

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación del ambiente electromagnético en salas de rehabilitación

Evaluation of the electromagnetic environment in rehabilitation wards

Ing. Douglas Deás Yero,¹ Dr. Fidel Gilart González¹ e Ing. Leonardo Beira Fontaine^{II}

^I Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

^{II} Dirección Municipal de Electromedicina, municipio Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

Se realizó un estudio del ambiente electromagnético en 2 departamentos de electroterapia del municipio Palma Soriano de Santiago de Cuba, a fin de obtener el patrón de distribución para diferentes modos de operatividad y explotación del equipamiento médico-terapéutico. Para la caracterización electromagnética de los ambientes evaluados se elaboró un protocolo de medición a partir del análisis de normas internacionales y se empleó un medidor isotrópico que mostró los resultados a través de mapas de contorno. El equipo electromédico Magnetomed, modelo 7200 fue el que más aportó, aunque el valor máximo de la inducción magnética obtenido (19,7 μ T) estuvo por debajo del límite de exposición establecido y por encima del límite de exposición sugerido por el Grupo de Trabajo Bioiniciativa. Se recomienda limitar la permanencia de personas en sus proximidades mientras está en funcionamiento.

Palabras clave: ambiente electromagnético, fisioterapia, equipo electromédico, límite de seguridad, sala de rehabilitación.

ABSTRACT

A study of the electromagnetic environment was carried out in 2 electrotherapy departments of Palma Soriano in Santiago de Cuba, in order to obtain the distribution pattern for different operability ways and exploitation of the medical-therapeutic equipment. For the electromagnetic characterization of the evaluated environments a measurement protocol was elaborated starting from the analysis of international standards and an isotropic measure was used that showed the results through contour maps. The electro-medical device Magnetomed, model 7200 was the one that contributed the most, although the maximum value of the obtained magnetic induction (19.7 μ T) was below the established exhibition limit and above the exhibition limit suggested by the Bioiniciativa Work Group. It is recommended to limit the permanency of people around, while it is in operation.

Key words: electromagnetic environment, physiotherapy, electro-medical device, security limit, rehabilitation wards.

INTRODUCCIÓN

Hoy día resulta importante conocer de qué modo influye el campo magnético y electromagnético sobre los seres vivos, pero también cómo el hombre puede manipularlo y obtener beneficios de sus propiedades, ya sea por aplicación directa o por el desarrollo de sistemas y equipos que mejoren la calidad de vida en general.

Las aplicaciones del electromagnetismo existente en los servicios de rehabilitación física forman parte del sistema nacional de salud y están presentes en casi toda la atención primaria.¹

Una institución asistencial de salud no está exenta del aumento de los niveles de energía electromagnética en su entorno y, mayoritariamente, se desconocen los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes (RNI). El incremento de los equipos electromédicos (EEM) en las áreas de salud puede ocasionar errores de funcionamiento, tales como la activación de alarmas, el enmascaramiento de datos, la presentación de resultados erróneos, el reinicio del sistema y hasta las fallas del *hardware*.^{2,3}

Al respecto, se han realizado varios estudios para evaluar los equipos de electroterapia por diatermia y microondas;^{4,5} sin embargo, han sido pocos los destinados a caracterizar el ambiente electromagnético de baja frecuencia en los hospitales.⁶

Desde el 2007 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró como posible cancerígeno humano (en el grupo 2 B de la lista de agentes cancerígenos) a los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF, por sus siglas en inglés);⁷ no obstante, los límites de exposición establecidos por la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP, por sus siglas en inglés) de 83,3 μT para la exposición pública y de 416,7 para la ocupacional, a frecuencias de 60 Hz, son demasiado altos y suponen un riesgo para la salud de los niños, según se confirma en el II Informe del Grupo de Trabajo Bioiniciativa.^{8,9}

En este documento se aclara que los límites anteriores ya no pueden garantizar la protección de la salud pública, por lo que deben ser reemplazados y agregarse un factor de seguridad más bajo que el nivel de riesgo; mientras que los nuevos límites para campos de ELF están siendo desarrollados e implementados.

