



TRABAJO TEORICO-EXPERIMENTAL

Análisis del comportamiento del campo magnético en áreas de laboratorios de computación

Analysis of the behavior of the magnetic field in areas of computer labs

Yenisel Díaz Roller^{1, *}, Janet Carvajal de la Osa¹, Ignat Pérez Almirall¹, Sandra Cepero Terrero², Miguel Castro Fernández¹

¹ Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), Provincia La Habana, Cuba

² Centro de Neurociencia (CNEURO)

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

Recibido: 10 de enero de 2021

Aprobado: 18 de abril de 2021

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

RESUMEN/ABSTRACT

El trabajo revela el estudio del ambiente electromagnético en varios laboratorios de computación pertenecientes a una universidad. El objetivo principal es analizar el comportamiento del campo magnético existente en estos laboratorios teniendo en cuenta las diferentes situaciones que se pudieran presentar. Para la medición del campo magnético se utilizó el gaussímetro modelo PCE-G28 y para la caracterización del campo magnético de los laboratorios se elaboró un protocolo de medición, a partir del análisis de normas internacionales. Los resultados obtenidos entre 0,01 μT y 9,31 μT reflejan las zonas de mayor intensidad coincidiendo generalmente donde se encuentra el panel de protección eléctrica y por donde entra la alimentación de energía en los laboratorios. Aunque las mediciones no sobrepasan los límites recomendados por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), en 2010, se recomendaron algunas medidas de prevención en consecuencia de las características observadas durante los días de medición.

Palabras clave: Campos electromagnéticos, radiaciones no ionizantes, gaussímetro, ICNIRP.

The work reveals the study of the electromagnetic environment in several computer laboratories belonging to the Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE). The main objective is to analyze the behavior of the existing magnetic field in these laboratories, taking into account the different situations that may arise. For the measurement of the magnetic field, the gaussimeter model PCE-G28 was used and for the characterization of the magnetic field of the laboratories a measurement protocol was developed, based on the analysis of international standards. The results obtained between 0,01 μT and 9,31 μT reflect the areas of greatest intensity, generally coinciding where the electrical protection panel is located and where the power supply enters the laboratories. Although the measurements do not exceed the limits recommended by International Commissions on non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) in 2010, some prevention measures were recommended as a result of the characteristics observed during the days of measurement.

Key words: *electromagnetic field, non-ionizing radiation, gaussimeter, ICNIRP.*

INTRODUCCIÓN

Este último siglo el ser humano ha estado más expuesto a la contaminación electromagnética o electrosmog [1], que en toda la historia de la revolución industrial. El espectro electromagnético [2], está dividido en dos grupos de radiaciones. El más extenso está clasificado por las radiaciones no ionizantes (RNI) encontrándose, dentro de este, a las frecuencias extremadamente bajas (FEB).

Cómo citar este artículo:

Yenisel Díaz Roller, *et al.* Análisis del comportamiento del campo magnético en áreas de laboratorios de computación.

2021, vol. 42, n. 2, mayo/agosto. ISSN:1815-5901.

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

Siendo, la frecuencia de las líneas de la red de suministro eléctrico de 50 o 60 Hz, una de las principales fuentes de polución electromagnética. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que los estudios epidemiológicos realizados a finales del siglo XX [3-5], a pesar de ser novedosos e importantes, en su época, eran insuficientes para evaluar los riesgos en la salud que causa la exposición a los campos electromagnéticos. En 1996, la OMS crea el Proyecto Internacional CEM donde uno de sus objetivos es la promoción de investigaciones para estudiar los efectos de los campos electromagnéticos en los seres humanos [6], convocando así a dar respuestas a tan controversial tema. En la actualidad, es imposible negar que existe relación entre el CEM y las diversas afectaciones que causan a la salud humana [7].

Cuando se habla de las RNI de FEB, por lo general, se menciona el posible padecimiento de leucemia aguda infantil, linfoma y tumor cerebral [8-10], donde la mayoría de las investigaciones coincide que la posibilidad de padecer dichas afecciones es mayor para los niños que viven cerca de líneas de alta tensión. Además, dicha exposición también puede ser un factor de riesgo para el cáncer de mama, Alzheimer, reacciones inflamatorias y alérgicas, entre otras [11,12]. También hay trabajos de investigación en centros laborales [13], instituciones hospitalarias [14,15] o en determinadas zonas urbanizadas [16,17], donde se estudia y valora las exposiciones al campo magnético (CM).

Cada una aplica la metodología que mejor se adecúe a su estudio pero coinciden en la técnica de mapeo electromagnético. Mostrando como resultado final una imagen donde la información recopilada sirve de base para el estudio de los investigadores y muestra los puntos de mayor intensidad electromagnética del área medida, donde las personas deberían evitar la cercanía y la permanencia de los mismos. Es por este motivo que el objetivo de este trabajo es caracterizar el comportamiento del campo electromagnético de baja frecuencia en algunos de los laboratorios de computación de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” CUJAE y evaluar si los valores resultantes cumplen con el valor límite de referencia para la inducción de campo magnético de FEB, establecido por la Comisión Internacional de Protección de Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), en 2010 [18].

MATERIALES Y MÉTODOS

El gaussímetro modelo PCE-G28, será el equipo de medición empleado en la investigación. Para determinar la radiación electromagnética, el mismo dispone de una sonda triaxial. Su rango de medición está entre microtesla (0 - 20 μ T / 0 - 200 μ T / 0 - 2000 μ T) y miligauss (0 - 200 mG / 0 - 2000 mG / 0 - 20000 mG) y mide en un rango de frecuencias entre los 30 – 300 Hz. Está concebido para medir los campos magnéticos originados por monitores de ordenadores, televisores, instalaciones eléctricas industriales, entre otros. Es de manejo sencillo, rápido y preciso [19].

