



TRABAJO TEORICO-EXPERIMENTAL

Caracterización de la interferencia electromagnética en una sala de neurofisiología

Characterization of electromagnetic interference in a neurophysiology room

Iosvany Aguiar Ramos¹; Yenisel Díaz Roller²; Ignat Pérez Almirall²; Miguel Castro Fernández²; Janet Carvajal de la Osa^{2,*}

¹ Universidad de La Habana, Centro de biomateriales (Biomat), Provincia La Habana, Cuba

² Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), Provincia La Habana, Cuba

*Autor de correspondencia: Janetco@automatica.cujae.edu.cu

Recibido: 7 de agosto de 2020

Aprobado: 29 de octubre de 2020

Licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional



RESUMEN/ABSTRACT

Actualmente, los problemas asociados con el uso de las radiaciones no ionizantes, entre ellas las fuentes que generan campos magnéticos de baja frecuencia (50-60 Hz), han cobrado interés entre la comunidad científica. El aglutinamiento de equipos médicos según la disposición constructiva del área donde se encuentran, acarrear una interferencia invisible que pudiera afectar el funcionamiento de los mismos. Por esta razón este grupo de trabajo se ha dado a la tarea de realizar mediciones de campo magnético de baja frecuencia, empleando para ello un instrumento de medición *EMDEX II* y teniendo en cuenta diferentes situaciones en una consulta de pruebas de neurofisiología neonatal. Se concluyó que existen interferencias externas que influyen sobre el área donde se ubica el equipamiento médico. Obteniéndose los valores de campo magnético emitidos y su origen. Se recomienda trasladar el equipamiento médico a un espacio, dentro del local, donde exista menor intensidad de campo magnético.

Palabras clave: Campos magnéticos, interferencia electromagnética, equipos médicos, neurofisiología.

Nowadays, the problems associated with the use of the non-ionizing radiations, among them the sources they generate magnetic fields of low frequency (50-60 Hz), have retrieved a growing interest between the scientific community. The agglutination of medical equipment according the constructive disposition of the area in which find, lead to invisible interference that could affect the functioning itself. For this reason, this working group decided to perform measurements of low-frequency magnetic field. It was used the instrument of measurement *EMDEX II* and it was take into account different situation in a neonatal neurophysiology test consultation. It was concluded that there are external interferences that reach the medical equipment is located. The values of magnetic field issue and its origin were obtained. It recommends to move the medical equipment to another space where exist less intensity of magnetic field.

Key words: magnetic fields, electromagnetic interferent, medical equipment, neurophysiology.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo tecnológico el uso de la electricidad se hace indispensable. La tecnología va en ascenso por lo que en una consulta médica o salón de operaciones se hace evidente el uso simultaneo de equipos de tratamiento, cura o diagnóstico.

Cómo citar este artículo:

Iosvany Aguiar Ramos; *et al.* Caracterización de la interferencia electromagnética en una sala de neurofisiología. 2020, vol.41, n.3, septiembre/diciembre. ISSN: 1815-5901.

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

Estos, aunque están sujetos al cumplimiento de normas de diseño y seguridad en su construcción [1], incurrir en interferencias sobre el funcionamiento unos de otros [2], sin que por ello nos demos cuenta [3]. Este criterio también es aplicable para los conductores eléctricos en cualquier construcción moderna, siendo la interferencia creada por las líneas eléctricas de 50-60 Hz es una de las que mayor porcentaje representa actualmente [4].

En las salas de neurofisiología, coinciden equipos de medición y diagnóstico de potenciales evocados auditivos y visuales, equipos de electroencefalogramas portátiles, electrococleogramas, computadoras de escritorio, entre otros.

Se conoce que, la interferencia electromagnética puede ocasionar daños sobre el equipamiento médico de tratamiento y diagnóstico [5, 6], como sobre el implantado en un paciente [7, 8]. Es por este motivo que existen regulaciones acerca de los valores de exposición a los que se pueden encontrar durante el funcionamiento [9, 10]. Estas normas fueron introducidas partiendo de que la interferencia sobre los equipos médicos puede ocasionar desde un mal diagnóstico y consecuentemente tratamiento [11], hasta causar daños leves [2], irreversibles o la pérdida de la vida de un paciente [5].

Es por este motivo que el objetivo de este trabajo es caracterizar el comportamiento del campo magnético de baja frecuencia y verificar la existencia de interferencia en máximas y mínimas condiciones de trabajo, en una sala de neurofisiología de un hospital de la ciudad de La Habana, donde se miden potenciales evocados auditivos y visuales a bebés prematuros y proponer medidas para evitarlas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para la medición del campo electromagnético se utilizará un gaussímetro marca EMDEX II cuyas características se muestran en la tabla 1, [12].