Un enfoque razonable sería establecer un límite 1 000 veces menor que los establecidos por el ICNIRP en espacios habitables para los niños y/o mujeres que estén embarazadas, por el posible vínculo entre la leucemia infantil y la exposición a campos de ELF en el útero.

En el presente artículo, a través de ensayos experimentales, se hizo un estudio para la evaluación y caracterización del ambiente electromagnético presente en los servicios de rehabilitación física de 2 áreas de salud del municipio Palma Soriano: los policlínicos "Victoria de Girón" y "Ramiro Betancourt". En la figura 1 se muestra la distribución de los EEM presentes en cada departamento de electroterapia.

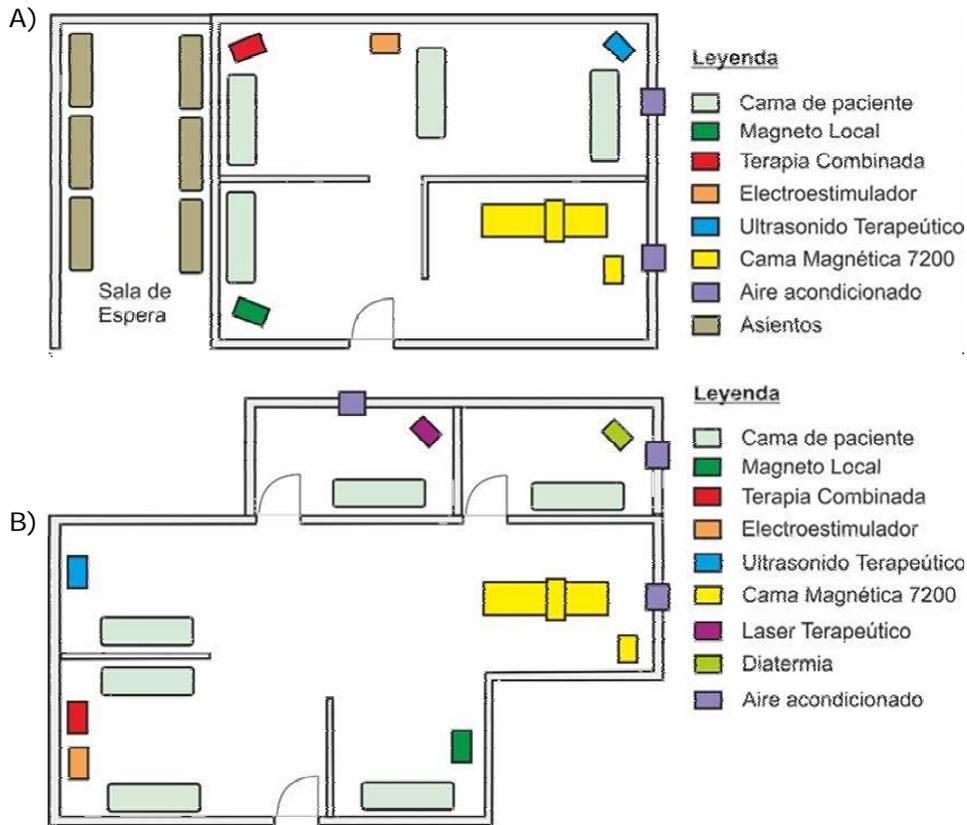


Fig. 1. Esquema general de ubicación de los EEM dentro de cada departamento de electroterapia: A) Policlínico "Ramiro Betancourt"; B) Policlínico "Victoria de Girón"

MÉTODOS

Para la realización de los ensayos experimentales se elaboró un protocolo de medición a partir de las diferentes normas y trabajos consultados;¹⁰⁻¹⁴ asimismo, se consideraron las características dinámicas de estos servicios, los horarios de mayor afluencia de pacientes, las posibles fuentes de emisión, el tiempo de funcionamiento, los tipos y tiempos de duración de los tratamientos a aplicar, así como el área de permanencia de dichos pacientes y el fisioterapeuta, entre otros.

