

## Revisión bibliográfica de Efectos de interferencia electromagnética EMI, causadas por teléfonos celulares 2G / 3G / 4G, en equipos médicos

Jose Balacco<sup>a</sup>, Ricardo Cesari<sup>a</sup>, Matilde Cesari<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Núcleo de Investigación, CeReCoN (Centro Regional de Investigación y Desarrollo en Computación y Neuroingeniería) Lab. LECER, UTN Facultad Regional Mendoza, Coronel, J. Rodriguez 273  
C.P.: M5502AJE, Ciudad, Mendoza, Argentina  
jose.balacco@gmail.com ; ricardo.m.cesari@gmail.com

<sup>b</sup> Grupo de Investigación CeReCoN (Centro Regional de Investigación y Desarrollo en Computación y Neuroingeniería) - Área ILICo – Lab. ReAVi (Realidad aumentada y Virtual) – Universidad Tecnológica Nacional FRM, Coronel, J. Rodriguez 273  
C.P.: M5502AJE, Ciudad, Mendoza, Argentina  
matilde.cesari@frm.utn.edu.ar

**Resumen.** En este artículo se revisan ciento cincuenta investigaciones realizadas en los últimos años por investigadores referentes, cuyo objetivo fue realizar una exploración y caracterización de los efectos de las interferencias electromagnéticas, llamadas *incidencias EMI*, producidas entre dispositivos médicos y teléfonos móviles de los sistemas 2G, 3G y 4G. Los efectos de la radiación que producen estos últimos, hace que el dispositivo médico cercano pueda funcionar mal o altere los parámetros que mide. Esta alteración de los parámetros, comprobado en los estudios consultados, muchas veces afectan las ediciones en el proceso de diagnóstico. El estudio estadístico de los datos obtenidos en este trabajo, se realizó aplicando un método multivariado que accedió a la clasificación y caracterización de las incidencias más relevantes encontradas entre de los celulares y dispositivos médicos; además permitió construir un cartografiado de los datos (plano factorial multivariado), que visualiza estos clústeres obtenidos. A la hora de abordar el problema de caracterización de los grupos, dado que se dificulta la tarea de seleccionar las variables más significativas de cada clúster, la mejor opción fue la *estrategia de Lebart*, que se trata de una técnica combinada de un método factorial multivariada mixta y la clasificación automática. El método consiste en realizar primero un análisis factorial de Correspondencias Simples (AFCS) y luego un Clustering basado en un algoritmo mixto de clasificación jerárquica con el método de Ward y la agregación alrededor de centros móviles (K-Means). Finalmente realizar la partición del conjunto de datos y la caracterización de cada una de las clases describiendo los grupos. La metodología aquí presentada constituye no sólo un precedente importante en nuestra área de estudios, sino también una puerta de acceso irrefutable a la problemática de la metodología en investigación tecnológica. Como resultado se observó, significativamente, que los teléfonos celulares del sistema 2G asumieron una mayor influencia en el funcionamiento de los equipos médicos cercanos a su entorno, en las décadas pasadas y que los sistemas 3G y 4G, tuvieron mucho menos influencia, dado que los estándares de inmunidad de los equipos médicos y las tecnologías digitales de los nuevos teléfonos celulares cambiaron significativamente, en la última década.

**Palabras Clave:** interferencia EMI – celulares – equipamiento médico- Cartografiado de Datos

### 1 introducción

Este trabajo se fundamenta a partir de antecedentes y referencias bibliográficas de investigaciones realizadas en las últimas dos décadas, por especialistas dedicados a estudiar la interferencia electromagnética entre dispositivos electro médicos y teléfonos celulares de los sistemas generacionales 2G, 3G y 4G y que los primeros, durante el desarrollo inicial de sus tecnologías (los correspondientes al sistema 2G), causaban interferencias que afectaban la función y el funcionamiento de los equipos. La

Interferencia electromagnética EMI, sobre los equipos médicos producida por la emisión de energía de los teléfonos celulares, depende de varios factores, como son: *la potencia emitida por los mismos, la frecuencia de operación, la distancia entre el teléfono celular-equipo y el modo de operación* [1;2;3].

Un teléfono celular emite una cantidad máxima de energía no solo durante la fase de conversación, sino también durante su modo de espera y timbre; y respecto a los equipos médicos, actualmente la industria los está diseñando de manera que cumplan con el estándar de compatibilidad electromagnética, promoviendo un debilitamiento significativo de las interferencias EMI [4].