La metodología general que se tendrá en cuenta será:

- Primeramente, se presentará la estructura de los locales donde se realizarán las mediciones a través de planos en 2D teniendo en cuenta la disposición de los elementos que lo caractericen y posteriormente se visualizará el ambiente electromagnético propio de cada local.
- Las mediciones se efectuarán cinco días bajo la condición constante de que todos los equipos estén funcionando. Cada medición será de forma puntual en la zona donde radican las fuentes de emisión de radiación electromagnética; donde los trabajadores o estudiantes se encuentran por períodos prolongados de tiempo y donde hay equipos que podrían tener altos valores de inducción magnética. Además, se tendrá en cuenta que la medición es a favor de las manecillas del reloj, haciendo un recorrido por el área en forma de zigzag y se ubicará el gaussímetro a una altura de un metro sobre el nivel del piso, teniendo en cuenta que dicha altura coincide con la ubicación de la mayoría de los órganos vitales de una persona promedio.
- Para tabular los datos durante el proceso de investigación se empleará un procesador de cálculo. Donde se anotarán las lecturas para cada uno de los tres ejes (X, Y, Z) y se calculará el valor del campo magnético total o inducción magnética, utilizando la siguiente ecuación (1):

$$B = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

- Se procederá a la comparación del valor máximo de inducción magnética obtenido en cada área de los laboratorios de computación con respecto al valor de inducción magnética (2×10^{-4} T) correspondiente al rango de 50 - 400 Hz, recomendado por la ICNIRP, en 2010, para el público en general.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

La figura 1, muestra el croquis de los locales, representando los equipos y elementos eléctricos característicos de cada área donde se realizó la medición:

- En la figura 1 (A), se observa el aula de postgrado de Ingeniería Automática con 9,20 m x 8,5 m, la misma forma parte de la Facultad de Ingeniería Automática y Biomédica (FIAB). Este laboratorio está equipado, principalmente, por computadoras de escritorio (PC) con monitores planos y otros elementos eléctricos, como se presenta en la leyenda de la imagen.
- En la figura 1 (B), se representa el área donde radican los laboratorios de computación en la zona de la residencia estudiantil. Los laboratorios 1 y 2, con dimensiones comunes de 8,50 m x 6,30 m, se diferencian en la concentración de los equipos eléctricos. El laboratorio 2 no posee ordenadores propios ya que se rediseñó para que los estudiantes se conecten con sus propios dispositivos portátiles o lo usen como área de estudio común. El local 3 con 3,20 m x 5,60 m pertenece a los técnicos encargados de la asistencia y funcionamiento del laboratorio de residencia.
- En la figura 1 (C), aparecen representados los laboratorios de computación correspondientes de la Facultad de Ingeniería Automática y Biomédica. Esta área cuenta con cinco laboratorios y el local del administrador de red, de dicha facultad. Las dimensiones correspondientes son: laboratorio 1 (7,53 m x 5,29 m), laboratorio 2 (7,57 m x 6,49 m), laboratorio 3 (7,52 m x 6,45 m), laboratorio 4 (5,40 m x 6,52 m), laboratorio 5 (9,30 m x 4,30 m) y local del administrador de red (5,2 m x 3,10 m).

Las figuras 2, 3 y 4, evidencian los valores promedios puntuales de cada uno de los puntos de CM de FEB obtenido en los cinco días de medición, en los laboratorios de computación. Además, se incluye la escala de colores representativa de cada área donde se refleja el rango de valores en microteslas (μT), teniendo en cuenta el total de fuentes generadoras de CM existentes en los mismos. La tabla 1, contiene el resumen estadístico descriptivo de los valores promediados de los puntos de medición en las diferentes áreas. Los valores resaltados en negrita aportan el valor medio general que le llegaría a la persona que permaneciese en las instalaciones estudiadas durante una semana de trabajo, dada la condición de que todos los equipos estén funcionando de forma constante.

