

EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIA EN ESTACIONES DEL TREN SUBTERRÁNEO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES.

OSCAR RODOLFO VANELLA

LIIDE (Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo) – Universidad Nacional de Córdoba, Ingeniero Electricista-Electrónico, ovanella@efn.uncor.edu, C.C. 755, Correo Central CP-5000, Córdoba, Argentina.

LISANDRO FERNANDEZ

LIIDE – Universidad Nacional de Córdoba, Profesor en Ciencias Biológicas, liade@efn.uncor.edu, C.C. 755, Correo Central CP-5000, Córdoba, Argentina.

CONRADO JAVIER RODRIGUEZ

LIIDE – Universidad Nacional de Córdoba, Ingeniero Electrónico, crodriguez@efn.uncor.edu, C.C. 755, Correo Central CP-5000, Córdoba, Argentina.

JESÚS EDUARDO GIORDANO

CV Biogestión – Universidad Nacional de Córdoba, Arquitecto, jesus.e.giordano@gmail.com, C.C. 755, Correo Central CP-5000, Córdoba, Argentina.

RODRIGO GABRIEL BRUNI

LIIDE – Universidad Nacional de Córdoba, Ingeniero Electricista-Electrónico, rbruni@efn.uncor.edu, C.C. 755, Correo Central CP-5000, Córdoba, Argentina.

Resumen – En paralelo al incremento sostenido de las telecomunicaciones inalámbricas a nivel mundial ha surgido, en los ciudadanos, la preocupación referente a los eventuales efectos nocivos para la salud que pudieran ser derivados de la exposición a las radiofrecuencias utilizadas por estos servicios. En consecuencia, explorar nuevos y distintos escenarios, y obtener datos sobre los niveles de exposición existentes allí, suministra información para responder a esta preocupación. Este trabajo identifica a las *estaciones de subterráneo* con instalaciones de telefonía celular como un nuevo escenario y estudia la exposición del público a las radiofrecuencias existentes allí. Los resultados demuestran que el 99,89 % de los niveles medidos son inferiores a $0,2 \text{ mW/cm}^2$ (Límite ICNIRP para exposición no controlada). Se destacan como conclusiones que los niveles en las estaciones de subterráneo deben verificarse y son comparables a los existentes en azoteas de edificios con antenas de telefonía celular.

Abstract - In parallel to global sustained increase of wireless telecommunications has emerged in citizens the concern regarding any harmful effects to health which could be derived from exposure to radiofrequencies used by these services. Consequently, to explore new and different scenarios, and obtain data about its exposure levels, provides information to respond to this concern. This work identifies the subway stations with mobile communication facilities as a new scenario and study the exposure of the public to existing radiofrequencies there. The results show that 99,89% of the measured levels are smaller than 0.2 mW/cm^2

(ICNIRP limit to uncontrolled exposure). They stand out as conclusions that levels in subway stations should be verified and are comparable to the existing ones on rooftops of buildings with mobile phone antennas.

Palabras Claves - Radiofrecuencia (RF), exposición a la RF, seguridad en RF, estaciones de tren subterráneo.

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios de radiodifusión y televisión han existido durante los últimos 70 y 50 años respectivamente. En la actualidad, la transmisión de información a través de redes mundiales de telecomunicación caracteriza una nueva era en la cual el ser humano es beneficiario y protagonista de un crecimiento sostenido de otros servicios de telecomunicaciones inalámbricas (telefonía móvil, banda ancha móvil, Internet...) [1]. Entre ellos, la telefonía móvil es uno de los servicios que ha registrado un considerable y vertiginoso desarrollo a nivel mundial, y América Latina no ha sido la excepción [2].

