



**Seminario**  
**ESTRUCTURAS DE**  
**TELECOMUNICACIONES EN MUNICIPIOS**  
**NORMAS Y PRINCIPIOS DE SEGURIDAD**

6 de septiembre de 2000 - Centro Argentino de Ingenieros



**CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS**



**COMISION NACIONAL  
DE COMUNICACIONES**

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaran, distribuyeren o comunicasen públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicado a través de cualquier medio, sin la respectiva autorización.

# Prólogo

---

Las telecomunicaciones constituyen uno de los sectores más dinámicos de la economía de los países, y Argentina no es la excepción. Los servicios que se brindan son cada vez más numerosos y variados, y su disponibilidad es de vital importancia para el desarrollo de las distintas regiones del país. Por eso el crecimiento del sector está vinculado directamente con el progreso económico de toda la geografía nacional. La radicación de industrias, el despliegue económico y el desarrollo social dependen, en muchos casos, de la existencia de servicios de telecomunicaciones, especialmente en la era actual en que contar con ellos es clave para atraer inversiones.

El desarrollo de redes para brindar los servicios de telecomunicaciones, tanto fijos como móviles, hace uso cada vez más frecuente de las tecnologías inalámbricas, es decir, uso de frecuencias del espectro radioeléctrico. Dichas frecuencias son precisamente las que transportan la información que permite prestar los servicios a los usuarios, por lo que el espectro se está transformando en un elemento clave de la sociedad moderna.

Asociada a este desarrollo de las redes, aparece la inquietud por conocer si el uso de estas frecuencias tiene o no implicancias para la salud humana. Es una cuestión técnica muy estudiada en todo el mundo, lo que ha permitido fijar valores de seguridad. Sin embargo, al ser el tema poco conocido en los ambientes no académicos, da pie para que se tejan al respecto todo tipo de conjeturas, las que en la gran mayoría de los casos producen preocupación sin fundamentos. Por ello es muy importante conocer los valores tolerables que las normas han establecido: en el caso de las radiaciones no ionizantes, para poder opinar sobre el riesgo que podrían originar, es necesario manejar los órdenes de magnitud puestos en juego con respecto a los tolerados sin inconvenientes por el cuerpo humano.

En nuestro país este tema ha sido definido por el Ministerio de Salud Pública, que ha explicitado los valores tolerables de radiaciones no ionizantes a través de la Resolución 202/95 y por la Secretaría de Comunicaciones, que en la Resolución 530/2000 establece que será de aplicación obligatoria a todos los sistemas de telecomunicaciones que irradian, los valores tolerables que establece precisamente la Resolución del Ministerio de Salud 202/95.

Por lo tanto el problema subjetivo quedó transformado en una cuestión objetiva, cuantificable, medible y verificable.

Para clarificar el tema de las radiaciones no ionizantes, la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), con la ayuda del Centro Argentino de Ingenieros (CAI), organizaron un Seminario sobre "Estructuras de Telecomunicaciones en Municipios - Normas y Principios de Seguridad" al que invitaron a participar como expositores a distinguidos especialistas.

El Seminario se llevó a cabo el 6 de septiembre de 2000 en la sede del CAI, Cerrito 1250 de la Capital Federal, y contó con una numerosa asistencia. Estuvieron presentes funcionarios, especialistas y/o profesionales de: Delegaciones de la CNC (Chaco, Neuquén, Tucumán, Entre Ríos, Chubut y Buenos Aires); de la Gobernación de la Provincia de Buenos Aires; del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires; de los Municipios de Hurlingham, Campana, José C. Paz, La Matanza, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Pilar, San Isidro, San Martín, San Miguel, San Nicolás, Tres de Febrero, Vicente López, de la provincia de Buenos Aires; de los Municipios de la Ciudad de Catamarca, de la Ciudad de Córdoba y de Colonia Caroya - Córdoba, de Monte Caseros y Riachuelo, de la provincia de Corrientes, de Gualeguaychú - Entre Ríos, de La Rioja, de San Juan, de Santa Fe, de Coronda y Esperanza - Santa Fe, de Tucumán, de Yerba Buena - Tucumán, como así también representantes del COPITEC y del CAI.

Tanto la CNC como el CAI, recibieron muchos pedidos para que el Seminario se repitiera, o se entregara material sobre lo tratado, puesto que muchos interesados no pudieron asistir por diversas razones y necesitaban información sobre el tema en cuestión. Esto hizo que ambas instituciones decidieran imprimir una publicación que contuviera todos los conceptos vertidos durante el Seminario, y aún más. Para ello, se habló con cada uno de expositores y se les pidió que preparasen textos para ser publicados, con base en sus presentaciones. De allí surge esta publicación que además, como Anexo, contiene las Resoluciones 202/95 del Ministerio de Salud y 530/2000 de la Secretaría de Comunicaciones, que completan y complementan la información referida al Seminario.

Febrero 2001.

# Indice

Introducción \_\_\_\_\_ pág. 9  
*Discurso del Ing. José Enrique Bravo*

Apertura \_\_\_\_\_ pág. 11  
*Discurso del Ing. Carlos Forno*

Radiaciones Electromagnéticas no Ionizantes \_\_\_\_\_ pág. 13  
*Ing. Jorge Skvarca*

Bioseguridad con Radiaciones no Ionizantes \_\_\_\_\_ pág. 27  
*Dr. Juan Carlos Giménez*

Normas de Protección  
Ambiental en Radiaciones no Ionizantes \_\_\_\_\_ pág. 41  
*Dr. Federico J. Iribarren*

Funciones de la CNC con  
relación a las Radiaciones no Ionizantes \_\_\_\_\_ pág. 51  
*Ing. Roberto González*

Clausura \_\_\_\_\_ pág. 59  
*Ing. Roberto P. Echarte*

Anexo \_\_\_\_\_ pág. 61  
*Resolución Ministerio de Salud 202/95*  
*Resolución Secretaría de Comunicaciones 530/2000*



# Introducción

Discurso del Ing. José Enrique Bravo

*Presidente de la Comisión de Electrónica,  
Telecomunicaciones e Informática del  
Centro Argentino de Ingenieros - CAI*

Señoras y señores, en nombre de la Comisión Nacional de Comunicaciones y del Centro Argentino de Ingenieros, me es muy grato darles la bienvenida a este Seminario sobre Estructuras de Telecomunicaciones en Municipios - Normas y Principios de Seguridad, y agradecer al mismo tiempo la presencia de este calificado auditorio a nuestra convocatoria.

En el mundo hay una creciente preocupación que también comienza a manifestarse en la Argentina por las implicancias que presenta el funcionamiento del equipamiento radioeléctrico de telecomunicaciones en relación a las radiaciones no ionizantes que produce y su influencia en el medio ambiente y el organismo humano. Por tal motivo la Comisión Nacional de Comunicaciones, en su carácter de autoridad con jurisdicción federal en la materia y el Centro Argentino de Ingenieros como institución decana de la ingeniería argentina, interesada en el tratamiento de los temas específicos que preocupan a la comunidad, presenta hoy este evento con la finalidad de promover un ámbito de análisis y discusión orientado, en primer lugar a analizar las características de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes desde el punto de vista físico y su acción sobre el medio ambiente; segundo, considerar el efecto de dichas radiaciones sobre el organismo humano y las correspondientes técnicas de bioseguridad; tercero, tratar las normas de protección vigentes y finalmente difundir la tarea de control que realiza la Comisión Nacional de Comunicaciones en la materia.

Estos son los temas propuestos y aspiramos a que, luego de un intercambio de opiniones que estamos seguros será fructífero, podamos extraer conclusiones y formular propuestas que contribuyan de alguna manera a esclarecer este importante tema en el seno de la comunidad y particularmente en el ámbito municipal donde se encuentra operando la infraestructura de telecomunicaciones.

Nuestra aspiración es contribuir a lograr la prestación de servicios de comunicaciones eficientes, compatibles con la mejor calidad de vida. Esta es la razón por la cual hoy un panel multidisciplinario, integrado por prestigiosos especialistas,

tendrá a su cargo el desarrollo del programa propuesto.

En primer lugar, en la apertura del Seminario, hará uso de la palabra el Ing. Carlos Forno, Presidente de la Comisión Nacional de Comunicaciones, posteriormente disertará el Ing. Jorge Skvarca sobre "Radiaciones electromagnéticas no ionizantes" y el Dr. Juan Carlos Giménez sobre "Bioseguridad con radiaciones no ionizantes". En la sesión de la tarde el Dr. Federico Iribarren tratará el tema "Normas de protección ambiental en radiaciones no ionizantes" y el Ing. Roberto González disertará sobre las "Funciones de la Comisión Nacional de Comunicaciones en relación a las radiaciones no ionizantes". Finalmente el Ing. Roberto Echarte procederá a cerrar el Seminario.

Los expositores estarán a disposición de la concurrencia para contestar preguntas sobre el tema.

Muchas gracias.



# Apertura

Discurso del Ing. Carlos Forno

*Presidente de la CNC - Comisión Nacional  
de Comunicaciones*

Buenos días, yo agradezco a todos ustedes la presencia en este lugar y debo darle la bienvenida a delegados que la Comisión Nacional de Comunicaciones tiene ubicados en distintas provincias que se han sumado a participar en esta jornada, a los efectos de tener la mejor información sobre el tema que nos convoca, y al Centro Argentino de Ingenieros por haber puesto todo su esfuerzo para organizar esta jornada.

No cabe ninguna duda que los temas a tratar tienen hoy una enorme importancia, todos sabemos los problemas que enfrentan las empresas prestadoras de servicios que deben instalar sus sistemas radiantes en los distintos lugares del país, pero también entendemos y comprendemos las inquietudes que tienen tanto las autoridades municipales como los pobladores de aquellos lugares en donde se ven sorprendidos por la presencia de estas enormes estructuras que contienen sistemas irradiantes.

Los especialistas en el día de hoy van a emitir su opinión, toda su experiencia en años de estudio sobre estos temas, más las preguntas y observaciones que la sala pueda hacer, van a asegurar que al final de la jornada tengamos toda una mejor información sobre los temas en cuestión.

Yo agradezco a todos su presencia y escuchemos al primer orador.





# RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS NO IONIZANTES

**Ing. Jorge Skvarca**

*Miembro experto del Panel de Radiaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) desde el año 1991.*

*Asesor en Protección Radiológica según Resolución del Ministerio de Salud de la Nación.*

*Larga trayectoria en el campo de la ingeniería vinculado con las radiaciones, en el cual ha realizado estudios, investigaciones y publicaciones, ha dado cursos, ha representado al país en congresos y reuniones internacionales y ha dirigido organismos oficiales*

13

Presentación del tema y conceptos generales.

## **Introducción**

En los últimos años hemos presenciado un incremento del desarrollo y uso de dispositivos que emiten las denominadas radiaciones no ionizantes. El término RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI), como las vamos a identificar a partir de ahora, se aplica a un grupo particular de radiaciones electromagnéticas dentro del espectro electromagnético, pero también incluye ultrasonido como onda mecánica. En este documento nos vamos a referir exclusivamente a las radiaciones electromagnéticas no ionizantes dejando para otra oportunidad el análisis de ultrasonido.

Para entender la diferencia, las RADIACIONES IONIZANTES (RI) son aquellas, cuyo efecto más importante, según el mismo término lo describe, es la ionización de la materia, debido a su longitud de onda más corta y por ende más energéticas. A modo de ejemplo, mencionaremos entre ellas a la Radiación X, la Radiación Gamma y a la Radiación Cósmica. Los riesgos asociados con el uso de la Radiación X y Gamma, tanto en sus aplicaciones médicas, nucleares como industriales han sido estudiados con mucho detalle y sus efectos son bien conocidos pudiendo ser de extrema gravedad y como consecuencia de ello, han merecido una preocupación especial, desarrollándose toda una disciplina de Protección Radiológica. Así, se han elaborado Normas de Seguridad y establecido

los Límites de Exposición para proteger tanto a las personas que por su tarea están expuestas a ellas, denominadas personas ocupacionalmente expuestas, como al público en general y al paciente cuando se trata de exposiciones médicas.

A diferencia de las anteriores las RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI) no llevan asociada una energía suficiente para producir el proceso de ionización arriba mencionado, causal de los efectos no deseables. Debemos entender que existen dos tipos de riesgos, los aceptables y los no aceptables. Toda la actividad humana implica un riesgo. El uso de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes también implica un riesgo, que además de ser aceptable, es significativamente menor que el de las ionizantes, siempre y cuando se respeten las normas nacionales e internacionales que establecen los valores máximos de exposición al ser humano. Si no se respetan dichas normas, esto podría ser motivo de preocupación ya que las manifestaciones de las RNI también podrían generar daños de distinta magnitud según el grado y tiempo de exposición.