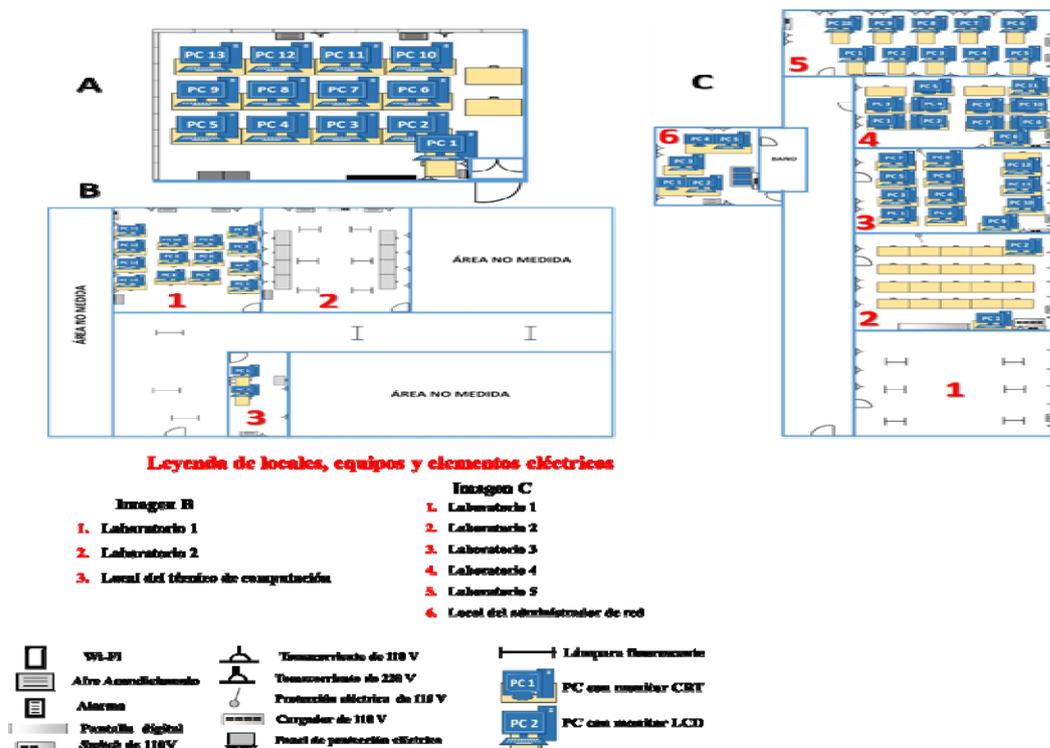


Fig.1. Croquis de los locales medidos: aula de postgrado de Ingeniería Automática (A), laboratorios de computación de la residencia estudiantil (B) y laboratorios de computación de la Facultad de Ingeniería Automática y Biomédica (C).

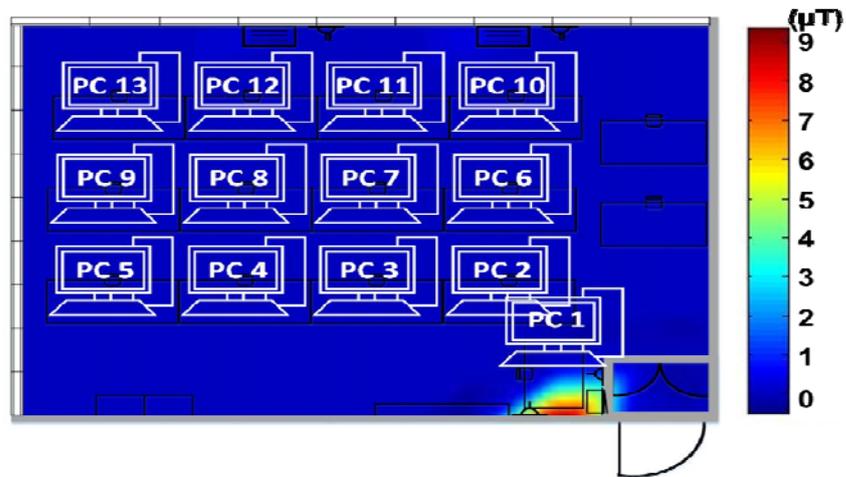


Fig. 2. Mapa y escala de colores (μT) de los valores promedios puntuales del aula de postgrado de Ingeniería Automática.

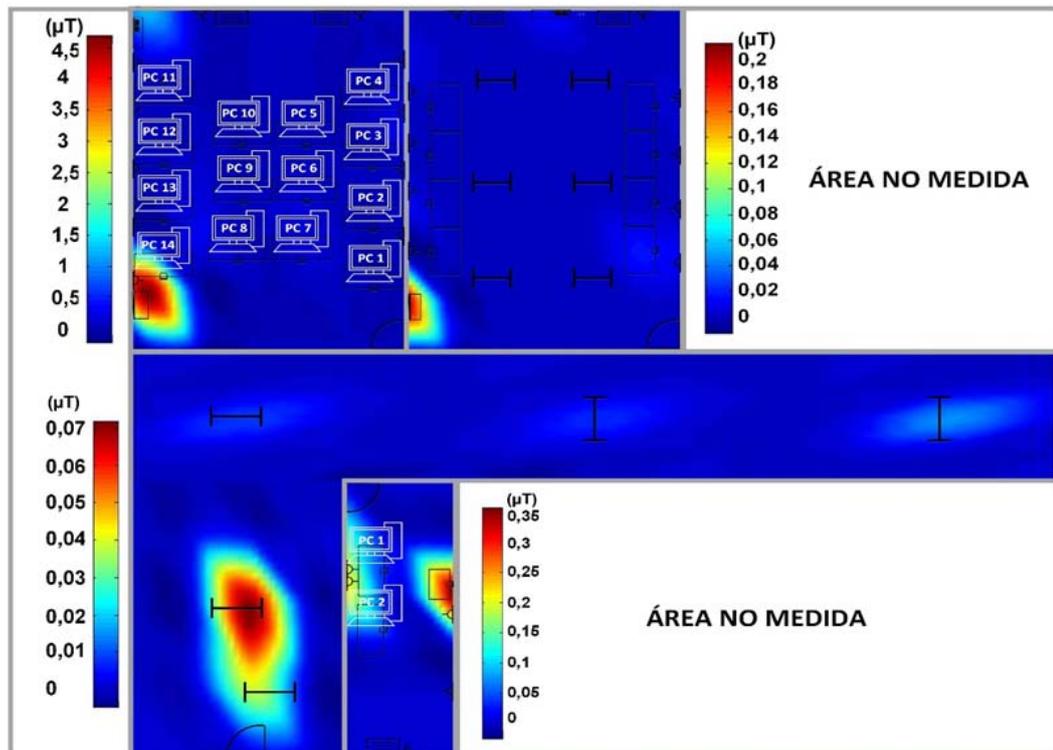


Fig. 3. Mapa y escala de colores (μT) de los valores promedios puntuales del laboratorio de computación de la residencia estudiantil.