Para la medición del campo magnético radiado de frecuencia industrial se empleó un medidor modelo TES-1390 que es un instrumento de uso comercial de procedencia china. Dadas las características de este dispositivo se clasificó como monitor individual con punta de prueba isótropa. Permite realizar mediciones en un rango entre 20-200 μT , su ancho de banda es de 30-300 Hz, tiene una resolución de 0,01-0,1 μT , una precisión de $\pm (3 \% + 3d)$ y un tiempo de respuesta de 0,4 segundos. Para medir el valor de pico se configuró a una altura de 1 m y de 1,5 m sobre el nivel del suelo.

Protocolo utilizado

1. Precalibración: esta etapa se lleva a cabo en laboratorios de certificación antes de la jornada de medición. Resulta necesaria para validar las mediciones mediante el uso de los equipos y sistemas empleados en los ensayos. El medidor de campo

magnético utilizado posee certificado emitido por la Oficina Territorial de Normalización (OTN) de Santiago de Cuba.

2. Documentación: se realiza la medición geométrica del área, el levantamiento y la documentación técnica de los EEM disponibles en los ambientes evaluados, así como el registro de su exacta localización y disposición en el interior de cada departamento de electroterapia.
3. Definición de los puntos de medición: El ambiente bajo investigación se divide en una malla imaginaria con puntos de intersección a 0,90 metros de distancia uno del otro y se forman cuadrículas de 0,90 x 0,90 m. Las mediciones se hacen en dichos puntos a una altura de 1 m y de 1,5 m como referencia sobre el nivel del piso.
4. Mediciones del aporte de la red de alimentación eléctrica: se mide el aporte de campo magnético procedente de la instalación eléctrica en cada local, es decir mediciones de campo magnético con los *breakers* de alimentación de cada local energizado, pero con todos los equipos desenergizados o en reposo.
5. Evaluación de cada área con las posibles fuentes de emisión energizadas: se mide el valor de campo magnético con los equipos energizados que se encuentran funcionando en cada local por separado; igualmente, las mediciones se realizan a 1 m y a 1,5 m sobre el nivel del piso.

Finalmente, los resultados de las mediciones en los pasos 4 y 5 se muestran en forma de mapas de contorno, donde se identifican los puntos de mayor nivel de exposición al campo magnético.

RESULTADOS

Las mediciones experimentales se realizaron *in situ*, según las regulaciones y normativas emitidas por el Ministerio de Salud Pública y siguiendo los pasos planteados en el protocolo. A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada ambiente.

- Ambiente 1. Policlínico "Ramiro Betancourt"

Este ocupa un área de aproximadamente 30 m² y se subdivide en 4 áreas.

El área 1 consta de 3 EEM y sus dimensiones físicas son 5,95 x 2,70 m. Se incluyen con uno solo el área 2 (con 2,90 x 2,20 m) y el área 3 (con 2,0 x 2,20 m); también se analiza el área 4, correspondiente a la sala de espera, por su proximidad. La posición de los EEM en su interior obedece a las recomendaciones de los especialistas en fisioterapia y rehabilitación física. Las mediciones se realizan en una malla con 54 puntos de intersección separados a 0,90 x 0,90 m, conformado por 6 filas y 9 columnas.

Los valores obtenidos durante las mediciones de campo magnético a 1 m como referencia sobre el nivel del piso en cada uno de los puntos de intersección de la malla, de acuerdo con el punto 4 del protocolo, se muestran en el mapa de distribución de campo magnético del ambiente 1 (figura 2).