A raíz de esto, surge en los ciudadanos la preocupación referente a los eventuales efectos nocivos para la salud que pudieran ser derivados de la exposición a las radiaciones no ionizantes (RNI) en el espectro de radiofrecuencias (RF) utilizadas por las citadas aplicaciones y, por consiguiente, los estados (nacionales, provinciales, municipales) precisan implementar programas de gestión de

riesgo que incluyan la evaluación del riesgo como actividad sistemática. Para realizar esta evaluación, previamente es necesario caracterizar el riesgo y, para ello, se debe valorar la magnitud de la exposición, o potencial exposición, de las personas a las RNI en situaciones reales [3] [4]. Es decir, sin estos datos los estados se hallan imposibilitados de incorporar estrategias y acciones eficaces [5] [6] [7] a sus programas de gestión de riesgos, debido a la ausencia de información acerca de la situación potencialmente peligrosa.

Simultáneamente, la experiencia (adquirida a partir de la implantación de la telefonía móvil celular) ha demostrado que, una vez que la nueva tecnología se ha implementado, la velocidad de adopción puede incrementarse muy rápidamente. Por ello, la Organización Mundial de la Salud determinó que la exploración de los escenarios de exposición y sus correspondientes niveles de campo electromagnético son temas de investigación de alta prioridad, tanto para las tecnologías nuevas y emergentes de RF incluidas en el rango de 100 kHz a 300 GHz como para los cambios en el uso de las tecnologías ya establecidas [8].

En consecuencia, buscar nuevos escenarios y medir la RNI en ellos continúa siendo crucial para formular hipótesis apropiadas que enmarquen el diseño de futuras investigaciones epidemiológicas, y proveer información que mejore la aceptación pública de las evaluaciones de riesgo sanitario y permita tomar decisiones equilibradas en materia de salud y seguridad.

Las evaluaciones de niveles de exposición de las personas a las RNI realizadas en Europa [9] [10] [11] y en Sudamérica [12] [13] [14], son numerosas; a la vez que, en esta última región, también se observan desarrollos de nuevos métodos de medición [15]. Sin embargo, la mayoría proporciona información respecto de niveles medidos en escenarios ya conocidos, por ejemplo, espacios abiertos adyacentes a estaciones base de telefonía celular o de radiodifusión.

Si bien se encuentran resultados referidos a nuevas formas de comunicación inalámbrica (Wi-Fi [16], Bluetooth [17], UMTS [18]) y otras fuentes de RF diferentes de las asociadas a las telecomunicaciones inalámbricas [19], éstos pueden ser considerados escasos para representar la diversidad de escenarios a investigar [20]. A raíz de ello, el Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo (L.I.A.D.E.) perteneciente al Departamento de Electrónica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, exploró nuevos

escenarios e identificó a las estaciones del tren subterráneo como uno de ellos.

Este trabajo presenta los resultados de la evaluación de la exposición del público a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia en estaciones del tren subterráneo de la ciudad de Buenos Aires y la comparación de los valores medidos con los niveles de exposición encontrados en otros escenarios, así como, con los límites de exposición internacionalmente adoptados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. EXPLORACIÓN DEL ESCENARIO

Para analizar el escenario identificado se estudiaron 55 de las 86 estaciones habilitadas pertenecientes a la red de trenes subterráneos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Las estaciones no fueron elegidas por el LIADE, sino que su estudio fue solicitado al mismo para evaluar las instalaciones “indoor” de telefonía celular.

Las estaciones evaluadas poseen 1 andén central o 2 andenes laterales que contienen antenas de telefonía celular direccionales apuntadas a las bocas de los túneles (Fig. 1.) y, en algunos casos, antenas tipo domo omnidireccionales.

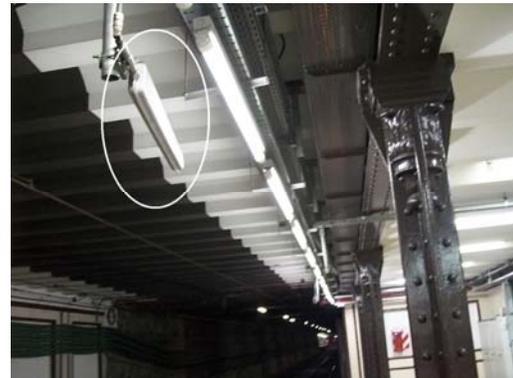


Fig. 1. Antena direccional apuntando a la boca del túnel del tren subterráneo.