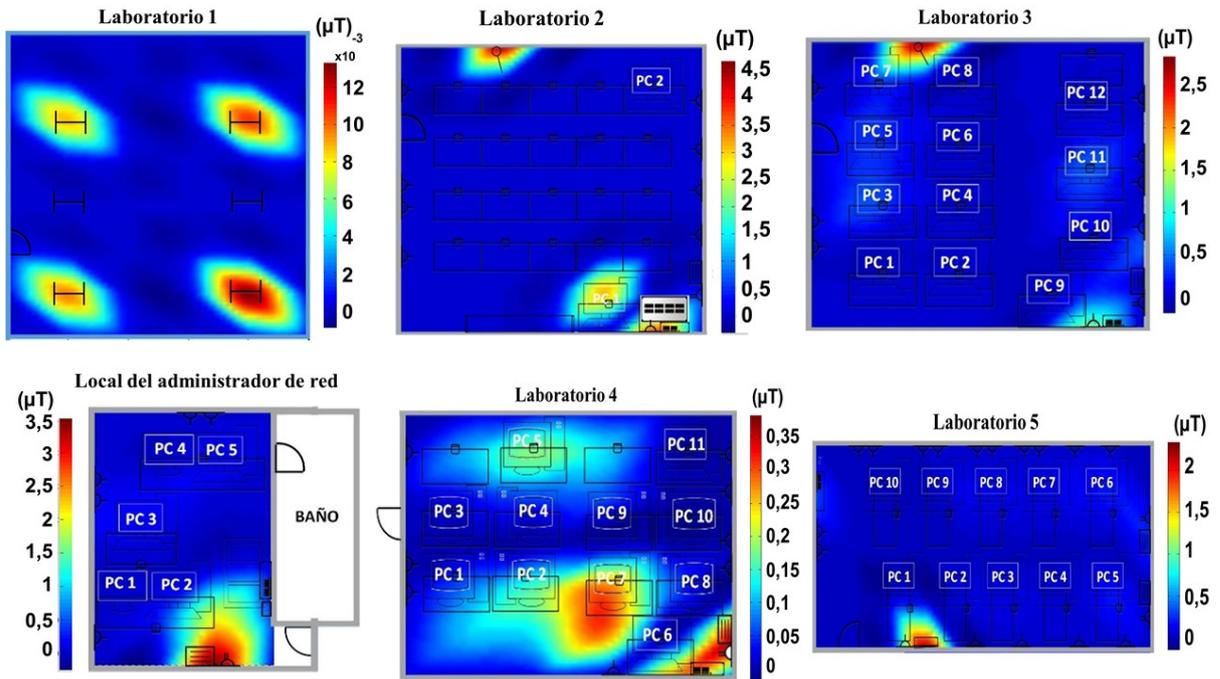


Fig. 4. Mapa y escala de colores (μT) de los valores promedios puntuales de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Automática y Biomédica.

Tabla 1: Resumen estadístico descriptivo de los valores promedios generales de las áreas de los laboratorios de computación estudiados.

Parámetros	Lab. 1	Lab. 2	Lab. 3	Lab. 4	Lab. 5	Local del adm. de red de la FIAB	Aula de post-grado de Aut.	Lab. 1 RE	Lab. 2 RE	Local del técnico de RE	Pasillo de RE
Recuento	7	6	15	15	13	8	17	24	8	3	5
Media	0,01	1,87	0,47	0,15	0,3	0,78	0,64	0,33	0,04	0,24	0,03
Mediana	0,01	1,54	0,26	0,12	0,1	0,2	0,04	0,05	0,01	0,21	0,01
Varianza	0	3,63	0,52	0,01	0,37	1,38	5,01	0,93	0,01	0,01	0
Mínimo	0	0,09	0,06	0,03	0,05	0,14	0,02	0,01	0	0,14	0,01
Máximo	0,01	4,69	2,84	0,38	2,32	3,3	9,31	4,69	0,21	0,35	0,07

Estudio de las situaciones particulares observadas en algunos de los laboratorios de computación

Los siguientes resultados se basan en las situaciones particulares encontradas (se describen en discusión) durante la medición del CM en determinados laboratorios de computación, teniendo en cuenta la descripción hecha en la metodología de la investigación:

- En el laboratorio 3 de la FIAB se realizaron mediciones basadas en la posición observada entre las torres y el equipo de alimentación interrumpida (UPS) con respecto a los monitores, las que resultaban diferentes entre la primera y la segunda fila. Por tanto, se analizó la interferencia del nivel de CM que pudiera existir entre dichos equipos. Obteniéndose que para las PC en la posición 1 son menores que para las PC en la posición 2, como se evidencia en la figura 5.

