



Análisis del ambiente electromagnético en un área de estomatología

Analysis of the Electromagnetic Environment in a Dentistry Area

Alejandro Rivas Gamallo^I, Yenisel Díaz Roller^I, Janet Carvajal de la Osa^{I,*}, Rut Lay Abad Rodríguez^{II}, Joel David Gago García^{II}

^IUniversidad Tecnologica de La Habana “Jose Antonio Echeverria”, CUJAE. La Habana, Cuba

^{II}Universidad Nacional Autónoma de México(UNAM). Ciudad de México(D.F.). México

*Autor de la correspondencia: janetco@automatica.cujae.edu.cu

Recibido: 2 de noviembre de 2024 Aprobado: 4 de diciembre de 2024

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 internacional](#)

RESUMEN/ABSTRACT

Las consultas estomatólogicas son muy visitadas en las áreas de salud. En estas, convergen varios equipos médicos. Usar energía eléctrica genera campos electromagnéticos que afectan el medio ambiente. Para controlar esto, existen recomendaciones emitidas por la Comisión para la Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes. Debido a esto se realizó la medición del campo magnético existente en el ambiente de la consulta de estomatología del hospitalito de la CUJAE, con el objetivo de verificar si los valores ambientales del mismo se encuentran dentro de los límites permitidos utilizando un gaussímetro marca EMDEX. El resultado arrojó que cuando el equipo entra en funcionamiento se alcanzan valores por sobre los 120 mG cerca del pedestal. Aunque estos están por debajo de lo recomendado, se debe tener presente los niveles que alcanzan y que en este local solo se encuentra ubicado un sillón.

Palabras clave: campos electromagnéticos, área de estomatología, medición de radiación.

Dental consultations are highly frequented in the health area. Several medical devices converge in these settings. The use of electrical energy generates electromagnetic fields that affect the environment. To control this, there are recommendations issued by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Therefore, measurements of the existing magnetic field in the dental consultation area of the CUJAE hospital were conducted to verify if the environmental values are within permitted limits using an EMDEX gaussmeter. The results indicated that when the equipment is operational, values exceeding 120 mG are reached near the pedestal. Although these levels are below the recommended limits, it should be borne in mind the levels they reach, especially since there is only one dental chair located in this area.

Key words: *electromagnetic fields, dentistry area, radiation measurement.*

INTRODUCCIÓN

Las áreas de estomatología son de las más colmadas, en cuanto a tecnología y afluencia de pacientes se refiere, después de los salones quirúrgicos [1]. Se puede encontrar en ellas la presencia de varios equipamientos médicos concentrados en pequeños cubículos separados por divisiones de diversos materiales. Se conoce que los equipos eléctricos generan al ambiente campos electromagnéticos (CEM) y que estos campos se suman frente a la presencia de otros por muy bajo nivel de radiación que posean [2].

Cómo citar este artículo:

Alejandro Rivas Gamallo y otros. Análisis del ambiente electromagnético en un área de estomatología. Ingeniería Energética. 2024, 45 (3), septiembre/diciembre. ISSN 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Estos causan, a frecuencia de red, diferentes campos y corrientes inducidos, los cuales son responsables de respuestas biológicas específicas [3]. Los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia pueden causar efectos nocivos, tanto en las personas como en el funcionamiento de los equipos médicos [4-7]. Estos pueden causar interferencias que ponen en peligro la vida de pacientes en unidades de cuidados intensivos [8], sobre todo cuando los niveles sobrepasan los emitidos por normas internacionales como los de la Comisión para la Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) [9, 10].

En los centros hospitalarios la concentración, en pequeños y grandes locales, de equipamiento médico es observada con frecuencia. Por este motivo la medición de CEM en estas áreas es relativamente realizada en aras de proteger la vida de las personas que trabajan en ellas y evitar el mal funcionamiento del equipamiento médico. Es con este objetivo que se realizó este trabajo, teniendo en cuenta que a nivel mundial se han encontrado niveles altos de contaminación ambiental de campo magnético en áreas de fisioterapia [11], terapia intensiva [12-15], pruebas electrofisiológicas [16], Tomografía Axial Computarizada (TAC) [2], entre otras [10,17, 18].

