

Estudio sobre mediciones de Campos Electromagnéticos No Ionizantes

Jorge S. García Guibout^{1/2}, Miguel Méndez Garabetti¹, Antonio Castro Lechtaler³,
Alfredo David Priori (estudiante becado)¹

¹ Universidad del Aconcagua, ² Instituto Tecnológico Universitario,
³ Universidad Tecnológica Nacional

(jgarcia@itu.uncu.edu.ar, miguelmendezgarabetti@gmail.com,
antonio.castrolechtaler@gmail.com, dalf_p@hotmail.com)

Abstract. En la actualidad muchas tecnologías de comunicaciones, medicina y del hogar se basan en la emisión de ondas electromagnéticas (TV, WiFi, telefonía celular, hornos a microondas, etc.). Éstas interactúan con nuestro cuerpo y no se tiene, aun, un acabado conocimiento de esa interacción. Esta situación ha provocado que la sociedad comience a preocuparse por las posibles consecuencias de estas emisiones, pidiendo mayores controles y reglamentaciones. Este trabajo busca conocer, en base al estado actual del conocimiento, la forma correcta de medir estos campos para que se puedan acompañar y justificar las decisiones sobre este tema que pueden llegar a ser necesario tomar en las zonas de influencia del Gran Mendoza y del país todo.

Keywords: radiación ionizante, radiación no ionizante, campo eléctrico, campo magnético, ondas electromagnéticas, mediciones.

1 Introducción

Los avances tecnológicos han producido cambios trascendentales y muchos de estos cambios son debidos a servicios que emplean ondas electromagnéticas, en especial los servicios inalámbricos. Esta situación lleva a que los seres vivos se vean expuestos constantemente e involuntariamente a los efectos de dichas radiaciones. Éstas pueden resultar perjudiciales para la salud (efectos negativos que pueden provocar riesgos en la salud).

Si bien se han realizado numerosas investigaciones para conocer los posibles efectos negativos que este tipo de radiaciones pueden causar en la salud en función a la intensidad con las que las mismas inciden en ellos, algunos de estos son conocidos¹, otros son aun controvertidos² por lo que estas investigaciones aún son insuficientes.

La *Contaminación Electromagnética* reconocida por la organización Mundial de la Salud, en primera instancia se enfocó en las antenas de televisión, antenas de radio-difusión, tanto AM y FM, líneas de alta tensión y otras fuentes de RNI [7]. El desplie-

¹ Como ser: calentamiento térmico, inducción de corriente eléctrica, etc.

² Como pueden ser: ciertos tipos de cáncer, alteraciones al sistema nervioso central, leucemia infantil, etc.

que creciente de la telefonía móvil, según estimó la Unión Internacional de Telecomunicaciones - ITU [9] habría llegado en 2011 a 5.800 millones de suscriptores. Esta situación generó preocupación e incertidumbre, máxime teniendo en cuenta que este número tan importante de usuarios del servicio impacta directamente en la cantidad de antenas instaladas en ciudades y pueblos.

2 Radiación

La radiación podemos definirla como la propagación de energía, sea esta en forma de ondas electromagnéticas o partículas a través del espacio.

Toda radiación electromagnética está asociada con la emisión de fotones que son los responsables de la interacción electromagnética. Las características del fotón hacen que claramente podamos observar en la vida diaria fenómenos que son explicados tanto por su naturaleza corpuscular como ondulatoria.

El fotón es una partícula sin masa y sin carga eléctrica, lo que hace que viaje en el vacío a la velocidad de la luz. La ausencia de carga eléctrica hace que sea no-ionizante, es decir que por sí misma no puede alterar el equilibrio de carga eléctrica por donde pase. Cada fotón se caracteriza por su energía que es directa y biunívocamente proporcional a su frecuencia, calculando la energía del fotón por la ecuación siguiente:

$$E = h f \text{ [Julios]} \quad (1)$$

Donde: f es la frecuencia y h es la constante de Planck que es igual a $6,626 \times 10^{-34}$ [Js⁻¹].