Las radiaciones electromagnéticas no ionizantes abarcan prácticamente todo el espectro electromagnético. Dichas radiaciones no pueden ser percibidas por los sentidos humanos, a menos que su intensidad alcance valores suficientemente grandes como para manifestarse a través de sus efectos térmicos. La excepción es una banda muy angosta, dentro del espectro visible que si es percibida por el ojo. Como se verá más adelante, además de estos efectos también aparecen los llamados efectos no térmicos o fotoquímicos. Las diferentes longitudes de onda, la energía y la tasa de exposición específica aún dentro de un mismo tipo de radiación, deben tenerse en cuenta al momento de establecer los márgenes de seguridad. En efecto, la efectividad de penetración de la RNI dentro del cuerpo humano y los puntos de absorción en el mismo dependerán de las características mencionadas anteriormente y diferirán de un tipo de radiación a otro.

El sol es una de las fuentes de energía más importante de las RNI. A su vez éstas se clasifican en dos grandes grupos: Radiación Óptica (RO) y Campos Electromagnéticos (CEM) de Radiofrecuencias, subdividiéndose este último por el tipo de emisiones en otros subgrupos, los que se tratarán más adelante como parte importante de esta presentación.

La exposición en general causada por fuentes artificiales de Radiofrecuencia (incluyendo Microondas) ha crecido más que exponencialmente en la última década. Entre las principales fuentes se pueden citar el extenso espectro de telecomunicaciones, informática, emisoras radiales y TV, generación

y transporte de energía eléctrica, usos industriales, uso en medicina, investigación, educación y artículos del hogar entre otros.

La denominada contaminación electromagnética comenzó a ser la preocupación no sólo de las autoridades responsables en diferentes áreas, sino también ha creado inquietud en los trabajadores expuestos a la misma por su ocupación y al público en general. Además de los simples problemas de ingeniería como interferencias en las comunicaciones, también pueden quedar afectadas, por esa misma radiación, el funcionamiento seguro y eficiente de algunas instalaciones médicas. En las últimas décadas ya se tienen antecedentes, aunque escasos todavía, sobre los efectos en los seres humanos debidos a exposiciones prolongadas, agudas y accidentales.

No obstante surgen dudas sobre cuán serios pueden ser los problemas causados por las RNI ya que de muchos estudios epidemiológicos solo se puede inferir una relación demasiado débil entre la exposición y el efecto supuestamente causado por las RNI.

Para completar las conclusiones sobre los efectos de las RNI aún se requiere finalizar estudios epidemiológicos a gran escala. La necesidad de cooperación internacional es imprescindible para finalizar con éxito esa tarea. La Organización Mundial de la Salud/ Oficina Panamericana de la Salud (OMS/OPS) está coordinando y recibiendo la información sobre este aspecto, debiendo recopilar los datos obtenidos para el año 2001. <sup>1</sup> La conclusión de esta etapa será decisiva y permitirá fijar una recomendación base de una normativa internacional, que se sumará a las existentes, para la protección de los trabajadores y de la población en general.

Con los límites establecidos por las normas vigentes, aceptables hoy día y las normas por venir y con el fin de llevar tranquilidad al momento de instalar fuentes de RNI, se podrá solicitar apoyo de reconocidos laboratorios de medición y dosimetría de referencia y de campo, para corroborar los niveles de exposición debidos a dichas fuentes. El fin de la prospección electromagnética es por lo tanto evaluar los valores de campo Eléctrico (E), Magnético (H) y Potencia o Densidad de Potencia (P), y poder comparar estas mediciones con los niveles permisibles preestablecidos por las normas.

<sup>1</sup>(Ver PROYECTO INTERNACIONAL SOBRE LOS CAMPOS ELECTROMAGNETICOS – Efectos en la Salud y el Medio Ambiente de la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos Estáticos y Variables.) Pagina Internet [www.who.int/emf](http://www.who.int/emf)

Un buen proyecto práctico sería establecer los mecanismos para llevar adelante la creación de un laboratorio especializado y reconocido a nivel Nacional o Regional, el que daría referencia a otros laboratorios de campo para asegurar la exactitud y precisión de las mediciones a realizar. Este punto es especialmente sensible a la opinión pública para garantizar la imparcialidad y profesionalidad en este tema.

### **Regiones del Espectro de las Radiaciones No Ionizantes.**

El espectro de las RNI se divide básicamente en cinco regiones que a su vez se subdividen por razones prácticas en otras subregiones. Los rangos de estas divisiones no necesariamente son exactos y por diversas razones y según el propósito de esa definición, diferentes Grupos Internacionales de Trabajo podrán diferir ligeramente con esa subdivisión. Por razones de practicidad las vamos a clasificar por su longitud de onda, expresada en la unidad de nanómetros (nm) que es la que exige el Sistema Internacional de Unidades.

16

Así tenemos:

Radiación Ultravioleta (UV),

Radiación Visible (luz),

Láseres,

Radiación Infrarroja (IR),

Radiofrecuencias (RF). Estas últimas incluyen las Microondas (MO).

También suele definirse como Radiación Óptica a la comprendida entre 1nm hasta 1.000.000 nm (1 mm) y no sólo comprende la parte visible sino también las UV e IR.

### **Radiación Ultravioleta (UV)**

Se subdivide en tres subregiones:

- UV-A (también luz negra).....315 a 400 nm
- UV-B ..... 280 a 315 nm
- UV-C .....100 a 280 nm

La Radiación Ultravioleta tiene uso difundido en la esterilización de instrumental y determinado equipamiento médico como también para la generación de un ambiente estéril. Ultimamente el aumento de fuentes industriales de UV ha creado preocupación en los trabajadores con fuentes de UV abiertas. El

máximo riesgo corresponde a la exposición del ojo y de la piel. Cataratas y el cáncer de piel son las manifestaciones más conocidas por la exposición inadecuada a estas radiaciones. El grupo de mayor riesgo está constituido por los trabajadores que sufren prolongadas exposiciones al sol y para los cuales debería tenerse especial preocupación en cuanto a las medidas de protección. En cuanto a las lámparas UV y halógenas deberá seguirse las indicaciones del fabricante con las señales de advertencia apropiadas.

## **Radiación Visible y Láseres**

El espectro visible está comprendido entre 400 y 780 nm.

Como ya se mencionó anteriormente los Láseres pueden abarcar además del espectro visible, el de UV (Excímeros) y también el de IR (CO<sub>2</sub>). Hasta el siglo pasado la fuente principal ha sido el sol, que no ha sido considerado demasiado peligroso ya que el propio organismo humano cuenta con mecanismos de autodefensa y con el desarrollo de pigmentación adecuada. La aparición cada vez más extensa de las fuentes artificiales hace que el problema de protección sea de urgente aplicación. En cuanto a los Láseres, el uso de los mismos en cualquiera de sus aplicaciones presenta un capítulo especial, donde según la clasificación del ANSI (USA) su riesgo está catalogado en forma simplificada de la siguiente manera:

- CLASE 1 Dispositivos de riesgo insignificante (Barras lectoras en cajas registradoras).
- CLASE 2 Bajo riesgo, baja potencia, menor de 1mW (Punteros Láser).
- CLASE 3a Bajo riesgo, potencia media entre 1 y 5 mW.
- CLASE 3b Riesgo moderado, potencia media menor de 0,5 W (Telemetría).
- CLASE 4 Alto riesgo y gran potencia, mayor de 0,5 W (Láseres Quirúrgicos e Industriales).

## **Radiación Infrarroja (IR)**

También se subdivide a su vez en tres subregiones:

- IR-A .....780 a 1.400 nm
- IR-B.....1.400 a 3.000 nm
- IR-C.....3.000 a 1.000.000 nm

También se llama Infrarrojo Cercano a la banda entre 780 y 3.000 nm, Infrarrojo Medio a la que se extiende entre 3.000 a 30.000 nm e Infrarrojo

Lejano a la porción que va desde 30.000 a 1.000.000 nm.

La exposición a IR puede ocurrir en la mayoría de las industrias o de las fuentes de calor importantes y los riesgos de trabajo debido al incorrecto uso de las mismas son bien conocidos.

## **Radiofrecuencias (RF), incluyendo Microondas (MO)**

Abarcan un espectro desde 0.3 MHz hasta 300 GHz, correspondiendo a longitudes de onda de 1.000 m hasta 1 mm respectivamente. Habitualmente el rango comprendido dentro del espectro de RF desde 0.3 GHz hasta 300 GHz (1.000 mm a 1 mm de longitud de onda) se lo denomina Microondas (MO) y se clasifica en tres subregiones:

Extremadamente Alta Frecuencia (EHF en inglés) de ... 300 a 30 GHz - (1 a 10 mm)

Super Alta Frecuencia (SHF en inglés) de..... 30 a 3 GHz - (10 a 100 mm)

Ultra Alta Frecuencia (UHF en inglés) de .....3 a 0.3 GHz - (100 a 1.000 mm)

La telefonía móvil, tanto la analógica (celular) como la digital (PCS) y la futura tercera generación (3G) anunciada en Europa como la Tecnología UMTS (Universal Mobil Telecommunications Systems) se enmarcan dentro de este espectro.

El rango de Radiofrecuencias (RF) propiamente dichas a su vez se suele clasificar en las siguientes subdivisiones:

Muy Alta Frecuencia (VHF en inglés) de..... 300 a 30 MHz - (1 a 10 m)

Alta Frecuencia (HF en inglés) de..... 30 a 3 MHz - (10 a 100 m)

Frecuencia Media (MF en inglés) de..... 3 a 0.3 MHz - (100 a 1000 m)

Este es el espectro donde predominan las comunicaciones radiales y televisivas y algunos aparatos domésticos.

En el rango de frecuencias más bajas y puntualmente en el de Extremadamente Bajas Frecuencias los problemas nuevamente se presentan en el transporte de energía eléctrica por intermedio de Líneas de Alta Tensión, que van desde los centros de generación hasta los lugares de consumo, creando preocupación en aquellas comunidades que habitan en su cercanía. Aquí tenemos:



Baja Frecuencia (LF en inglés) de.....300 a 30 KHz - (1 a 10 km)  
Muy Baja Frecuencia (VLF en inglés) de.....30 a 3 KHz - (10 a 100 km)  
Extremadamente Baja Frecuencia (ELF) de menos de 0.3 KHz - (más de 1.000 km)

Dentro de esta última se encuentra el transporte de energía eléctrica que se efectúa con frecuencias de 50 Hz ó 60 Hz a través de cables de alta tensión, siendo ésta, motivo de preocupación sobre la posibilidad de inducción de enfermedades oncológicas en comunidades cercanas a las mismas.

## Magnitudes y Unidades de Campos Electromagnéticos

El campo electromagnético de RF se identifica mediante sus dos componentes vectoriales, la intensidad del campo eléctrico E expresado en volt por metro (V/m) y el vector campo magnético H que se mide en ampere por metro (A/m) y también en unidades de Tesla (T). Un Tesla equivale a 10.000 Gauss de la unidad antigua. El flujo de la energía de la onda electromagnética se propaga perpendicularmente a estas dos componentes mediante el vector de Poynting (S). La longitud de onda ( $\lambda$ ) de la propagación y/o su frecuencia (f) son dos características relacionadas entre si por la velocidad de propagación de la onda electromagnética que es una constante (c) igual a la velocidad de la luz en el vacío de 300.000 km/seg.

La frecuencia se define como la variación de los campos E y H en un punto por segundo y se expresa en Hertz (Hz).

La longitud de onda se define como la distancia entre dos crestas consecutivas (máximos o mínimos).

La relación que se establece entre la longitud de onda y la frecuencia de propagación esta dada por la siguiente expresión:

$$\text{Longitud de onda} = c \text{ (velocidad de la luz)} / f \text{ (frecuencia)}$$

En la Figura 1 se puede observar como se propaga una onda plana en un espacio libre y la relación entre sus distintos parámetros.

También es importante la relación entre los dos campos E y H y esta relación es otra característica importante y se la define como Impedancia Característica de la Onda (Z).