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para esta investigación se utilizó un gaussímetro modelo EMDEX II (figura 1) y las recomendaciones de la ICNIRP de 2010 como referencia para comprobar los niveles obtenidos en los resultados. El gaussímetro está diseñado para medir campos magnéticos, posee tres bobinas localizadas al interior del medidor para registrar la densidad de campo magnético de cada eje (B_x , B_y , B_z). Esta magnitud es registrada por el microprocesador que calcula instantáneamente el campo magnético resultante a partir de las lecturas de campo magnético de cada eje. Las características técnicas del equipo se presentan en la página del fabricante [19] y un resumen en la tabla 1.



Fig. 1. Gaussímetro EMDEX II

Tabla 1. Características y Especificaciones Técnicas del Gaussímetro EMDEX II

| Propósito de la medición | Medición de campos magnéticos |
|-----------------------------------|---|
| Datos Mostrados | Medición actual |
| Rango | 0,1-3,000 mG (0,01-300 μ T) |
| Resolución | 0,1mG (0,01 μ T) |
| Precisión típica | $\pm 1-2\%$ |
| Frecuencia | Ancho de banda: 40-80 Hz Harmónico: 100-800 Hz |
| Tiempo máximo para tomar muestras | 1,5 Segundos |
| Pantalla (mG o mT) | Alfanuméricos 8-caractéres |
| Método de medición | RMS tiempo real |
| Tipo de batería y tiempo de uso | Alcalina: 9 V 7 días |

El área de estudio donde se realizaron las mediciones fue el salón de estomatología ubicado en la residencia estudiantil de la CUJAE. Para ello se realizaron las mediciones en el compresor ubicado en el área verde delantera y en los tres locales que componen el salón donde se encuentra la unidad dental. La unidad dental (figura 2) está compuesta por todos los instrumentos que intervienen en el trabajo del odontólogo y los elementos que componen el sillón dental como son la lámpara, la jeringa de triple función, el micromotor, la bandeja porta instrumentos, la escupidora o eyector de saliva, el pedestal y el pedal o reóstato.



Fig. 2. Unidad dental estudiada (imagen tomada por el autor)

Además de las partes que forman la unidad dental, el sillón necesita un compresor para complementar su trabajo. En este caso, el compresor es marca MEDICAIR (figura 3), tiene como función producir aire comprimido que se almacena en un tanque a alta presión, con la finalidad que pueda ser usado en cualquier momento, siendo trasladado a los equipos dentales a través de una serie de tubos destinados a este fin. Su funcionamiento, consume energía eléctrica al producir y generar el aire comprimido, con la particularidad de que para generar el aire comprimido debe ser de una forma más rápida de la que se consume por el sillón dental. Sus características se exhiben en la figura 3.



| Código | Modelo | Clase | | | | | |
|---------------|-------------------|---------------------|-------|-----------|------------------|-----|------|
| | | | | | | | |
| 516HI31675 | VKM 300/S 2.5 | F | | | | | |
| 516HI31676 | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Aire aspirado | Presión máxima | Potencia de motores | | | | | |
| l/min. | m ³ /h | c.f.m | bar | psi | Kw | HP | |
| 300 | 18 | 10.6 | 8 | 116 | 18 | 2.5 | |
| | | | | | | | |
| | | | R.P.M | Dimensión | | | |
| Alimentación | I (A) | v (V) | Hz | r/min | L x D x H (cm) | kg | lbs |
| | 8 | 200/260 | 50/60 | 1420 | 45.5 x 41 x 35.5 | 24 | 52.9 |

Fig. 3. Compresor FINI MedicAir VKM 300/S OILLESS (Tomada por el autor). Características técnicas del compresor VKM 300/S

Las directrices de 2010 emitidas por la ICNIRP [20], tienen como objetivo normar los valores de radiación para la protección de humanos expuestos a campos eléctricos y magnéticos en el rango de baja frecuencia del espectro electromagnético. Tomando como referencias investigaciones realizadas a nivel internacional.