Tabla 1. Gaussímetro EMDEX II. Especificaciones y características técnicas. Tomadas de [12].

Características técnicas del	Gaussímetro ENDEX 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	0,1 mG (0,01 μ T)
Precisión Típica	\pm 1 - 2%
Frecuencia	Ancho de banda : 40 - 800 Hz
Harmónico	: 100 - 800 Hz
Tiempo máximo para tomar muestra	1,5 s
Método de medición	RMS tiempo real

Se utilizarán además los equipos médicos con que cuenta la sala de neurofisiología en estudio, los que se relacionan en la tabla 2. En este caso el estudio estará orientado hacia definir si existe interferencia sobre el equipo diagnóstico de potenciales evocados auditivos y visuales AUDIX, por ser el de mayor uso y el que se utiliza para diagnosticar las afecciones a los bebés.

Tabla 2. Relación y ubicación del equipamiento médico existente en el área de neurofisiología en estudio.

Equipos electrónicos	Local de potenciales visuales	Local de potenciales auditivos
AUDIX	X	X
Fotoestimulador FENIX		X
Otoscopio HEINE		X
Equipo de timpanometría TITAN		X
SPLIT (Westinghouse)	X	X
PC Escritorio	X	X
Refrigerador	X	

El equipo AUDIX de la firma NEURONIC, es un electroaudiómetro computarizado para una exploración exhaustiva de la audición y la visión, que se basa en el registro de potenciales evocados auditivos o visuales de estado estable (PEAee). Esta técnica permite realizar una exploración audiométrica detallada por frecuencias mostrando los resultados en forma de un audiograma convencional. Los PEAee son respuestas que no se afectan por la sedación ni el sueño lo que las hace ideales para la exploración de la audición en niños pequeños, incluso de recién nacidos. El equipo cuenta con un preamplificador y un amplificador incorporado mediante cableado y un sistema de adquisición de señales por audífonos conectado por cables al mismo, como se muestra en la figura 1.



Fig.1. Esquema de la disposición del equipo de potenciales evocados auditivos Audix de la marca Neuronic.

Método

De manera general:

- Se determinarán las características físicas de los locales donde se realizarán las mediciones.
- Se medirá el campo magnético de cada local de neurofisiología en tres momentos, 1) con solo las luces encendidas (situación mínima), 2) con las luces y el equipo de neurofisiología funcionando (situación media), 3) con las luces encendidas, todos los equipos médicos conectados y funcionando también las computadoras y el equipo de climatización (situación máxima).
- Luego en un segundo momento se mantendrá la situación máxima de trabajo incorporando el funcionamiento del electroencefalograma a tres distancias diferentes del equipo AUDIX. Se utiliza este equipo específicamente por ser uno de los de mayor tiempo de explotación en el área a estudiar, y al ser utilizado es necesario ubicarlo cerca del preamplificador de potenciales evocados y del paciente, pues los dos deben extraer señales del mismo para su funcionamiento y ambos están catalogados por ser altamente sensibles a la interferencia electromagnética [13].

Las mediciones se realizarán metro a metro con el recorrido expuesto en la figura 2, con el gaussímetro a una distancia de 1m sobre el nivel del piso, comenzando por la parte más alejada de la puerta, y a favor de las manecillas del reloj.



Fig.2. Recorrido utilizado para realizar las mediciones.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Resultados

- Como primer resultado se obtuvieron los planos de los locales a medir. El área de Neurofisiología objeto de estudio está dividida en dos locales; situados uno encima del otro, teniendo acceso externo. El local de la planta alta es el de potenciales visuales (figura 3) y el de la planta baja el de potenciales auditivos (figura 4). Para las mediciones los nombraremos cubículos A, B, C y D como se observa en las figuras 3 y 4.

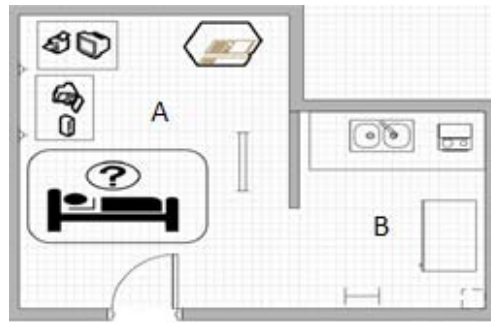


Fig.3. Local de potenciales evocados visuales (cubículos A y B) y distribución de equipamiento eléctrico y electrónico dentro del mismo.