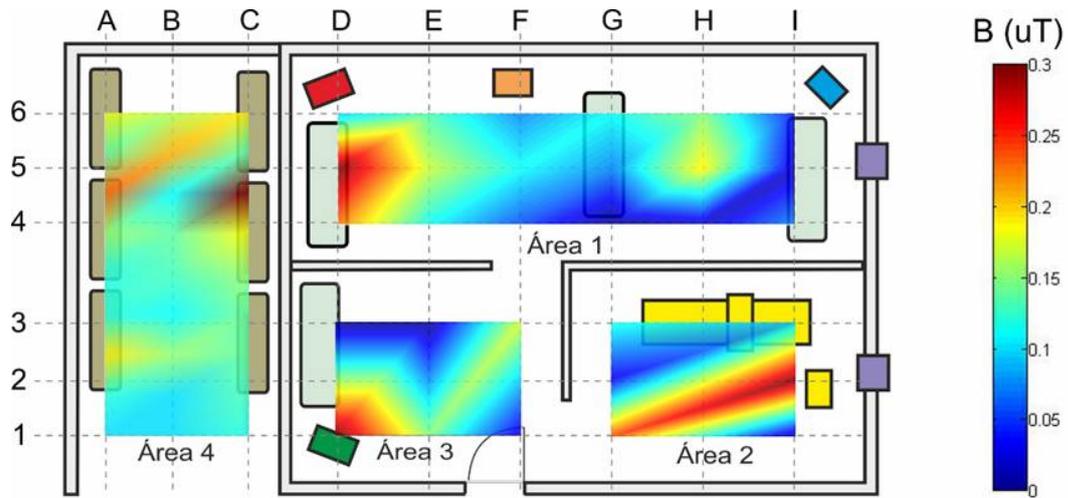


Fig. 2. Mapa de distribución de campo magnético a 1 m de altura con los EEM en reposo en el ambiente 1.

Como se puede apreciar, el valor de campo magnético máximo alcanzado es de 0,30 μT en el punto D5. Este incremento estuvo asociado fundamentalmente al campo magnético generado en los tomacorrientes donde son conectados los equipos médicos terapéuticos y los equipos de climatización, específicamente los puntos D1, D5 e I2; el resto de los valores de aporte de campo magnético se debe a las luminarias encendidas y al posible efecto de la red industrial que se encuentra en el área exterior al departamento.

Posteriormente, se realizaron las mediciones con los equipos energizados y en funcionamiento; asimismo, se tuvieron en cuenta la sala de espera y el pasillo de acceso al departamento, además de mediciones tomadas en la parte exterior del policlínico anexa al departamento de electroterapia, por estar ubicada a solo 2 m de esta una red de energía eléctrica. La distribución de campo magnético con los EEM energizados a una altura de 1 m se muestra en la figura 3.

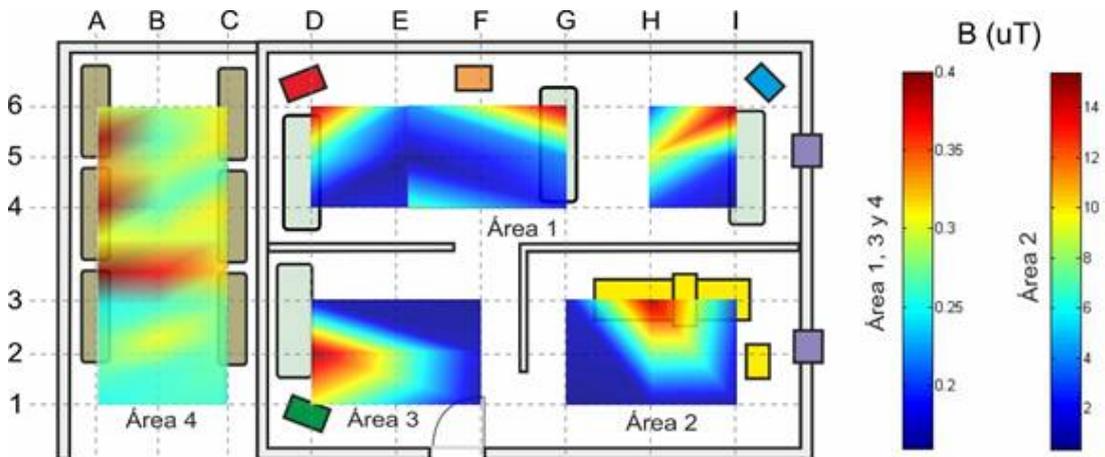


Fig. 3. Mapa de distribución de campo magnético a 1 m de altura con los EEM energizados en el ambiente 1

Se comprobó que el magneto local Magnetomed (modelo 7200) ubicado en el área 2 es el que genera el mayor aporte de campo magnético, precisamente en la región sobre la cama, aunque disminuye en los laterales de la bobina y alcanza valores de $2,98 \mu\text{T}$ a una distancia de $0,9 \text{ m}$, donde pudiera encontrarse el fisioterapeuta; resultados similares se obtuvieron de las mediciones realizadas a una altura de $1,5 \text{ m}$ sobre el nivel del piso.