Para una onda plana por lo tanto:

$$Z = E / H. \text{ En el espacio libre este valor es igual a } 377 \text{ ohm.}$$

La transferencia de energía se describe con el vector de Poynting (S) que expresa la magnitud y dirección del flujo electromagnético como ya lo manifestamos antes.

$$S = E \times H, S = E^2 / 377, S = 377 H^2$$

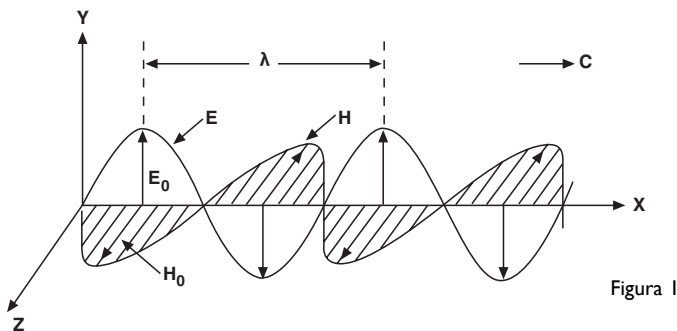
Otro aspecto relevante y relacionado con los efectos biológicos de las RNI como la interacción de los campos de RF con sistemas biológicos es la Tasa de Absorción Específica o Specific Absorption Rate (SAR) en inglés, la cual representa la energía por unidad de tiempo (potencia) absorbida por unidad de masa del cuerpo.

Su expresión:

$$SAR = \text{Watt} / \text{kg}$$

El SAR es la unidad dosimétrica usada para representar efectos biológicos y se usa también para definir el alcance de los límites de exposición.

Podemos decir que no solamente existen campos eléctricos y magnéticos con origen en fuentes artificiales, ya que los tenemos en la naturaleza y al alcance de las manos. Como ejemplo, el campo eléctrico estático en el ecuador es del orden de 120 V/m, el campo magnético tiene un valor de 30 microTesla, mientras que el campo magnético alcanza su valor máximo en los polos con un valor que ronda en los 70 microTesla.



## Límites de Exposición

Al igual que para las Radiaciones Ionizantes, para las RNI se han establecido límites de Exposición Ocupacional para trabajadores y el límite para el Público. El uso de RF y en particular de las RNI con fines médicos (diatermia, etc.) queda excluido de este análisis.

Los límites de exposición que se adoptan en esta publicación y que por otra parte han sido promulgados por el entonces Ministerio de Salud y Acción Social mediante la Resolución 202/95, han sido recomendados y propuestos en el Volumen I del “Manual de Estándares de seguridad para la exposición a Radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz”, Dirección Nacional de Calidad Ambiental, Secretaría de Salud.

La principal fuente consultada ha sido además la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (CIPRNI) y algunos estándares de seguridad de países avanzados en la materia (USA, Inglaterra, etc.).

### **Exposición Ocupacional**

El criterio para las personas expuestas por razones de trabajo toma como periodo 40 horas semanales (o en algunos casos breves periodos de exposiciones elevadas) y 50 semanas por año, debiendo ser informados claramente sobre los potenciales riesgos asociados con sus ocupaciones.

Los límites de exposición ocupacional se aplican a exposición corporal total y son función de frecuencia.

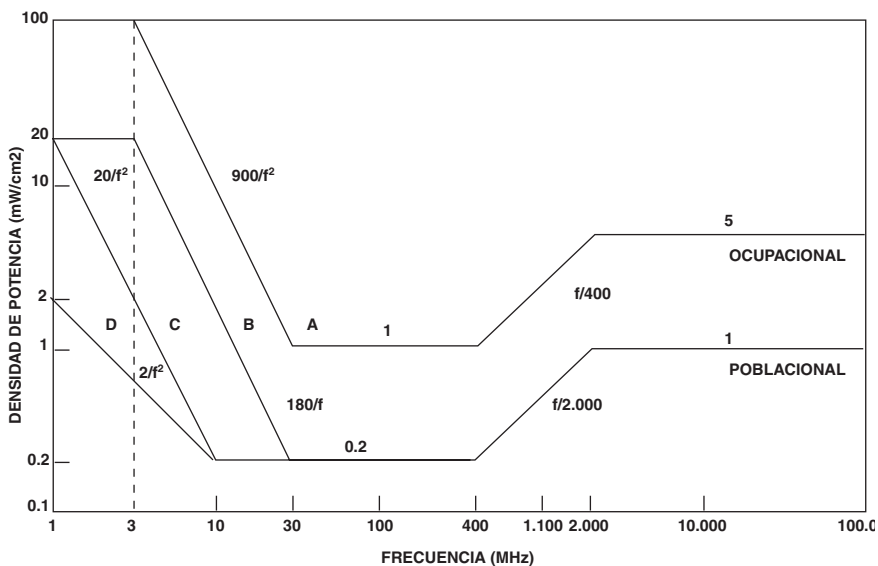
Estos límites de exposición ocupacional representan aproximadamente la densidad de potencia de una onda plana incidente necesaria para producir un SAR promedio de cuerpo entero de 0.4 W/kg.

La Tabla 2 curva (A) indica la densidad de potencia equivalente ( $mW/cm^2$ ) en función de frecuencia (MHz) para exposición ocupacional. En la misma se puede observar que el valor mínimo corresponde a 0,2  $Mw/cm^2$  que coincide con el rango de frecuencia donde el cuerpo humano se comporta como receptor ideal.

### **Exposición Poblacional**

La población en general que es obviamente mucho mayor que la población ocupacional a su vez puede correr otros riesgos y por lo general no puede ser controlada individualmente. En estos casos los niveles de exposición que se fijan son sensiblemente más bajos que los ocupacionales tomando como parámetro un quinto de ellos.

A diferencia de la Exposición Ocupacional, la Exposición Poblacional representa la densidad de potencia de una onda plana incidente necesaria para producir el SAR promediado para la masa corporal total de  $0.08 \text{ W/kg}$ . En la Tabla 2 anterior, las curvas (B, C, y D) también indican los valores de densidad de potencia en función de frecuencia para el público, donde las curvas C y D entrarían en vigencia con el aumento planificado de nuevas fuentes radiantes con un mayor nivel de exposición para el público.



## Legislación

Los autores de la publicación de referencia mencionada en este trabajo, **Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante, Volumen I, Manual de Estándares de Seguridad para la Exposición a Radiofrecuencias comprendidas entre 100KHz y 300GHz (A. Portela y otros)** han tomado como referencia principal para fijar los límites de exposición los estudios realizados por la entonces Dirección Nacional de Calidad Ambiental, Secretaría de Salud. Los mismos comprendieron la recopilación de los trabajos teóricos y experimentales realizados en el país y en el exterior.

A su vez y como ya se mencionó con anterioridad, las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección en Radiaciones No Ionizantes (CIPRNI), con sus guías de Exposición a Campos Electromagnéticos, publicadas en el año 1998, también fueron tomadas en cuenta.

La norma ANSI, 1974 recomendada por el Comité C-95 del Instituto

Nacional de Normas de USA fue la base práctica de ese documento en su primera etapa.

Más adelante y teniendo en cuenta la experiencia obtenida por los investigadores de Polonia, Checoslovaquia y Estados Unidos se fijan las recomendaciones actuales.

Basándose en todos estos trabajos científicos mencionados anteriormente, el Ministerio de Salud y Acción Social mediante la Resolución 202/95 adoptó los criterios y conclusiones establecidas y publicadas en el Manual de Estándares de Seguridad para la Exposición a Radiofrecuencias comprendidos entre 100 KHz y 300 GHz.

Los mismos representan una guía completa y actualizada de normas y recomendaciones en este tema. A su vez algunas provincias han hecho propia esta norma, como el caso de Santa Fe, adhiriéndose a la misma.

## Conclusiones y Recomendaciones

Como ya lo adelantamos en párrafos anteriores no hay ninguna duda que una de las áreas de mayor aplicación hoy día de las RNI dentro del espectro de RF es el de comunicaciones. En particular y dentro del subespectro de las MO la telefonía móvil ha atrapado la comunicación futura. La instalación de los sistemas irradiantes (antenas) y la fabricación de aparatos cada vez más sofisticados mueve uno de los rubros más dinámicos e importantes de la economía actual. Esto involucra el pago a los gobiernos de las licencias para la asignación del espectro necesario y el costo del desarrollo y construcción de nuevas redes para transportar los datos a alta velocidad. La tecnología de punta combinará Telefonía Móvil con Internet.

Simultáneamente aparece la inquietud a veces sin bases confiables y científicas de los probables riesgos de estas RNI sobre la salud de las personas. Así algunas publicaciones mencionan patologías como afecciones cerebrales, problemas nerviosos, dolor de cabeza, insomnio y hasta ciertos tipos de cáncer. Los estudios del tipo epidemiológico recabados hasta el presente aún no son suficientes para asegurar conclusiones definitivas. Basta citar las conclusiones en el año 1997 del Consejo Nacional de Investigación Americano (US National Research Council) que dice que las actuales evidencias e investigaciones a bajos niveles de exposición aún no demuestran que existe daño a la salud humana.

Si analizamos fríamente los niveles de potencia emitidos tanto por los

sistemas irradiantes, habitualmente ubicados por lo general a distancias respetables de los lugares de permanencia de la población y por otra parte a los teléfonos móviles con sus antenas incorporadas pero a pocos centímetros del cuerpo humano, todos éstos emiten con potencias mucho más bajas, en casi dos ordenes de magnitud, que por ejemplo las transmisoras de FM y las emisoras radiales convencionales.

Como ejemplo, algunos valores típicos (valor promedio) medidos a una distancia de 10 a 15 m de una celda (800 MHz) van de 0,001 a 0,005 mW/cm<sup>2</sup>. Si estos valores se comparan con los límites de exposición poblacional (f/2000 MHz) a esa frecuencia de 0,4 mW/cm<sup>2</sup>, fijados por las normas actualmente vigentes en nuestro país, observaremos que la exposición a la población debida a las emisiones de sistemas celulares es realmente muy baja.

24

A título de citar algunas Recomendaciones Internacionales en cuanto al manejo de ese riesgo tanto en la exposición al público como la ocupacional y del medio ambiente, mencionaremos tres aproximaciones:

Principio de precaución (Precautionary Principle)  
Una prudente posición (Prudent Avoidance)  
ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

Como resumen podemos decir que todas ellas tienden a asegurar que el beneficio obtenido por el uso de las RNI en sus diferentes aplicaciones, deberá estar muy por encima del posible riesgo debido a la exposición humana y del Medio Ambiente a esas radiaciones.

Más aún, la natural evolución de la tecnología en un futuro no muy lejano, asegurará una comunicación más rápida y de mejor calidad, con evidente beneficio para toda la humanidad y con niveles de potencia e irradiación aún más bajos que los actuales.

Como conclusión y recomendación puede afirmarse que no debe existir preocupación alguna mientras se respeten los niveles máximos de potencia admitidos por las normas vigentes.

## Bibliografía

- 1.) **Portela, A. y otros.**  
Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante.  
Volumen I, Manual de estándares de seguridad.
- 2.) **Portela, A. y otros.**  
Fundamental and Applied Aspects of Nonionizing Radiation.
- 3.) **Repacholi, M.H. y otros.**  
IRPA GUIDELINAS ON PROTECTION AGAINST NON-IONIZING RADIATION
- 4.) **Suess, M.J. y otros.**  
Nonionizing radiation protection
- 5.) **Organismo Internacional de Energía Atómica y otros.**  
Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.
- 6.) **National Institute of Environmental Health Sciences y U.S. Department of Energy.**  
Campos Eléctricos y Magnéticos Asociados con el Uso de la Energía Eléctrica.
- 7.) **Ministerio de Salud y Acción Social**  
Resolución 202/95
- 8.) **The Economist, October 14 – 20 th 2000**  
The big wireless gamble
- 9.) **Office of Global and Integrated Environment Health, WHO**  
International EMF Project
- 10.) **National Radiological Protection Board**  
Non – Ionizing Radiations
- 11.) **OMS / IRPA**  
Criterios de Salud Ambiental N° 16. Radiofrecuencias y Microondas.

“Es de destacar que no puede dejarse de mencionar al pionero en nuestro país que ha hecho posible que la investigación y conocimiento de los temas tratados en el presente trabajo han sido difundidos y publicados. Este mérito le corresponde al Dr. Adolfo PORTELA, Investigador Superior del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), incansable trabajador que además ha producido la publicación PROSPECCION DE RADIACION ELECTROMAGNETICA AMBIENTAL NO IONIZANTE, modelo y guía en esta materia.”

Ing. Jorge Skvarca





### **Dr. Juan Carlos Giménez**

*Doctor en Medicina.*

*Ex Profesor de Biofísica de las Facultades de Medicina de la UBA y Salvador, e Investigador de la Comisión Nacional de Energía Atómica.*

*Especialista en Radiopatología invitado por la International Agency Atomic Energy, y la Pan American Health Organization.*

*Profesor invitado en los cursos de posgrado de las Facultades de Medicina de la UBA y la Fundación Favaloro.*

*Gerente de Radiomedicina en Imerase Argentina.*

27

Aunque no es el significado habitualmente asignado, el término en Bioseguridad, en sí mismo, pretende redundar en la seguridad biológica de la exposición, al señalar como objetivo esencial, el de preservar la salud, mediante la continua actualización de los conocimientos sobre los riesgos biológicos de las radiaciones no ionizantes RNI.