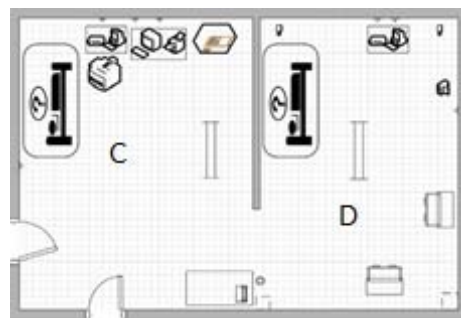


Fig.4. Local de potenciales evocados auditivos (cubículos C y D) y distribución de equipamiento eléctrico y electrónico dentro del mismo.

- Como segundo resultado se obtuvieron los valores de las mediciones de campo magnético de baja frecuencia obtenidas en el ambiente de cada local.
- Los primeros valores expuestos corresponden al local de potenciales evocados visuales. Estas mediciones se realizaron siguiendo la metodología descrita en el acápite de materiales y métodos y son mostradas a través de un mapa de colores en las figuras 5 y 6.

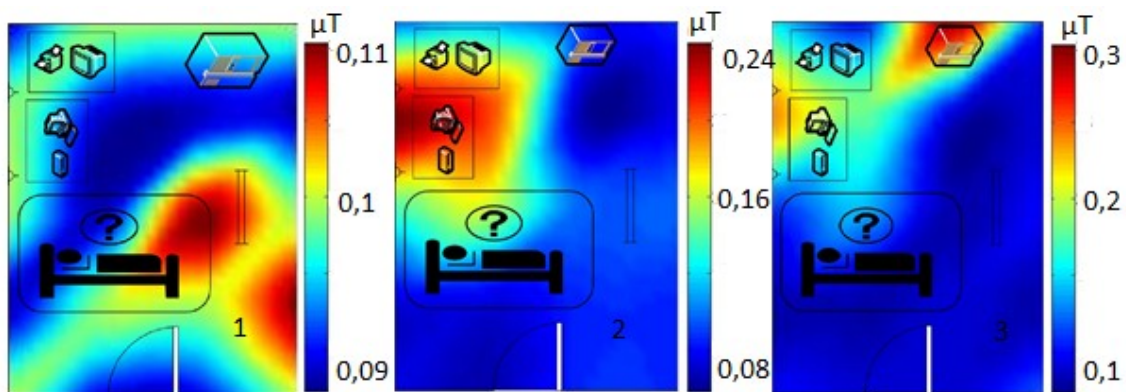


Fig.5. Mapa de colores, cubículo A del área de potenciales evocados visuales. 1-solo luz encendida, 2- luz y equipo de potenciales evocados encendidos, 3-todo el equipamiento encendido y funcionando.

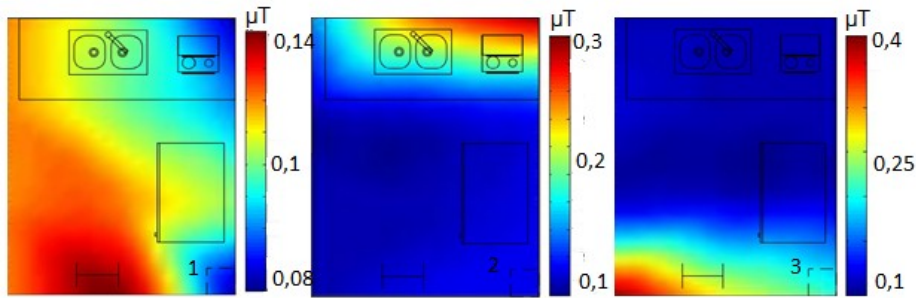


Fig. 6. Mapa de colores, cubículo B del área de potenciales evocados visuales. 1- solo luz encendida, 2- luz y equipo de potenciales evocados encendidos, 3- todo el equipamiento encendido y funcionando.

-Los segundos valores expuestos corresponden al local de potenciales evocados auditivos. Al igual que en los locales anteriores se siguió la metodología presentada en el acápite de materiales y métodos y se muestra a través de mapas de colores en las figuras 7 y 8.

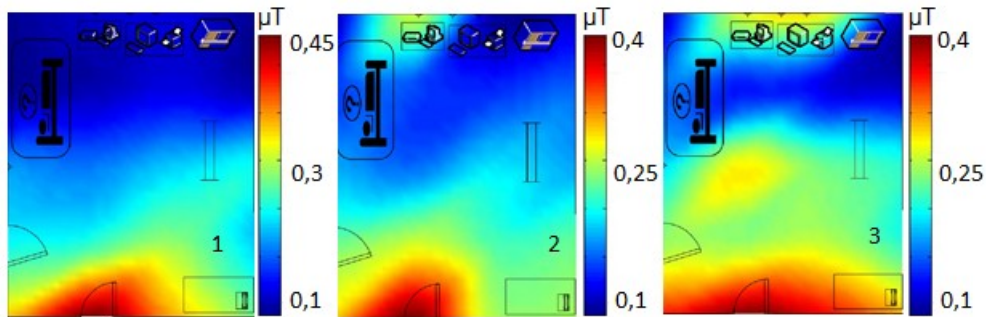


Fig. 7. Mapa de colores, cubículo C del área de potenciales evocados auditivos. 1- Solo luz encendida, 2- luz y equipo de potenciales evocados encendidos, 3- todo el equipamiento encendido y funcionando