- Ambiente 2. Policlínico “Victoria de Girón”

Este ambiente ocupa una superficie mayor, de aproximadamente 65 m^2 y se subdivide en 7 áreas. El área 1 consta de 2 EEM y tiene dimensiones de $2,35 \times 2,30 \text{ m}$; el área 2, ($2,5 \times 2,35 \text{ m}$); el área 3 ($2,25 \times 2,30 \text{ m}$); el área 4 ($2,90 \times 2,90 \text{ m}$); el área 5 ($3,50 \times 2,25 \text{ m}$); el área 6 ($3,50 \times 2,25 \text{ m}$); el espacio correspondiente al área 7 es un pasillo interior de acceso al resto de las áreas, con dimensiones de $2,25 \times 3,60 \text{ m}$. Las mediciones se realizaron en una malla con 70 puntos de intersección, separados $0,90 \times 0,90 \text{ m}$, conformada por 7 filas y 10 columnas, a 1 m sobre el nivel del piso. Con los EEM en reposo se obtuvo el mapa de distribución de campo magnético mostrado en la figura 4.

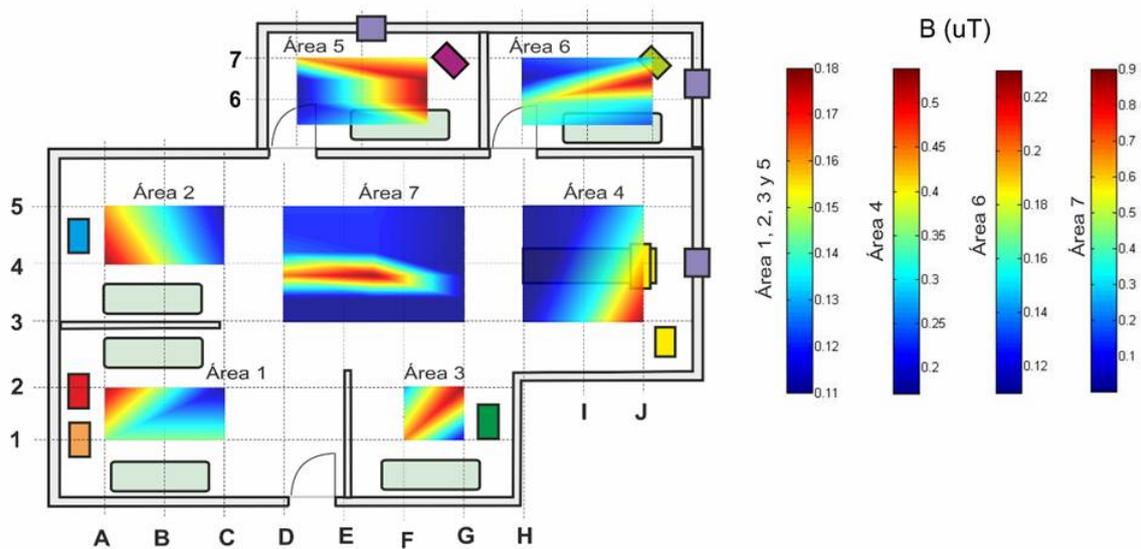


Fig. 4. Mapa de distribución de campo magnético a 1 m con los EEM en reposo en el ambiente 2

Por otra parte, se obtuvieron niveles de campo magnético muy bajos en 5 áreas, mientras que en la 3 y la 4 los valores superiores oscilaban entre $0,5$ y $0,9 \mu\text{T}$, respectivamente, lo cual se debe a que las luminarias y el aire acondicionado se encontraban energizados durante las mediciones. El mapa de contorno de la distribución de campo magnético con los EEM energizados a una altura de 1 m sobre el nivel del piso se muestra en la figura 5.