La incidencia EMI, hace que el equipo electro médico cercano a un teléfono celular funcionando, se desempeñe mal o altere los parámetros en medición. Como consecuencia los hospitales y centros de diagnósticos de todo el mundo, en la década de los 90, prohibieron el uso de teléfonos celulares en las unidades de terapias intensivas y en las salas de urgencias. Esta prohibición ahora, se está eliminando gradualmente a lo largo de los últimos años, ya que se están realizando algunos cambios en el diseño de los dispositivos electro médicos para tener una mayor inmunidad a las radiaciones EMI [5].

La norma estándar, en evolución, diseñada para mejorar la compatibilidad electromagnética de los equipos y dispositivos médicos por radiación de los teléfonos celulares, permite aumentar el nivel de inmunidad de los equipos médicos, fijando valores de intensidad de campo máximo incidente, a 3V/m, para equipamiento de cuidados intensivos; y 10V/m, para los de cuidados no críticos. Esta es la condición para que exista compatibilidad electromagnética en los equipos electromédicos. Debido a la mejora obtenida acontece una relajación de la prohibición del uso de teléfonos celulares en centros de salud y diagnóstico; los pacientes, visitantes o empleados pueden utilizar su teléfono móvil a 2 m de distancia de los equipos electro médicos en cuestión y esto, se ha relajado aún más para estar a una distancia de 1 m. Los investigadores advirtieron que los rápidos cambios en la tecnología de los teléfonos celulares o equipos médicos podrían mitigar bastante, la interferencia electromagnética, [6].

Cuando son afectados los equipos médicos por incidencia EMI, sucede un mal funcionamiento de los mismos, que varía desde la distorsión de las ondas en los monitores, ruido en los registros de ECG, apagado de los dispositivos de infusión, reinicio de los desfibriladores y la alteración de las velocidades de flujo, en las bombas de infusión, entre otros menores. Todos estos cambios en el funcionamiento se denominan incidentes EMI, y dependiendo del tipo de incidente ocurrido, se pueden clasificar como leve o evento de luz, significativo o peligroso. Mientras tanto, la alteración de los parámetros medidos puede cambiar el proceso de diagnóstico y conducir a un tratamiento inadecuado, [1;2;3].

La Administración de Alimentos y Medicamentos de EE UU, define al evento de luz, como un efecto en el monitoreo que requiere poca atención. De manera similar, al evento significativo, como un impacto en la monitorización con una atención sustancial necesaria para lograr un nivel considerable de destrucción en el diagnóstico del estudio. Finalmente, al evento peligroso, lo define como un incidente directo en el paciente por un cambio no intencionado en la función del equipo, así, los equipos presentan eventos peligrosos o significativos, ya sea a distancias cortas o largas de fuentes de radiofrecuencia (RF), y en particular los dispositivos y equipos médicos, deben mantenerse alejados de todas las posibles fuentes de RF, debido a que puede reflejar una escasa eficacia del blindaje de los equipos en proximidad cercana .

En consecuencia, el *objetivo principal de este trabajo* es repasar la literatura relevante sobre la EMI de varios sistemas de teléfonos celulares, como 2G, 3G y 4G, desde 1990 y efectuar una clasificación de los grupos de estudio, incidencias efectos causados año, generación y autor de la investigación. Se seleccionaron los estudios donde incluían los géneros de diferentes teléfonos celulares, caracterizados por el tipo de acceso, (1) teléfonos de primera generación 1G, que son analógicos con división de frecuencia de acceso múltiple; (2) teléfonos de segunda generación 2G, de sistema GSM (de acceso global) y TDMA (acceso múltiple por división de tiempo), (3) sistema 3G (GPRS de GSM based, servicios generales de radio por paquetes) y UMTS (W-CDMA, estándar universal de telefonía móvil por paquetes, tecnología de acceso múltiple por división de código).

Se analizaron investigaciones sobre las alteraciones en los equipos electromédicos, provocadas por las señales de teléfonos celulares, en los sistemas de emisión, para ello se decidió aplicar la representación simplificada de la base de datos obtenida por exploración, como un instrumento de síntesis, debido a su capacidad para reducir la dimensionalidad, permiten extraer las tendencias más significativas y luego, una clasificación (o clustering), basado en un algoritmo mixto de agregación

jerárquico con el método de Ward y la agregación alrededor de centros móviles (KMeans). Obteniéndose una partición del conjunto y la “caracterización” de cada una de los clusters o clases, con la descripción según las variables, [10],[11] y [12].