Metodología de la Investigación

La investigación se dividió en dos etapas. La primera se basó en las mediciones de campo magnético del área para evaluar los niveles de contaminación y las fuentes que emanan mayor nivel de campo magnético. En la segunda se midió el pedestal del sillón dental para evaluar los niveles que emanan por ser la fuente más cercana a las personas.

- Se caracterizó la infraestructura física y tecnológica del área.
- Se obtuvieron los croquis de cada área, para ubicar los puntos necesarios para las mediciones y mapear los valores a través de colores.

- Para realizar las mediciones se tuvo en cuenta dos condiciones fundamentales:
 1. Condición 1: luminarias y equipamiento (unidad y compresor dental) apagados.
 2. Condición 2: luminarias y equipamiento (unidad y compresor dental) encendidos.
- Seguidamente se realizaron las mediciones en cada una de las áreas escogidas de la siguiente manera:
 1. Se definieron las zonas de interés para las mediciones.
 2. Se realizó una malla rectangular metro a metro de dimensión $n \times m$ equivalente a una matriz, se desplazó el equipo de medición sobre cada punto de la malla para realizar un promedio espacial, midiendo en modo discreto (punto a punto), para posteriormente realizar un promedio de los valores obtenidos.
 3. Las mediciones de campo magnético se comenzaron por la esquina contraria y más alejada de la puerta de entrada, a favor de las manecillas del reloj y en forma de zigzag como se muestra en la figura 4. Se colocó el gaussímetro a un metro sobre el nivel del suelo y a un metro de distancia entre cada punto de medición. Los valores de la medición se tomaron a esta altura, por ser la posición que generalmente se encuentran la mayor cantidad de órganos en el cuerpo de las personas de estatura promedio. Además, por ser la altura que propone la ICNIRP en su protocolo para realizar las pruebas que dan los límites de sus recomendaciones.

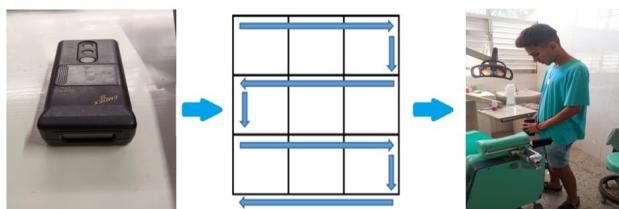


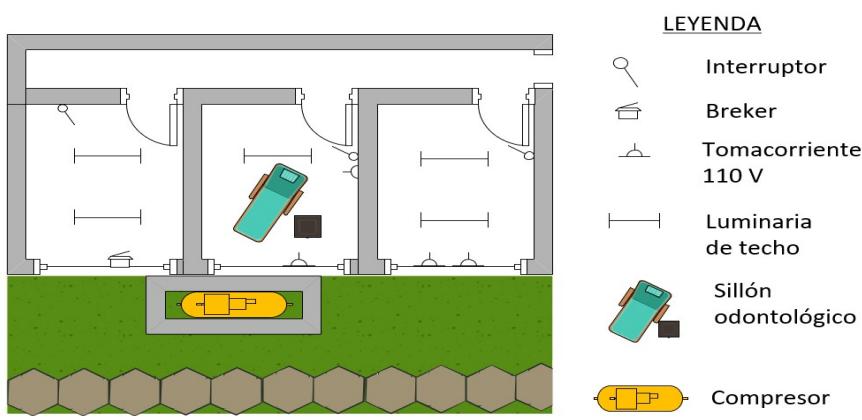
Fig.4. Forma y demostración del recorrido realizado en los locales y el área externa

- La medición se repitió cinco veces y los valores se plasmaron en tablas que luego se procesaron a través de análisis estadístico.
- Se compararon los promedios obtenidos a través del procesamiento de los datos con las recomendaciones de la ICNIRP 2010, para conocer el estado de la contaminación del área y si los niveles sobrepasan los recomendados. Los resultados de la comparación se muestran a través de una gráfica de barras.

Además de la metodología propuesta para realizar las mediciones en los locales, se diseñó otro protocolo para medir el CEM que genera el pedestal de la unidad dental ubicado en el local dos, para ello se midieron seis puntos alrededor del pedestal a una distancia de 20 cm de separación de este, repitiendo esta acción cinco veces y promediando los valores obtenidos.