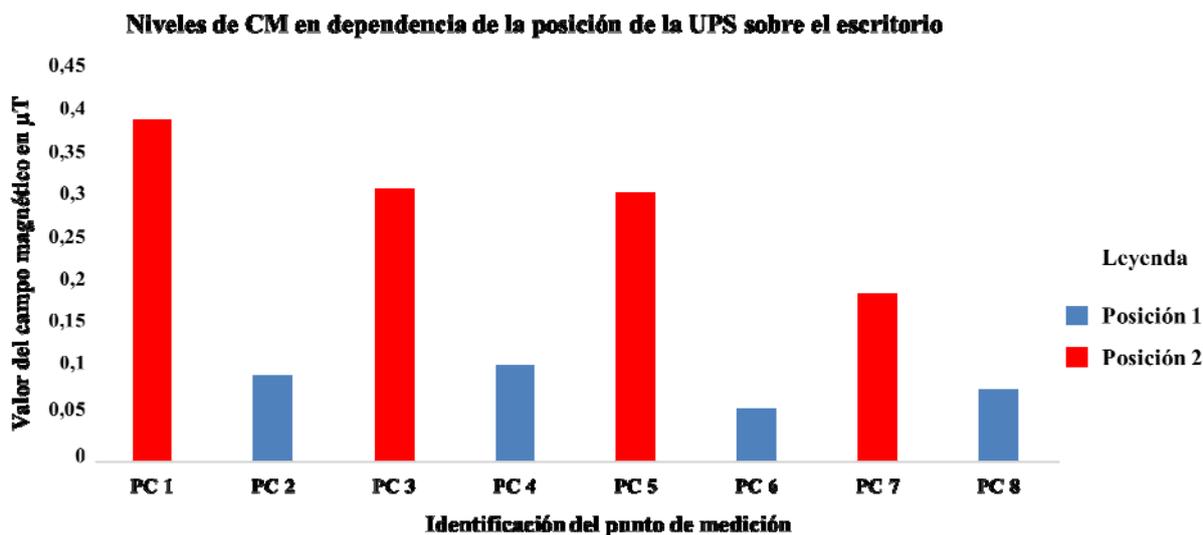


Fig. 5. Representación de los valores de CM existente entre la posición de la UPS respecto a la torre y el ordenador ubicados sobre los escritorios del laboratorio 3 de la Facultad de Ingeniería Automática y Biomédica.

- En el laboratorio 1 de la residencia estudiantil se observó que la posición de la torre sobre el escritorio, en algunos casos, era diferente a la que normalmente se suele proponer el fabricante. Por tanto, se analizó el nivel de exposición de CM que puede recibir la persona que utilice las computadoras en dicho local. Resultando que la exposición es menor en los puntos donde la torre está colocada de forma recomendada respecto a la posición contraria, como se muestra en la figura 6.



Fig. 6. Representación comparativa del nivel de exposición de CM que recibe una persona según la orientación de la torre en el laboratorio 1 de la residencia estudiantil.

- Dada la existencia de dos tipos de monitores en los laboratorios de computación se analizó el valor de inducción magnética resultante de la suma de los tres ejes de medición. Para ello se tomó una muestra de nueve monitores de tubo de rayos catódicos (CRT), ubicados en el laboratorio 4 de la FIAB, y nueve monitores de pantalla de cristal líquido (LCD), correspondientes al laboratorio del aula de postgrado de

Ingeniería Automática.

La medición se realizó a la misma altura del equipo y a una distancia de 30 cm. Obteniéndose, que el valor en los monitores CRT es mayor en todos los casos a los obtenidos para los monitores LCD, como se refleja en la figura 7.

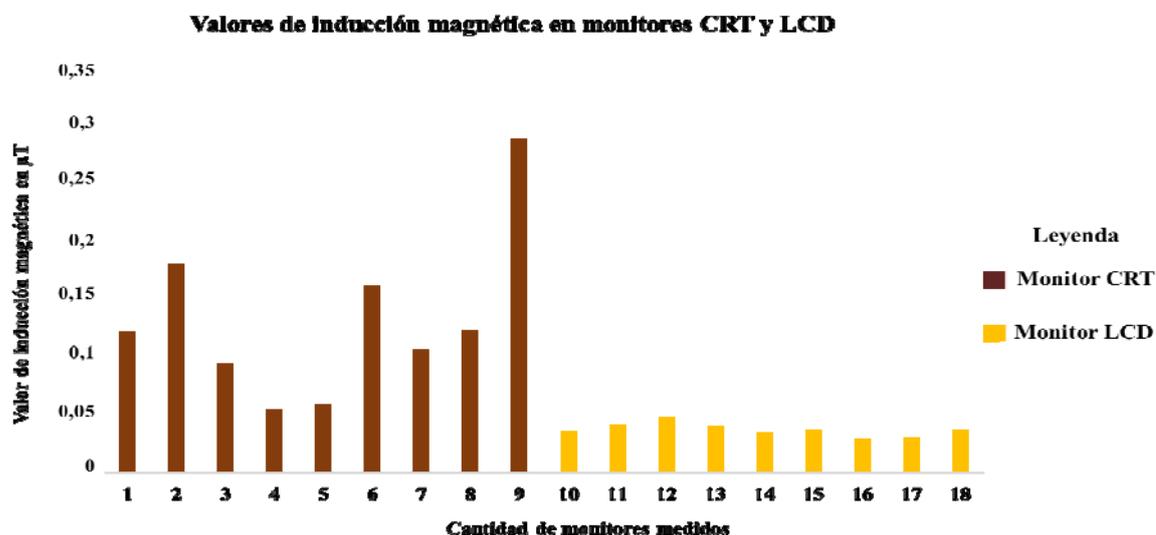


Fig. 7. Representación del valor de inducción magnética en monitores CRT (PC 1 – PC 9) y monitores LCD (PC 10 – PC 18).

DISCUSIÓN

La obtención de las figuras 2, 3 y 4, fue posible a partir del procesamiento total de 605 mediciones de campo magnético. De forma general, se obtuvo que los valores máximos del promedio de inducción magnética oscilan entre 0,21 – 9,31 μT correspondientes a las zonas donde se encuentra el panel de protección eléctrica, que coincide donde entra la alimentación de energía en los laboratorios. Las ramificaciones que muestran corrimientos de colores en los mapas pueden deberse a interferencias sucedidas entre equipos ubicados muy próximos los que suman sus valores de RNI aumentándola de manera exponencial.