## 2 Materiales y métodos

La literatura para este estudio se basa en numerosas búsquedas en varias bases de datos de investigaciones y autores disponibles a través de Google Académico. Se consideraron más de 150 publicaciones de estas bases de datos y solo se tomaron en cuenta los artículos considerados más relevantes por su significación sobre Interferencia electromagnética EMI entre teléfonos celulares y equipos médicos de cuidados intensivos y de diagnóstico; y se construyó una *Tabla de Investigación* rectangular ( $p \times n$ ) variables  $\times$  estudios, conteniendo autores, año en que se hizo el testeo, el sistema de comunicación del celular, los equipos testeados, el número de equipos afectados, porcentaje de afectación y la distancia de cese de EMI entre equipos y teléfonos.

Para tratar los datos, en primer lugar, se identificaron las variables y su naturaleza: cualitativa o cuantitativa y sus modalidades; y para poder procesar las variables cualitativas categóricas, se obtuvo otra tabla de datos complementaria, denominada “*disyuntiva completa*”. Luego todas las frecuencias o agregaciones de las modalidades, fueron escaladas a valores de 0 a 100 tomando como referencia el valor más grande utilizando la ecuación de la recta [10].

Para el análisis de los datos, se hizo uso del método multivariado Análisis Factorial de Correspondencias Simples, AFCS y sobre los factores obtenidos (nuevas variables latentes), se aplicó la técnica de agrupamiento (clustering) basado en la estrategia de Lebart. Para la interpretación y validación, se obtuvo con las técnicas de descripción de categorías (DECLA). con el valor de prueba,  $V_{test}$  (Valor de Test), siendo este un índice descriptivo construido siguiendo la metodología de pruebas de hipótesis [11].

Para la puesta en práctica de la estrategia de Lebart, se aplicó el software de libre distribución para uso académico, “*DTM-Minería de Datos y Textos*”, que trata la estadística exploratoria multidimensional de datos complejos, incluyendo datos numéricos y textuales [12], y el módulo de “*análisis sensorial del software comercial Xlstat*” [13].

La metodología aplicada es el Análisis de Correspondencias Simples (AFCS), concebido como una técnica de análisis exploratorio de datos, planteado para tablas de doble entrada que presentan algún tipo de relación entre las filas y las columnas. Requiere solo de una matriz rectangular de datos, con entradas no negativas y permite la representación gráfica, mediante relaciones matemáticas [14], de cada una de las categorías en filas y columnas, sobre un mismo mapa perceptual.

Utilizando variables no métricas en su forma más simple (tablas de contingencia) hace que sea adecuado para establecer las relaciones lineales y no lineales entre las variables y establecen una estrategia de análisis genérica, independiente de la naturaleza del dato, que plantea la realización primero un análisis factorial y luego un procedimiento de clustering basado en un algoritmo mixto de clasificación jerárquica, creándose una *variable de clase* [14; 12 ;15]. El criterio para describir los clústeres de las incidencias EMI, la generación de celulares y los equipos médicos, se basa en la técnica de Ward, que indica asociación dominante a los objetos en el plano factorial reunidos en un entorno de baja inercia (vecinos próximos) e independencia de los objetos o poca asociación, en un entorno de alta inercia (vecinos distantes).

## 3 Resultados y discusiones

Con el clustering realizado se obtuvo particiones del conjunto de los datos y la caracterización de cada uno de los grupos fue efectuada mediante la descripción de características de cada uno, midiendo la desviación entre los valores relativos a la clase y los valores globales y utilizando el valor de prueba “*Valores Test Z*” [12], como índices descriptivos construidos siguiendo la metodología de pruebas de hipótesis y la prueba exacta de Fisher, [16], [15], (no incluidas en esta redacción). El resultado final es un gráfico factorial denominado *cartografiado* (Gráfico 1).