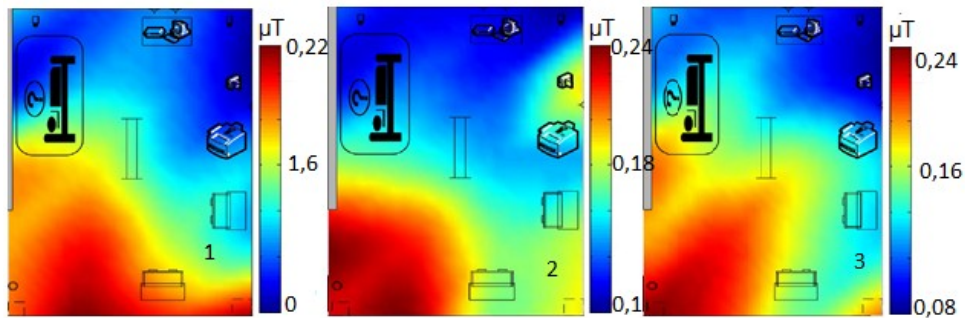


Fig. 8. Mapa de colores cubículo D del área de potenciales evocados auditivos. 1- solo luz encendida, 2- luz y equipo de potenciales evocados encendidos, 3- todo el equipamiento encendido y funcionando.

- Adicionalmente se tomaron los valores en el pasillo que da acceso al departamento, dichos valores se ilustran en la figura 9, representando a su vez junto al mapa de colores su correspondiente escala en μT .

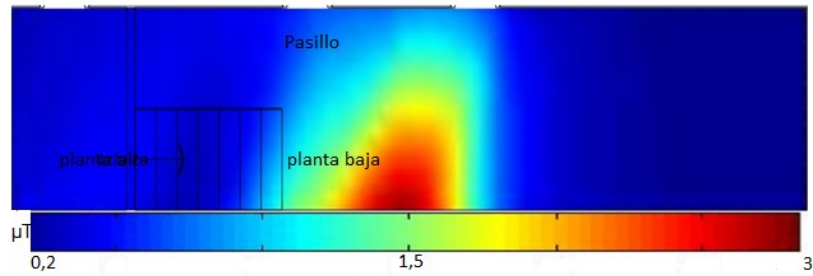


Fig.9. Mapa de colores de los valores de campo magnético obtenidos en el pasillo de acceso al departamento de Neurofisiología.

- Como tercer resultado se obtuvieron los valores de campo magnético resultantes de la prueba de interferencia realizada utilizando el electroencefalograma como sistema emisor interferente y el equipo de potenciales evocados auditivos del cubículo C como sistema receptor, dentro de la situación máxima de trabajo. Los resultados se muestran a través de mapas de colores, en las figuras 10, 11 y 12.
- Medición realizada en el cubículo C con el electroencefalograma situado a un metro.

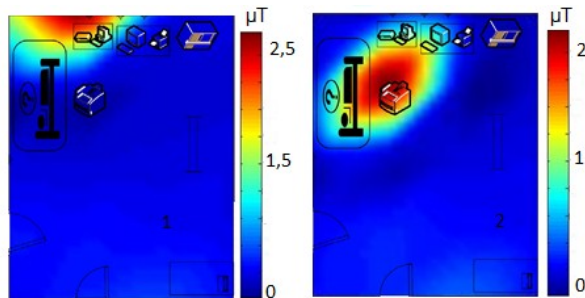


Fig. 10. Mapa de colores obtenido en las mediciones de la prueba de interferencia realizada a 1m de distancia entre el sistema receptor y emisor de interferencias.

