

# COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Juan Trepas<sup>1</sup>, Patricio Gross<sup>1</sup>, Julieta Vernieri<sup>1</sup>, Guillermo Rodríguez<sup>1,2</sup>, Alberto Bava<sup>1,3</sup>

1- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina.

2- Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

3- Centro de Investigaciones Ópticas, CIOp (CONICET – CIC), La Plata, Argentina.

**Palabras claves:** Radiaciones No Ionizantes, Compatibilidad Electromagnética, equipos electromédicos.

## Resumen

Las sociedades contemporáneas se han vuelto fuertemente dependientes de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), elementos que se han constituido en indispensables para el desarrollo en todas las esferas de la vida. La necesidad de comunicación, envío de datos y acceso a la información en todo momento y lugar, ha traído como resultado un importante incremento en la instalación de antenas de radiofrecuencia, cada vez más cerca del usuario.

La rama de estudio que aborda el fenómeno de las radiaciones electromagnéticas y su interacción con los seres humanos es conocida como RNI (Radiaciones No Ionizantes). Entre otros aspectos se ocupa de establecer los niveles máximos permitidos de estas radiaciones, de manera de no afectar la salud de la población. Por otra parte, la Compatibilidad Electromagnética (CEM) es la rama que se encarga de estudiar la interacción entre las radiaciones electromagnéticas y los aparatos eléctricos y electrónicos, estableciendo los niveles máximos que éstos deben ser capaces de tolerar sin que sea alterado su correcto funcionamiento.

Un tema de especial sensibilidad social es el relacionado con los equipos electromédicos que, frente a la proliferación de este tipo de antenas, podrían verse afectados por efectos de interferencia electromagnética.

La mayoría de los estudios se han enfocado a caracterizar y controlar los ambientes hospitalarios en cuanto a la compatibilidad electromagnética. Sin embargo, no se ha abordado aún con suficiente profundidad, el aspecto de cómo las nuevas tecnologías en telecomunicación modifican el perfil electromagnético en ambientes extra-hospitalarios, pudiendo afectar el equipamiento electromédico de pacientes ambulatorios.

El objetivo de este trabajo es revisar las normativas de ambas ramas de estudio analizando específicamente cómo se relacionan sus alcances, considerando la posibilidad de la exposición de personas en ambientes públicos extrahospitalarios cuya salud depende del uso de algún aparato electromédico.

## INTRODUCCION

La forma de medir los niveles de emisión electromagnética de los sistemas de comunicaciones radiantes es mediante una técnica comúnmente llamada “medición de Radiaciones No Ionizantes (RNI)”, y está regulada por normas de carácter Nacional e

Internacional. El órgano científico de referencia mundial en esta área es la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP por sus siglas en inglés). Las normas que los diferentes organismos establecen, definen niveles máximos de potencia permitidos y por consiguiente son los niveles máximos de radiación electromagnética a los que una persona puede estar expuesta.

Por otro lado, existe otra rama de estudios y ensayos denominada Compatibilidad Electromagnética (CEM, EMC por sus siglas en inglés), disciplina que se encarga de estudiar el desempeño de diversos equipos o aparatos eléctrico u/o electrónicos utilizados en la vida moderna, industriales, hogareños o electromédicos frente a presencia de los campos electromagnéticos.

Si bien estas dos disciplinas, desde el punto de vista de su estudio, aplicación y normalización presentan diferencias sustanciales, en la práctica comparten a los campos electromagnéticos como parte de su objeto de estudio. En el caso de RNI el foco está puesto en limitar la exposición de los seres humanos a los campos electromagnéticos, mientras que los estudios CEM apuntan a la interacción de estos campos con los aparatos o equipos eléctricos u/o electrónicos.

Un tema de especial sensibilidad social es el relacionado con los equipos electromédicos, cuyo funcionamiento podría verse alterado por efectos de interferencia electromagnética. Tomando en consideración el cambio de paradigma en las políticas de salud, que apuntan a la hospitalización domiciliaria (HHD, por sus siglas en inglés: Hospital Home Care), es de esperar mayor cantidad de pacientes extra hospitalarios dependientes de este tipo de equipamiento.

En consecuencia, consideramos de fundamental importancia relacionar ambos campos de estudio, analizando y comparando el alcance de ambas normativas.