En esta representación se puede visualizar los grupos de estudios-autores, año, generación e incidencias EMI, que están relacionados por semejanzas en las afectaciones, por el tipo de equipamiento,

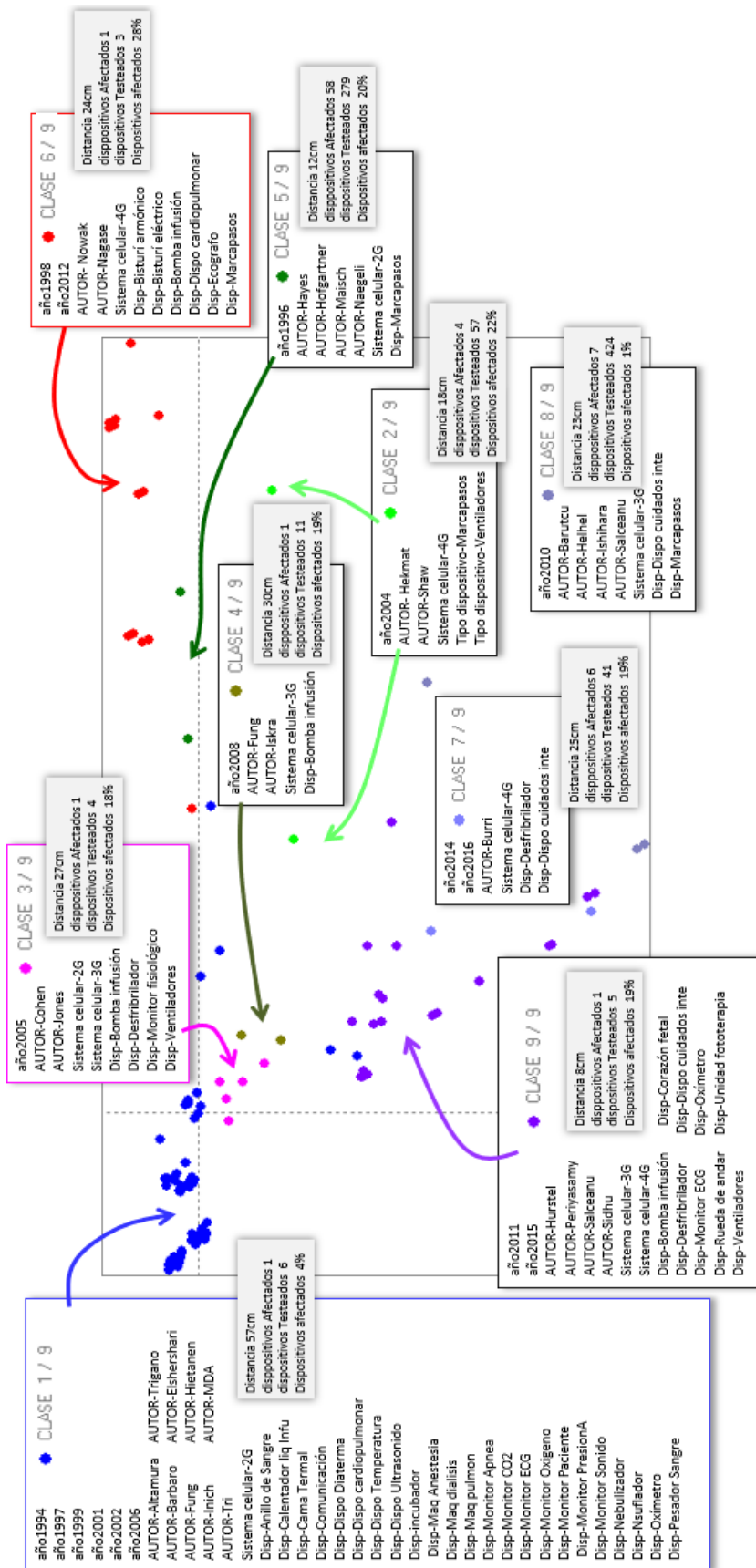
año de testeo y distancias de cese EMI, entre equipos y teléfono móvil, con una significación  $p < 0,5$ ,  $V_{Test} > 2$ .

Este estudio, revisa la incidencia EMI en los equipos médicos, producida por varios tipos de teléfonos celulares de generaciones 2G y 3G / 4G; información obtenida de los diversos investigadores, en el periodo desde 1996 a 2018. A partir de la tabla de datos formada, se construyó el gráfico factorial (cartografiado de los datos).

Los elementos característicos de la variable clase son las modalidades de las variables nominales y las más significativas describen cada clúster. Los valores Test se calcularon para todas las modalidades, ordenándolas en función de estos valores decrecientes para *caracterizar* cada modalidad.