- Medición realizada con el electroencefalograma situado a 0,6 m

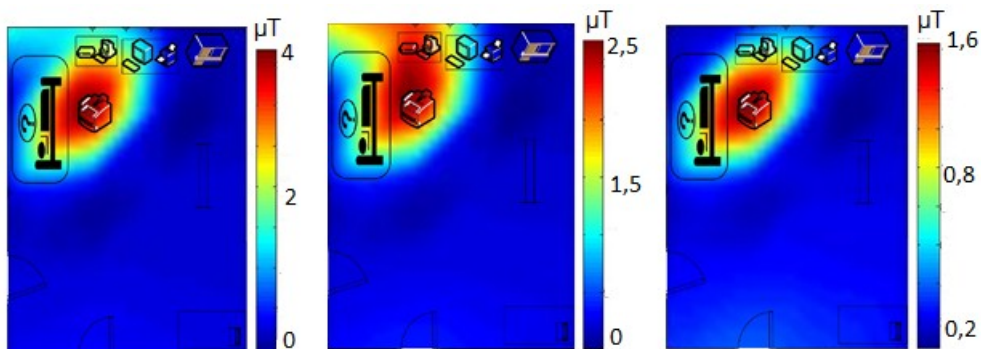


Fig.11. Mapa de colores de las mediciones de la prueba de interferencia realizada a 0,6 m de distancia entre el sistema receptor y emisor de interferencias.

- Medición realizada con el electroencefalograma situado a 0,2 m

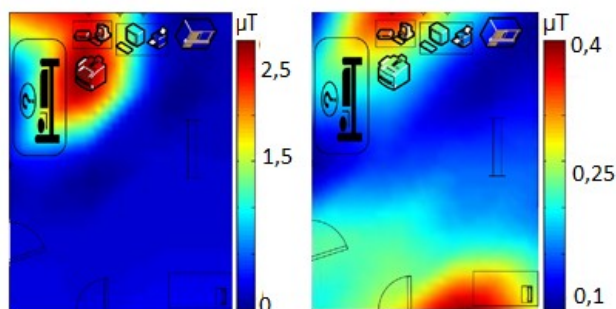


Fig.12. Mapa de colores de los valores obtenidos en las mediciones de la prueba de interferencia realizada a 0,2 m de distancia entre el sistema receptor y emisor de interferencias.

Discusión

En el cubículo A, el equipo de potenciales evocados visuales se encuentra en un área de contaminación provocada por la cercanía de una computadora y de un aire acondicionado, aunque los valores de campo magnético no resultan ser elevados, la proximidad entre los equipos provoca dicha contaminación debido a su carácter aditivo. Se recomienda trasladar el mismo hacia otro punto del local.

En el cubículo B no hay presencia de equipamiento médico, aunque hay síntomas de contaminación, a medida que se conectan los equipos eléctricos (refrigerador y hornilla eléctrica) que se encuentran en él debido al carácter aditivo del campo magnético.

En el cubículo C, se observa una extensa área de contaminación que proviene del pasillo, esto es debido a que a un costado del mismo se encuentran situados los motores de los elevadores. Si se observa el mapa obtenido del pasillo (figura 9), el valor de campo magnético medido cerca de la pared que divide el cuarto de máquina con el pasillo del área de neurofisiología es de 3 μT . Sin embargo en ese momento el elevador no se encontraba funcionando, lo que sugiere que en el instante de la medición dentro del cubículo el área de contaminación se extendió al mismo, debido al funcionamiento de los elevadores. También se observa contaminación en el área del equipo médico debido a la proximidad de la computadora de escritorio situada junto a este.

En el cubículo D la contaminación se observa sobre todo en la pared más pegada al pasillo, lo que sugiere como en el caso anterior, que en ese momento estaba funcionando el elevador. Por otro lado, donde se encuentra el equipo médico no se evidencia nivel de contaminación.

En la prueba de interferencia se pudo constatar que existen agentes externos al área de trabajo que en el momento de su funcionamiento provocan una contaminación adicional sobre el equipo AUDIX en la posición que se encuentra actualmente ubicado en el cubículo C. Estos agentes son los elevadores y el cableado que brinda energía proveniente del panel solar hacia el calentador de agua y que se extiende por el exterior de la pared donde está ubicado el equipo de potenciales evocados.

En la realización de la prueba entre equipos médicos se comprobó que el emisor, a la distancia de 1m (figura 10), no interfiere con el receptor a no ser que exista otro emisor en la cercanía del mismo.

A la distancia de 0,6m (figura 11), se observó que cuando se encuentra en funcionamiento el calentador del hospital, cuyos cables pasan por la parte exterior de la pared del área, aumenta el nivel de contaminación, además de que en cualquier situación de trabajo existe interferencia entre los equipos utilizados para el experimento.

A la distancia de 0,2m (figura 12), siempre existe interferencia entre los equipos médicos utilizados en la investigación y los valores de contaminación aumentan abruptamente cuando se une el paso de la corriente por la cablería que está ubicada en la parte exterior de la pared y que pertenece al calentador de agua del hospital.