La energía se suele medir en Julios, pero como la energía asociada a cada tipo de radiación electromagnética es débil, se emplea otra unidad de energía llamada eV (electronvoltio).

$$1\text{eV} = 1,602176462 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (2)$$

La constante de Planck en dichas unidades será igual a $4,135567 \times 10^{-15}$ [eV].

En la naturaleza todas las partículas tienen un comportamiento dual: como partículas y como ondas. Así, algunos fenómenos de la radiación pueden ser entendidos como si fueran ondulaciones, y para otros fenómenos tendremos que concebirlos como si fueran partículas.

La realidad es que son ambas cosas, de allí el concepto de dualidad.

El comportamiento ondulatorio se manifiesta por medio de campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí que oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda. Estas ondas electromagnéticas pueden ser descritas mediante sus parámetros característicos como lo son su frecuencia o longitud de onda y contenido de energía.

En función de la energía que tenga la onda electromagnética la radiación puede ser ionizante (RI) o no ionizante (RNI).

Una onda de radio, menor a 30 KHz hasta 1 GHz, poseen una energía desde $1,24 \times 10^{-10}$ eV hasta $4,14 \times 10^{-6}$ eV, la Luz Ultravioleta, 790 THz, con un energía de 3,3 eV y la Radiación Ionizante, 952 THz en adelante, tienen una energía mayor a 4 MeV.

3 Radiación Ionizante (RI) y NO Ionizante (RNI)

La radiación ionizante podemos definirla como: *las radiaciones que por su frecuencia son capaces de entregar energía a los átomos de las sustancias como para romper los enlaces químicos, desprender un electrón y de esta manera crear un ion, e incluso interactuar con el núcleo del átomo* [4]. Cuando un átomo pierde uno de sus electrones se dice que se ioniza, convirtiéndose en un ión o un catión y aún modificar la estructura del núcleo desprendiendo neutrones o protones.

Este es el caso de la radiación ultravioleta, los rayos x y los rayos gamma, siendo estos últimos los que pueden interactuar a nivel del núcleo. La radiación ionizante es producida por diversas fuentes como fuentes cósmicas externas (radiación cósmica), materiales radiactivos naturales contenidos en la corteza terrestre, en los ecosistemas y en el interior de los organismos vivos, los que pueden emitir, según sea el elemento, partículas Alfa y Beta, rayos Gamma y “radiación exótica” debida a materiales radiactivos producidos por el ser humano a partir de 1945 (fuentes bélicas y experimentales, fuentes civiles), aparatos que producen rayos X como energía residual, radiación solar cuya porción ultravioleta C no haya sido detenida por la alta capa de ozono (10^{16} a 10^{17} Hz).

Este tipo de radiación en su interacción con la materia puede causar daños en tejidos biológicos incluyendo efectos sobre el ADN (ácido desoxirribonucleico: material genético de los seres vivos), por tales motivos las aplicaciones que utilizan este tipo de radiación se utilizan en recintos aislados con importantes cuidados al medioambiente y del personal que opera la tecnología.

Por el contrario de la Radiación Ionizante, la Radiación No-Ionizante (RNI) podemos definirla como: *las radiaciones que no poseen la suficiente energía, para desprender electrones de los átomos* [4].

Este tipo de radiación se extiende desde las frecuencias muy bajas de la luz ultravioleta hasta las frecuencias extremadamente bajas como las del tendido eléctrico (ELF) y los campos magnéticos y eléctricos de naturaleza estática.

Su efecto principal es el incremento de la temperatura del material con el que interacciona. Esto es debido a que el fotón al interactuar con la materia es como si *chocara* con ella, es decir, su energía pasa a la materia en forma de incremento de Energía Cinética.

La ionización se produce en forma abrupta a partir de un umbral de frecuencia y este umbral es una barrera de energía perfectamente definida, que es diferente en cada material.