Radiaciones no ionizantes RNI, son aquellas en las que la energía máxima del fotón no es superior a los 1,2 meV (mili electrón-volt), y cuya longitud de onda es mayor de 100 nm (nanómetro =  $10^{-9}$  m). Su espectro se extiende desde las muy bajas frecuencias (very low frequency) VLF, superior a 0 Hz (Hertz = ciclo/seg) hasta las radiaciones ultravioleta RUV, de 400 nm. La energía necesaria para alterar estructuras moleculares o romper sus ligaduras, es del orden de los 80 meV. Otro término de comparación, es la energía térmica molecular que a 30°C, es de 26 meV. Estas comparaciones han permitido calificar a las radiaciones electromagnéticas, como **radiaciones no ionizantes**.

Los campos electromagnéticos CEM se originan de fuentes naturales y artificiales. Las fuentes naturales, se generan de procesos tales como las descargas en la atmósfera terrestre; el sol y el espacio profundo, son las fuentes extraterrestres. Campos atmosféricos con frecuencias inferiores a 30 MHz, se originan en las tormentas. Sus características, intensidades y frecuencias, varían con la geografía

del lugar, hora del día, y estación del año. El espectro de emisión con mayor componente de amplitud tiene frecuencias comprendidas entre 2 y 30 KHz. El nivel del campo atmosférico, disminuye cuando aumenta la frecuencia. La dependencia geográfica es tal, que los más altos niveles son observados en las áreas ecuatoriales, y los más bajos en la polar. La tierra emite radiación electromagnética, (radiación de cuerpo negro), a una temperatura, diferente del cero absoluto. En el rango de RF, integrado hasta los 300 GHz, es de  $0,003 \text{ W/cm}^2$ , en tanto que el cuerpo humano emite un campo electromagnético hasta los 300 GHz, a una densidad de potencia de  $0,003 \text{ W/m}^2$ . Para una superficie corporal de  $1,8 \text{ m}^2$ , la potencia total irradiada es aproximadamente de  $0,0054 \text{ W}$ . La atmósfera, ionósfera y la magnetósfera blindan a la tierra de las fuentes extraterrestres de las RNI. Las ondas electromagnéticas capaces de atravesar el blindaje están limitadas a dos ventanas de frecuencia, una óptica y la otra que comprende las frecuencias de 10 MHz y 37,5 GHz. La RF de origen cósmico, medida con satélites, varía entre  $1,8 \cdot 10^{-20} \text{ W/m}^2/\text{Hz}$  a 200 KHz, y  $8 \cdot 10^{-20} \text{ W/m}^2/\text{Hz}$  a 10 MHz. La radiación solar, tiene tres tipos de emisión, una constante, de baja actividad durante largos períodos, la segunda produce cambios a largos plazos, entre los 500 MHz y los 10 GHz, el tercer tipo de emisión se origina en aisladas llamaradas o explosiones, cuya intensidad, excede la promedio, por un factor de 1000, con una duración que oscila entre segundos y horas. Excepto ésta última emisión solar, los riesgos de las fuentes naturales son muy bajos.

La creciente expansión científica, médica, industrial y en el hogar, de los equipos que generan RNI, crea preocupación sobre los posibles efectos sobre la salud, cuando su uso no es controlado. En los últimos años, el interés se ha concentrado sobre los eventuales efectos adversos que pueden ocasionar la exposición prolongada a los campos magnéticos de extremada baja frecuencia ELF, y las radiaciones de radiofrecuencia RF. Las ELF, son emitidas por aparatos eléctricos conductores de corriente alterna. La preocupación pública la ocasionan los campos de 50-60 Hz, que generan las líneas de alta tensión, aunque las exposiciones más intensas son las producidas por equipos de radar, hornos industriales, y la aplicación médica de diatermia, que generan RF. Los riesgos se limitan constantemente, con nuevos conocimientos sobre los posibles efectos biológicos. Así es como los nuevos conocimientos, determinan los cambios en las normas, que regulan la exposición. Estos son los fundamentos éticos, que facilitan la decisión para optimizar los beneficios de su uso.

Más de 25000 publicaciones científicas, producidas en los últimos 30 años, evalúan las aplicaciones y riesgos, vinculadas a la exposición a las radiaciones no ionizantes RNI.

En 1974, la International Radiation Protection Association, IRPA, formó un grupo de trabajo, para examinar los problemas vinculados con la protección contra los distintos tipos de RNI. Durante el Congreso del IRPA, realizado en París en 1977, éste grupo de trabajo se convierte en el International Non-ionizing Radiation Committee, INIRC. En cooperación con la Environmental Health Division de la World Health Organization, WHO, el IRPA/INIRC, desarrolla documentos sobre criterios de salud con RNI, como parte del WHO's Environmental Health Criteria Programme, promovidos por el United Nations Environment Programme, UNEP. Cada documento incluye una revisión sobre las características físicas, mediciones e instrumentación, fuentes, aplicaciones, efectos biológicos, y evaluación de los riesgos a la exposición a las RNI. Estos documentos, han constituido las bases de datos, para el posterior desarrollo de los límites de exposición y códigos de práctica relacionados con las RNI. En 1992, durante el Eighth International Congress del IRPA, se estableció como una nueva organización independiente, a la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP, sucesora de IRPA/INIRC, cuyas funciones son las de investigar los peligros asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar las directivas internacionales para los límites de exposición a las RNI, y tratar con todos aquellos aspectos vinculados con la protección a las RNI.

Los efectos biológicos resultantes de la exposición, particularmente a los campos electromagnéticos hasta los 300 GHz, han sido revisados por UNEP/WHO/IRPA, y han provisto las bases científicas de las recomendaciones internacionales.

Los efectos biológicos son el resultado de la interacción de las RNI con los sistemas biológicos, células, tejidos, órganos, parte o todo el cuerpo, cuyas características determinan la respuesta. De ahí, que es necesario definir los parámetros que caracterizan las RNI, como las observables biológicas del efecto.

La causalidad del efecto, no es sólo dependiente entre otros criterios, del grado de asociación entre las variables físicas y biológicas, sino también por su justificación a través del mecanismo de acción.

## **Definiciones y características básicas**

Para interpretar los posibles efectos adversos de los campos y radiaciones electromagnéticas, es necesario definir las propiedades físicas que las caracterizan.

El término **campo electromagnético**, CEM, se refiere a la combinación de campos eléctricos y magnéticos combinados, con frecuencias de hasta 300 GHz ( $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$ ).

**Campo eléctrico**, es el espacio que rodea a objetos cargados eléctricamente. Pueden ser estáticos, establecidos por cargas fijas, o variables en el tiempo, por voltajes alternantes. La intensidad de campo eléctrico  $E$ , se expresa en volt por metro,  $V/m$ .

**Campo magnético**, es el espacio que rodea a los conductores que transportan corriente eléctrica, objetos cargados en movimiento, y cuerpos magnetizados. Los campos magnéticos, pueden ser estáticos o variables con el tiempo. La intensidad del campo magnético se expresa en ampere por metro,  $A/m$ , y la densidad de flujo magnético, en Tesla  $T$ , o en Gauss  $G$ , siendo un  $G = 0,1 \text{ mT}$ .

**Radiaciones electromagnéticas**, son ondas de campos eléctricos y magnéticos acoplados. La intensidad de campo, es la densidad de potencia, expresada en vatios por metro cuadrado,  $W/m^2$ . Los campos electromagnéticos, pueden existir como campos cercanos o lejanos, respecto de la fuente. En el campo cercano, los campos eléctricos y magnéticos, son caracterizados separadamente. Sólo en el campo lejano existe, en forma de ondas. En la mayoría de los casos, el límite entre campo cercano y lejano, es de aproximadamente  $1$  longitud de onda. Debido a que los CEM de bajas frecuencias tienen longitudes de onda de miles de kilómetros, los campos eléctricos y magnéticos son siempre evaluados separadamente. Por el contrario, con frecuencias elevadas, tienen cortas longitudes de onda. La exposición humana, con altas frecuencias, ocurre siempre en el campo lejano, y no hay razones para considerar los campos separados.

**Extremada baja frecuencia**, (extremely low frequency) **ELF**, son las frecuencias inferiores a 300 Hz, siendo  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo/seg}$ .

**Muy baja frecuencia**, (very low frequency) **VLF**, son las frecuencias comprendidas entre 300 Hz y 100 KHz, siendo  $1 \text{ KHz} = 10^3 \text{ Hz}$ .

**Radiofrecuencia RF**, son las frecuencias desde 100 KHz hasta 300 GHz.

**Microondas**, son las RF, con frecuencias comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz, siendo  $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$ .

**Forma de onda**, describe los cambios de los campos eléctricos y magnéticos

con el tiempo. La mayoría de las fuentes, producen campos con la forma de onda sinusoidal, aunque algunas otras emiten ondas triangulares y rectangulares. Las ondas con alta tasa de cambio, expresadas, por ejemplo en  $\mu\text{T}/\text{seg}$ , inducen fuertes corrientes en los tejidos, y por lo tanto, pueden ser biológicamente más activas, que aquellas formas de onda con menor tasa de cambio.

**Modulación**, la RF es a menudo modulada por otra radiación, de menor frecuencia, para ahorrar energía o transportar información. Las formas de modulación más comúnmente usadas son la modulación de amplitud AM, y la modulación de frecuencia FM. En AM, la amplitud de la onda portadora es modulada por una señal de inferior frecuencia, por ejemplo la voz. Análogamente FM, implica modulación de la frecuencia que varía en su ancho de banda, alrededor de la frecuencia básica. Una forma de AM, es la modulación del pulso. Una radiación modulada por pulso, con alta intensidad y corta duración, es la emitida por radar, y la telefonía móvil digital, la telefonía móvil analógica, se basa en señales de FM.

### **Interacción de los campos eléctricos y magnéticos con las estructuras biológicas.**

Los efectos biológicos de los CEM, pueden ser **directos o indirectos**. Los **directos** resultan de la interacción con el cuerpo expuesto a la radiación electromagnética, en tanto que los **indirectos**, son una consecuencia de la interacción con un objeto externo metálico, y éste, a su vez, con el cuerpo humano, a diferentes potenciales eléctricos. El resultado del contacto, es un flujo de cargas eléctricas, acumuladas en el objeto o en el cuerpo, cuyas incidencias más conocidas son los casos de electrocución o de descargas estáticas.

### **Efectos indirectos.**

Una persona conectada a tierra, que toca un objeto metálico, en un campo eléctrico estático o de ELF, recibe una corriente, y experimenta un microshock. Si el objeto metálico se encuentra dentro de un campo de RF, la persona puede padecer un shock o quemaduras.

Hasta los 100 KHz de frecuencia, el flujo de corriente desde un objeto al cuerpo de una persona, produce la estimulación de músculos y nervios periféricos.

Cuando aumentan los niveles de corriente, las personas alcanzan el

umbral de percepción, luego dolor debido a quemaduras o al shock, incapacidad para desprenderse del objeto, dificultad respiratoria, y con intensas corrientes fibrilación ventricular cardíaca. Los valores umbrales para la ocurrencia de estos efectos, dependen de la frecuencia. El umbral más bajo se produce entre los 10 y 100 Hz. El umbral de respuesta de los nervios periféricos, permanece bajo, aún hasta frecuencias del orden de los KHz. Se puede prevenir la ocurrencia de estos efectos, con apropiadas medidas de ingeniería, controles administrativos, y el uso de vestimenta protectora personal.

Descarga de chispas, puede producirse, cuando una persona se aproxima a un objeto metálico, sometido a un diferente potencial eléctrico, aún sin tocarlo. El umbral de percepción de descargas de chispas, puede ser tan bajo como de 0,6 a 1,5 KV/m, en el 10% de las personas, aisladas de tierra, pero que han colocado la punta de uno de sus dedos cercano a un objeto conectado a tierra. Contacto con grandes corrientes, produce contracciones musculares. El 50 percentil del umbral, de ser incapaz de liberarse de un conductor cargado, ha sido estimado en 9 mA, con 50/60 Hz, 16 mA a 1 KHz, 50 mA a 10 KHz, y 130 mA a 100 KHz.