RESULTADOS y(o) DISCUSIÓN

El salón estomatólogico objeto de estudio posee tres locales y un área verde donde se encuentra el compresor. En el caso de los tres locales poseen las mismas dimensiones $3 \times 2.5 \text{ m}$ (largo por ancho), para realizar las mediciones en el área verde se tomó un área de $3 \times 5 \text{ m}$ como se refleja en la figura 5. Cada local está equipado con los componentes eléctricos básicos de cualquier edificación, como son luminarias, tomascorrientes de 110 V e interruptores eléctricos, excepto el local 2 que posee incorporado un sillón dental.



Resultados de las mediciones

Siguiendo la metodología propuesta se obtuvieron los valores promedio para cada área medida y en las condiciones propuestas, los mismos se presentan como se muestran en los mapas de colores de las figuras 6 y 7.

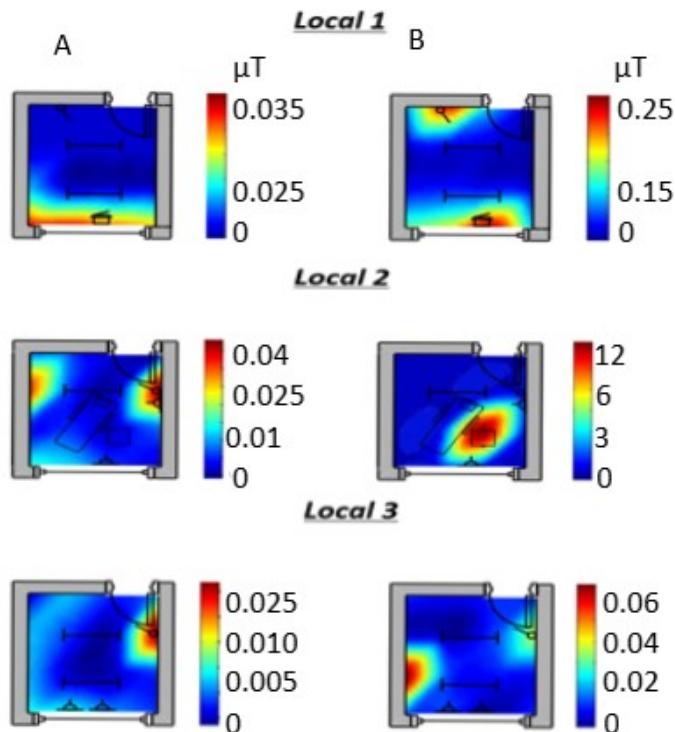


Fig. 6. Mapeo obtenido para cada local. **Local 1:** a) condición 1, b) condición 2. **Local 2:** a) condición 1, b) condición 2. **Local 3:** a) condición 1, b) condición 2

Área del compresor

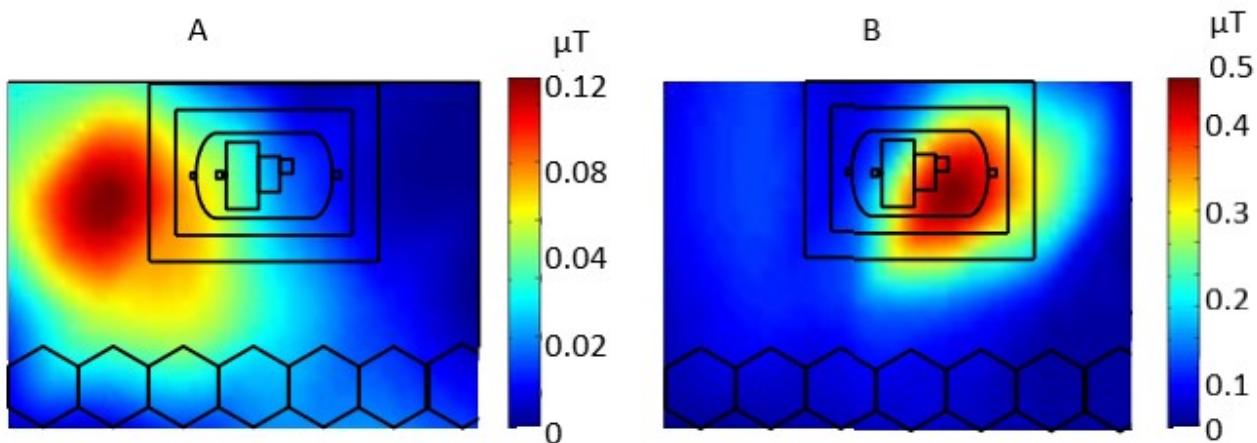


Fig. 7. Mapeo obtenido para el área verde externa: a) compresor apagado, b) compresor encendido