Si bien este tipo de ondas electromagnéticas no pueden ionizar la materia incidida, si pueden causar otro tipo de efectos sobre la materia. De aquí es que podemos clasificar a los efectos de las RIN en:

- ✓ Efectos térmicos,
- ✓ Efectos no térmicos o biológicos.

El cuerpo humano posee mecanismos para regular de forma eficiente su temperatura, pero si la exposición a campos electromagnéticos es demasiado alta, el cuerpo podría no ser capaz de regular tal incremento, por este motivo es que los límites de exposición previenen un incremento de temperatura en el cuerpo humano de 1° C.

4 Tasa de Absorción Específica

Ya que los límites de exposición pueden ser establecidos en distintas unidades, para las frecuencias más bajas y hasta varios cientos de MHz, se suele utilizar la intensidad del campo eléctrico expresada en V/m, la intensidad de campo magnético en A/m o la densidad de potencia expresada mW/cm² o W/m².

Pero existe un parámetro dosimétrico ampliamente utilizado el cual se denomina "tasa de absorción específica" o *SAR Specific Absorption Rate*, el cual se define como: *La derivada del aumento de la energía, ∂W , absorbida o disipada en un elemento de masa ∂m , contenida en un elemento de volumen ∂V , cuya densidad es ρ .* Puede ser expresado analíticamente como [1]:

$$SAR = \frac{\partial \partial W}{\partial t \partial m} = \frac{\partial \partial W}{\partial t \partial (\partial V)} \left[\frac{mW}{g} \right] \quad (3)$$

En la ecuación siguiente se puede observar que el SAR es directamente proporcional al aumento local de la temperatura:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{SAR}{C_p} \left[\frac{^{\circ}C}{s} \right] \quad (4)$$

donde T es la temperatura en grados Celsius, y Cp es el calor específico del tejido (J/kg °C).

O sea, que la tasa de absorción específica es la medida de la cantidad de energía de radiofrecuencia que es absorbida por los tejidos en el cuerpo humano y se expresa en W/kg.

5 Efectos en la Salud de las Radiaciones No Ionizantes

La preocupación por este nuevo tipo de contaminación se ha acentuado con la aparición de la telefonía móvil, la instalación y permanente funcionamiento de una gran cantidad antenas fijas que operan en el rango de las microondas, y la multiplicación de miles de pequeñas antenas móviles que emiten y reciben estas señales (teléfonos celulares, terminales del sistema, o teléfonos móviles, etc.) [4]. Es por ello que en

diversos ámbitos han continuado las investigaciones respecto a los efectos de ellas tanto en el ambiente como en el cuerpo humano.

De acuerdo a estudios realizados, la energía radiante puede ser absorbida por el cuerpo humano mediante tres procesos diferentes: *efecto antena*, *absorción de señal* (proceso de absorción relacionado con la constante dieléctrica y el tipo de conductividad del tejido, los cuales son diferentes a distintos valores de frecuencia), *absorción biofísica* (involucra la absorción resonante por sistemas biológicos como el cerebro o las células).

Algunos de los bioefectos y sus mecanismos dependen del rango del espectro de frecuencias de las ondas.

Ésta se puede dividir en frecuencia extremadamente baja, que es toda frecuencia menor a 30 KHz, y radiofrecuencia y microondas, que incluye frecuencias hasta 300 GHz, que actúan a nivel de las estructuras de las células que están conformadas por moléculas y átomos cargados que pueden cambiar su orientación y movimiento cuando se encuentran expuestos a una fuerza electromagnética

Se ha visto que la radiación de los campos eléctrico y magnético de las frecuencias extremadamente bajas pueden existir separadamente el uno del otro. Normalmente, la discusión sobre los efectos se restringe normalmente al campo magnético que es producido por corrientes alternas o campos variantes en el tiempo, cuya intensidad y dirección cambien de forma regular, ya que los campos eléctricos son fácilmente apantallados [13].