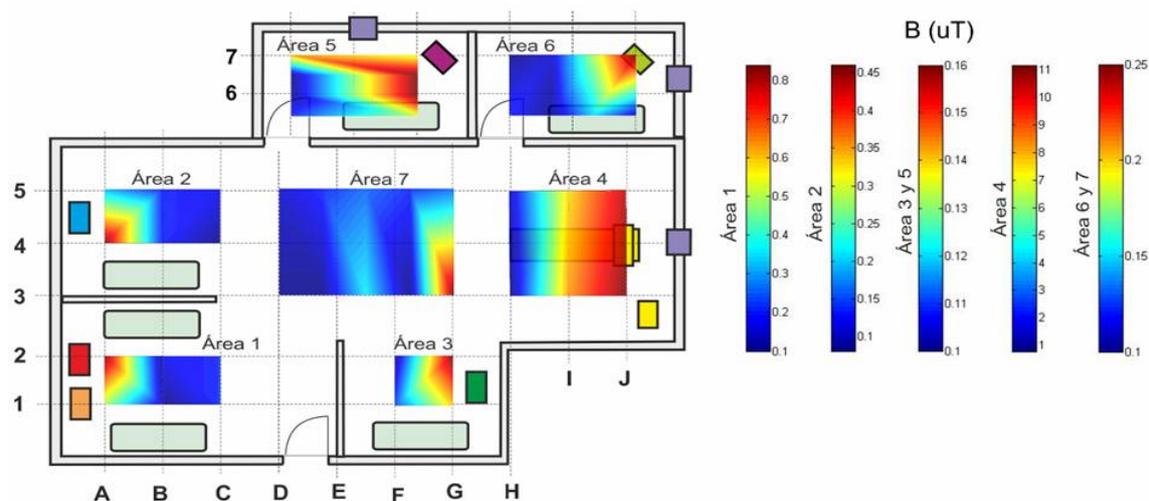


Fig. 5. Mapa de distribución de campo magnético a 1 m de altura con los EEM energizados en el ambiente 2

En este ambiente los resultados fueron similares a los obtenidos para las mismas condiciones en el ambiente 1. Los niveles de campo magnético fueron bajos excepto en el área 4, donde se encontraba instalado el EEM Magneto Local 7200, con valores de 11 μT . Este equipo es el que más aporta al ambiente electromagnético del local.

DISCUSIÓN

El protocolo de medición empleado permitió obtener el patrón de distribución de campo magnético en cada una de las áreas evaluadas en 2 salas de rehabilitación, además de facilitar la percepción del riesgo por exposición a campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.

En el presente estudio existió coherencia en los resultados obtenidos y se identificaron fácilmente las áreas donde existía inconformidad con las normas y recomendaciones internacionales para límites de exposición a campos electromagnéticos de ELF.

Por otra parte, se identificó el área donde se encuentra ubicado el magneto local como la que ofrece mayor riesgo de exposición a dichos campos electromagnéticos. Dado que este dispositivo genera de forma intencional campos magnéticos a través de un solenoide o bobina, se realizaron mediciones en su entorno y se obtuvo un valor máximo de 19,7 μT .

Como medida de precaución se recomienda al personal que labora en la sala de rehabilitación permanecer a no menos de 0,8 m de distancia del solenoide cuando este se encuentre energizado, pues los niveles de inducción magnética son muy superiores a los límites recomendados en el informe bioiniciativa (0,08 μT para la exposición pública y 0,42 μT para la exposición ocupacional a 60 Hz).

En algunas investigaciones se analiza la necesidad de realizar estudios de este tipo, que asocien diferentes enfermedades, incluida el cáncer, a la exposición ocupacional a campos electromagnéticos.¹⁵⁻¹⁸

En las restantes áreas el valor máximo medido no sobrepasó los niveles de las restricciones básicas para el funcionamiento de EEM ni el límite de exposición ocupacional permisible de 416,7 μT a 60 Hz, establecido por el ICNIRP.

