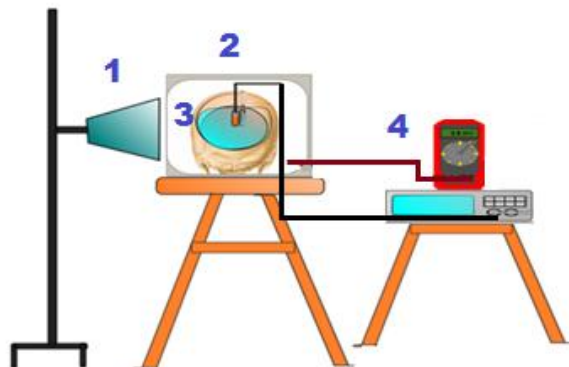


Fig. 2. Montaje Experimental de emisión de ondas sobre el modelo sintético de cerebro. 1) Antena emisora de microondas, 2) caja de acrílico forrada de aluminio, 3) modelo sintético de cabeza, 4) Instrumentos de medición de temperatura.

La potencia de emisión fue de 30 W, la distancia entre el borde de la antena emisora y el modelo de cabeza fue de una longitud de onda, para la frecuencia de trabajo.

### III. RESULTADOS

La muestra fue irradiada por un periodo de 20 minutos, a lo largo del cual se fueron almacenando lecturas de temperatura cada 10 segundos; el experimento se repitió 5 veces. En la Fig. 3 se muestra la gráfica de los valores promedio obtenidos.

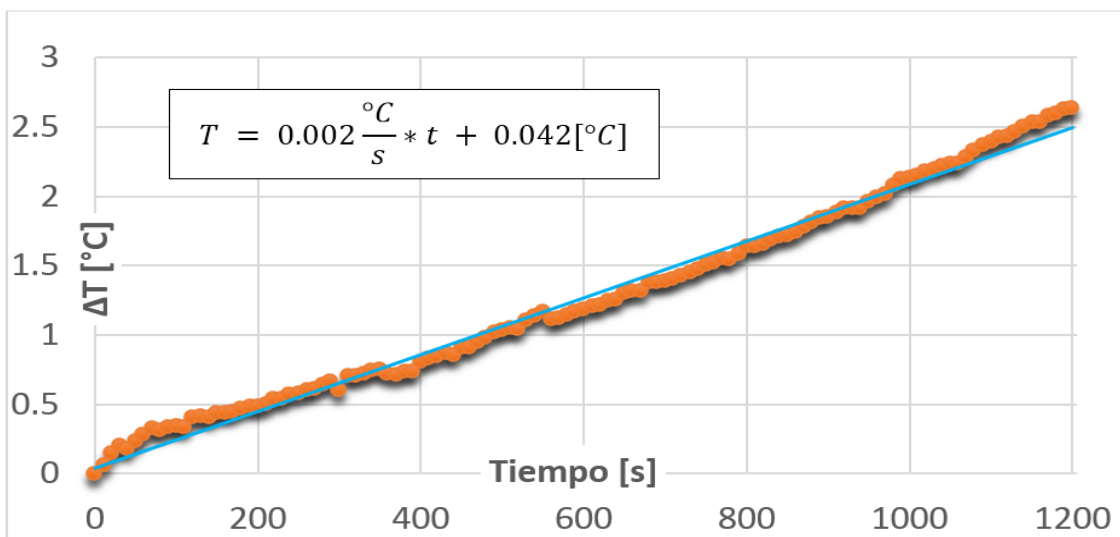


Fig. 3. Medición de la diferencia de temperatura inicial contra la temperatura reportada por el termopar a lo largo de 20 minutos.

Podemos observar un incremento en la temperatura de más de 2.5°C después de 20 minutos de exposición de la muestra a una fuente de radiación constante. La gráfica presenta un incremento de temperatura lineal, con un  $R^2 = 0.9895$ , respecto al tiempo de exposición.

### IV. DISCUSIÓN

El aumento de temperatura registrado se presenta considerando que en el modelo sintético desarrollado no cuenta con mecanismos de regulación. La potencia utilizada en el presente experimento es aproximadamente de la mitad de lo que ocupan como límite máximo las estaciones emisoras de señales celulares, sin embargo solo consideramos una sola fuente, mientras que estaciones pueden existir varias en una zona. La potencia de trabajo, comparada con la que utiliza un horno de microondas es notablemente menor.

El comportamiento lineal presentado en el experimento podría verse modificado al incrementar el intervalo de exposición, ya que se comienza a notar una cierta curvatura en la Fig. 3.

### V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo pudimos determinar una relación en el aumento de temperatura de un modelo sintético de cabeza con respecto a una única fuente de emisión de ondas electromagnéticas en el intervalo de las microondas bajas.

Los resultados aquí obtenidos son de suma importancia para el ámbito clínico debido a que existen estudios de imagen que no utilizan radiación ionizante, pero si ondas de radiofrecuencia que estimulan el incremento en la temperatura corporal y dicho incremento, actualmente no está regulada por alguna Norma Oficial Mexicana, por lo cual este resultado contribuye a regular estos procesos sin ser solamente simulaciones o procesos matemáticos, además considerando que en algunas patologías, la termorregulación del cuerpo puede sufrir deterioros, se hace necesario el estudio de blindajes electromagnéticos para este tipo de casos clínicos.

#### RECONOCIMIENTOS

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE105516.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] ICNIRP Guidelines For Limiting Exposure To The Time-Varying Electric, Magnetic And Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. 1998.
- [2] Panagopoulos, D. J., Johansson, O., & Carlo, G. L. Evaluation of Specific Absorption Rate as a Dosimetric Quantity for Electromagnetic Fields Bioeffects. PLoS ONE, 8(6), e62663, 2013.
- [3] Lin, James C., Michaelson, Sol M., Biological Effects and Health Implications of Radiofrequency Radiation, Springer US, 1987.
- [4] Dahlman, E., S. Parkvall, and J. Sköld, 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, 100– 137, Elsevier Ltd., UK, 2011.
- [5] Stuchly SS, Stuchly MA, Kraszewski A, Hartsgrrove G., Energy deposition in a model of man: frequency effects, IEEE Trans Biomed Eng., 33(7): 702-711, 1986.
- [6] Serway R., Faughn J. Física, 5ta Edición. Pearson, 2001.