Por otra parte, la exposición a radiaciones de frecuencias extremadamente bajas ocurre a distancias mucho menores que la longitud de onda. Esto tiene importantes implicancias porque bajo tales condiciones se tratan como componentes independientes.

La situación es sustancialmente diferente de la que ocurre en la radiación de campos de alta frecuencias, en donde los campos eléctrico y magnético están indisolublemente unidos. Esta es la razón por la que las investigaciones se han centrado en los efectos de un campo o el otro, en frecuencias extremadamente bajas.

La interacción del campo electromagnético con sistemas vivos que se ha propuesto teóricamente es la habilidad del campo magnético para estimular corrientes en las membranas de las células y en los fluidos de los tejidos, que circulan en un lazo cerrado que descansa en un plano perpendicular a la dirección del campo magnético. Por tanto, en el interior de un medio biológico se inducen corrientes y campos eléctricos debido al campo magnético.

Una posible interacción bajo investigación *es que la exposición a campos de frecuencias extremadamente bajas suprime la producción de melatonina*, que es una hormona producida por la glándula pineal localizada en una zona profunda del cerebro.

La melatonina se produce principalmente por la noche y se libera al cuerpo a través del flujo sanguíneo. Ella llega a casi todas las células del cuerpo humano, estimulando

el sistema inmune, preserva el ADN, las proteínas y los lípidos de daños oxidativos al neutralizar los radicales libre que pueden causar daños estructurales [10].

Además regulan otras actividades como los ciclos menstruales femeninos, el ritmo cardíaco, el sueño, el estado de ánimo y la genética y es esencial para el sistema inmunológico, protegiendo al cuerpo de infecciones y de las células cancerosas.

Diversos estudios han encontrado reducción de melatonina en células animales y personas expuestos a campos de frecuencias extremadamente bajas siendo un efecto que depende fuertemente del período de exposición y de la intensidad del campo

En cuanto a los efectos biológicos de la RF y microondas se han desarrollado un número significativo de estudios. Estos exploran la posible relación entre la exposición a la radiación de campos RF y microondas y las enfermedades, incluyendo el cáncer; pero todavía deberá pasar un tiempo hasta que se tengan los resultados finales de la mayoría de los estudios.

Básicamente, existen dos tipos de efectos biológicos a estas frecuencias

- ✓ **Efectos térmicos:** ocurren cuando la radiación en cuestión posee suficiente energía como para ocasionar un incremento de temperatura medible.
- ✓ **Efectos no térmicos:** es una línea de investigación en pleno desarrollo. Podemos decir que se registran efectos biológicos a niveles SAR muy por debajo de los 0,08 W/kg y a densidades de potencia minúsculas de $0,0004\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Es muy importante remarcar que los estándares tanto del **ICNIR - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection**, la **Organización Mundial de la Salud** y la **Unión Europea** se basan, en su mayoría, en efectos térmicos de naturaleza irreversible para exposiciones a corto plazo.

6 Mediciones de las ondas Electromagnéticas

La investigación en el área de los bioefectos de la radiación electromagnética ionizante³ fue anterior a su utilización, lo que permitió reducir los riesgos y por lo tanto aumentar la utilización de dispositivos nucleares generadores de energía, así como también de aquellos derivados de la tecnología de radiación X (medicina, etc.)

Los efectos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes de radiofrecuencias son motivo de preocupación, por lo tanto el problema de la dosimetría es muchísimo más complicado en este otro caso⁴, que en el de la radiación electromagnética ionizante.

Es obvio que los estándares de protección contra la radiación de radiofrecuencias deben expresarse en términos de la intensidad del campo Eléctrico (E), campo Magnético (H) y Densidad de Potencia en el espacio libre (S, como se lo llama en la resolución 3690 de la CNC [16]).

³ Rayos X y gamma.

⁴Radiofrecuencias.