Los rangos de corrientes umbrales, para producir efectos indirectos con campos de hasta 100 KHz, estimados por la UNEP/WHO/IRPA, 1993, son:

Efecto indirecto	Umbral de corriente, en mA		
	50/60 Hz	1 KHz	100 Hz
Percepción al tacto	0,2 – 0,4	0,4 – 0,8	25 – 40
Dolor por contacto	0,9 – 1,8	1,6 – 3,3	33 – 55
Shock doloroso	8 – 16	12 – 24	112 – 224
Shock severo / dificultad respiratoria	12 – 23	21 – 41	160 – 320

Para determinar la corriente que circula en una persona, en un campo electromagnético, es importante considerar la impedancia del cuerpo humano, compuesta por las impedancias de las partes del cuerpo, a través de las cuales fluye la corriente.

Las personas que tienen marcapasos u otras prótesis magnéticamente sensibles, pueden recibir sobre estos dispositivos interferencias. Las investigaciones realizadas sobre la interferencias sobre dispositivos médicos implantados, recomiendan no exponerse a densidades de flujo magnético superiores a los 0,5 mT. Blindajes herméticos, circuitos que rechazan interferencias, y sensores

bipolares, han hecho relativamente inmune a los dispositivos médicos implantados, es decir, resistentes a las interferencias de CEM. Aunque breves exposiciones están exentas de inconvenientes, las prolongadas pueden ser riesgosas en los pacientes dependientes de marcapasos. La mayoría de las fuentes médicas son predecibles, no obstante, las ablaciones con catéteres de RF, y los estudios con resonancia magnética, requieren especiales precauciones.

## Efectos directos

La penetración de los campos eléctricos, con frecuencias inferiores a los 10 MHz, aumenta cuando dentro de ese rango de frecuencias, ésta aumenta. El campo eléctrico interno de una persona, que se encuentra debajo de una línea de tensión de 50 Hz, es un millón de veces más débil, comparada con la intensidad del campo eléctrico externo. En cambio los campos magnéticos de baja frecuencia, no son atenuados por los tejidos, de modo que las intensidades internas y externas de los campos magnéticos son iguales.

La absorción de energía de los CEM en el cuerpo, es mayor dentro del rango de resonancia, que varía entre 30 y 300 MHz. La resonancia implica un significativo aumento en la absorción de energía por unidad de energía incidente, cuando la longitud de onda incidente es comparable a las dimensiones del cuerpo. Más pequeño es el cuerpo, más alta es la frecuencia de resonancia. Esta resonancia ocurre, cuando la longitud del cuerpo es de aproximadamente 0,4 veces la longitud de onda incidente. Para la cabeza humana, asumiendo una longitud de 20 cm, el pico de la resonancia se produce a los 600 MHz. Una parte del cuerpo tan heterogénea como la cabeza, puede tener también una resonancia en capas (piel, grasa, hueso, meninges, líquido cefalorraquídeo, y cerebro), un efecto que origina un aumento en la transmisión de la energía. Sin embargo, como la frecuencia aumenta la atenuación, se vuelve más importante reducir el efecto de cualquier resonancia de capa, resultando un aumento en el depósito superficial de energía. De allí, la preocupación, estudiada entre otros por P. J. Dimbylow y O. P. Gandhi, 1991, por el depósito de energía en la cabeza, particularmente, en los ojos y el cerebro, con RF y microondas.

Con frecuencias superiores al rango de resonancia, los CEM penetran en el cuerpo, como ondas electromagnéticas, más que como separados campos eléctricos y magnéticos.

En el rango de frecuencias de las microondas, la profundidad de penetración de las ondas electromagnéticas, disminuye cuando aumenta la frecuencia.

## Inducción de corriente eléctrica

Tanto los campos magnéticos como los eléctricos, inducen corrientes eléctricas en los tejidos como en la materia inerte. La magnitud de la corriente inducida, aumenta con la frecuencia, y depende en forma compleja de distintas variables, como el tamaño y forma de los organismos, su orientación en el campo, así como también del tamaño y localización de la fuente.

## Generación de Calor

Las corrientes inducidas en los tejidos generan calor. Un objetivo de los límites de exposición recomendados para regular a las RF es la de limitar la cantidad de calor producido localmente o en todo el cuerpo.

La tasa de absorción específica, (specific absorption rate) SAR, es la cantidad que describe la potencia de absorción de los CEM, en los tejidos, expresados en vatios por kilogramo, W/Kg. Debido a las más intensas corrientes inducidas, la absorción de calor es mayor con RF, que con otras más bajas frecuencias. Por estas razones, los efectos biológicos de las RF, se basan en el aumento de la temperatura en los tejidos, son los llamados efectos térmicos. Un número de factores en la vida diaria, aumenta la carga de calor, tales como la elevada temperatura ambiental, la radiación solar, y el metabolismo basal y del ejercicio. En personas sanas, la producción de energía puede alcanzar los 3 a 6 W/kg. En la mayoría de los individuos, el sistema termorregulatorio puede remover calor del cuerpo a estas tasas, por prolongados períodos de tiempo. Las investigaciones teórico-prácticas, estiman que la exposición ambiental, en reposo, de todo el cuerpo, con un SAR de 1 a 4 W/kg, durante 30 minutos, produce un aumento de temperatura de menos de 1°C. Una revisión de datos obtenidos en experimentos con animales, indica que dentro del rango comprendido entre 1 y 4 W/kg, se encuentra el umbral para respuestas de comportamiento. Por ello, se propuso un límite de exposición ocupacional para RF de 0,4 W/kg, que deja un considerable margen de seguridad para otras actividades, como las elevadas temperaturas ambientales, la humedad, y la actividad física. En niños, ancianos, y pacientes que toman cierta medicación, la capacidad termorregulatoria es mucho menor, razón por la cual la tolerancia a efectos combinados de la RF y las elevadas temperaturas y actividades físicas, son menores. Por estas consideraciones, se ha recomendado para la población, una menor exposición a las RF, con un SAR de 0,08 W/kg, que tiene un factor adicional de seguridad. En caso de producirse, una elevada sobreexposición accidental local, por ejemplo, en el área ocupacional, puede originarse una quemadura. En tales circunstancias, el SAR puede ser tan



elevado, que hace que la transferencia de calor sea insuficiente, desnaturalizando proteínas. Para evitar situaciones similares, se recomienda, (ICNIRP) que el SAR no exceda los  $2\text{ W}/100\text{ g}$ , en las extremidades, y  $1\text{ W}/100\text{ g}$ , en cualquier otra parte del cuerpo. El ojo necesita una consideración especial, por lo que se ha propuesto  $100\text{ mW}/10\text{ g}$ .

Por el contrario, se denominan efectos atérmicos, aquellos en los que se produce una carga de calor, pero en los que el sistema termorregulatorio corporal, es capaz de mantener su temperatura nominal. La existencia de los efectos atérmicos es un tema de debate, pues aún no hay acuerdo, sobre los mecanismos que pueden explicarlos.

### **Estimulación de tejidos excitables**

Si las corrientes inducidas son suficientemente intensas, el voltaje sobre la membrana celular puede causar la estimulación de las células nerviosas y musculares. La intensidad del campo umbral necesario para inducir la estimulación aumenta, cuando también aumenta la frecuencia. Con bajas frecuencias, el umbral de estimulación eléctrica es más bajo, que para significativos aumentos de calor en los tejidos. Las densidades de corriente endógenas en el cuerpo, son de hasta  $10\text{ mA}/\text{m}^2$ , aunque pueden ser más altos, durante ciertas funciones.

Se pueden establecer las siguientes relaciones entre densidades de corriente y efectos biológicos resultantes de exposiciones en todo el cuerpo a campos de 50/60 Hz: 1. mínimos efectos, a veces, con  $1\text{ a }10\text{ mA}/\text{m}^2$ ; 2. efectos evidentes visuales y sobre el sistema nervioso, con  $10\text{ a }100\text{ mA}/\text{m}^2$ ; 3. Posibles daños por estimulación de tejidos excitables, con  $100\text{ a }1000\text{ mA}/\text{m}^2$ ; y 4. pueden producirse extrasístoles y fibrilación ventricular con más de  $1000\text{ mA}/\text{m}^2$ .

Con centenares de KHz, se afecta la excitabilidad eléctrica de las células nerviosas y musculares. Los umbrales para la estimulación de los tejidos excitables no sólo dependen de la densidad de potencia y la frecuencia, sino también de la forma de onda.

### **Efectos de campos electromagnéticos débiles**

Algunos efectos de los CEM, se han postulado como que ocurren a tan

bajas intensidades, que no pueden ser explicados por la absorción de calor, ni por estimulación de las células excitables. Un argumento formulado contra los posibles efectos sobre la salud de las ELF, es que los campos inducidos son más débiles aún, que el "ruido eléctrico" presente en los tejidos. Aunque varios mecanismos han sido propuestos, ninguno ha sido aceptado.

## **Carcinogénesis de campos electromagnéticos de ELF**

El posible efecto carcinogénico se ha evaluado a través de tres tipos de estudios, (Juutilainen, S. Lang, 1997): 1. In vitro, es decir en cultivo de células, en los que se pueden controlar variables biológicas, para estudiar mecanismos de acción; 2. en animales de laboratorio, para extrapolar luego los resultados a nivel humano; y 3. epidemiológicos, que investigan la asociación entre el riesgo de ciertos tipos de cáncer, y la exposición ocupacional y ambiental a los CEM. Para cada tipo de estudio, se hicieron revisiones de numerosos trabajos, para evaluar relaciones básicas, consistencia y plausibilidad de la eventual asociación entre exposición y cáncer. La extrapolación de los estudios experimentales es compleja debido a que las exposiciones son muy superiores a las registradas a nivel humano.

No hay suficientes evidencias de que la exposición a CEM inicie la carcinogénesis. Algunos estudios, parecen sugerir que la exposición actuaría como un cocarcinógeno en combinación con conocidos genotóxicos, lo cual no aclara la incertidumbre causal de los CEM.

En conclusión, se considera que las evidencias son insuficientes, por lo que hay necesidad de otros estudios, con bien definidas condiciones de exposición.

## **Efectos teratogénicos y reproductivos de los campos electromagnéticos de ELF y VLF**

La revisión de los trabajos publicados, indican que la exposición durante la gestación, no ejerce efectos manifiestos durante el desarrollo embrionario. Incluso, algunos efectos calificados como leves, tales como la disminución del peso fetal, y cambios durante el desarrollo postnatal, entre otros, tampoco han sido evidentes. Luego de la exposición paterna, previa a la fecundación, no se han observado efectos, tal como se insiste en la exposición a otros agentes, como las radiaciones ionizantes.

Se considera que serían convenientes, más estudios epidemiológicos, con suficiente número de personas, que hayan padecido, más altos niveles de exposición, para precisar los riesgos. Se postula también, realizar estudios experimentales sobre posibles efectos coteratogénicos, con conocidos teratógenos.

## **Efectos genéticos de campos electromagnéticos de ELF**

La mayoría de los trabajos publicados concluyen en que los CEM de ELF, no son capaces de generar directamente efectos genéticos, aunque algunos pocos sugieren potenciales cambios en algunos sistemas biológicos. Así es como, se publicaron mutaciones en el gene de la enzima HGPT en células del melanoma humano, expuestos a campos de 50 Hz y de 400 mT, en condiciones de exposición que no se han registrado en los niveles ocupacionales ni ambientales. Tampoco se observaron aberraciones cromosómicas, intercambio de cromátidas hermanas, índices de replicación y micronúcleos en linfocitos de sangre periférica, en personas expuestas durante tiempos prolongados a CEM de 50 Hz. Algunos pocos estudios, no obstante, han considerado la posibilidad de que los CEM de ELF, aumenten la acción genotóxica de las radiaciones ionizantes y algunos tóxicos químicos. En conclusión, la mayoría de las investigaciones parecen coincidir en que las exposiciones a los CEM de ELF, no son agentes probablemente causales de efectos genotóxicos.

## **Efectos de las radiaciones de Radiofrecuencia RF**

Una amplia revisión de la literatura sobre efectos genotóxicos, carcinogénicos y teratogénicos, sugieren que exposiciones no térmicas, no inducen daño (L. Verschaeve, A. Maes, 1997). Algunos resultados inducen a mayores investigaciones, particularmente sobre efectos sinérgicos, con otros agentes físicos y químicos. Aunque algunos estudios, sugieren una asociación positiva del aumento del riesgo de cáncer, en quienes han tenido una alta exposición a las RF, los resultados se consideran inconsistentes, debido a fallas de diseño, imprecisas mediciones de la exposición, y limitaciones en el control de factores relevantes.

## **Mutaciones**

Las RF, no son directamente genotóxicas, excluyendo los efectos por excesivo calentamiento de los tejidos.