La clasificación proporcionada ordena las modalidades a partir de un criterio estadístico el cual evalúa la importancia de la desviación entre dos proporciones, la del grupo y la de la población general, es decir evalúa la abundancia de la modalidad en el grupo, frente a la abundancia de la modalidad en la población total. Mientras mayor es el valor Test  $> 2$ , más interesante es la pertenencia al grupo. Los valores Test  $< 2$ , determinan ausencia de significación estadística, y por este motivo son descartados [10]. Finalmente se editó con XLSTAT, la tabla de resultados de manera de presentar por cada clúster, las modalidades características que describen cada clase.

En el <Clúster1> del cartografiado, puede verse que Altamura, Bárbaro, Fung, Irnich, Hietanen, y MD [17;18;19;20;21], entre otros, demostraron que los dispositivos de cuidados críticos como *ventiladores y bombas de infusión y ECG*, se vieron afectados significativamente por la señal de los teléfonos móviles de segunda generación, 2G. A principios y mediados de la década de 1994-2004, esto impidió el uso de teléfonos celulares 2G cerca de su entorno a los equipos electro médicos esenciales. Así también en el <Clúster2>, Hekmat y Shaw [9;22] realizaron estudios en equipamientos médicos, fundamentalmente, sistemas de marcapasos y ventiladores; consideraron que las tecnologías inalámbricas modernas de generación 4G, probadas de manera similar a las otras por su posibilidad de interferir también con los equipos médicos, han demostrado que lo hacen con muy pocos equipos y dispositivos a distancias más cercanas, de (10 – 15 cm); Además, la gravedad de la interferencia no es tanta como la de los teléfonos de generación 2G. En el <Clúster3>, Cohen y Jones, en el 2005 [23;24], puede verse que las *bombas de infusión (IP)*, son uno de los dispositivos médicos más comúnmente afectados, mostrando diferentes respuestas que van desde el apagado de las bombas, pasando con cambios en los caudales y terminando con cambios en la configuración de la pantalla. Algunas de las bombas de infusión son muy inmunes a las radiaciones de los teléfonos de generaciones 2G y 3G, combinadas, como también los desfibriladores y ventiladores. El <Clúster4> muestra que Fung e Iskra [25;26], fueron los que más ensayaron con bombas de infusión y ventiladores y por lo general, tanto los visitantes, pacientes y médicos utilizaron los teléfonos celulares de la generación 3G en los hospitales, Demostraron con sus ensayos que las radiaciones de estos teléfonos también afectan el rendimiento de los equipos médicos. También se deduce que existe una clara distinción entre los teléfonos móviles 2G y 3G en la potencia máxima emitida por ambos. En los de generación 3G es menor (máximo 0,75 W) en comparación con la potencia de los 2G (2 - 2,5 W) y el control de la afectación se realiza manteniendo la distancia *máxima* donde cesa la EMI, proponiendo que sea de 1m con estos teléfonos. El <Clúster5>, asemeja los dispositivos que llevan derivaciones más largas, como los monitores de ECG, los monitores de pacientes y los oxímetros de pulso, donde Hayes, Hofgärtner, Maisch, Nagase en el 2010 [27;28;29;30], ensayaron y los vieron muy afectados por la presencia de teléfonos celulares de generaciones 2G -3G, mixtos; en consecuencia, si no se advierten, se puede indicar un tratamiento inadecuado. En general los estudios sobre EMI entre dispositivos médicos de medición y teléfonos celulares, demostraron que la intensidad de la interferencia aumenta con la disminución de la distancia entre estos. Los incidentes de EMI se han producido a distancias más cercanas en el rango de los centímetros, 15 – 22 cm, y esto habría reflejado la mayor afectación electromagnética de los dispositivos en cuestión que los probados a principios y mediados de la década de 1990). El <Clúster6>, reúne los dispositivos, bisturí electrónico, bomba de infusión, equipos cardiopulmonares, a distancias entre (20 y 24) cm, con teléfonos de generación 4G. Novak y Nagase, en el periodo 1998–2012, ensayaron compatibilidad electromagnética de estos equipos y los resultados demuestran escasa incidencia EMI y que en general, para todos los dispositivos, el porcentaje de afectación ha sido menor del 1%. De los equipos.



Significación  $p < 0,5$ , VTest  $> 2$  Fuente: elaboración propia.

**Fig.1.** Cartografiado de los resultados de incidencias EMI, sistema emisor de RF, tipo de equipamiento electro médico, autor, año de estudio y distancias recomendadas de cese de EMI y distribución de las variables en plano factorial visualizándose las asociaciones y agrupamientos significativos.