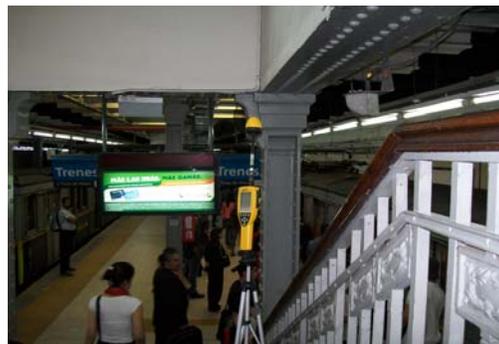


Fig. 2. Acceso a andén central por escalera fija que forma parte del recinto de la estación.

A los andenes se accede mediante escaleras (fijas o mecánicas) que pueden formar parte del recinto de la estación (Fig. 2.) o estar contenidas en túneles; también existen algunos corredores de conexión entre estaciones.

2.2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para medir los niveles de exposición existentes en las estaciones evaluadas se utilizaron 3 *sistemas de medida* [21] compuestos por:

- Instrumento Wandel & Goltermann; modelo EMR-300 con sonda campo eléctrico Wandel & Goltermann; modelo E-Field tipo 8.
- Instrumento Narda; modelo EMR-300 con sonda Narda; modelo E-Field tipo 18.0.
- Instrumento Narda; modelo NBM-550 con sonda Narda; modelo EF-0391.

Cada sistema está compuesto por instrumentos analizadores portátiles, que poseen un ancho de banda que cubre la gama de frecuencias de RF de 100 kHz a 3 GHz, miden con alta sensibilidad ($0,00001 \text{ mW/cm}^2$), y están equipados con una sonda isotrópica (tres ejes) apta para medir campo eléctrico, de acuerdo a los requisitos de la norma IEEE C95.3 [22]. Los 3 sistemas están calibrados para asegurar la trazabilidad de las mediciones a patrones de referencia internacionales (Physikalisch-Technische Bundesanstalt -PTB-Alemania) y poseen una incertidumbre de calibración máxima de 1,5 dB, la cual es inferior a los 2 dB aconsejados por ICNIRP [23].

Los sistemas descritos calculan la densidad de potencia (**S**) del espectro de la señal a partir de la medición del campo eléctrico (integración de los tres ejes de la sonda) mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier; luego almacenan los resultados para su posterior exportación a un ordenador.

2.3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Previo a su evaluación, se efectúa un relevamiento visual de cada estación para determinar la ubicación de sistemas irradiantes “indoor”.

Posteriormente, se seleccionan 16 puntos de evaluación (mínimo) distribuidos de manera que el estudio se realice cubriendo la superficie de la estación (1 andén central o 2 andenes laterales), priorizando las zonas adyacentes a las fuentes emisoras detectadas en el paso anterior pero sin descuidar el resto del área total a investigar. Todos los puntos medidos son accesibles al público usuario del servicio y no están ubicados en los

pasillos de interconexión de estaciones ni en las escaleras contenidas en túneles.

A efectos de evitar acoplamiento capacitivos, todos los puntos se encuentran a una distancia superior a 0,2 m de cualquier superficie.

Todas las mediciones se realizaron en banda ancha (rango 100 kHz – 3 GHz), días hábiles comprendidos en el período Setiembre de 2010 a Enero de 2011 y en el horario de 8 a.m. a 8 p.m.