Se han postulado diversas hipótesis, sobre el mecanismo mutagénico de las RF, tales como: 1. excitaciones giratorias colectivas de cadenas moleculares, que alteran la conformación molecular, su capacidad para funcionar, e incluso su ruptura, fenómenos aún no confirmados; 2. errores de replicación y/o perturbación de los sistemas de reparación, que pueden ocurrir durante la exposición, en la fase S, del ciclo celular; 3. alteración de los sistemas enzimáticos implicados en la reparación del ADN, facilitando la formación de fracturas en las cuerdas del ADN. Se suele considerar, que tanto la ELF como RF, son improbables agentes genotóxicos. Las energías cuánticas de los CEM, son débiles para dañar el ADN.

## Fisiopatología

38

El calor es la peor consecuencia de la exposición a las RF. En exposiciones no controladas y de intensidades elevadas, el incremento de temperatura produce aumento del trabajo cardíaco, elevado flujo de sangre en piel y abundante transpiración. El aumento de la temperatura, también se asocia, entre otros varios cambios fisiológicos a una disminución de la función mental. Con elevados SAR, la exposición puede resultar en colapso circulatorio, y pérdida del control termorregulatorio, que en circunstancias extremas es fatal.

Los más sensibles indicadores de daño, han sido los experimentos sobre el comportamiento de animales. No se han observado efectos, en exposiciones agudas en todo el cuerpo, con un SAR promedio, inferior a los 4 W/Kg. De allí surgió la recomendación de aplicar un límite a la exposición prolongada de 0,4 W/Kg, diez veces inferior al umbral de no daño observado. Se supone que los posibles efectos se deberían a la tasa de depósito de energía, de acuerdo a la relación entre la energía absorbida, el aumento de temperatura, y los mecanismos termorregulatorios. Las investigaciones sobre exposiciones a RF localizadas, han concluido que temperaturas de hasta 38°C, en la cabeza, y en el embrión y feto, durante el desarrollo, 39°C en el cuello y tronco, así como 40°C, en las extremidades, es improbable que generen daño. Las temperaturas localizadas, no exceden estos valores, si el SAR máximo en la cabeza y el feto, en una masa de 10 g, son inferiores a 10 W/Kg, si en 100 g del cuello y tronco no superan los 10 W/Kg, y en 100 g de masa de las extremidades son inferiores a los 20 W/Kg. La respuesta termoregulatoria, difiere entre las distintas especies. La predicción del aumento de temperatura corporal en distintas especies bajo comparables condiciones de exposición, debe considerar diferencias fisiológicas. Parámetros físicos equivalentes de exposición, como la determinación del SAR en animales y humanos, no produce necesariamente

similares respuestas biológicas.

Inicialmente, se consideró que a pesar de la similaridad de los efectos biológicos observados, los mecanismos biofísicos primarios producidos por los CEM, pueden ser diferentes debido a las distintas bandas de frecuencia y longitudes de onda. Así es como se han formulado algunas hipótesis de que los campos de amplitud modulada, ocasionarían efectos específicos, postulaciones que aún no se han demostrado. Aunque no se lo considera un daño, el efecto auditivo, se lo puede evitar en personas con normal audición, si un pico de absorción de energía específica a 2,45 GHz, durante 30  $\mu$ seg, es menor de 10 mJ/Kg.

### **Mecanismos no genotóxicos**

Actualmente se plantea, ¿cuáles pueden ser las etapas, a través de las cuales los CEM, pueden inducir alteraciones sobre la reproducción, desarrollo y carcinogénesis?

Se postula que diversos eventos celulares y moleculares, ligados a la maquinaria del ciclo celular, pueden indirectamente aumentar la probabilidad de daño inducido a través de: 1. efectos sobre la transducción de señales y del flujo de calcio intracelular; 2. modificaciones en la expresión de los genes y la síntesis proteica; 3. cambios en la actividad de la enzima ornitina decarboxilasa ODC; 4. perturbación en la proliferación celular y comunicación intercelular; 5. interacción con radicales libres; y 6. disminución en los niveles circulantes de la hormona melatonina, que daña su rol anticarcinogénico.

### **Conclusiones**

Un gran número de trabajos experimentales y epidemiológicos, se han realizado para establecer los posibles efectos sobre la salud de la exposición a los campos electromagnéticos. En las formas actuales de exposición, con recomendaciones internacionales, sobre límites de exposición, no hay ninguna evidencia de efectos agudos. La discusión reside en la exposición a campos de baja intensidad en forma prolongada, cuya capacidad de interacción a nivel molecular, celular y sistémico, puede asociarse con la mutagénesis, teratogénesis y carcinogénesis. Crítica revisión de estudios recientes (M. Elwood, 1999), han evaluado asociaciones, entre probables exposiciones a RF y cánceres en

humanos. Estos estudios incluyen tres investigaciones de clusters, pequeños grupos, y cinco estudios sobre poblaciones, que consideran el lugar de residencia en el momento del diagnóstico de cáncer, en relación de proximidad a transmisiones de radio y televisión. Se analizaron además, otros cinco relevantes estudios ocupacionales, y varios informes de estudios casos-control, de tipos particulares de cáncer. **No hay ningún estudio en que el cáncer haya sido consistentemente asociado con la exposición a las RF.** La evidencia en ellos es débil, en relación a su inconsistencia, el diseño, la falta de precisiones sobre las exposiciones, y las limitaciones para tratar otros factores relevantes. No hay evidencias de que los campos electromagnéticos produzcan daño directo sobre la molécula "blanco" (el ADN y/o la membrana celular). No hay un mecanismo biofísico de interacción aceptado, que explique los efectos de campos débiles, sin violar los principios básicos actualmente aceptados. Estas dificultades han hecho pensar que los efectos, si se producen, ocurren con baja frecuencia.

La incertidumbre sobre efectos con niveles de exposición no controlados, durante tiempos prolongados, es aún un problema, para casi todos los agentes físicos y químicos.

Ante estas circunstancias, se podría recordar un pensamiento de Paracelso vinculado a la incertidumbre que nos preocupa: "En todas las cosas hay un veneno. Depende de la dosis que algo sea un veneno. Aquello que redunde en beneficio del hombre, no es un veneno. Sólo lo que no está a su disposición, y lo injuria es un veneno".

# NORMAS DE PROTECCION AMBIENTAL EN RADIACIONES NO IONIZANTES

---

**Dr. Federico J. Iribarren**

*Director del Instituto de Medio Ambiente de la  
Fundación Novum Millenium.*

*Asesor legal de la Secretaría de Desarrollo  
Sustentable y Política Ambiental.*

## **I.- NORMAS EXTRANJERAS COMPARADAS**

### **a) Evolución histórica de las normas comparadas**

Históricamente, los primeros efectos de las radiofrecuencias fueron evaluados a raíz de determinadas actividades militares, particularmente, el efecto de los radares sobre personas que actuaron en la Segunda Guerra Mundial e inicios de la denominada Guerra Fría. Como consecuencia de estos estudios, comenzaron a adoptarse estándares de protección, en cuya evolución pueden distinguirse tres etapas.

En una primera etapa, países como Estados Unidos, Canadá y Suecia adoptaron estándares de protección ocupacional de una media de 10 mW/cm<sup>2</sup> para exposición continua, limitando los períodos de exposición a medida que aumentaba la tasa de energía absorbida.

Por su parte, la ex URSS adoptó estándares de protección severísimos, imposibles de cumplir para sus radares militares; mientras en alguno de sus países satélites la adopción de estos parámetros tuvo un acatamiento dispar.

No es sencillo encontrar una explicación a la severidad de los estándares adotados por la ex URSS, máxime tratándose de un país en el que sus centrales térmicas a carbón han contaminado pueblos enteros, que redujo la extensión original del Mar Aral a un tercio por inadecuadas prácticas de riego o que por deficiencias en sus producción y distribución de gas, es responsable del 15% de los venteos de esta sustancia a nivel mundial.

Podría sostenerse que el propósito era instalar una aversión popular

para evitar la instalación de radares estadounidenses, pero son sólo conjeturas.

En una segunda etapa, a partir de 1982, como consecuencia de la realización de distintos estudios, estos estándares comenzaron a fijarse en forma más estricta, hasta arribar a las medidas de protección actuales.

Finalmente en una tercera etapa, con el avance del derecho ambiental internacional, comenzó a introducirse el principio precautorio, en cual la falta de certeza científica absoluta en un tema complejo como es los impactos de las radiofrecuencias en la salud humana, no debe resultar óbice para adoptar las medidas de protección adecuadas. De este modo, se introduce un principio más filosófico que técnico para justificar la adopción de parámetros más ajustados.

### **b) Normas de seguridad vigentes en la actualidad**

Actualmente, las normas de seguridad existentes a nivel internacional, son en general similares y homogéneas y poseen un coeficiente de protección para exposición ocupacional 10 veces inferior a los umbrales de efectos potencialmente adversos sobre la salud, y 50 veces inferior para exposición poblacional, lo que permite adoptar estándares de reconocida seguridad. En el cuadro que figura como Anexo I, se puede visualizar un cotejo de los estándares a nivel comparado.

## **II.- NORMAS NACIONALES**

Es necesario destacar que en la Argentina, existen una cantidad de regulaciones ambientales a nivel sectorial, aunque se carece de una ley nacional de política ambiental general, y en ese marco, se adolece también de una ley de presupuestos mínimos de EIA (Evaluación de Impacto Ambiental), que fuese aplicable en forma subsidiaria a estos impactos.

Por ello, en términos generales y con las salvedades que se exponen a continuación, no existen normas vigentes que establezcan estándares de exposición mínima a nivel poblacional, menos aún, una ley nacional que obligue a evaluar estos impactos.

### **a) Exposición ocupacional**

El Decreto 351/79, reglamentario de la Ley 19.587 de Seguridad e



Higiene en el Trabajo, en su Anexo A, Título IV (Condiciones de Higiene en los Ambientes Laborables), trata en el Capítulo 10 lo relativo a radiaciones.

En lo que concierne a las frecuencias de los sistemas de telefonía móvil, su art. 63 establece que las exposiciones laborales máximas a microondas en la gama de frecuencias comprendidas entre 100 MHz y 100 GHz, para niveles de densidad media de flujo de energía que no superen  $10 \text{ mW/cm}^2$ , el tiempo total de exposición se limitará a 8h/día (exposición continua), en tanto hasta  $25 \text{ mW/cm}^2$ , la exposición se limitará a un máximo de 10 minutos en cada período de 60 minutos durante la jornada de 8 horas (exposición intermitente). Para niveles superiores a  $25 \text{ mW/cm}^2$ , no se permite la exposición.

De este modo, el máximo permisible en las normas nacionales es varias veces superior a los estándares corrientes internacionales, aunque es justo recordar que la Armada y la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. y el Comité C-95 del ANSI, aconsejaban estos valores de densidad de potencia hasta 1982; los primeros autorizaban exposiciones aún superiores en cortos períodos de tiempo. Es altamente probable que los estándares nacionales vigentes (el decreto data de 1979) hayan seguido el modelo mencionado.

Otros estándares sobre exposición ocupacional se encuentran en la Resolución 202/95 del Ministerio de Salud; por la cual se aprueba el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a Radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz.

Sin embargo, respecto de dicha norma (*tal vez la única a nivel nacional que pretende regular de modo completo la exposición a radiofrecuencias no ionizantes*) es preciso mencionar algunas circunstancias que la hacen de difícil aplicabilidad, toda vez que la misma no cumplió con el requisito de su publicación para adquirir eficacia y vigencia; de hecho, su aplicación es referencial y voluntaria, no obligatoria.

### **b) Exposición poblacional**

No existen a nivel nacional estándares de exposición poblacional, más allá de lo que prevé el Manual que contiene el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a Radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz; por esta razón, resulta imperiosa su pronta entrada en vigencia.

Este Manual establece que la exposición poblacional de campos electro-

magnéticos de radiofrecuencia por encima de 10 MHz y hasta 300 GHz no debe exceder de un SAR promedio para cuerpo entero de 0,04/0,08 W/kg, resultante de promediar todos los valores medidos resultante de promediar todos los valores medidos en cualquier período de 6 minutos y sobre la masa corporal total; o bien un SAR de 0,4/0,8 W/kg en forma localizada en una determinada región de la masa corporal (excepto ojos y testículos).

Para exposición ocupacional, los valores deben elevarse a 0,4 y 4 W/kg, respectivamente para un SAR "cuerpo entero" y un SAR "localizado".

### **c) Fundamentación de los diferentes niveles de protección**

Resulta importante establecer las razones de la distinción entre las denominadas exposición poblacional y ocupacional. Básicamente, las normas de higiene ocupacional tienen el propósito de proteger a personas sanas expuestas en condiciones vigiladas o controladas, conscientes del riesgo que ello implica y bajo vigilancia médica, pautas no resultan aplicables a la exposición poblacional, la cual se puede dar en ambientes y con períodos de exposición incontrolados, entre otras variables adversas.