El <Clúster7>, muestra la incidencia EMI de los teléfonos 4G, en distintos modelos de equipos desfibriladores, que Burri, en el periodo 2012 – 2015 [32], Investigó la susceptibilidad EMI de éstos. Ninguno muestra interferencia en su funcionamiento, ya que esta generación 4G, emite muy poca energía en comparación a los otros teléfonos celulares. En el <Clúster8>, se reúnen equipos que examinaron la posibilidad de interferencia entre teléfonos 3D, fundamentalmente bombas de infusión, desfibriladores, monitores ECG, ruedas de andar, oxímetros y unidad de fototerapia. Hursted, Salceanu, Sidhu [33;34;35], realizaron el estudio y a partir de los resultados obtenidos, observaron que el teléfono inteligente 3G no tiene ningún efecto sobre el rendimiento de los equipos médicos; por lo tanto, los pacientes, visitas y personal de salud pueden usarlo de manera segura durante los tratamientos. El <Clúster9>, agrupa equipos y dispositivos médicos, bombas de Infusión, desfibriladores, monitores de ECG, oxímetros y unidades de fototerapias, entre otros, cuyas incidencias EMI de midieron a 5 cm de distancia de los teléfonos celulares de generaciones 3G y 4G mixto. Hurstel, Perinyasamy, Salceanu, Sidhu [33;1;2;3;34;35], los estudiaron entre los años 2011-2015, cuyo resultado fue que existía ningún efecto sobre el funcionamiento y rendimiento de los equipos médicos ensayados.

#### **4 Discusión y conclusiones**

En base a los resultados del análisis exploratorio, se descubrió que, durante el desarrollo inicial de los teléfonos celulares, los de generación 2G son los que habían causado más interferencia en el funcionamiento de equipos y dispositivos médicos. Esto se ha observado porque, probablemente, no fueron diseñados originalmente para interactuar con teléfonos celulares en su primera aparición en escena en 1994. En la actualidad, la situación ha cambiado mucho y los dispositivos médicos actuales están diseñados para funcionar de forma segura en cualquier condición de uso. Tal vez la situación sea diferente en algunos lugares, donde es posible que todavía se estén utilizando muchos equipos antiguos y que los niveles de inmunidad y compatibilidad electromagnética, no sean lo suficientemente altos. Por ello todavía se necesita cierto nivel de precaución.

Finalmente, esta recopilación sistemática de datos nos permitió hacer un análisis del riesgo de incidencia EMI, mediante un cartografiado. No parece haber motivo de preocupación debido los resultados de los estudios recopilados. Con los datos obtenidos, transformados en imagen, nos proporciona la posibilidad de demostrar parcialmente que la interferencia de teléfonos móviles de generación 3G y 4G, con equipos y dispositivos médicos, es considerablemente menor que la de los teléfonos de generación 2G.

El análisis mediante el cartografiado de los resultados de las investigaciones, realizadas por los autores de referencia, nos ha allanado el camino para saber que la utilización de teléfonos celulares 3G y 4G es segura, para la transmisión eficiente de voz y datos en el sector de la salud.

En lo que respecta a los incidentes EMI, en la mayoría de los estudios, se observaron distancias a menos de un metro de la fuente de transmisión y la existencia de equipos que han exhibido inmunidad completa y en raras ocasiones, hubo algunos incidentes que ocurrieron a más de un metro. Por lo tanto, como medida de precaución, los investigadores recomiendan utilizar los teléfonos celulares y otros transmisores inalámbricos a una distancia de 1 metro o superior, para evitar la ocurrencia de incidentes.

En resumen, esta metodología de análisis, nos permitió observar que los teléfonos celulares 3G y 4G tienen menos efectos EMI en equipos médicos sensibles, que el teléfono móvil de generación 2G, lo que demuestra que éstos, probablemente sean la opción más adecuada para el personal dentro de los hospitales, con respecto a la comunicación eficiente de voz y datos. Nuestro estudio de revisión muestra la ausencia de interferencia entre equipamiento médico, con los teléfonos inteligentes temporales 4G y debido a los avances tecnológicos, el riesgo de incidencias EMI parece actualmente insignificante. Es probable que siga siéndolo para las generaciones futuras los estándares actuales de telecomunicaciones, debido a la baja potencia de emisión de los teléfonos, las altas frecuencias de señal. La herramienta de análisis Cartografiado, nos proporciona una rápida revisión, en el tiempo, de la evolución de las tecnologías y sus incidencias en los equipos médicos.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la SECyT y UTN, que permitió mediante el financiamiento del PID 7751, la posibilidad de realizar este estudio y también a los Investigadores Mariappan, P. M., Raghavan, D. R., Aleem, S. H. A., & Zobaa, A. F, que nos inspiraron a realizar desde la revisión de estudios, la traducción a un cartografiado de datos, contenidas en la publicación, “Effects of electromagnetic interference on the functional usage of medical equipment by 2G/3G/4G cellular phones, a review”.