En cada punto a evaluar se realizan barridos verticales con la sonda de medición (Fig. 3.), entre una altura de 0,2 m y 2 m sobre el nivel del suelo y durante un intervalo de tiempo mínimo de 1 minuto (máximo 3 minutos), en cumplimiento con los requisitos de integración espacial y temporal establecidos en la normativa aplicable en Argentina [24]. El resultado de esta operación es un valor de densidad de potencia electromagnética (**S** [mW/cm^2]) que representa el promedio de todos los valores instantáneos de densidad de potencia muestreados en el intervalo de tiempo mencionado.



Fig. 3. Operador realizando medición en Estación “José Hernández”, Línea D.

En caso de que el valor **S** obtenido al finalizar un barrido sea superior a $0,1 \text{ mW/cm}^2$ (50 % del límite más estricto en el rango de frecuencias estudiado y que es $0,2 \text{ mW/cm}^2$. Límite para la población en general que prevé exposición no controlada [25]), se realizan 5 mediciones de 6 minutos cada una a distintas alturas. Se selecciona como valor de **S** representativo del punto evaluado, al mayor de los resultados de las 5 mediciones.

2.4. DATOS

Los datos han sido extraídos de informes de ensayo emitidos por el Laboratorio de Ensayos del L.I.A.D.E., correspondientes a 883 puntos evaluados en el interior de las 55 estaciones estudiadas.

Los valores de densidad de potencia **S** expresados en mW/cm^2 , obtenidos como resultado

de la medición de cada punto, constituyen los niveles de exposición existente en el mismo. La Tabla 1 muestra un ejemplo de los niveles de exposición obtenidos al evaluar una de las estaciones estudiadas.

Tabla 1. Resultados obtenidos en Estación “9 de Julio”, Línea D.

Punto	S [mW/cm ²]	Punto	S [mW/cm ²]
1	0,000599	9	0,001547
2	0,000237	10	0,003195
3	0,001125	11	0,004107
4	0,000037	12	0,002276
5	0,000093	13	0,000081
6	0,000323	14	0,000758
7	0,000440	15	0,010638
8	0,002582	16	0,006181

Estos niveles son comparados con los niveles de seguridad establecidos por la normativa Argentina, compatible con los valores de referencia recomendados por ICNIRP [25], para establecer la conformidad (o no conformidad) de la estación.

Los resultados también se comparan con niveles de exposición medidos en otros escenarios evaluados por el laboratorio [19] [26] [27]. Para realizar la comparación se procede a normalizar los valores y expresarlos como un porcentaje del valor límite establecido para la frecuencia en la que trabaja el servicio de comunicación de que se trate. En este caso, aún cuando las mediciones descriptas fueron realizadas con equipos de banda ancha, puede asumirse que la mayor parte de la densidad de potencia medida corresponde a los servicios de telefonía celular existentes en las estaciones, debido a las características del escenario determinadas durante su exploración. Por consiguiente, los valores obtenidos se normalizan respecto del valor límite correspondiente a la banda de 800 MHz ($S_{lím} = 0,425 \text{ mW/cm}^2$), por ser esta banda de transmisión la que posee el límite más bajo de las dos bandas asignadas en la Argentina a este tipo de servicio [28].

3. RESULTADOS

Los 883 resultados obtenidos se clasifican en los rangos de la Tabla 2. Al analizar la misma en relación al límite más estricto de la normativa de referencia ($0,2 \text{ mW/cm}^2$), se observa que:

- El 99,89 % de los niveles de exposición medidos son inferiores al límite.

- El 70,33 % de los niveles de exposición medidos son como mínimo, mil veces menores que el citado límite.

Tabla 2. Clasificación de resultados.