## RADIACIONES NO IONIZANTES

Los efectos biológicos de los campos eléctricos y magnéticos son mejor evaluados por medio de cantidades físicas directamente relacionadas con los mecanismos de interacción. Estas cantidades son llamadas cantidades dosimétricas. Según el rango de frecuencias de interés la cantidad dosimétrica que mejor cuantifica el efecto es diferente. La unidad dosimétrica que se emplea para medir RNI en el rango de radiofrecuencias (100kHz-10GHz) es la tasa de absorción específica o SAR (Specific Absorption Rate) definida como la energía por unidad de tiempo (potencia) absorbida por la unidad de masa de tejido, miembro o cuerpo, según se promedie, y se mide en watts por kilogramo ( $W/kg$ ). La energía absorbida es disipada en forma de calor y los efectos son consecuencia del aumento de temperatura (general o local).

Sin embargo la medición directa del SAR en un cuerpo dado es relativamente dificultosa, por ello la ICNIRP define los "niveles de referencia" de exposición que son más útiles y prácticos de medir y comparar.

Para el rango de frecuencias de 10 MHz a 300 GHz el nivel de referencia, según la ICNIRP, se mide en términos de la densidad de potencia de la onda plana equivalente, referida en el presente trabajo como densidad de potencia  $S [mW/cm^2]$  [1].

El gráfico de los niveles máximos permisibles de la densidad de potencia  $S$  de RNI según la frecuencia, dado por la norma vigente en nuestro país: Resolución 202/95 del Ministerio de Salud [2] (Figura 1).

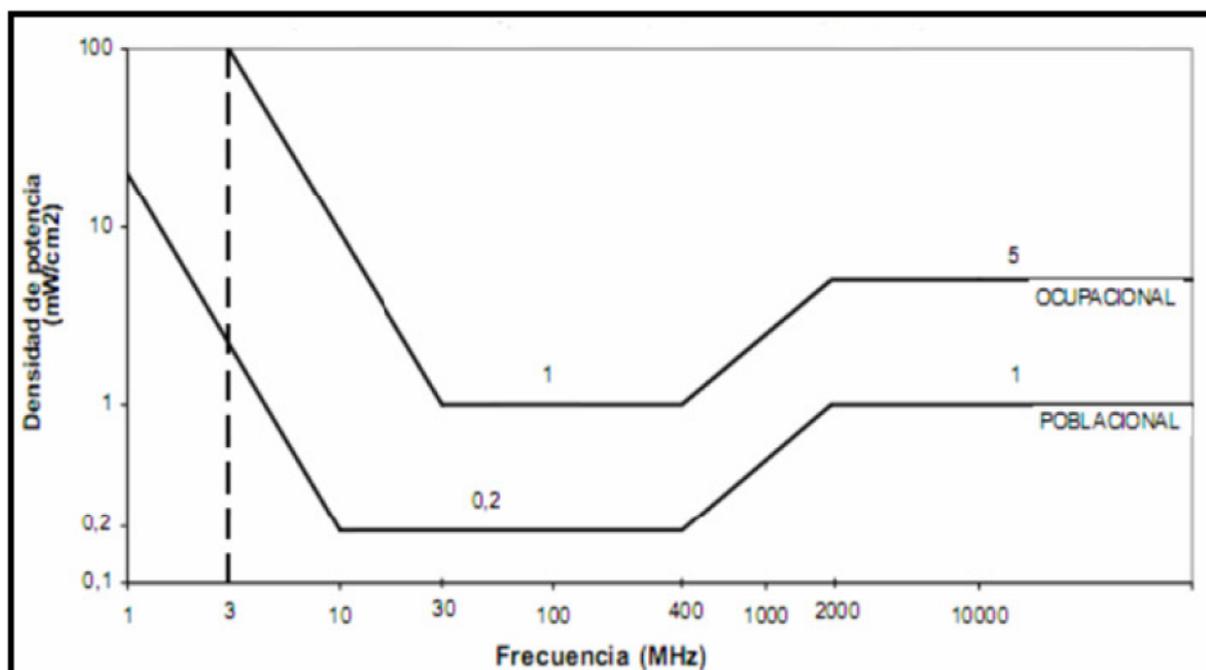


Figura 1 – Densidad de Potencia permisible para exposición poblacional y ocupacional.

Los niveles ocupacionales están referidos a ambientes controlados y son zonas restringidas para el público en general. Por lo general son ambientes con riesgo y el personal que transita en ese entorno deberá estar informado acerca de los tiempos máximos que puede permanecer en dicho ambiente.

