

MEDICIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO AMBIENTE DE ALTA FRECUENCIA EN UN HOSPITAL

ADOLFO ESCOBAR¹

CARLOS A. LÓPEZ²

JHON E. RAMÍREZ³

HÉCTOR CADAVID⁴

Resumen

Cada hospital tiene un único ambiente electromagnético. Este puede ser extremadamente variable, particularmente como resultados del gran crecimiento de las comunicaciones inalámbricas. Este complejo sistema está caracterizado por numerosas fuentes de energía electromagnética tanto al interior como al exterior de los hospitales y clínicas. En este artículo se presentan los resultados de mediciones de campo eléctrico de alta frecuencia realizadas en diferentes servicios de un gran hospital. Los resultados muestran que el ambiente electromagnético en todos los cuartos medidos fue inferior a los niveles de prueba de inmunidad radiada establecidos por estándares internacionales para equipos médicos.

Palabras clave

Equipo médico, interferencia electromagnética, campo eléctrico, radiofrecuencia.

-
- 1 Grupo de Investigación en Integración de Soluciones con Tecnologías de Información y Comunicación, INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO, adolfoescobar@itm.edu.co
 - 2 Grupo de Investigación en Alta Tensión, Universidad del Valle, carloopez@hotmail.com
 - 3 Grupo de Investigación en Alta Tensión, Universidad del Valle, edier3001@hotmail.com
 - 4 Grupo de Investigación en Alta Tensión, Universidad del Valle, hcadavid@univalle.edu.co

Fecha de recepción: 11 de marzo de 2010

Fecha de aceptación: 19 de junio de 2010

Abstract

Each hospital has a unique electromagnetic environment. This can be extremely variable, particularly as a result of the great growth of wireless communications. This complex system is marked by numerous sources of electromagnetic energy both inside and outside hospitals and clinics. In this paper, the results of high frequency electric field measurements carried out in different departments of a large hospital are presented. The results show that electric field environment in all rooms measured was lower than radiated immunity test levels for medical devices established by international standard.

Keywords

Medical equipment, electromagnetic interference, electric field, radiofrequency.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 70 existe una preocupación en relación con los efectos de las interferencias electromagnéticas en los hospitales. En 1979 la Food and Drug Administration publicó una norma titulada “Electromagnetic Compatibility Standard for Medical Devices” (FDA, 1979). Esta norma trataba aspectos generales relacionados con las interferencias electromagnéticas, tomaba en consideración tanto las emisiones conducidas como las emisiones radiadas, y cubría la verificación de susceptibilidad a campos eléctricos, campos magnéticos y transitorios.

A partir de entonces, diversos trabajos empezaron a tratar los problemas de las interferencias electromagnéticas en los equipos médicos. Uno de los trabajos de mayor impacto fue el desarrollado por Silberberg (1993). En este trabajo fueron presentados más de una centena de casos relacionados con interferencia electromagnética en equipos médicos, con base en los informes recibidos por la FDA entre los años 1979 y 1993.

A partir de la observación de las interferencias en los equipos médicos, los trabajos siguientes se enfocaron en determinar los niveles de campo electromagnético en las afueras y al interior de los hospitales. El primer trabajo fue desarrollado por Boisvert *et al.* (1991). En este trabajo se presentaron los resultados de mediciones efectuadas dentro y alrededor de tres grandes hospitales en el rango de frecuencia de 30-1000 MHz. Los mayores valores encontrados correspondían a transmisores de TV y radio FM. Vlach *et al.* (1995), midieron el ambiente electromagnético dentro y fuera de cinco hospitales en Montreal, Canadá, verificando la influencia de las señales de TV y radio FM en el ambiente hospitalario. El valor máximo medido dentro del hospital fue de 0,76 V/m.

Arnofsky *et al.* (1995) realizaron mediciones de campo eléctrico en áreas como salas de cirugía, unidades de cuidado intensivo y salas de emergencia, en tres diferentes hospitales en el rango de frecuencias de 0,1-1000 MHz. Aunque los valores promedio medidos no fueron superiores a 0,3 V/m, en algunos sitios encontró valores entre 1-2 V/m. En 1997, otra publicación de Vlach *et al.* (1997)

presentó los resultados de mediciones de emisiones radiadas en la banda de telefonía celular. Siguiendo esta línea, Davis *et al.* (1997; 1998) identificaron los teléfonos celulares y los radioteléfonos como una fuente de riesgo potencial. Davis también demostró la sustancial variación temporal que existe en el comportamiento electromagnético del ambiente hospitalario.