## Referencias

- [1] Periyasamy, M., & Dhanasekaran, R. (2015a). Interference Issues of Radio Frequency Identification Devices in Magnetic Resonance Imaging Systems and Computed Tomography Scan. *Journal of Magnetism*, 20(3), 295-301.
- [2] Periyasamy, M., & Dhanasekaran, R. (2015b). Evaluation of performance of UHF passive RFID system in metal and liquid environment. In 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP) (pp. 0414-0417). IEEE.
- [3] Periyasamy, M., & Dhanasekaran, R. (2015c). Evaluation of electromagnetic interference between critical medical devices and new generation cellular phones. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 49(3), 160-170.
- [4] Wiart, C. Dale, AV Bosisio, A. Le Cornec, (2000). Análisis de la influencia del control de potencia y transmisión discontinua y exposición a RF con teléfonos móviles GSM. *IEEE Trans Electromagn Compat*, 42 (4), págs. 376 – 385
- [5] Lawrentschuk, DM Bolton, (2005). Interferencia de teléfonos móviles con equipos médicos y su relevancia clínica: una revisión sistemática. *Med J Aust*, 181 (3) (2004), págs. 145 - 149
- [6] Trigano, A., Blandeau, O., Dale, C., Wong, M. F., & Wiart, J. (2005). Reliability of electromagnetic filters of cardiac pacemakers tested by cellular telephone ringing. *Heart Rhythm*, 2(8), 837-841.
- [7] Hekmat, K., Salemin, B., Lauterbach, G., Schwinger, R. H. G., Südkamp, M., Weber, H. J., & Mehlhorn, U. (2004). Interference by cellular phones with permanent implanted pacemakers: an update. *EP Europace*, 6(4), 363-369.
- [8] Hietanen, M., & Sibakov, V. (2007). Electromagnetic interference from GSM and TETRA phones with life-support medical devices. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 43(3), 204-207.
- [9] Lapinsky, S. E., & Easty, A. C. (2006). Electromagnetic interference in critical care. *Journal of critical care*, 21(3), 267-270.
- [10] Césari R., Césari M. (2011).. Material pedagógico de cursos de postgrado en métodos para analiza datos como soporte a la investigación en ingeniería, Capítulo 03: “Las técnicas del análisis multivariado de datos” (28 páginas) y Capitulo 03 “Procedimiento de descripción y validación estadística” (27 páginas) Maestría en Medio Ambiente de la UNCuyo y Especialización en Redes de Datos de la FRM, UTN, Mendoza, Argentina
- [11] Langrand C. & Pinzón L.M. (2009) . Análisis de datos. Métodos y ejemplos. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garabito, Bogotá, Colombia. ISBN: 9789588060903, 388 páginas.
- [12] Lebart, L. (2007) .DTM. Data and Text Mining, Software Estadística Exploratoria Multidimensional para datos complejos que incluyen datos numéricos y textuales. Web: <http://ses.telecom-paristech.fr/lebart/>
- [13] Xlstat versión 2018, licencia para investigación. add-in de análisis estadístico para Microsoft Excel desarrollada por Addinsoft 1996-2021. [www.xlstat.com/es/products/xlstat-pro/](http://www.xlstat.com/es/products/xlstat-pro/)
- [14] Franco, J., Crossa, J., & Desphande, S. (2010). Hierarchical multiple-factor analysis for classifying genotypes based on phenotypic and genetic data. *Crop Science*, 50(1), 105-117.
- [15] Pardo, C. E., & Del Campo, P. C. (2011). Combination of Factorial Methods and Cluster Analysis in R: The Package FactoClass. *Revista Colombiana de Estadística*, 30(2), 231-245.
- [16] Bertaut, M. B., & i Marsal, J. V. Manual de introducción a los métodos factoriales y clasificación con SPAD. Universidad Politécnica de Catalunya y Universidad Autónoma de Barcelona.
- [17] Altamura, G., Toscano, S., Gentilucci, G., Ammirati, F., Castro, A., Pandozi, C., & Satini, M. (1997). Influence of digital and analogue cellular telephones on implanted pacemakers. *European Heart Journal*, 18(10), 1632-1641.