En tanto, el nivel poblacional se refiere a ambientes no controlados, siendo aquellos donde se habita o se transita. Los niveles por debajo de este margen son permitidos para público en general.

La evaluación de los niveles de las RNI se efectúa midiendo la densidad de potencia  $S$  en watts sobre metro cuadrado, dada por:

$$S = \frac{P_r}{A} \quad (1)$$

Donde  $P_r$  es la potencia en watts recibida por el equipo de medida y  $A$  es el área de captura de la antena utilizada en metros cuadrados.

Como los límites de exposición según normas de RNI referenciadas en [1] y [2], están dados para un promedio temporal de seis minutos de exposición continua, debe registrarse la cantidad de barridos ( $N$ ) en dicho tiempo y realizar un promedio entre los niveles de densidad de potencia. Luego la densidad de potencia total será:

$$S_{\text{promedio}} = \frac{\sum_{n=1}^N S_n}{N} \quad (2)$$

## COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA EN LOS EQUIPOS MEDICOS

La compatibilidad electromagnética (CEM) es el área encargada del estudio de la relación entre los campos y ondas electromagnéticas y los equipos electrotécnicos. La

Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), define a la Compatibilidad Electromagnética como “La capacidad de cualquier aparato, equipo o sistema para funcionar de forma satisfactoria en su entorno electromagnético sin provocar perturbaciones electromagnéticas sobre cualquier cosa de ese entorno” [3]

Los ensayos de CEM se dividen en dos grupos: los de emisión y los de inmunidad; y a la vez cada uno de ellos se divide según la forma de acoplarse en: radiada o conducida.

En el marco de la seguridad de los equipos y sistemas electromédicos (EySEM), la norma específica de aplicación es la IEC 60601-1-2 [4], la cual indica el nivel de seguridad mínima que estos equipos deben poseer frente a perturbaciones de origen electromagnético (EM) y los criterios de conformidad del ensayo. A su vez, esta norma remite a la norma general IEC 61000-4-3 [5] en lo que respecta a los ensayos que deben aplicarse a un EySEM. De todos los ensayos, es de especial interés para el presente trabajo, el de inmunidad frente a los campos electromagnéticos radiados, el cual establece que debe exponerse a los EySEM a una radiación EM con valores especificados de campo eléctrico, distancia de exposición y barrido de frecuencia, y verificar su correcto funcionamiento. De acuerdo al tipo de funcionalidad que tengan los EySEM, varía el nivel de campo eléctrico como así también la distancia y el rango de frecuencias del barrido de la perturbación EM. Por ejemplo, para equipos de soporte de vida (marcapasos externos [A], respiradores artificiales [B], etc.), el nivel del campo eléctrico aplicado tiene que ser de 10 V/m, como se observa en la Tabla I.

Tabla I: Niveles de ensayos de EMC según la norma IEC 61000-4-3

EQUIPOS A ENSAYAR	NIVEL DEL ENSAYO [V/m]
Nivel 1: Equipos en general distantes a mas de 1Km de emisoras de radiofrecuencias	1
Nivel 2: Equipos electromédicos no soporte de vida.	3
Nivel 3: Equipos electromédicos de soporte de vida.	10
Nivel 4: Otros equipos.	30

La figura 2 muestra un esquema de un ensayo de inmunidad según la norma mencionada. Para dicho ensayo de laboratorio es necesario contar con una cámara anecoica y equipos de laboratorio.

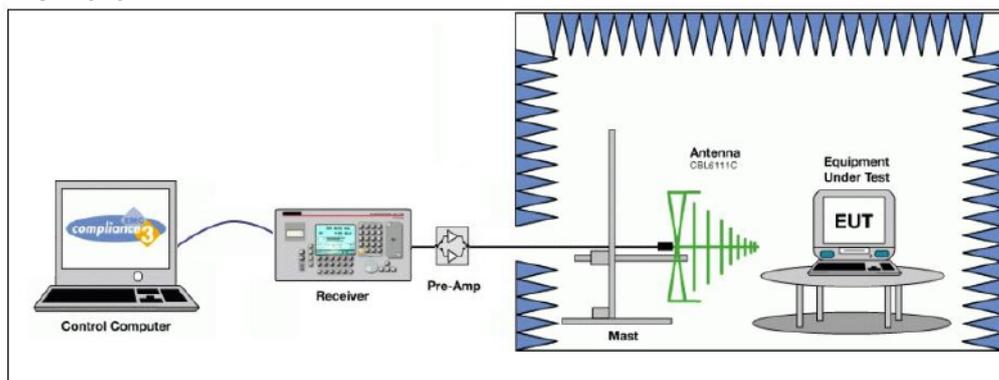


Figura 2– Ensayo de inmunidad en cámara anecoica.