No obstante a la existencia de interferencia en el área, los mayores valores medidos en cada cubículo, no sobrepasan el normado por la IEC para ambiente de trabajo de equipos médicos, pero a pesar de ello se debe mantener la vigilancia sobre el máximo valor obtenido, pues fue de $3,68\mu\text{T}$ y el valor normado por la IEC es de aproximadamente $3,77\mu\text{T}$ [14], como se muestra en la gráfica de la figura 13.

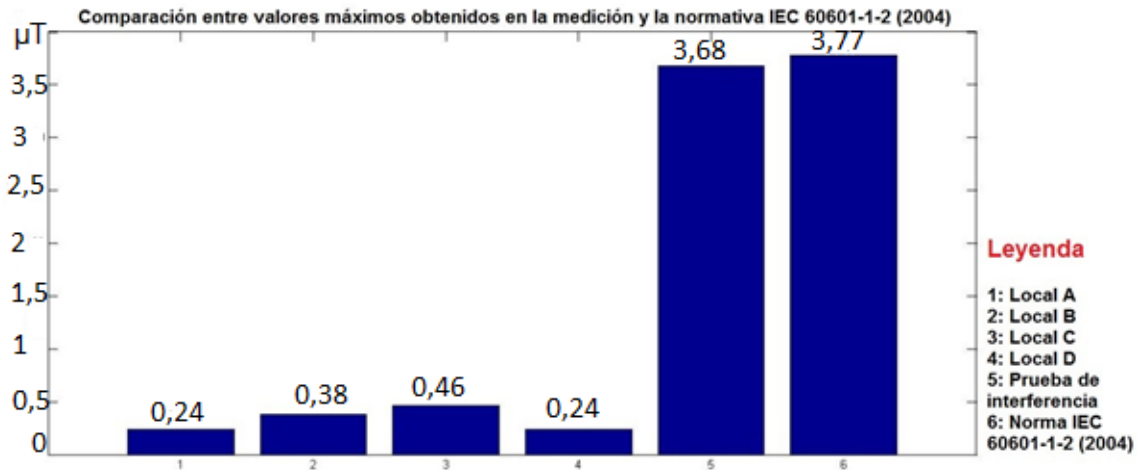


Fig.13 Comparación entre los mayores valores obtenidos en las mediciones y el valor normado por la IEC para ambiente electromagnético de trabajo para equipos médicos.

Al analizar la situación constructiva del departamento de neurofisiología y los resultados obtenidos, se recomienda mover el equipo del cubículo C hacia la única zona del mismo en la que el mapa de colores no muestra presencia de contaminación (véase la figura 7). Esto sería a una distancia de un metro del parabán que divide los dos cubículos y así evitar la posible aparición de falsos diagnósticos por concepto de interferencia electromagnética, tanto de la externa como la que surge entre los equipos médicos.

CONCLUSIONES

Se caracterizaron los valores de campo magnético a través de métodos científicos y el valor normado por la IEC para ambiente electromagnético de trabajo ($3,77\mu\text{T}$), determinando que existe interferencia electromagnética en el área de neurofisiología estudiada.

Se determinó el origen de dichas interferencias, las cuales son tanto externas como internas y están sujetas a las condiciones de consumo energético del hospital y a las de trabajo del área en particular.

Se emitieron recomendaciones a posibles soluciones para evitar o disminuir el problema detectado, las cuales fueron puestas en práctica por los integrantes del departamento de neurofisiología al momento de conocer el resultado de las mediciones.

Debido al tiempo de explotación al que está sometido el equipo Audix V y las condiciones constructivas que suelen poseer las consultas y salas de prueba y diagnóstico en nuestro país, se recomienda realizar estas pruebas de interferencia en otros hospitales de la ciudad de la Habana en próximas investigaciones.

REFERENCIAS

- [1] SALAZAR Gómez A. J., Cuervo Ramírez D. K. "Test Protocol for Electrical Safety in Electrical Medical Equipment: Case Study for Telemedicine Equipment", *REVISTA DE INGENIERÍA*, 2013, n.38, p. 27-32. ISSN 0121-4993. [Consultado en enero de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932013000100005