El propósito de la medición o prospección de radiación es medir los campos E, H, y S en el ambiente donde el hombre puede estar eventualmente expuesto y comparar esas mediciones con los estándares de niveles permisibles de exposición establecidos

Con el fin de poder determinar las condiciones de exposición mínima a las que son expuestas la población y aquellos agentes que trabajan directamente sobre equipamiento emisor de señales electromagnéticas, el Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación estableció por medio de la resolución 202/95 [17] los niveles mínimos a los que pueden ser expuestos la población en general y a personas expuestas por su ocupación.

En base a esta resolución del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) emite la Resolución 3690/2004 [16], que abarca a las 269/2002 y la 217 CNC/2003 de la misma repartición, donde se establecen las formas en que deben medirse los niveles de campos eléctricos, magnéticos y/o densidades de potencia en el áreas bajo interés para corroborar lo dictaminado por el Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación..

Se presentan en la tabla 1 los valores propuestos por la Resolución 202/95 [17].

Tabla 1: Niveles propuestos por la Resolución 202/95 de MSAS

Rango de frecuencia f (MHz)	Densidad de Potencia equivalente de onda plana S (mW/cm ²)	Campo Eléctrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)
0,3 - 1	20	275	0,73
1 - 10	20/f ²	275/f	0,73/f
10 - 400	0,2	27,5	0,073
400 - 2000	f/2000	1,375 f/2	-
2000 - 100.000	1	61,4	-

Para la toma de las mediciones, la resolución de la CNC define un campo cercano y un campo lejano, existentes en las proximidades de una antena.

En la *región del campo lejano*, a una distancia mayor que 3λ de la antena, el campo predominante es del tipo onda plana, es decir una distribución localmente uniforme de la intensidad de campo eléctrico y de la intensidad de campo magnético en planos transversales a la dirección de propagación.

La *región de campo cercano* se subdivide a su vez en la región de campo cercano reactivo, que es más próxima al elemento radiante y la región de campo cercano ra-

diente, en la que el campo de radiación predomina sobre el campo reactivo, pero que no es sustancialmente del tipo onda plana y tiene una estructura compleja.

El campo Eléctrico se expresará en V/m y el campo Magnético en A/m, la Densidad de Potencia (S) se expresa en mW/cm².

En una onda plana estos parámetros están relacionados por medio de la impedancia del espacio libre ($Z_0 = 377 \Omega$), por lo tanto con la medición de algunos de los campos será suficiente para obtener el resto por medio de la ecuación:

$$S = \frac{E^2}{Z_0} = H^2 Z_0 \quad (5)$$

En el caso de mediciones en el campos cercanos, las componentes de los campos eléctricos (E) y magnéticos (H) son generalmente desconocidas. Por ello, se deberá, en todos los casos, realizar la medición de dichos campos en forma separada.

Es necesario introducir las definiciones, que forman parte de de la resolución de la CNC, de **Emisión** que es la radiación producida por una única fuente de radiofrecuencia, y la de **Inmisión** que es la radiación resultante del aporte de todas las fuentes de radiofrecuencias cuyos campos están presentes en el lugar.

También definimos **Potencia Radiada Aparente - PRA** como el producto de la potencia suministrada a la antena por la ganancia de antena, en una dada dirección, relativa a un dipolo de media onda y **Potencia Isotrópica Radiada Equivalente-PIRE como** el producto de la potencia suministrada a una antena por la ganancia de antena, en una dada dirección, relativa a una antena isotrópica.