De forma puntual en el mapeo de colores se encontró que:

- En el área de la residencia estudiantil donde se mostró la influencia de las lámparas fluorescentes ubicadas en los pasillos, estos alcanzaron hasta 0,07 μT como valor máximo. Además, en el local del técnico del laboratorio se registró un valor de 0,35 μT a causa de un ventilador artesanal.
- En los laboratorios de la FIAB la segunda cifra máxima fue de 3,3 μT esto se debe a la interferencia que pudiera ocasionar la instalación eléctrica del tomacorriente de 220 V que brinda energía al aire acondicionado en el local del administrador de red. Ambos elementos están ubicados a 1,60 m sobre el nivel del suelo, posición que coincide con la altura general promedio.

A pesar de las características ambientales de CM resultantes de los cinco días de medición en las áreas de los laboratorios de computación estudiados. Los valores de inducción magnética no superaron al valor recomendado para el público en general por la ICNIRP en 2010, como se muestra en la siguiente gráfica comparativa truncada de la figura 8.

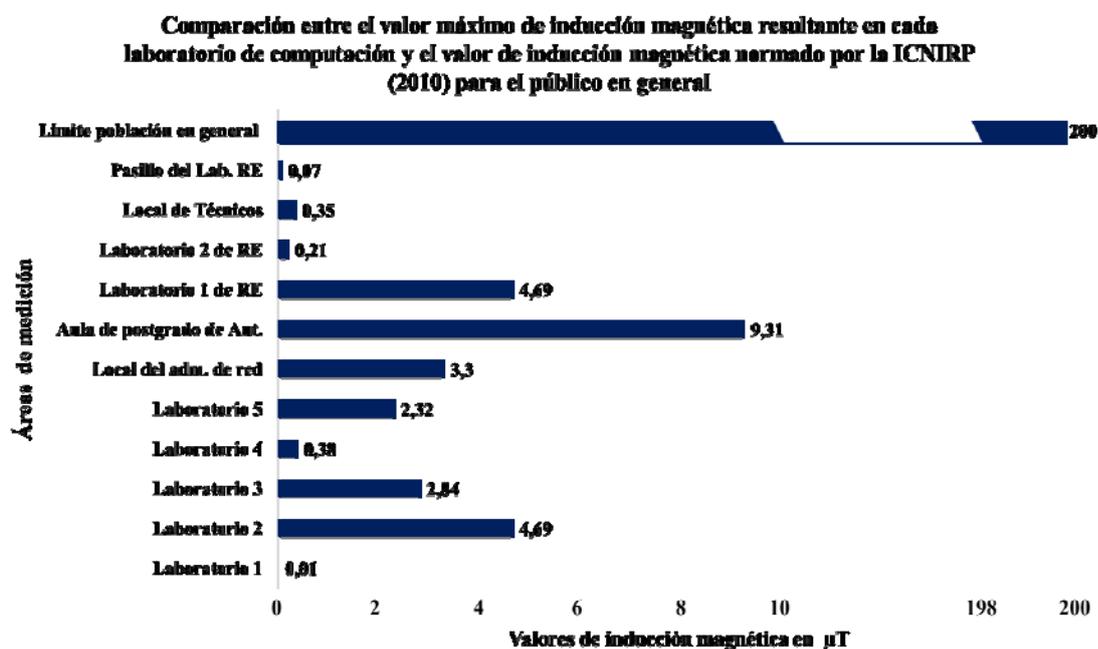


Fig. 8. Gráfica comparativa entre el valor máximo de inducción magnética obtenido en cada laboratorio de computación y el valor límite de inducción magnética recomendada por la ICNIRP en 2010 para el público en general.

Análisis de las situaciones particulares observadas en algunos de los laboratorios de computación

Durante la realización de las mediciones se observaron situaciones particulares las cuales podrían analizarse de la siguiente manera:

- Al evaluar la interferencia del CM que genera la UPS con respecto al sitio donde se debe sentar la persona, como muestra la figura 9. Se evidenció en los resultados graficados de la figura 5 que la posición de mayor interferencia fue en los lugares donde estaban ubicadas las PC 1, PC 3, PC 5 y PC 7 (circulada en rojo) respecto a la posición de las PC 2, PC 4, PC 6 y PC 8 (circulada en azul). Esta situación podría influir en la salud humana de quienes utilicen las computadoras en dichos lugares donde la interferencia entre dichos equipos aumenta por el valor generado en esa área hasta cierto límite donde comienza a disminuir sino encuentra una nueva interferencia. Además, se debe considerar el efecto del campo magnético desprendido por los ordenadores sobre el tejido biológico se recibe por tiempo prolongado y podría ser acumulativo [20].



Fig. 9. Ilustración de las posiciones, durante la medición del CM, de la torre y la UPS respecto al monitor sobre los escritorios del laboratorio 3 de la Facultad de Ingeniería Automática y Biomédica.

- Al valorar el nivel de exposición de CM que recibe una persona según la posición que tiene la torre, nótese que la posición adoptada en la figura 10 señalada en verde es la que generalmente sugiere el fabricante y la señalada en rojo se corresponde a la posición opuesta o contraria a la recomendada. Según los resultados presentados en la figura 6 la persona que ocupe los lugares en los puntos PC 4, PC 5, PC 8, PC 11 y PC 14 recibirá mayor nivel de CM. Esto es debido a la proximidad de los campos magnéticos generados por el funcionamiento de los componentes electrónicos y de potencia que se encuentran como parte del circuito de la torre. Además, de la interferencia que se genera entre el funcionamiento de la torre y el monitor. Situación a tener en cuenta ya que tal como mencionó Maceiras [21], los efectos estocásticos provocados por las RNI de FEB no tienen umbral de aparición y se debería interpretar con precaución el existe riesgo despreciable de sufrir lesiones, dentro de los límites ya establecidos.