- [2] TIIKKAJA M, *et al.* " Electromagnetic interference with cardiac pacemakers and implantable cardioverterdefibrillators from low-frequency electromagnetic fields in vivo", *EUROPACE* 2013, v. 15, n. 3, p. 388–394. [Consultado enero de 2019]. Disponible en : <https://academic.oup.com/europace/article/15/3/388/433470> ; DOI:10.1093/europace/eus345
- [3] GABÀS Masip, J. "Maxwell: la teoría electromagnética de la luz". *ARBOR*, 2015, v. 191, n. 775, p. 265. [Consultado en Noviembre de 2019]. Disponible en: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2068/2628> ; doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2015.775n5004>.
- [4] K. Karipidis K," Assessment of bias in a survey of residential magnetic fields in Melbourne, Australia", *RADIAT PROT DOSIMETRY* 2015, v. 163, n. 1, p. 92-101. [Consultado en Mayo 2019]. Disponible en: <https://academic.oup.com/rpd/article-abstract/163/1/92/1599305> ; DOI: 10.1093/rpd/ncu147
- [5] LLAMOSA Rincón L E, Díaz Izquierdo V, Cardona Clavijo D." Medición y Certificación de Niveles de Intensidad de Campos Electromagnéticos No Ionizantes en Ambientes Clínico Hospitalarios", *SCIENTIA ET TECHNICA* 2015, v. 20, n. 4, p. 373. ISSN 0122-1701. [Consultado en mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Luis_Llamosa/publication/319969050_Medicion_y_Certificacion_de_Niveles_de_Intensidad_de_Campos_Electromagneticos_No_Ionizantes_en_Ambientes_Clinico_Hospitalarios/links/5a6fb4700f7e9ba2e1c8f9b9/Medicion-y-Certificacion-de-Niveles-de-Intensidad-de-Campos-Electromagneticos-No-Ionizantes-en-Ambientes-Clinico-Hospitalarios.pdf
- [6] DEÁS Yero D., Gilart González F and Beira Fontaine L." Evaluación del ambiente electromagnético en salas de rehabilitación", *MEDISAN* 2016, v. 20, n.8, ISSN 1029-3019. [Consultado en Junio 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30192016000800002&lng=es&nrm=iso
- [7] RAPSANG Amy G y Bhattacharyya P. "Marcapasos y desfibriladores automáticos implantables. Consideraciones generales y anestésicas", *REV BRAS ANESTESIOL.* 2014, v. 64, n. 3, p. 205-214. [Consultado en abril 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2255496313001293>
- [8] URMENETA Ulloa J, *et al.* "Diagnóstico de disfunción de marcapasos por interferencia electromagnética mediante monitorización remota domiciliaria", *REVISTA DE LA SOCIEDAD ARAGONESA DE CARDIOLOGÍA*, 2016, v. 18, n. 2, p. 10, ISSN: 1134-8194.[Consultado en Abril 2019]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjao_m7vK_sAhWOzVvKkHVFcBukQFjAAegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fsecardiologia.es%2Fimagenes%2Fsecciones%2Festimulacion%2Fmonitorizacion-domiciliaria-dispositivos-estimulacion-cardiaca.pdf&usq=AOvVaw1VNbWAHTDWfrSnVTb5VEvf
- [9] BASTIDAS J; Calderón X, "Diseño de una red WIFI para el Hospital Metropolitano de Quito que cumpla con los estándares IEC 60601:1 de seguridad para equipos médicos", *REVISTA EPN*, 2014, v. 33, n. 3, p. 1-11 [Consultado en enero de 2019]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Dise%C3%B1o-de-una-red-WIFI-para-el-Hospital-de-Quito-de-Calder%C3%B3n-Bastidas/004190d1d956b481be540560fc9a81d5fc55105?p2df>
- [10] ORTEGA J.S, Cardenas Escorcía Y., Valencia-Ochoa G." Monitoring electromagnetic fields and safe operation levels in electrical power transmission lines", *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, 2018, v. 67, p. 715-720. [Consultado en Mayo 2019]. Disponible en: <https://www.cetjournal.it/index.php/cet/article/view/CET1867120> ; DOI: 10.3303/CET1867120
- [11] V. Febles Santana, *et al.* " Eficacia del apantallamiento de una unidad de neurofisiología frente a interferencias electromagnéticas", En: *CONGRESO CONJUNTO SEFM-SEPR*, Sevilla, España, 2011. [Consultado en enero de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236590846_Eficacia_del_apantallamiento_de_una_Unidad_de_Neuro_fisiologia_frente_a_interferencias_electromagneticas
- [12].S. *ENERTECH Consultants*. The EMF Experts. Scientific Research, Instrumentation, Consulting. (2015). [Consultado en enero de 2019]. Disponible en: <http://WWW.EMDEX-LLC.COM>
- [13] BOZEC D, Robinson MP and Marshman CA," Electromagnetic Compatibility (EMC)", *EBME*, 2002. [Consultado en enero de 2019]. Disponible en: <https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/electromagnetic-compatibility-emc>