Rango [mW/cm ²]	Frecuencia
$0,2 \leq S$	1
$0,1 \leq S < 0,2$	0
$0,01 \leq S < 0,1$	24
$0,001 \leq S < 0,01$	237
$0,0001 \leq S < 0,001$	378
$0,00001 \leq S < 0,0001$	230
$S < 0,00001$	13

Sin embargo, se advierte también que existe un punto perteneciente a una estación, cuyo nivel de exposición $S = 0,226850 \text{ mW/cm}^2$ supera el valor de $0,2 \text{ mW/cm}^2$. Por consiguiente, el resultado de la evaluación de esa estación es *no conforme* para la medición de banda ancha. La Fig. 4. muestra el estado de conformidad de las estaciones evaluadas.

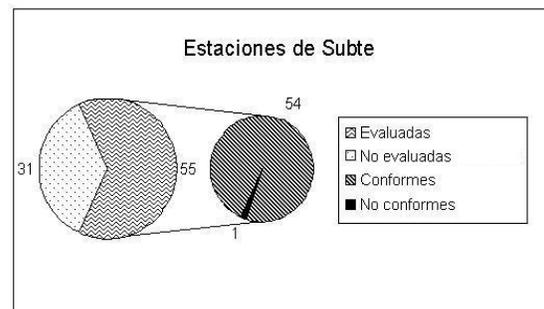


Fig. 4. Estaciones conformes y no conformes.

No obstante, la estación antes mencionada podría resultar *conforme* al medir en banda angosta, ya que el límite aplicable depende de la frecuencia en la que trabaja el servicio de telecomunicación, así por ejemplo, $S_{lím} = 0,425 \text{ mW/cm}^2$ para la banda de 800 MHz y $S_{lím} = 0,95 \text{ mW/cm}^2$ para la banda de 1.900 MHz. Por consiguiente, para establecer la conformidad final del punto que excede los $0,2 \text{ mW/cm}^2$ debe realizarse una medición en banda angosta.

El promedio de los niveles de exposición medidos fue de $S_{prom} = 0,001791 \text{ mW/cm}^2$ y, tal como fuera expresado, el máximo valor de encontrado fue $S_{máx} = 0,226850 \text{ mW/cm}^2$. Ambos valores se expresan como porcentaje del valor límite correspondiente a la banda de 800 MHz ($S_{lím} = 0,425 \text{ mW/cm}^2$):

- % Prom = 53,38 %
- % Máx = 0,42 %

La Tabla 3 presenta los valores porcentuales correspondientes a éste y otros escenarios

evaluados, tales como: sistema de imágenes por resonancia magnética (IRM), estaciones base de telefonía celular en torres, estaciones base de telefonía celular en azoteas de edificios y estaciones transmisoras de FM, junto con el valor límite tomado como referencia para cada uno de ellos.

Tabla 3. Comparación de escenarios. Valores porcentuales

	IRM	Celular torre	Celular azotea	FM	Subte
%Prom	0,05	0,96	2,08	16,0	0,42
%Máx	3,06	4,35	93,2	35,0	53,38
Valor referencia	0,2 mW/cm ²	0,425 mW/cm ²	0,425 mW/cm ²	27,5 V/m	0,425 mW/cm ²

A continuación se presentan estos valores en forma gráfica para facilitar su análisis y comparación (Fig. 5.).

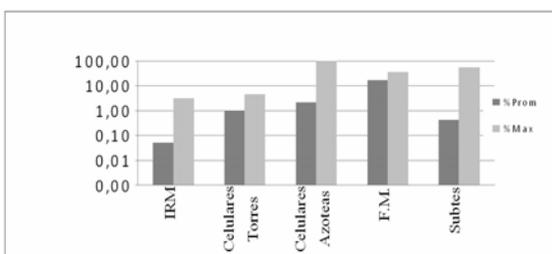


Fig. 5. Comparación de escenarios.

En la Fig. 5 se puede observar que los niveles de exposición encontrados en las estaciones del tren subterráneo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires son comparables a los medidos en las azoteas de edificios que poseen antenas de servicios de telefonía celular.