También se obtuvo el promedio de radiación para cada uno de los locales, valores que se muestran en la tabla 2 y que serán los utilizados para la comparación con las recomendaciones de la ICNIRP.

Tabla 2. Valores promedios totales de las áreas medidas

| Locales | mG | μT |
|---------------|-------|---------------|
| Local 1 | 0.47 | 0.047 |
| Local 2 | 4.23 | 0.423 |
| Local 3 | 0.09 | 0.009 |
| Área externa | 0.68 | 0.068 |
| Unidad dental | 16.59 | 1.659 |

En el mapeo resultante de los valores de radiación de cada área estudiada, se puede apreciar a través de la escala, la mayor zona de contaminación electromagnética en el área del pedestal ubicado en el local 2 de aproximadamente 12.3 μT . En los locales 1 y 3 se observa que al no existir equipamiento eléctrico la diferencia entre las dos condiciones planteadas no presenta grandes cambios, ya que en estas áreas solo influyen las radiaciones emitidas por los interruptores, las tomas de corriente de 110 V y las luminarias. En el local 1 los valores medidos van desde los 0.01 μT , hasta los 0.273 μT como media de los máximos, la razón de este valor está dada a que este punto de medición se encuentra justo al lado del breaker que controla el encendido y apagado del compresor dental. En el local 3 los valores mínimos van desde 0 μT , hasta 0.067 μT como máximo valor obtenido evaluado para la condición 2 en el punto situado cerca de una ventana que comunica el local 3 con el 2, paralelamente y con una pequeña vecindad con la fuente emisora de la unidad dental.

Sucede lo contrario en el área externa donde se ubica el compresor dental. En este mapeo se puede observar como el rango de contaminación electromagnética cambia dependiendo del estado de funcionamiento del equipo, manifestando un intervalo desde los 0.01 μT hasta los 0.557 μT como media máxima encima de la edificación que protege al compresor y que se encuentra alejado de este un metro. En el local 2 se encuentra la unidad dental, los mapeos muestran la diferencia que existe entre el intervalo de valores que van desde los 0.007 μT mínimo, hasta los 12.5 μT máximo encontrado en un punto al lado de una de las paredes metálicas de la torre donde se encuentra todo el sistema eléctrico de este equipo (componentes y circuitos internos) .

De la medición alrededor del pedestal de la unidad dental se puede llegar a la conclusión de que los mayores valores obtenidos son los que se encuentran al medio y por la cara posterior del mismo, pues en esta zona es donde se ubican la mayoría de los componentes y circuitos eléctricos los cuales están fijados a la pared metálica de este.

Del análisis estadístico se demostró que para la condición 1 no hay una diferencia significativa de valores entre los tres locales, es decir, que no hay diferencia en cuanto a la radiación ambiental que ocupa cualquiera de los tres locales. Mientras que para la condición 2 se evidenció diferencia entre el local 2 y los demás, por lo que la permanencia en este local es la que crea mayor riesgo de contraer alguna patología al personal médico que aquí labora y la posibilidad de interferencias en el funcionamiento de cualquiera de los instrumentos componentes del sillón estomatológico. Según lo establecido por la ICNIRP, a una frecuencia de 60 Hz la exposición máxima a CEM en áreas de trabajo debe ser menor e igual a 200 μT . En este trabajo los resultados obtenidos están dentro del rango permisible como muestra la gráfica de barras de la figura 8.