Fig. 10. Ilustración de las posiciones, durante la medición del CM, de la torre sobre los escritorios del laboratorio 1 de la residencia estudiantil.

- El estudio sobre los dos modelos de monitores existentes en los laboratorios de computación se debió a la comprobación del nivel de generación de radiaciones eléctricas y magnéticas en los monitores CRT ya que los monitores LCD no genera [22]. Al comparar en la figura 7 el valor de inducción magnética resultante de la suma de los tres ejes de medición del CM de los 18 monitores.
- El resultado obtenido de las PC 1 - PC 9 reafirmó el planteamiento de Kanapeckas [23], donde explica que los monitores CRT emiten una porción mayor del espectro electromagnético hacia el exterior que los monitores LCD. Por otro lado, el resultado de las PC 10 - PC 18 contradice a una de las ventajas constructivas de dichos monitores. Esto puede deberse al hecho de que los monitores en aula de postgrado de Ingeniería Automática sobrepasan el tiempo establecido por el fabricante donde se garantiza la compatibilidad electromagnética del equipo eléctrico.

Dados los resultados obtenidos y las razones presentadas anteriormente en la discusión, se plantean las siguientes recomendaciones:

- En el aula de posgrado se debería distanciar a más de un metro la posición donde se ubica actualmente la computadora del profesor, con respecto al panel de protecciones eléctricas del local y de la instalación eléctrica del televisor donde se proyectan las clases.
- En el laboratorio 3 de la facultad, las torres en las dos primeras filas deberían conectarse a una misma UPS, entre las torres, o colocarse como se señala en color azul en la figura 9.
- En el laboratorio 4, se propone que los monitores CRT que están ubicados de forma consecutiva y centrados principalmente en dicho local se distribuyan por los restantes laboratorios de la facultad. Además, la PC 6 y PC 8 deberían ser reubicadas en otra área del laboratorio para romper la proximidad que existe entre ellas y entre el servidor de red y el aire acondicionado, ver figura 4.
- Con relación a las torres ubicadas de forma incorrecta en el laboratorio 1 de la residencia estudiantil se deberían volver a colocar en la posición original y así disminuir la RNI de campo magnético a los estudiantes que ocupen los lugares señalados en rojo (ver figura 10).
- Se recomienda no estar mucho tiempo frente del tomacorriente de 220 V situado en el local del administrador de red de la facultad ya que este está ubicado relativamente cerca de la misma altura de la cabeza de una persona con altura promedio.

- De forma general, las torres no deberían estar sobre la mesa sino debajo de ella, dicha posición disminuiría aún más la exposición de RNI a nivel de órganos.

CONCLUSIONES

Se puede expresar que se cumple el objetivo principal de este trabajo investigativo ya que se pudieron dar respuesta a cada situación encontrada en los diferentes laboratorios de computación de la institución donde se realizaron las mediciones de campo magnético. Además, se pudo visualizar los puntos de mayor contaminación por campo magnético característico de cada local. Por último, se determinó que al comparar los resultados hallados con el valor límite recomendado por la ICNIRP en 2010, quedan dentro del valor límite establecido para las frecuencias extremadamente bajas. Aun así, se plantearon ciertas medidas preventivas que contribuirán a disminuir tanto como sea razonablemente posible la dosis de exposición de RNI de campo magnético de FEB. Enfatizando que no se deberían desestimar las recomendaciones planteadas en respuesta a las observaciones que se manifestaron durante los días de mediciones, en los diferentes laboratorios de computación donde se llevó a cabo la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1]. Luquin R. "Contaminación por radiación electromagnética en personas vulnerables: tutela preventiva y generación de otras fuentes de energía". Congreso Internacional de Energías Renovables y Cambio Climático celebrado en la Universidad Pública de Navarra; 2013, n. 30 p. 28-31. ISBN 1989-5666. Consultado en noviembre 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5656292&orden=0&info=link>
- [2]. Morales Peralta OM. "Estudio actualizado de normas y procedimientos para la medición de campos electromagnéticos de radiofrecuencias". Tesis de diploma. Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad del Salvador, El Salvador; 2011. Disponible en : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewjRoufRiMvgAhVtUd8KHbsOCxcQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fri.ues.edu.sv%2F3762%2F1%2FEstudio%2520actualizado%2520de%2520normas%2520y%2520procedimientos%2520para%2520la%2520medici%25C3%25B3n%2520de%2520campos%2520electromagn%25C3%25A9ticos%2520de%2520radiofrecuencias.pdf&usq=AOvVaw0dx6DO0tJCfFwXqeY1fbCq>
- [3]. Demers PA, Thomas DB, Rosenblatt KA, *et al.* "Occupational exposure to electromagnetic radiation and breast cancer in males". *Am. J. Epidemiol.* 1991; v. 134, n. 1, p. 334-347. [Consultado en noviembre 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116095>
- [4]. Tynes T, Andersen A, Langmark. F. "Incidence of cancer in norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields". *Am. J. Epidemiol.* 1992; vol. 136, n. 2, p. 81-88. [Consultado en diciembre 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116423>
- [5]. Kheifets LI, *et al.* "Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer. A meta analysis". *J. Occup. Environ. Medicine.* 1995; vol. 37, n. 12, p.1327-1341. Disponible en: <https://europepmc.org/abstract/med/8749738> ; DOI: 10.1097/00043764-199512000-00002.
- [6]. OMS. "Agenda de Investigación de la OMS para los campos de radiofrecuencia". *WHO research agenda for radiofrequency fields*, España, 2010, p. 54. ISBN: 9789241599948. Consultado en diciembre 2019. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44744/9789241599948_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [7]. Revueltas Agüero M, Avila Roque I, Baqués Merino R, Beltrán Reguera RC. "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://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200007