El procedimiento de evaluación para aquellas estaciones cuyas características de radiación impliquen la consideración del campo lejano, la evaluación de los valores de radiaciones no ionizantes (RNI) para el caso de una antena única, las predicciones de densidad de potencia se pueden realizar a partir de las siguientes ecuaciones, que si bien son solamente válidas para los cálculos en el campo lejano de una antena, pueden utilizarse para predecir el peor de los casos,

$$S = \frac{PRA * 1,64 * 2,56 * F^2}{4 * \pi * r^2} \quad (6)$$

Donde:

PRA se considera en W

F es la atenuación en veces de la radiación para un cierto ángulo de incidencia en el plano vertical, que si es desconocido toma un valor igual a 1

2.56 es un factor de reflexión empírico, que tiene en cuenta que se puedan adicionar campos reflejados en fase.

r es la distancia desde la antena

O por medio de

$$S = \frac{PIRE * 2,56 * F^2}{4 * \pi * r^2} \quad (7)$$

Donde: PIRE se considera en W

De estas ecuaciones se puede despejar la distancia mínima a la antena, r, con los valores de densidad de potencia establecidos en la tabla 1 sobre límite de exposición poblacional.

En el caso que se determine que se superan los valores límites establecidos en la tabla 1, se deberán llevar a cabo mediciones según el protocolo que se detalla a continuación.

En base a las características del sistema irradiante y la de los emisores se determinarán los puntos de mayor riesgo tanto externos al predio de la antena como internos al mismo. Se deberá tener en cuenta la topología, edificaciones y superficies reflectoras del lugar.

La medición se efectuará en los puntos de mayor acceso por parte del público. En sistemas omnidireccionales se deberán seleccionar 16 puntos como mínimo y para sistemas direccionales se deberán adoptar un mínimo de 4 puntos sobre la dirección de máxima propagación, los 12 puntos restantes deberán ubicarse en función de las características del lóbulo de radiación de dicha fuente. Todos estos puntos serán función de la longitud de onda del sistema emisor.

El tipo de instrumento establecido en la resolución son equipos de banda ancha que responden uniforme e instantáneamente a un amplio rango de frecuencias y no son sintonizables. Éstos se emplean con sondas de medición de E y H del tipo isotrópico, para una respuesta independiente de la orientación de la sonda. Los mismos son utilizados para la medición de inmisión.

También se menciona instrumentos de banda angosta que operan sobre un amplio rango de frecuencias, pero su ancho de banda instantáneo de medición se reduce a anchos de banda estrechos. Este tipo de dispositivos debe sintonizarse a la frecuencia de interés y utilizarse con antenas aptas para los distintos rangos de frecuencia de medición. Son utilizados para la medición de emisión y proporcionan información de la frecuencia bajo análisis.

La secuencia de medición establecida indica que en primer término se medirá inmisión. Si los valores obtenidos superaren los máximos permisibles más estrictos dados en la tabla 1, se continuará midiendo la emisión de cada estación.

La medición de inmisión tiene por objeto obtener el nivel pico máximo de los campos eléctrico, magnético o de la densidad de potencia, a lo largo de una línea vertical que represente la altura del cuerpo humano en el punto de medición.

Estas mediciones comienzan a 20 cm por encima del suelo hasta una altura de 2 m a una velocidad constante. Si el valor pico máximo de dichas mediciones resulta inferior al 50% de la **Máxima Exposición Permitida -MEP** más estricta, se registrará como valor de ese punto. Si dicho valor supera el citado 50% de la MEP más estricta, se deberá realizar una medición con promediado temporal de 6 minutos.

En caso que los resultados obtenidos en las mediciones de inmisión superen los límites de la tabla 1, se deberá proceder a la medición de emisión a fin de evaluar los aportes individuales de cada una de las fuentes emisoras de radiaciones no ionizantes.