Las mediciones dentro de los hospitales se han enfocado en cuartos al cuidado de los pacientes, tales como salas de emergencias y unidades de cuidado intensivo. Young *et al.* (1997) realizaron un trabajo de medición en áreas críticas, registrando los niveles de campo en una UCI, una unidad de cuidado intermedio y una sala de emergencia. Los niveles máximos que registraron fueron 0,17 V/m (23-181 MHz) en la UCI, 0,115 V/m (19-186 MHz) en la unidad de cuidado intermedio y 0,569 V/m (0-200 MHz) en la sala de emergencia.

En los últimos años las mediciones han seguido evaluando las frecuencias anteriormente citadas (Davis *et al.*, 2000; Phaiboon & Somkuarnpanit, 2000) y la reciente banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) a 2,4 GHz (Tan *et al.*, 2001). En Colombia, Sánchez *et al.* (2006) midieron el campo eléctrico dentro de un hospital con el fin de tener indicios sobre el ambiente electromagnético en: la banda ISM en la cual operaba la red inalámbrica instalada en el hospital y sobre las bandas UNII I y UNII II, en las cuales pueden operar algunas redes inalámbricas.

En este artículo se presentan los resultados de los niveles de campo eléctrico de alta frecuencia medidos en un hospital. Las mediciones fueron realizadas con el fin de caracterizar el ambiente electromagnético del hospital. Los resultados de la medición fueron comparados con los niveles fijados en el estándar IEC 60601-1-2 (IEC, 2004). Este estándar establece que los equipos de monitoreo crítico y asistencia vital deben soportar una Interferencia radiada de hasta 10 V/m a una frecuencia comprendida entre 80 y 2500 MHz. En el caso de los equipos de monitoreo no crítico, el nivel que deben soportar es de 3 V/m para el mismo rango de frecuencia.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la próxima sección se describe el lugar de las mediciones, así como los equipos y la metodología usada. Después, se muestran los resultados obtenidos durante la campaña de mediciones en el hospital. Por último se presentan las principales conclusiones obtenidas durante este estudio.

2. METODOLOGÍA

Según el tipo de equipo que se use para medir el campo electromagnético, las mediciones se clasifican en mediciones de inmisión y emisión. La primera corresponde a la densidad de potencia total registrada en un punto, sin discriminar su origen y dentro de un margen amplio de frecuencias (banda ancha), y la segunda a la originada por una fuente en particular, la cual opera a una frecuencia específica.

En las mediciones fue utilizado el medidor EMR-300 junto con el sensor Tipo 18. El EMR-300 es un medidor de intensidad de campo eléctrico de radiofrecuencia para medición de banda ancha y monitoreo en diferentes rangos de frecuencia. El sensor de campo eléctrico isotrópico no direccional Tipo 18 de alta sensibilidad, registra el campo eléctrico en el rango de frecuencia de 100 kHz a 3 GHz, cubriendo las frecuencias más típicas en aplicaciones industriales y de telecomunicaciones. El sensor Tipo 18 tiene un rango de 0,2 V/m a 320 V/m y un error absoluto de $\pm 1,0$ dB.

En una gran área con muchas fuentes, la mejor forma de evaluar la variación espacial del campo eléctrico es usando el método del mapeo. Este método consiste en realizar un recorrido a lo largo y ancho del sitio con el fin de identificar las zonas con los mismos valores de campo eléctrico. Los valores son entonces mostrados en un mapa de contornos o en un mapa 3D. A diferencia de las mediciones de campo magnético en baja frecuencia (Escobar *et al.*, 2005), donde por las características del medidor es posible hacer un recorrido continuo por el área de interés, en las mediciones de alta frecuencia se registraron los valores de campo eléctrico a

lo largo de varios perfiles perpendiculares entre sí. La selección de los perfiles estaba limitada por la cantidad y ubicación de los diferentes elementos que se encontraban al interior (equipos médicos, mobiliario, etc.).