4. CONCLUSIONES

Los niveles de campo electromagnético de RF a los que podría estar expuesta una persona (público en general) que se halla esperando el tren subterráneo son, en general, muy inferiores (3 órdenes de magnitud o más) al valor máximo permitido más estricto. Sin embargo, pueden existir puntos de acceso público en los que el nivel de exposición supere dicho valor. Por consiguiente, no debe descartarse la verificación de estos niveles en el escenario planteado. Estas verificaciones deben incluir mediciones de banda angosta, en aquellos casos en los que el valor medido en banda ancha supere el límite citado.

Los niveles de campo electromagnético de RF a los que podría estar expuesto el público en general en el escenario explorado, son comparables a los niveles de densidad de potencia electromagnética que se registran en las inmediaciones de las

instalaciones de telefonía celular ubicadas en azoteas de edificios.

Al existir una gran variedad de configuraciones de estaciones de subterráneo con antenas “indoor”, esta investigación, no puede describir todos los posibles escenarios ni valores de exposición para todos ellos. No obstante, los datos provistos por este estudio pueden ser usados como referencia.

REFERENCIAS

- [1] International Communication Union (2012). Measuring the information society – 2012. Geneva, Switzerland. [Online]. Disponible: http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/material/2012/MIS2012_without_Annex_4.pdf
- [2] Frost & Sullivan (2006). El impacto social de la telefonía móvil en América Latina. Santiago, Chile: GSMA Latin America. pp. 5-22.
- [3] Organización Mundial de la Salud (2005). Estableciendo un diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos. Ginebra, Suiza. pp. 9-49. [Online]. Disponible: http://www.who.int/peh-emf/publications/emf_handbook_spanish.pdf
- [4] GSMA (2009). Risk Communication Guide for Mobile Phones and Base Stations. London, United Kingdom. pp. 4-8. [Online]. Disponible: <http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/03/gsmmmf2009riskcommguideweb-1.pdf>
- [5] Vanella, O. y Dujovne, D. 2004. Curso Protección y gestión ambiental de telecomunicaciones. Duración: 40 hs. Seminario/taller presencial dictado en el Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E.). Organizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T) y el I.C.E., San José, Costa Rica. 6 al 10 de Diciembre.
- [6] Vanella, O. y Dujovne, D. 2004. Curso virtual Protección y gestión ambiental de telecomunicaciones. Duración: 3 semanas. Seminario/taller dictado con modalidad a distancia (en línea) utilizando la plataforma WEB-CT para Internet de U.I.T. Organizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. 15 de Noviembre al 03 de Diciembre.
- [7] Vanella, O.; Taborda, R.; Bruni, G. y González, F. “Evolución de servicios suplementarios. Análisis de actividades de capacitación generadas a partir de asistencia técnica suministrada al cliente”, en *Memorias de las XXV Jornadas IRAM-Universidades. San Juan. Argentina. 2006.*
- [8] World Health Organization (2010) Research Agenda for Radiofrequency Fields. Geneva, Switzerland. [Online]. Disponible: http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599948_eng.pdf
- [9] C. Goiceanu, R. Danulescu y E. Danulescu, “Investigation on Residential Exposure to Electromagnetic Radiation in the Proximity of