## RELACION ENTRE RNI Y CEM EN LOS EQUIPOS MEDICOS

Teniendo en cuenta los límites definidos en las normas de RNI como en las de EMC para equipos electromédicos, podemos relacionar dichos valores con el fin de realizar una comparación cuantitativa. Dado que los valores de los límites para RNI están dados en densidad de potencia ( $mW/cm^2$ ) y los de EMC están dados en campo eléctrico ( $V/m$ ), para realizar su comparación es necesario realizar una conversión en la cual se asume que el campo eléctrico indicado por la EMC corresponde al de una onda plana en el vacío. La densidad de potencia de una onda electromagnética cuyo campo eléctrico es  $E$ , en un medio de impedancia característica  $\eta$ , está dada por la ecuación 3.

$$S = \frac{|E|^2}{\eta} \quad (3)$$

Donde  $S$  es la densidad de potencia ( $W/m^2$ ),  $E$  es el valor eficaz de campo eléctrico ( $V/m$ ) y  $\eta$  la impedancia característica en el vacío ( $377\Omega$ ).

Tomando el nivel de campo eléctrico requerido para CEM, donde  $E=10 V/m$ , se puede obtener el valor equivalente de densidad de potencia mediante la ecuación (3). Esto arroja como resultado:

$$S = 0,265 [W/m^2] \quad (4)$$

Pasando las unidades a  $mW/cm^2$  se obtiene:

$$S = 0,0265 [mW/cm^2] \quad (5)$$

Según la normativa de RNI, observando los límites del gráfico de la figura 1 y tomando como referencia la banda de 30 MHz a 300 MHz, donde se encuentra el nivel admisible más exigente, el valor máximo para exposición habitacional es de  $0,2 mW/cm^2$ .

La Tabla II resume los valores dados en las normas.

Tabla II – Valores máximos permisibles

	NORMA RNI [2]	NORMA CEM [4]
<b>VALOR MÁXIMO</b> <b>[mW/cm<sup>2</sup>]</b>	0,2000	0,0265

## CONCLUSIONES

Mediante el estudio de los datos extraídos de las normas, se puede observar que el nivel máximo que debe ser soportado por los EySEM es inferior al nivel máximo permitido para exposición poblacional, indicado por las normas de RNI. Tal como se deduce a partir de estos dos valores límites normalizados, existe un rango (entre  $0,0265$  y  $0,2000 mW/cm^2$ ) para el cual podría darse la situación de una persona que estando en un ambiente donde se cumplen satisfactoriamente los valores límites de exposición poblacional (menor a  $0,2 mW/cm^2$ ) en caso de que ésta usara un equipo electromédico el mismo estuviera

recibiendo niveles de radiación superiores a aquellos para los cuales fue ensayado según norma. Cabe mencionar, que en sus recomendaciones la ICNIRP advierte que podría darse este escenario, indicando que por ejemplo “interferencia con marcapasos puede ocurrir a niveles por debajo de los niveles de referencia recomendados” [1], limitándose a aclarar que queda fuera de su alcance evitar este tipo de problemas.

Si bien en la actualidad los valores medidos de RNI por este grupo de estudio no superan los límites establecidos por ambas normas, resulta de fundamental importancia su estudio permanente a fin de detectar modificaciones relevantes en los mismos ya que el vertiginoso avance de la tecnología puede hacer que se modifiquen las características de los equipos involucrados.

El presente trabajo se inscribe dentro de un proyecto que contempla la realización de un estudio más detallado que permita monitorear las interacciones electromagnéticas entre los equipos radiantes de telecomunicaciones y equipos médicos en situaciones de exposición pública fuera del laboratorio. Esto permitirá además corroborar el cumplimiento de la normativa vigente. Asimismo, consideramos que la información que proveerá este primer estudio resultará un aporte fundamental para futuros estudios ambientales y de salud pública.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y (hasta 300 GHz). ICNIRP. 1998.
- [2] Resolución n° 202/1995. Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación: Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 kHz y 300 GHz.
- [3] Norma IEC 61000-1-1. Electromagnetic compatibility (EMC)
- [4] Norma IEC 60601-1-2: Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance.
- [5] IEC 61000-4-3. IEC 61000-4-3. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.