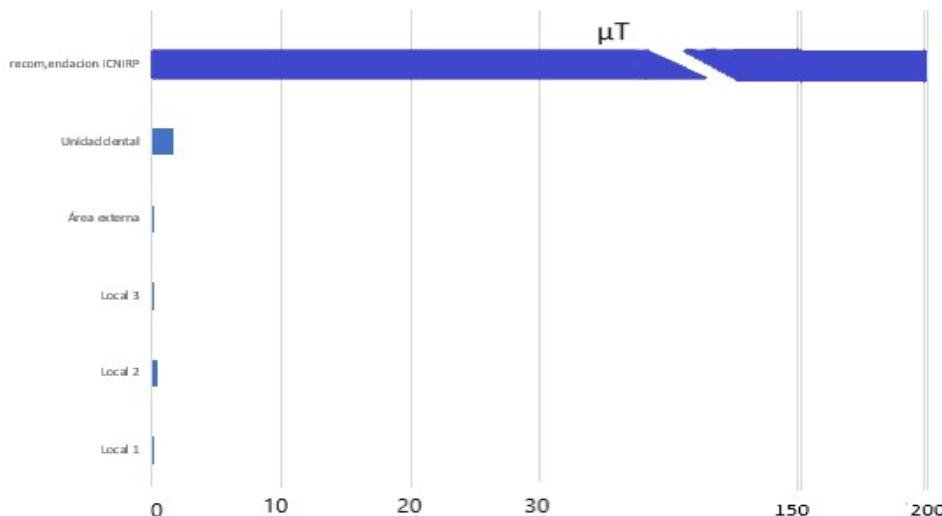


Fig.8. Comparación entre los valores promedios obtenidos de las áreas y las recomendaciones de la ICNIRP 2010 en μT

CONCLUSIONES

Se realizaron las mediciones bajo las condiciones requeridas para la investigación concluyendo, que a medida que entran en funcionamiento los equipos aumenta la contaminación ambiental electromagnética. A mayor cercanía de las fuentes de emisión se encuentran los mayores niveles de radiación electromagnética. Los niveles de campo magnético analizados se encuentran por debajo de los recomendados por la ICNIRP, no obstante, debe mantenerse una estrecha vigilancia debido a la abrupta diferencia entre la radiación que emana el pedestal cuando está apagado y encendido.