- Mobile Phone Base Stations”, en *Proc. 40th European Microwave Conference*, Paris, Francia, 2010, pp. 1449-1452.
- [10] G. Thuróczy, P. Gajsek, T. Samaras y J. Wiart (2010), Report on the level of exposure (frequency, patterns and modulation) in the European Union. Part 1: Radiofrequency (RF) radiation, European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure, Milan, Italia, Deliverable Report D4. Disponible: <http://efhran.polimi.it/dissemination.html>
- [11] J-F. Viel, E. Cardis, M. Moissonnier, R. de Seze y M Hours (2009, Agosto). Radiofrequency exposure in the French general population: Band, time, location and activity variability. *Environment Internacional* [Online]. 35 (2009) pp. 1150–1154. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412009001573>
- [12] G. Aponte, A. Escobar, C. Pinedo y G. Arizabaleta, "Medición de campos electromagnéticos en la ciudad de Cali, Colombia”, *Información tecnológica* vol 18 ED-3, 39-47, Junio, 2007.
- [13] Bruni, R.; Dujovne, D.; Vanella, O. y Taborda, R. “Evaluación de radiación electromagnética de fuentes no naturales”, en *Memorias del XIV Congreso Argentino de Bioingeniería-SABI 2003. Córdoba. Argentina*.
- [14] Aguirre, A. (2002). Análisis de radiación electromagnética en entornos próximos a fuentes de radiodifusión comercial de AM y FM. [Tesis de ingeniería]. Presentado en Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 106 p.
- [15] Taborda, R.; Vanella, O. y Sabella, M. “Mobile non ionizing radiation measurement system”, in *Proc. 2008 IRPA 12th Congress of the International Radiation Protection Association. Buenos Aires. Argentina*. [Online]. Disponible: <http://www.irpa12.org.ar>
- [16] Foster K. R. (2007). Radiofrequency exposure from wireless LANs utilizing Wi-Fi technology. *Health Physics*, 92(3):280–289.
- [17] Martínez-Búrdalo M et al. (2009). FDTD assessment of human exposure to electromagnetic fields from WiFi and bluetooth devices in some operating situations. *Bioelectromagnetics*, 30(2):142–151.
- [18] C. Bornkessel, M. Schubert, M. Wuschek, and P. Schmidt, “Measurement and Calculation of General Public Electromagnetic Exposure Around GSM and UMTS Cellular Base Stations”, in *Proc. 2007 INICA '07 International Conference on Antennas*, pp. 225-229.
- [19] C. J. Rodríguez, O. R. Vanella, R. G. Bruni y R. A. M. Taborda, “Estudio de niveles de exposición de RNI en ambientes de diagnóstico por imágenes mediante RMN”, in *Proc. 2012 IEEE ARGENCON 2012*, ISBN: 978-987-1312-46-7, [Online] Disponible: <http://www.argencon.org.ar/sites/default/files/135.pdf>
- [20] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP (2008, April). ICNIRP Statement on EMF-Emitting new technologies. *HEALTH PHYSICS* 94(4), pp. 376-392.
- [21] *JCGM International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*. JCGM 200: 2008, 2008.
- [22] *IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz*. IEEE Standard C95.3 – 2002, Dec. 2002.
- [23] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP (2009, April) Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz – 300 GHz) pp. 44-45. Oberschleissheim Germany. [Online] Disponible: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>
- [24] *CNC Resolución 3690/2004 Anexo 1 Protocolo para la evaluación de radiaciones no ionizantes*, Comisión Nacional de Comunicaciones 2004 Noviembre. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Comunicaciones. Buenos Aires, Argentina.
- [25] ICNIRP (1998) Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz). ICNIRP Oberschleissheim, Germany. [Online] Disponible: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>
- [26] F. Gonzalez, (2007). Elaboración de un mapa digital de niveles de radiaciones no ionizantes en la Ciudad de Córdoba [Tesis de Ingeniería]. Presentado en Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. 173 p.
- [27] Bruni, R.; Dujovne, D.; Vanella, O. y Taborda, R. “Evaluación de radiación electromagnética de fuentes no naturales”, en *Proc. SABI 2003 XIV Congreso Argentino de Bioingeniería. Córdoba. Argentina*.
- [28] Comisión Nacional de Comunicaciones “Información Técnica. Uso del Espectro. Celulares”. Secretaría de comunicaciones, Buenos Aires Argentina. [Online] Disponible: <http://www.cnc.gov.ar/infotecnica/espectro/uso/celulares.asp>

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba quien fuera una de las fuentes de financiamiento de este trabajo (Proyecto 2012- 2013 “*Exploración de nuevos escenarios de exposición a las radiaciones no ionizantes*” – Código 05/M230).