- [14] IEC, International Standard IEC 60601-1-2 Edition 2.1 2004-11 Medical electrical equipment – Part 1-2: General requirements for safety – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests; Reference number IEC-60601-1-2:2001+A1:2004(E) IEC, 2004, Geneva, Switzerland. [Consultado septiembre de 2019]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjpha6lwK_sAhUtzlkKHRFDCbkQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwebstore.iec.ch%2Fp-preview%2Finfo_iec60601-1-2%257Bed2.1%257Den.pdf&usg=AOvVaw3W-KLEEVgwQGn-D0COKeXf
- [15] CALDÉS Casas A, *et al.* “Exposición de trabajadores y usuarios a campos eléctricos de alta frecuencia en hospitales españoles”, *MED SEGUR TRAB* 2013; v. 59, n. 230, p. 15-25. [Consultado septiembre de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262518265_Exposicion_de_trabajadores_y_usuarios_a_campos_electricos_de_alta_frecuencia_en_hospitales_espanoles
- [16] GÖKMEN K, *et al.* “Analyzing Exposures to Electromagnetic Fields in an Intensive Care Unit Turk”, *J ANAESTHESIOLOG REANIM* 2016; v. 44, p. 236-40. [Consultado en enero 2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27909603/>; DOI: 10.5152/TJAR.2016.98470
- [17] ESCOBAR Adolfo, Johanna O. Silva, Héctor Cadavid, “Mapeo del campo magnético de frecuencia industrial en un ambiente hospitalario”, *REVISTA TECNOLÓGICAS* 2010, n. 24. [Consultado en Mayo de 2020]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivOm6wa_sAhUjpl_kKHc5IDjYQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2Fdownload%2Fpdf%2F236385339.pdf&usg=AOvVaw1peACisqgen9InsV1nVwIS
- [18] TREMOLA C, Azpurúa M, Páez E, “Evaluación de la Compatibilidad Electromagnética en Ambientes Hospitalarios”, *BIOINGENIERÍA Y FÍSICA MÉDICA CUBANA*. 2011, v. 12, n. 1, p. 15-21, ISSN-1606-0563. [Consultado en Enero de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/216713227_Evaluacion_de_la_compatibilidad_electromagnetica_en_ambientes_hospitalarios
- [19] GHAAZIKHANLOU-Sani K, *et al.* “Evaluation of the electromagnetic field intensity in operating rooms and estimation of occupational exposures of personnel”, *INTERVENTIONAL MEDICINE & APPLIED SCIENCE*, 2018, v. 10, n. 3, p. 121–126, ISSN 2061-1617. [Consultado en Enero de 2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30713749/>; DOI: 10.1556/1646.10.2018.18
- [20] DEÁS Yero D, Gilart González F, Quintana Revilla D. “Caracterización de los niveles de exposición a campos electromagnéticos durante el tratamiento con diatermia”. *MEDISAN*. 2013; v. 17, n. 6. [Consultado en Junio 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192013000600004
- [21] PÉREZ Almirall I, *et al.* “Medición de los niveles de campo magnético en el área de cuidados intensivos del hospital clínico quirúrgico Enrique Cabrera”, presentado a: *CONGRESO INTERNACIONAL DE ALTA TENSIÓN Y AISLAMIENTO ELÉCTRICO (ALTAE 2017)*, 2017, Cuba, La Habana. [Consultado en Junio 2019]. ISBN 978-959-261-572-4. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330485864_MEDICION_DE_LOS_NIVELES_DE_CAMPO_MAGNETICO_EN_EL AREA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL CLINICO QUIRURGICO ENRIQUE CABRERA
- [22] CARVAJAL de la Osa J, Pérez Almirall I, Castro Fernández M, “Análisis del campo magnético en una institución hospitalaria”, *REVISTA DE INGENIERÍA ENERGÉTICA*, 2018, v. 39, n. 3, p. 176-185, ISSN 1815-5901. [Consultado en noviembre 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000300005
- [23] CARVAJAL de la Osa J, Santana González J, Herrera Galán M, Sánchez Grau A, Pérez Almirall I, “Campo magnético ambiental en una Unidad de Terapia Intensiva Neonatal. Importancia de su Verificación”, *ARCH ARGENT PEDIATR* 2020, v. 118, n. 3, p. 246-251, ISSN 0325-0075. [Consultado en Julio 2020]. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1116913>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflictos de intereses

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Iosvany Aguiar Ramos: <https://orcid.org/0000-0002-4622-8591>

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

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

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

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

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

Miguel Castro Fernández: <https://orcid.org/0000-0002-3983-469X>

Revisión del estado del arte, análisis de los resultados , redacción del borrador del artículo , la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Ignat Pérez Almirall: <https://orcid.org/0000-0003-4697-3096>

Revisión del estado del arte, análisis de los resultados , redacción del borrador del artículo , la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.