- [8]. Reyes Secades G, Barceló Pérez C, Moncada I. “Leucemia infantil aguda y campos electromagnéticos en municipios de Ciudad de La Habana. Estudio de casos y controles”. Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional. 2006, vol. 44, n. 1. Consultado en enero 2020. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000100002
- [9]. Petrocelli B, Graciana CA. “Infancia irradiada: efectos de los campos electromagnéticos de extremada baja frecuencia en poblaciones infantiles”. Buenos Aires: V Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología. XX Jornadas de Investigación, Noveno Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires; 2013. p. 24-25. Consultado en abril 2020 Disponible en: <https://www.aacademica.org/000-054/277.pdf>
- [10]. [10] Ferrís I, *et al.* “Efectos en la salud pediátrica de la radiación electromagnética de frecuencias extremadamente bajas”. Rev Esp Pediatría. 2010; vol. 66, n. 3, p. 151-161. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewiTybaoiO7fAhWo11kKHZWeCsYQFjAAegOICRAC&url=http%3A%2F%2Fwww.afanion.org%2Fdocumentos%2FEfectos%2520en%2520la%2520salud%2520pedi%25C3%25A1trica%2520de%2520la%2520radiaci%25C3%25B3n%2520electromagn%25C3%25A9tica%2520de%2520frecuencias%2520extremadamente%2520bajas.pdf&usg=AOvVaw1SvA5uy52VMbSV8NQXUV8W>
- [11]. Epalza ME, *et al.* “Prevalencia de insomnio en adultos de 18 a 60 años de edad y exposición a campos electromagnéticos en hogares de Barranquilla, Colombia”. Biomédica. 2015; vol. 35, n. 2, p.120-129. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2459>
- [12]. Paparella C, Pavesi A, Provensal O, Ombrella A, Bouvet B. "Infertilidad masculina. Exposición laboral a factores ambientales y su efecto sobre la calidad seminal". Rev. Urug. Med. Interna. 2017; n. 2, p. 17. Disponible en: <https://www.aacademica.org/000-054/277.pdf>
- [13]. Castro M, y otros. “Campos electromagnéticos y salud: Exposición a CEM de baja frecuencia en oficinas y laboratorios de computación”. Ingeniería Energética, vol. 28, n. 2, p. 3-7 2007. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/85>
- [14]. Llamasa Rincón LE, 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. Universidad Tecnológica de Pereira. 2015; vol. 20, n. 4, p. 378-384. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/319969050>
- [15]. Déas Yero D, Gilart González F, and Beira Fontaine L. “Evaluación del ambiente electromagnético en salas de rehabilitación”. MEDISAN. 2016, vol. 20, n. 8, p. 1013-1021. ISSN 1029-3019. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30192016000800002&lng=es&nrm=iso
- [16]. Cruz Víctor M, "Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de energía eléctrica en el Perú," *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, vol. 26, p. 104-112, 2009. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a18v26n1.pdf>
- [17]. Ahmadi H, Mohseni S and Shayegani Akmal AA. "Electromagnetic fields near transmission lines-problems and solutions", *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, vol. 7, p. 181-188, 2010. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/47734186_Electromagnetic_fields_near_transmission_lines_-_problems_and_solutions
- [18]. International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection “ Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)”. National Library of Medicine. 2010. vol. 99, n. 6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21068601/>
- [19]. Gaussímetro PCE-G28: gaussímetro con sonda triaxial para campos magnéticos. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor-de-radiacion-h1.htm>
- [20]. Mercado M, Toledo M, Pallares C, Rolla D, Gastaldi R. “Efectos de los campos magnéticos sobre el metabolismo oxidativo muscular en respuesta a la exposición prolongada”. InVet 2016; vol. 18, n. 1, p.87-94. ISSN 1668-3498. Disponible en: <http://www.fvet.uba.ar/archivos/publicaciones/invet/vol18-1-2016/T11.pdf>
- [21]. Maceiras L, Quintas C, García D, Rodríguez-Míguez L, Gestal JJ, “Radiaciones electromagnéticas y ordenadores (II)”, Apuntes de Salud Pública, 1998, vol. 2, n. 18, p.19-24. ISSN 1134-055X. Disponible en: http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/1223/1998-asp18-Maceiras_Quintas_Garcia_Rodriguez_Gestal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [22]. EcuRed. Monitores de computadora. Disponible en: https://www.ecured.cu/index.php?title=Monitor_de_computadora&oldid=2829653
- [23]. Pranas Kanapeckas, Stasys Maciulevičius, Alfredas Otas, Vytautas Petrauskas, Algis Valys. “Electromagnetic radiation at computerized workplaces”. En X Information technology and control. 2007; vol. 36, n. 4, p. 348-352, ISSN 1392 – 124. Consultado en octubre 2020 Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/985d/cd3429e1b42cf3e13ad9fd046f60a229f78e.pdf>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

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

Diseño de la investigación, recolección de los datos, implementación de la metodología, análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, la revisión crítica y autocrítica del contenido hasta la aprobación final del mismo.

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

Revisión del estado del arte, análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, la revisión crítica del contenido hasta la aprobación final del mismo.

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 del contenido hasta la aprobación final del mismo.

Sandra Cepero Terrero: <https://orcid.org/0000-0003-4371-0435>

Revisión del estado del arte, análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, la revisión crítica del contenido hasta la aprobación final del mismo.

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.