Las mediciones de campo eléctrico de alta frecuencia fueron realizadas en diferentes cuartos de seis servicios de la Fundación Clínica Valle del Lili, de la ciudad de Cali, Colombia, como se indica en la Tabla 1. Este hospital cuenta con nueve pisos y sótano y tiene un área de 42000 m². Los servicios dentro de los cuales se realizaron las mediciones fueron Cirugía ubicado en el segundo piso, Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal ubicada en el primer piso, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrica ubicada en el tercer piso, Unidad de Cuidados Intensivos Adultos ubicada en el segundo y tercer piso y Laboratorio Clínico ubicado en el primer piso. Este último servicio al ser tan extenso se dividió en dos grupos para facilitar el desarrollo de las mediciones.

TABLA 1. NÚMERO DE CUARTOS MEDIDOS POR SERVICIO

No.	Servicio	Sigla	Cuartos medidos
1	Cirugía	C	16
2	UCI Neonatal	UCI-N	2
3	UCI Pediátrica	UCI-P	31
4	UCI Adultos	UCI-A	31
5	Laboratorio Clínico I	LC-I	15
6	Laboratorio Clínico II	LC-II	14
Total			109

Primero, fueron medidos varios perfiles en cada una de las diferentes áreas que componían un servicio con el fin de obtener el mapa de contorno de cada cuarto. Después, los mapas de contorno de cada cuarto fueron unidos para crear un mapa de todo el servicio. En cada uno de los cuartos, se midieron los valores rms de campo eléctrico en todos los ejes (x, y, z). Para cada perfil, el campo eléctrico fue registrado cada dos segundos y a una altura de un metro sobre el

nivel del suelo. En la Fig. 1 se muestran los cuatro perfiles medidos y el mapa 3D de campo eléctrico de alta frecuencia obtenido en un cuarto del servicio de cirugía.

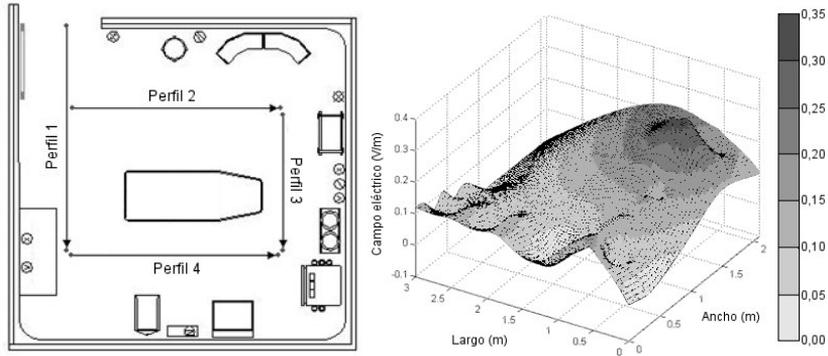


FIG. 1. PERFILES MEDIDOS Y MAPA 3D DE CAMPO ELÉCTRICO DE UNA SALA DE CIRUGÍA

3. RESULTADOS

En la Fig. 2 se muestra el mapa de contorno de campo eléctrico de alta frecuencia medido en uno de los servicios (Laboratorio Clínico II).

En la Fig. 3 se muestran los valores máximos y promedio de campo eléctrico medidos en los seis servicios de la clínica. Recuérdese que el estándar IEC 60601-1-2 establece que los equipos de monitoreo crítico y asistencia vital deben soportar una Interferencia radiada de hasta 10 V/m y en el caso de los equipos de monitoreo no crítico, el nivel que deben soportar es de 3 V/m. Entre paréntesis se presentan los valores máximos medidos como porcentaje del valor establecido en el estándar de la IEC para equipos de monitoreo no crítico (3 V/m).