Se concluye que el apantallamiento al campo magnético exterior del solenoide de 85 %, declarado por el fabricante del magneto local Magnetomed 7200, no satisface los niveles de conformidad establecidos para EEM, además de que propicia la existencia de riesgos por exposición a CEM de frecuencia extremadamente baja durante su funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martín Cordero JE. Agentes físicos terapéuticos. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2008.
2. Hanada E. The electromagnetic environment of hospitals: how it is affected by the strength of electromagnetic fields generated both inside and outside the hospital. *Ann Ist Sup Sanita*. 2007;43(3):208-17.
3. Boivin WS, Boyd SM, Coletta NJ, Harris CD. Measurement of electromagnetic field strengths in urban and suburban hospital operating rooms. *Proceeding of 19th Conference IEEE/EMBS*; 1997 [citado 10 Dic 2015]. Disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=756847>
4. Suárez Cabrera R, Diéguez Suárez R. Valoración del riesgo ocupacional por exposición a campos electromagnéticos en trabajadores que aplican el tratamiento con diatermia. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 1990;28(1): 81-7.
5. 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 [citado 10 Dic 2015];17(6). Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol17_6_13/san04176.htm
6. Travassos JR, Deliz M, Raizer A. Interferencia eletromagnética (EMI) emitida por equipamentos eletromédicos. Sao Paulo: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica; 2002.p. 27-32.
7. Organización Mundial de la Salud. Información sobre campos electromagnéticos (CEM). Evaluaciones de los riesgos para la salud. Ginebra: OMS; 2013.
8. Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones no Ionizantes. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields. *Health Physics*. 1998;74(4):494–522.
9. Bioinitiative Working Group, Cindy Sage and David O. A rationale for biologically-based public exposure standards for electromagnetic [citado 10 Dic 2015]. Disponible en: <http://www.bioinitiative.org/table-of-contents/>
10. IEEE standard for safety Levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0–3 kHz. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2002.

11. International Electrotechnical Commission. Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure [citado 10 Dic 2015]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/in/bis/S04/is.iec.62233.2005.pdf>
12. IEEE standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, 1994 [citado 10 Dic 2015]. Disponible en: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/644-1994.html>
13. Joseph W, Vermeeren G, Verloock L, Goeminne F. In situ magnetic field exposure and ICNIRP-based safety distances for electronic article surveillance systems. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;148(4):420-7.
14. Alonso A, Bahillo A, De la Rosa R, Carrera A, Durán RJ, Fernández P. Measurement procedure to assess exposure to extremely low-frequency fields: a primary school case study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;151(3):426-36.
15. Koeman T, Van Den Brandt PA, Slottje P, Schouten LJ, Goldbohm RA, Kromhout H, Vermeulen R. Occupational extremely low-frequency magnetic field exposure and selected cancer outcomes in a prospective Dutch cohort. *Cancer Causes Control*. 2014;25(2):203-14.
16. Kheifets L, Bowman JD, Checkoway H, Feychting M, Harrington JM, Kavet R, *et al*. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occup Environ Med*. 2009;66:72-80.
17. Davanipour Z, Tseng CC, Lee PJ, Markides KS, Sobel E. Severe cognitive dysfunction and occupational extremely low frequency magnetic field exposure among elderly Mexican Americans. *Br J Med Med Res*. 2014;4(8):1641-62.
18. Mattsson MO, Simkó M. Is there a relation between extremely low frequency magnetic field exposure, inflammation and neurodegenerative diseases? A review of in vivo and in vitro experimental evidence. *Toxicology*. 2012;301(1):1-12.

Recibido: 30 de marzo de 2016.

Aprobado: 17 de mayo de 2016

Douglas Deás Yero. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Universidad de Oriente. Avenida de las Américas s/n, Santiago de Cuba, Cuba. Correo electrónico: douglas@uo.edu.cu