En segundo lugar, es importante tener en cuenta dos aspectos: como vimos en el apartado anterior, conforme las normas ANSI/IEEE el concepto de exposición ocupacional no es aplicable a trabajadores no directamente relacionados con la actividad generadora de radiofrecuencias; asimismo dichas normas en lugar de hacer mención a exposición "ocupacional" como más permisiva que la "poblacional", distinguen ambientes controlados de ambientes incontrolados, fijando estándares más estrictos para estos últimos. Esta terminología se advierte más adecuada.

## **III.- CARACTERÍSTICAS INGENIERILES Y FUNCIONAMIENTO DE LAS ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL Y SUS ESTRUCTURAS**

### **a) Aspectos generales**

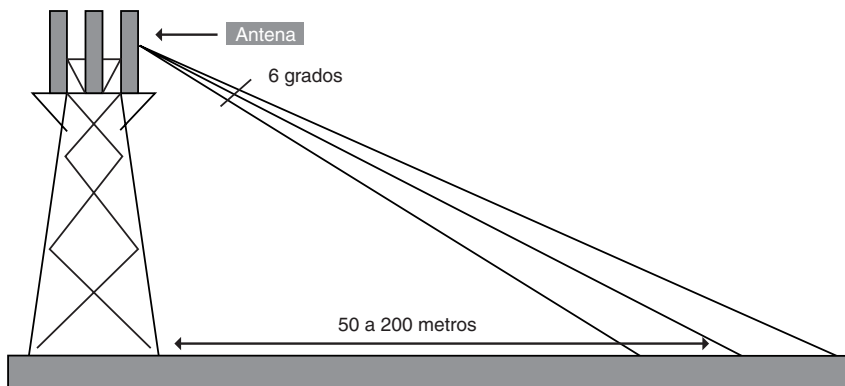
Los mástiles soporte de los sistemas de antena, están constituídos por estructuras metálica galvanizadas o reticuladas. Son autosoportadas en general, sin riendas de sujeción, ello debido a que estos conductores pueden distorsionar los campos de potencia emitida, y pueden estar montadas con distintas características:

de a una antena (direccionales), o bien de 3, 6 o más (omnidireccionales).

En otros países, llegan a instalar hasta un 70% en estructuras preexistentes, como azoteas, tanques de agua, etc. Si bien en la Argentina no existe un relevamiento específico, no podría afirmarse que ocurra una situación similar.

Las antenas de estación base que dan servicio a una macrocelda suelen estar a una altura de 10 a 30 metros del nivel del suelo, en zonas urbanas usualmente localizadas en la azotea de edificios, o en sus laterales; no obstante, existen estructuras que pueden alcanzar la altura de hasta 75 metros.

En una disposición típica cada torre tiene 3 antenas y cada una transmite en un sector de 120 grados, de modo que la transmisión es omnidireccional, aunque en las ubicadas en los laterales de edificios son antenas direccionales. La mayoría de la potencia de cada antena es emitida en un lóbulo principal de 6 grados, alcanzando el nivel del suelo entre los 50 y los 200 metros, tal como se observa en el figura 1.



## b) Funcionamiento

El funcionamiento de las antenas de telefonía móvil, no genera los impactos ambientales usuales de otros proyectos de infraestructura, como la emisión de contaminantes del aire, agua o el suelo, o la degradación y otros recursos naturales, limitándose sus efectos potenciales básicos al impacto sobre la salud humana y visual.

En términos generales, se puede afirmar que la energía irradiada por las antenas, no superan los dos o tres metros de su área de influencia real a nivel del suelo, pudiendo ser menores en función de la altura de la antena, la potencia que irradie y la visibilidad de la zona.

Significativamente, el área de influencia de la antena desde la potencia irradiada no supera los tres metros alrededor de su base; por otra parte, la potencia decrece en forma exponencial (*la inversa del cuadrado de la distancia*). La mayor densidad demográfica no eleva la potencia irradiada, aunque debe evaluarse la distribución de determinados grupos de riesgo.

### **c) Mediciones y estudios realizados**

En lo que concierne a las mediciones efectuadas, las mismas arrojaron valores sustancialmente inferiores a los estándares de seguridad internacionales vigentes.

Estudios realizados por la Comisión de Comunicaciones Federales estadounidense (FCC), arrojan resultados que dan que la máxima medición a nivel de tierra en la base de una torre de 45 metros dio 0,002 mW/cm<sup>2</sup> para los 96 canales, emitiendo 1000 w ERP por canal con el sistema trabajando a pleno.

El máximo nivel de radiación a nivel de piso se encuentra entre los 1-25 metros de distancia de la base de la torre. Otros puntos medidos a 90 metros de la torre son considerablemente bajos (0,0001 mW/cm<sup>2</sup> para los 96 canales).

Mediciones similares efectuadas para torres más altas dieron valores más bajos. Las mediciones muestran que la densidad de potencia a distancias mayores de 60 metros de la torre, para estaciones bases con antenas direccionales y omnidireccionales es del orden 0,010 mW/cm<sup>2</sup> incluyendo los puntos del lóbulo principal.

Debido a la atenuación de los edificios, los niveles de densidad de potencia cercanos a los edificios son entre 10 – 100 veces menores que el emitido, ello depende del tipo de edificación. Así los máximos niveles dentro de los edificios cercanos a la estación base (45 metros) están entre 0,0002 y 0,00002 mW/cm<sup>2</sup>.

Medidas realizadas directamente en antenas omnidireccionales de 6 canales montadas en la terraza del edificio dan valores de densidad de potencia del orden de 1 mW/cm<sup>2</sup> a una distancia de 3 metros de la antena, y del orden de 0,010 mW/cm<sup>2</sup> para distancias más allá de los 50 metros.

En lo que concierne a las mediciones existentes, señalan investigadores como Moulder (3), que una antena de estación base de SCP y/o celular, instalada a 12,2 metros por encima del suelo y funcionando a la máxima intensidad posible, podría producir una densidad de potencia de hasta 0,02 mW/cm<sup>2</sup> en el

suelo cerca del emplazamiento de la antena; pero las densidades de potencia a nivel de suelo generalmente estarán en el rango de 0,0001 a 0,005 mW/cm<sup>2</sup>.

Como puede observarse, estas densidades de potencia están muy por debajo de todas las normas de seguridad, y las propias normas están muy por debajo de los niveles donde se ha observado peligros potenciales.

En una distancia menor a 150 metros del emplazamiento de la antena, la densidad de potencia puede ser mayor en sitios más elevados que la base de la antena (por ejemplo, en el segundo piso de un edificio o en una colina), pero incluso con múltiples antenas, y con antenas tanto de telefonía celular como de SCP en la misma torre, las densidades de potencia estarán por debajo del 2% de las recomendaciones para todas las alturas y distancias a partir de 50 metros del emplazamiento de la antena.

A partir de 150 metros del emplazamiento de la antena, la densidad de potencia no se incrementa al aumentar la elevación.

En lo que respecta a ambientes cerrados, la densidad de potencia en el interior de un edificio será de 3 a 20 veces más baja que en el exterior. En términos generales, las medidas muestran que la intensidad de la señal en el interior de un edificio está entre el 5% y el 40% del nivel medido fuera, en la calle. En general, la atenuación de la señal es mayor a nivel de suelo que según se asciende por el edificio, y la atenuación es menor a frecuencias altas (SCP) que a frecuencias bajas (teléfonos celulares).

Otras mediciones de densidad de potencia alrededor de estaciones base de telefonía móvil, se realizaron en antenas de baja ganancia de 1.600W (ERP) instaladas en torres entre 36 y 76 metros de altura. La máxima densidad de potencia en el suelo era 0,002 mW/cm<sup>2</sup>, y se podía percibir a una distancia de entre 15 y 60 metros de la base de las torres.

A menos de 90 metros de la base de las torres, la densidad de potencia media estaba por debajo de 0,001 mW/cm<sup>2</sup>.

Como un último ejemplo, en Vancouver en una escuela con una antena montada en el tejado, los niveles más altos que se midieron (25 veces menos que las normas del Código de Seguridad 6 canadiense) estaban en el tejado. En el nivel de tierra alrededor de la escuela, los niveles de RF máximos medidos estaban

230 veces por debajo de las normas actuales. Los niveles interiores eran incluso inferiores (4.900 veces por debajo del límite).

En conclusión, la medición y los cálculos verifican que la densidad de potencia de una antena de estación base, a los que puede estar expuesto el público no son significativamente diferentes de los niveles de RF de fondo producidos por estaciones de radio y TV que se encuentran dentro de los márgenes reglamentados. Basado en esta comparación, la potencia radiada por la estación base de telefonía celular es segura para población en general.

#### **d) Efectos adversos sobre la salud**

En lo que respecta a los efectos sobre la salud de las radiofrecuencias, es común distinguir entre térmicos y los efectos no-térmicos. Respecto de los primeros, los niveles a los que el público general es expuesto varios miles de veces inferiores a aquellos en que ocurren cambios térmicos usuales, tales como cataratas, esterilidad masculina, etc.

En cuanto a los efectos no térmicos (*primordialmente carcinogénicos*), la mayoría de los experimentos han apuntado a estudiar los efectos de seres vivos sometidos a una radiación en los umbrales de la tasa de absorción máxima de energía permitida para un cuerpo humano.

En tal sentido, se han informado varios efectos biológicos, sin efectos significativos sobre la salud. Sin embargo, los principales efectos están orientados a acreditar daño genético o a una incidencia en la generación de tumores o la proliferación de células cancerosas en tumores preexistentes, estudios que en la casi totalidad de los casos arrojaron resultados negativos.

Las conclusiones que se extraen del trabajo en torno a los efectos sobre la salud, son básicamente las siguientes:

- Existe una absoluta falta de evidencia científica concluyente, mucho mayor incluso a la existente en torno a los campos que generan las líneas de transmisión eléctrica; en tal sentido, estos resultados no llegan a cuestionar los estándares existentes.

- Por otra parte, los umbrales a los que se realizan las pruebas no son a los que está expuesto el público: las pruebas apuntan en general a desvirtuar estos estándares internacionales, aunque las mediciones arrojan resultados de cientos y hasta mil veces inferiores a las normas internacionalmente aceptadas.

- A diferencia de los campos que generan las líneas de transmisión eléctrica, no se ha evidenciado epidemiología relacionada con el funcionamiento de las antenas.

## **IV.- MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y LOS EFECTOS ADVERSOS SOBRE LA SALUD**

Existen medidas de mitigación de muy sencilla implementación y con una excelente relación costo efectividad. Estas procuran la reducción del impacto visual e impulsar el emplazamiento de antenas en lugares ya impactados, adoptar restricciones mínimas para impedir el acceso público a las antenas a una distancia inferior a 6 m, así como eliminar la exposición con políticas de uso de tierra o distancias, cuando ello fuera posible.

Toda vez que hay circunstancias en que el público en general o los trabajadores pueden estar expuestos a campos más grandes que los especificados por norma, en esa condición el acceso generalmente a las azoteas se debe restringir a una distancia no menor a 6 m. Obviamente, cuando los trabajadores desarrollen tareas sobre la antena, la misma debe estar bloqueada.

En lo que hace a los impactos en la salud, estas medidas garantizarían acabadamente que las densidades de potencia no generen una absorción de energía superiores a los estándares permitidos.

(\* ) El presente extracto se encuentra basado en el trabajo de investigación "Impactos ambientales potenciales derivados del emplazamiento y funcionamiento de las antenas de telefonía móvil", elaborado por la Fundación Novum Millenium.