Se medirá la intensidad de campo producida por la estación a verificar sobre cada uno de los puntos de medición seleccionados, por medio de instrumentos de banda angosta asociados con antenas de polarización lineal. A tal efecto podrán utilizarse dos métodos alternativos:

a) Orientar la antena en tres direcciones ortogonales entre sí (x, y, z) obteniéndose las componentes de campo respectivas. Los valores cuadráticos de intensidad de campo eléctrico y/o magnético se obtendrán de la suma de los cuadrados de las correspondientes componentes de campo ortogonales, como se observa en las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} E^2 &= E_x^2 + E_y^2 + E_z^2 \\ H^2 &= H_x^2 + H_y^2 + H_z^2 \end{aligned} \quad (8)$$

b) Orientar la antena en la dirección de máxima señal. Este método es también aplicable a una antena de apertura

7 Conclusiones

La permanente y rápida evolución de nuevas tecnologías que utilizan campos electromagnéticos para brindar servicios cada vez más útiles y novedosos, no ha permitido que en forma simultánea *se hayan realizado acabadamente las investigaciones de los posibles efectos negativos sobre personas y ecosistemas antes de su masificación.*

De acuerdo con la bibliografía analizada, se está trabajando fuertemente en la investigación en torno a este fenómeno, tanto en nuestro país como así también en el resto del mundo.

Es importante *poder medir las magnitudes de los campos magnéticos y eléctricos a los que nos vemos expuestos*, de manera que la sociedad esté segura que se cumplen las normativas de seguridad de exposición y tener las herramientas para solicitar las correcciones que sean necesarias.

Para ello es necesario conocer las especificaciones nacionales y compararlas con regulaciones internacionales para mejorar en la toma de estas mediciones, tratando de replicarlas en el laboratorio, para después poder adaptarlas a nuestras topología, dis-

tribución poblacional, particularidad de nuestra estructura edilicia, entre otras características propias de nuestra región.

En este sentido es importante destacar el aporte del Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo (LIADE) de la Universidad Nacional de Córdoba en el estudio y difusión de este tema [11,12].

8 Bibliografía

1. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz): <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>.
2. Organización Mundial de la Salud: Campos electromagnéticos y salud pública: radares y salud humana: <http://www.who.int/pehemf/publications/facts/fs226/es/>
3. Mobile Phone Simulations with Human Head and Hand Models; Computer Simulation Technology; 2011 CST AG, <http://www.cst.com/Content/Applications/Article/Mobile+Phone+Simulations+with+Human+Head+and+Hand+Models>,
4. Capparelli M., Mata N., Montenegro R., Aliciardi M.(2008). El ambientalismo II, la Electropolución, Contaminación por antenas de telefonía celular., editorial Ediciones del País.
5. Agencia Internacional sobre Investigación del Cáncer: <http://www.iarc.fr/index.php>
6. Organización Mundial de la Salud; <http://www.who.int/about/es/>
7. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans, Press Release N° 208 , 31 de mayo 2011. http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
8. IEEE Std C95.3-2002 (Revision of IEEE Std C95.3-1991). IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=8351>
9. ITU: <http://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>
10. Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/paraatra.htm>
11. Bruni R., Vanilla O., Taborda R., Evaluación de radiación electromagnética de antenas, LIADE (Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo) – Universidad Nacional de Córdoba, www.liade.efn.uncor.edu/
12. Bruni R., Vanilla O., Taborda R, Evaluación de radiación electromagnética de fuentes no naturales, LIADE (Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo) – Universidad Nacional de Córdoba, www.liade.efn.uncor.edu/
13. Cátedra Radiaciones, Universidad Nacional de Entre Ríos. <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiaciones/Descargas/Unidad1.pdf>
14. Portela A., Skvarca J., Matute Bravo E., Loureiro A., Prospección de la radiación electromagnética no Ionizante, Vol.I: Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz, Dirección

Nacional de Calidad Ambiental Secretaria de Salud Ministerio de Salud y Acción Social.

15. Portela A., Skvarca J., Matute Bravo E., Loureiro A., Prospección de la radiación electromagnética no Ionizante, Vol.II: Radiación de radiofrecuencias: Consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición.
16. Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) (2004). Resolución 3690/2004 (Boletín oficial N° 30.524, 10/11/04).
17. Ministerio de Salud y acción Social de la Nación (1995). Resolución 202/95 (EXP N°2002-17655- 94-04).