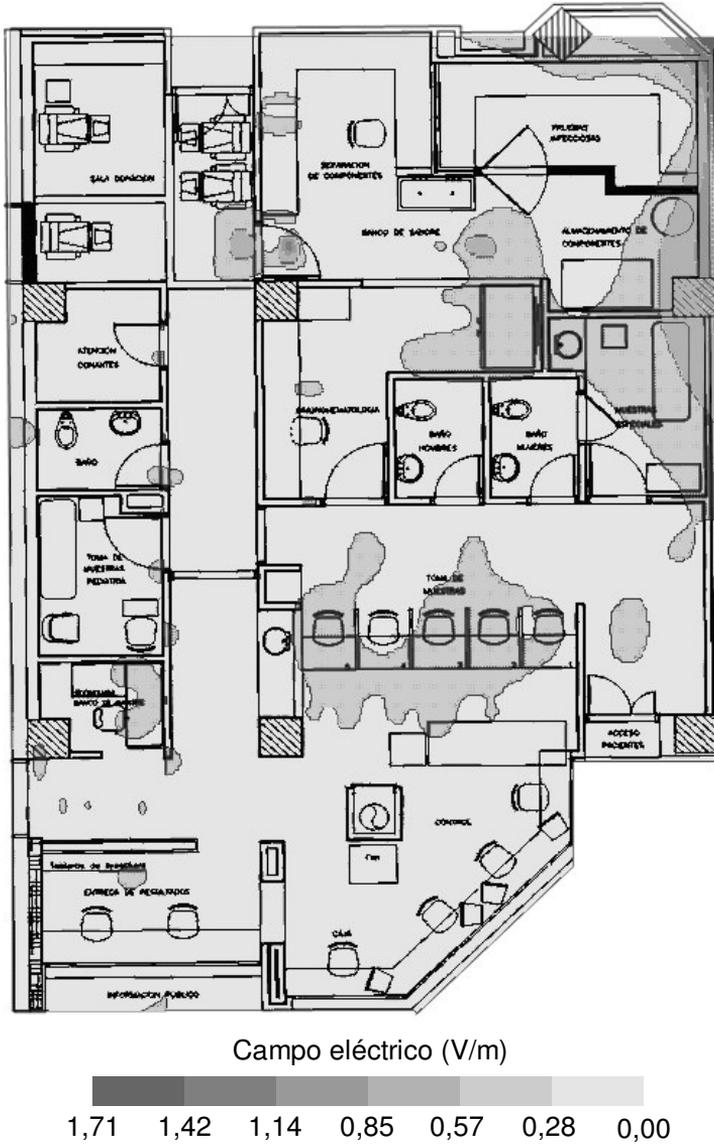


FIG. 2. MAPA DE CONTORNO DE CAMPO ELÉCTRICO MEDIDO EN EL SERVICIO LC-II

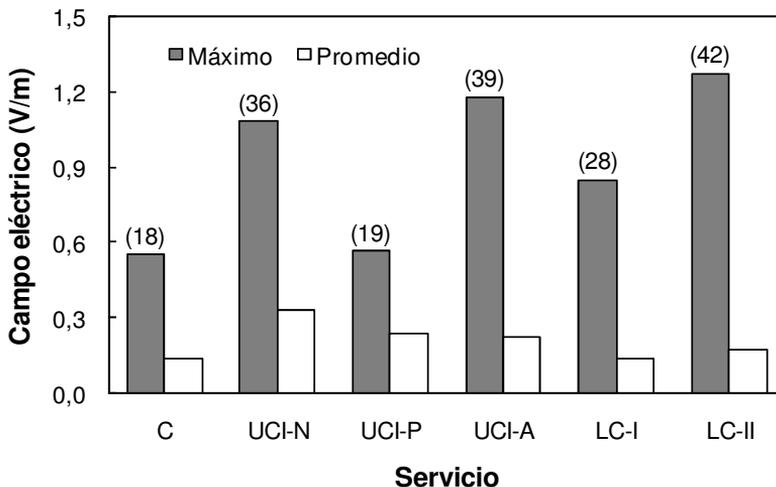


FIG. 3. CAMPO ELÉCTRICO MÁXIMO Y PROMEDIO MEDIDO EN EL HOSPITAL

Como se muestra en la Fig. 3, los niveles de campo eléctrico medidos fueron inferiores que los niveles de inmunidad establecidos por los estándares internacionales. El valor más alto medido fue de 1,27 V/m y se encontró en un pequeño cuarto con gran cantidad de equipos médicos usados en pruebas infecciosas. Esta intensidad de campo eléctrico es cerca del 50% del valor establecido por la IEC para equipos de monitoreo no crítico.