REFERENCIAS

- [1] Guevara, E., et al. "La Bioseguridad en los servicios de estomatología. Una revisión sistemática". Int. J. odontostomat. 2023, vol. 17, n. 3, p. 281-287, ISSN 0718-381X. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2023000300281>
- [2] Roller Y., et al. "Low Frequency Magnetic Field in a CT". J Radiat Oncol Res. 2024, vol. 5, p. 6. ISSN 2995-6382. Disponible en: <https://www.jsmcentral.org/sm-radiation-oncology/jror734162.pdf>
- [3] Zambrano, A. "Biomagnetismo y eficiencia en la arquitectura". Dom. Cien. 2023, vol. 9, n. 3, p. 159-171. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3437>
- [4] Martínez, S. and Terranova, V. "Diagnóstico de la calidad de vida de las Unidades de Planeación Zonal (UPZ) 35 y 36 de la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta las incidencias de las subestaciones eléctricas a partir de la cuantificación de la huella de carbono". DYNA, 2021, vol. 88, n. 218, p. 247-256. ISSN 0012-7361. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n218.90540>
- [5] Agüero, M., et al. "Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su impacto sobre la salud de los seres humanos". Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2014, vol. 52, n. 2, p. 210-227. ISSN 1561-3003. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo oa?id=223237143007>
- [6] Soo, P., et al. "Safety of exposure from extremely low frequency magnetic fields during prenatal ultrasound examinations in clinicians and pregnant women". Medicine. 2015, vol. 94, n. 29. ISSN 1578-8822. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000001194>
- [7] Edwin, B., and Ponce, M. "Afectación ambiental por campos electromagnéticos de baja frecuencia y potenciales riesgos a la Salud Pública". Dom. Cien. 2016, vol. 2, n. 4, p. 308-322. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5802870>
- [8] Calvo, C., et al. "Interferencia electromagnética en equipos médicos debida a equipos de comunicación inalámbrica". Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia. 2008, n. 46, p. 90-100. ISSN 2422-2844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo oa?id=43004610>
- [9] Escobar, A., et al. "Mapeo del campo magnético de frecuencia industrial en un ambiente hospitalario". TecnoLógicas. 2010, n. 24, p. 71-83. ISSN-e 2256-5337. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5062910>
- [10] Rincón, L., et al. "Medición y certificación de niveles de intensidad de campos electromagnéticos no ionizantes en ambientes clínico hospitalarios". Scientia Et Technica. 2015, vol. 20, n. 4, p. 377-385, ISSN 0122-1701. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo oa?id=84946834009>
- [11] Yero, D., et al. "Caracterización del ambiente electromagnético en Salas de Rehabilitación". in Convención Internacional de Ciencias Técnicas, MEDISAN. 2016, vol. 20, n. 8. ISSN 1561-3003. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200007
- [12] Almirall, I., et al. "Medición de los niveles de campo magnético en el área de cuidados intensivos del hospital clínico quirúrgico Enrique Cabrera". CONGRESO ALTAE 2017, del 27 al 30 de noviembre de 2017, La Habana, Cuba. ISBN 978-959-261-572-4. Disponible en: www.reaserchgate.net/publication/330485864_MEDICION_DE LOS NIVELES DE CAMPO MAGNETICO EN EL AREA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL CLINICO QUIRURGICO ENRIQUE CABRERA
- [13] Carvajal, J., et al. "Análisis del campo magnético en una institución hospitalaria". Revista Ingeniería Energética. 2018, vol. 39, n. 3, p. 176-185. ISSN 1815-5901. Disponible en : http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000300005
- [14] Carvajal, J., et al. "Campo magnético ambiental en una Unidad de Terapia Intensiva Neonatal. Importancia de su Verificación". ARCH ARGENT PEDIATR. 2020, vol. 118, n. 3, p. 246-251. ISSN 0325-0075. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1116913>
- [15] Yoğun, B., et al. "Analyzing Exposures to Electromagnetic Fields in an Intensive Care Unit". Turk J Anaesthesiol Reanim. 2016, vol. 44, n. 5, p. 236-240. ISSN 2667-677X. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5118007/>
- [16] Roller, Y., et al. "Influencia de la interferencia electromagnética sobre la señal del AUDIX V". Rev. Ing. Energética. 2022, vol. 43, n. 2. ISSN 1815-5901. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/659/818>
- [17] Roller, Y., et al. "Análisis de la interferencia electromagnética generada por equipos médicos en una unidad de cuidados intensivos neonatal". Revista Ingeniería Energética. 2021, vol. 42, n. 2. ISSN 1815-5901. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/622/767>

- [18] Morales, J., et al. "Caracterización y análisis del campo magnético ambiental en un taller de reparación de equipos electromédicos". Revista Ingeniería Energética. 2023, vol. 44, n. 2. ISSN 1815-5901. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/829/898>
- [19] Direct Industry by Virtual expo Group. "Aparato de medición de campo magnético EMDEX II". [Consultado el 25 de enero 2024]. Disponible en <https://www.directindustry.es/prod/emdex-llc/product-198610-1982730.html>
- [20] ICNIRP. "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric magnetic fields (1 HZ – 100 kHz)". HEALTH PHYSICS. 2010, vol. 99, n. 6, p. 818-836. ISSN 1538-5159. Disponible en: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Alejandro Rivas Gamallo: <https://orcid.org/0000-0002-2166-0396>

Participó en la recolección de datos y en el análisis de los resultados. Colaboró en la revisión crítica del contenido del artículo y en la aprobación final.

Yenisel Díaz Roller: <https://orcid.org/0000-0002-6574-9675>

Participó en el diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados. Colaboró en la revisión crítica del contenido del artículo y en la aprobación final.

Janet Carvajal de la Osa: <https://orcid.org/0000-0001-7954-8359>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Rut Lay Abad Rodríguez: <http://orcid.org/0009-0001-6397-9792>

Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Joel David Gago García: <https://orcid.org/0009-0004-4252-5128>

Participó en el análisis de los resultados, la revisión crítica del contenido del artículo y en la aprobación final.