- [18] Barbaro, V., Bartolini, P., Donato, A., & Militello, C. (2002). In Vitro and In Vivo Observation of Digital and Analog Cellular Phone Interference with Cardiac Pacemakers. In *Wireless Phones and Health* (pp. 297-304). Springer, Boston, MA.
- [19] Fung, H., Kam, C., & Yau, H. (2002). Cellular phone interference with external cardiopulmonary monitoring devices. *Emerg Med*, 14, 315-319.
- [20] Irnich, W. E., & Tobisch, R. O. L. F. (1999). Mobile phones in hospitals. *Biomedical Instrumentation and Technology*, 33, 28-34.
- [21] Hietanen M, Sibakov V, Hallfors S, von Nandel-stadh P. Safe, (2002), use of mobile phones in hospitals. *Health Phys*; 79 (5 Suppl): S77-S84,
- [22] CI Shaw , RM Kacemarek , RL Hampton , V. Riggi , A. El Masry , JB Cooper , et al. Interferencia del teléfono
- [23] Cohen, T., Ellis, W. S., Morrissey, J. J., Bakuzonis, C., MEng, C. C. E., Yadin David, P. E., & Paperman, W. D. (2005). Safe use of cellular telephones in hospitals: fundamental principles and case studies. *J Healthc Inf Manag*, 19, 39.
- [24] Jones, R. P., & Conway, D. H. (2005). The effect of electromagnetic interference from mobile communication on the performance of intensive care ventilators. *European journal of anaesthesiology*, 22(8), 578-583.
- [25] Fung LC, Leung SW, Tang CK, Chan KH, Hui PK. Electromagnetic interference immunity testing of medical equipment to WLAN IEEE 802.11 systems. In: International symposium on electromagnetic compatibility. EMC'09/Kyoto, Kyoto, 2009. p. 477-80
- [26] Iskra, S., Thomas, BW, McKenzie, R. y Rowley, J. (2007). Interferencia potencial de GPRS 900/180 MHz y WCDMA 1900 MHz en dispositivos médicos. *Transacciones IEEE sobre ingeniería biomédica* , 54 (10), 1858-1866.
- [27] Hayes, D. L., Wang, P. J., Reynolds, D. W., Estes, N. M., Griffith, J. L., Steffens, R. A., ... & Johnson, C. M. (1997). Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones. *New England Journal of Medicine*, 336(21), 1473-1479.
- [28] Hofgärtner, F., Müller, T., & Sigel, H. (1996). Could C-and D-network mobile phones endanger patients with pacemakers?. *Deutsche medizinische Wochenschrift* (1946), 121(20), 646-652.
- [29] Maisch B. 1996. Influencia de la red celular D-net (estándar GSM europeo), teléfonos en función de marcapasos
- [30] Nagase, K., Ishihara, S., Higashiyama, J., Onishi, T., & Tarusawa, Y. (2012). Electromagnetic interference with medical devices from mobile phones using high-speed radio access technologies. *IEICE Communications Express*, 1(6), 222-227.
- [31] Burri, H., Mondouagne Engkolo, L. P., Dayal, N., Etemadi, A., Makhoulouf, A. M., Stettler, C., & Trentaz, F. (2016). Low risk of electromagnetic interference between smartphones and contemporary implantable cardioverter defibrillators. *Ep Europace*, 18(5), 726-731.
- [32] Hurstel, J., Guivarc'h, M., Pommel, L., Camps, J., Tassery, H., Cohen, S., & Bukiet, F. (2015). Do cell phones affect establishing electronic working length?. *Journal of endodontics*, 41(6), 943-946.
- [33] Salceanu, A., Iacobescu, F., Luca, C., & Anghel, M. (2014, September). Analyze of the disruptive potential of two RF sources inside a neonates ICU. In *Proceedings of 20th IMEKO TC4 International Symposium, Benevento, Italy* (pp. 647-651).
- [34] Sidhu, P., Shankargouda, S., Dicksit, D. D., Mahdey, H. M., Muzaffar, D., & Arora, S. (2016). Evaluation of interference of cellular phones on electronic apex locators: An in vitro study. *Journal of endodontics*, 42(4), 622-625.