4. CONCLUSIONES

Se midió el campo electromagnético ambiente en seis grandes áreas de un hospital. En todos los cuartos, las intensidades de campo eléctrico encontradas estuvieron por debajo del nivel de inmunidad radiada a radiofrecuencia establecida en el estándar de la IEC para equipos médicos. Es necesario medir también otras áreas del hospital (como la sala de emergencias) para conocer el mapa completo del ambiente electromagnético del hospital. Igualmente, se deben realizar mediciones exhaustivas (emisión) con el fin de identificar de forma clara el aporte de cada una de

las diferentes fuentes que puedan estar influyendo en el ambiente electromagnético de los servicios del hospital.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ingeniero Leonardo García, de la Fundación Clínica Valle del Lili, y a todo el equipo de mantenimiento por su colaboración durante el proceso de las mediciones.

6. REFERENCIAS

- Arnofsky, S., Doshi, P., Kenneth, R., Hanover, D., Mercado, R., Schleck, D., Soltys, M., (1995); Radiofrequency field surveys in hospitals, Proceedings of IEEE Bioengineering Conference, 129-131, Bar Harbor, United States.
- Boisvert, P., Segal, B., Pavlasek, T., Retfalvi, S., Sebe, A., Caron, P., (1991); Preliminary survey of the electromagnetic interference environment in hospitals, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 214-219, Cherry Hill, United States.
- Davis, D., Skulic, B., Segal, B., Vlach, P., Pavlasek, T., (1997); Hospital emergency room electromagnetic environment, Proceedings of 19th International Conference IEEE/EMBS, 2543-2546, Chicago, United States.
- Davis, D., Skulic, B., Segal, B., Vlach, P., Pavlasek, T., (1998); Variation of emergency room electromagnetic interference potential, Proceedings of Antennas and Propagation Society International Symposium, 1996-1999, Atlanta, United States.
- Davis, D., Segal, B., Trueman, C.W., Calzadilla, R., Pavlasek, T., (2000); Measurement of indoor propagation at 850 MHz and 1.9 GHz in hospital corridors, 2000 IEEE-APS Conference on Antennas and Propagation for Wireless Communications, 77-80, Waltham, United States.
- Escobar, A., Aponte, G., Cadavid, H., Bolaños, H., Mora, A., (2005); Evaluación del campo magnético al que están expuestos los trabajadores de subestaciones y circuitos energizados de las empresas de energía, VII Congreso Latinoamericano y IV Iberoamericano en Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico, Ciudad de Panamá, Panamá.
- FDA – Food and Drug Administration (1979); FDA MDS-201-0004, Electromagnetic compatibility standard for medical devices, U.S. Department

of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Bureau of Medical Devices.

- IEC-International Electrotechnical Commission, (2004); International Standard IEC 60601-1-2, Medical Electrical Equipment, Part 1: General Requirements for Safety, Part 2: Collateral Standard: Electromagnetic Compatibility - Requirements and Tests, Geneva, Switzerland.
- Phaiboon, S., Somkuarnpanit, S., (2000); Modeling and analysis the effect of radiofrequency fields in hospitals to the medical equipment, IEEE Regional 10 International Conference on Intelligent Systems and Technologies for the New Millennium, 92-95, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Sánchez, F.A., Bustamante, R., Téllez, J.M., Rojas, M.A., (2006); Estudio del canal de radio en las bandas ISM, UNII I/II, y de las interferencias en el Hospital de la Samaritana, Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes, 23, 126-144.
- Silberberg, J., (1993); Performance degradation of electronic medical devices due to electromagnetic interference, Compliance Engineering, 10(5), 25-39.
- Tan, K-S., Hinberg, I., Wadhvani, J., (2001); Electromagnetic interference in medical devices: Health Canada's past and current perspectives and activities, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1283-1288, Montreal, Canada.
- Vlach, P., Segal, B., Pavlasek, T., (1995); The measured & predicted electromagnetic environment at urban hospitals, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 4-7, Atlanta, United States.
- Vlach, P., Liu-Hinz, C., Segal, B., Skulic, B., Pavlasek, T., (1997); The electromagnetic environment due to portable sources in a typical hospital room, IEEE 17th Annual Engineering in Medicine and Biology Society Conference, 683-684, Montreal, Canada.
- Young, C., Saoudy, A., Budwill, S., (1997); EMI levels at a patient care location in a hospital, IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 625-628, St. Johns, Canada.