### **ANEXO I**

#### **CUADRO COMPARATIVO DE NORMAS EXTRANJERAS**

La gran mayoría de los países han adoptado medidas de protección similares a las expuestas a lo largo del presente trabajo (límites de acceso a la antena, límites de exposición poblacional, etc.). Asimismo, los valores de densidad de potencia para el público en general que han adoptado los países desarrollados, son bastante homogéneos, según da cuenta el siguiente cuadro:

#### **ICNIRP (International Commision on Non – Ionizing Radiation Protection)**

S = 0,40 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

S = 0,90 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil (SMT) (1900 MHz)

**NCRP (National Council on Radiation Protection and  
Measurements) USA 1986**

S = 0,57 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

S = 1,00 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil (SMT) (1900 MHz)

**FCC (Federal Communications Commission) – Guidelines for evaluating  
The environmental effects of radiofrequency radiation FCC 96 – 326  
ANSI / IEEE (American National Standards Institute / Institute of  
Electrical and Electronics Engineers) ANSI – C95.1 – IEEE – C95.1. - USA**

S = 0,57 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

S = 1,00 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil (SMT) (1900 MHz)

**NRPB (National Radiation Protection Board – UK) NRPB 4:1-69, 1993**

S = 0,57 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

S = 1,00 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil (SMT) (1900 MHz)

**AS/NZS (Standards Association of Australia – Nueva Zelanda)  
AS/NZS 2772.1. 1998.**

S = 0,20 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

S = 1,00 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil (SMT) (1900 MHz)

**IRPA (International Radiation Protection Association) 1988**

S = 0,47 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

**CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 1995**

S = 0,47 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)

**CENELEC (Comisión Europea Normas Electrotécnicas)  
Europa - 1995**

S = 0,47 mW/cm<sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares (SRMC) (800 MHz)



# FUNCIONES DE LA CNC CON RELACION A LAS RADIACIONES NO IONIZANTES

---

**Ing. Roberto González**

*Gerente de Ingeniería de la CNC - Comisión Nacional de Comunicaciones*

Diserta sobre funciones de la CNC con relación a las radiaciones no ionizantes

Este tema se ha vuelto muy álgido en los últimos tiempos por la cantidad de dudas que ha producido.

En la CNC vemos que hay dos aspectos, uno estrictamente estructural de ingeniería civil y otro referido a las radiaciones, es decir los sistemas radiantes que se montan en estas estructuras.

Respecto al *tema estructural* hace ya muchos años que la antigua Secretaría de Comunicaciones, en su momento la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, hoy CNC no se encarga de los temas estructurales; pensando que cada municipio tiene autonomía, tiene normativas propias para lo que son los permisos de instalación de torres tal como una estructura cualquiera: para poder poner un cartel, armar una vivienda, una torre de oficinas o departamentos se necesitan permisos municipales. Esos mismos permisos municipales se necesitan para colocar las estructuras; ya que se consideró que ése era un tema estrictamente civil. Había infinidad de casos: influyen la zona, tipos de terreno, códigos de edificación. Entrometerse en ese punto es un poco entrar en áreas de competencia propia de las autonomías provinciales y municipales.

Pero, como consecuencia de lo antes dicho, empezaron a surgir inconvenientes. Lo que se está tratando de hacer, es generar algún tipo de recomendación no obligatoria, y recomendar lo mínimo que se debería pedir para la instalación de una estructura, para que, por lo menos los municipios tengan una cartilla, principalmente los municipios chicos, que en su mayoría, tal vez, no tengan una dirección de obra civil y entonces puedan saber qué es lo que, como mínimo, tienen que pedir cuando se presenta una solicitud de estructura dentro de su municipio. Qué tipo de torre se puede llegar a colocar según los tipos de terrenos, etc.

O sea, hacer un trabajo de docencia y sugerencias para lograr que todos trabajen con reglas equivalentes, desde el punto de vista de la obra civil.

¿Qué hacer desde el punto de vista que sí nos compete, que es la parte de las Radiaciones?

En principio, está por salir de la Secretaría de Comunicaciones, una Resolución en donde se dispone que la Resolución 202 del Ministerio de Salud sea de aplicación obligatoria para todos los sistemas de Telecomunicaciones que irradian en frecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz situadas en el territorio nacional.

También estamos pensando en generar una metodología de cálculo de medición de las radiaciones que sería la metodología mínima que se tiene que pedir si una determinada Municipalidad quiere realizar una prueba en campo de las condiciones en que radia un sistema, ya sea de telefonía móvil o de cualquier otro tipo. De este modo logramos que todas las mediciones tengan una sistematización y todos jueguen con las mismas reglas.

¿Cómo se presenta el futuro?

El futuro es innegablemente inalámbrico, como sabrán el Presidente firmó el decreto de desregulación telefónica. Con lo cual van a entrar nuevos operadores al mercado; no sólo eso, sino que las áreas que hasta ahora eran exclusivas tanto de Telefónica como de Telecom, mutuamente las empresas van a poder competir en el área que originalmente explotaba la otra compañía.

La competencia entre las empresas actuales y las entrantes, fundamentalmente se va a realizar por los sistemas inalámbricos, aún la telefonía fija va a llegar al abonado en forma inalámbrica, el abonado va a tener como ahora su teléfono conectado a la roseta en su casa, pero en lugar de llegar un cable va a haber una antena que se va a conectar a una radio base que va a estar dando cobertura. Esto va a traer aparejado una gran demanda de instalación de torres en todos los municipios, decimos esto sólo basándonos en la telefonía fija, a ello debemos sumarle el auge de Internet, que de igual manera, va a llegar al abonado en forma inalámbrica y va a abarcar todas las frecuencias, ya no estamos hablando sólo de la frecuencia del celular ni de PCS.

Creo que los municipios van a tener que llegar a algún tipo de solución de compromiso, porque si obviamente no permiten la colocación de estructuras soporte de antenas para poder dar estos servicios se van a ver impedidos de recibir algunos avances tecnológicos.

Ahora bien, ¿por qué crece la cantidad de celdas?

Justamente la palabra celular viene porque se trabaja con diagrama de sistema tipo nido de abeja, o sea tipo panal. Cuando los sistemas recién se comienzan a desarrollar se coloca una radio base que da cobertura. Cuando empieza a subir el tráfico porque los abonados empiezan a aumentar y con esa sola celda no se puede sacar todo el tráfico disponible, entonces se empieza a trabajar con lo que se llama

planificación celular, que es empezar a hacer re-usos de frecuencias e ir colocando más celdas para que la gente se pueda comunicar. Porque cada vez que nosotros prendemos un teléfono celular estamos ocupando un canal telefónico, y de este modo ese canal queda bloqueado para otro usuario. El tema fue que nadie esperaba que el teléfono móvil tuviese el auge que tiene: las estadísticas del año 90 hablaban de un número de abonados entre 10 a 100 veces inferior a lo que tenemos. Hoy estamos arriba de los 5 millones de teléfonos móviles en todo el país, para el año que viene vamos a estar igualando a la red fija, en este momento el parque de teléfonos móviles del país está creciendo en el orden de 150 y 180 mil abonados por mes, en doce meses estamos en 2 millones y pico de abonados. Esto siempre y cuando no se produzca algún disparador de la demanda que vuelva a producir un gran pico. Acuérdense ustedes del gran pico que se produce con la implementación del CPP, el calling party pays (es decir el que genera la llamada es el que la paga) se produce un aumento violentísimo de la cantidad de teléfonos móviles.

Si ahora se produce algún disparador de la demanda, ésta puede aumentar muchísimo. Calculen que nosotros estamos con 5 millones de teléfonos con una penetración país del 15%, si los estándares internacionales están hablando del orden del 30% de penetración, entonces estaríamos hablando de duplicar por lo menos la base de clientes con este panorama, entendemos que la situación es compleja.

El tema de poder utilizar estructuras comunes es una pregunta muy habitual que me han realizado. El asunto es complejo desde el punto de vista que no todas las tecnologías responden a planificaciones celulares equivalentes. Hoy en el país, en términos generales, tenemos dos tecnologías importantes de tipo digital, obviamente la analógica, que fue la primera, es una tecnología que va a ir desapareciendo. Ya los fabricantes saben que a partir del 2003 no fabricarán nada analógico, (ni terminales, ni celdas) todo el parque va a ser digital.

En Argentina, hoy tenemos dos grandes tecnologías: la tecnología TDMA y la CDMA, dos operadores con tecnología CDMA y dos operadores con tecnología TDMA. Ambas tecnologías poseen planificación celular distinta, lo que hace que la compartición de sitios no sea tan simple.

Cuando a esto le sumamos lo que puede venir en 3.5 GHz que tiene una propagación totalmente diferente ó 10 GHz, ó 20 GHz indiscutiblemente la situación se complica. Hay una ventaja en todo esto, y es que al haber pasado todo a tecnologías digitales las potencias que tienen hoy las celdas se han reducido enormemente; hoy tenemos radio bases del orden de los 10 Watts cuando las primitivas radio bases analógicas de los años 90 eran radio bases del orden de los 100 Watts.

Entonces eso también hace que la tecnología esté poniéndose a tono con todo lo que se viene. Por otro lado también está el tema de celdas sectorizadas.

En un principio las celdas eran omnidireccionales o sea que emitían con

coberturas tipo radiodifusión. Podía ser un cardioide, podía ser una circular, ahora ya hay celdas trisectorizadas, cuatrisectorizadas, con lo cual lo que se gana es que se necesita colocar menor cantidad de celdas porque con una celda se logra cubrir mayor cantidad de abonados.

La situación tiene dos aspectos y estamos trabajando en ambos como CNC: debemos por un lado asesorar a los municipios, y por otro lado debemos cuidar al usuario en cuanto a calidad de servicio. Muchas veces se vende más rápido de lo que se puede instalar y entonces se produce una degradación de la calidad de servicio al abonado.

Por otra parte es necesario un nuevo reglamento de calidad de servicio para servicios móviles que tenga parámetros más actualizados de los que tiene el reglamento actual, que se realizó cuando surgió el primer servicio de comunicaciones celulares.

A continuación voy a referirme a algunas inquietudes que se nos hicieron llegar a la CNC y que en algunos casos se repiten en preguntas en este Seminario.

Con referencia a ciudades de menos de 20 mil habitantes, se nos consulta si es conveniente propiciar la localización de antenas fuera del radio urbano, así como la conveniencia o no de ubicar varias antenas en un solo soporte.

Respecto de la ubicación, la determina la planificación celular. Se hace con un software que comúnmente tienen los operadores y que suministra el proveedor. Algunos valen varios millones de dólares. Al efecto se determina con precisión el tipo de terreno, el tipo de construcciones, ya que éstas absorben las ondas electromagnéticas de distinta manera. No es lo mismo si las construcciones son de vidrio, o son de ladrillo. Con todos los datos, el sistema genera un primer patrón diciendo: "Para tener cobertura en determinada zona, el área probable de ubicación de las antenas, sería ésta". Cuando se ha determinado esta área, lo que hacen comúnmente las empresas es ir a ver la zona y verificar qué sitios disponibles hay dentro de esa área. Obviamente tratan de elegir un sitio alto, porque a mayor altura, mejor cobertura. Se procede a hablar con los consorcios, se consultan las reglamentaciones municipales, se consultan las reglamentaciones de Fuerza Aérea, (aquí sí la CNC tiene una resolución la N° 46, donde se determinan los límites de altura crítica por los corredores aéreos). Después que ya determinaron el lugar probable donde se va a colocar la torre, se rehace la planificación, ya con el sitio más ajustado, obteniendo la planificación final. Esa es la forma en que se trabaja.

Por otro lado, la ubicación de varias antenas en un sólo soporte, va a depender obviamente de si es técnicamente factible. Habiendo varias tecnologías por lo menos tendríamos dos formas diferentes de planificación celular. Hoy lo ten-

emos en 800 MHz y en 1900 MHz, que están en una frecuencia mucho mayor. Cuanto más alta es la frecuencia más se reduce el radio de cobertura de las radio bases, o sea que se podría llegar a compartir algún sitio, pero si ustedes quieren tener cobertura PCS total, es necesario poner más radio bases, porque en la banda de 800 MHz se necesitan menos radio bases para cubrir lo mismo que en 1900 MHz. Ni que hablar en la banda de 3,5 GHz, 10,5 GHz o 28 GHz donde necesitamos celdas de muy poco tamaño, también eso trae aparejados niveles de potencia cada vez más pequeños.

Hay una inquietud con respecto a la alta concentración de equipos y antenas de transmisión en algunas zonas de la ciudad y la actitud a tomar por los municipios respecto de las instalaciones.

Esto está un poco relacionado con lo anterior. Los nuevos sistemas cada vez son más pequeños. Estuve justamente la semana pasada en la Conferencia Interamericana de Telecomunicaciones en Venezuela y nos mostraron equipamientos de LMDS y Wireless Local Loop en 3.5 GHz. Ustedes calculen que en este momento una antena de estos sistemas se coloca en el balcón de una casa, es una antenita que tiene el tamaño de un azulejo y pesa 3 kg., esa es la antena que le llega al abonado. Con ésta, le van a poder entregar no sólo telefonía sino también datos e internet y las radio bases realmente son pequeñas. Cada vez son más pequeñas, no se necesitan las mega estructuras que se utilizaban hasta ahora. Todo lo nuevo tiende a reducir tamaños.

Hay una consulta sobre la potestad del municipio de negar la colocación de una antena de acuerdo a zonificaciones.

Obviamente la puede negar; el municipio tiene autonomía. Si en la zonificación determina que no lo puede realizar, lo puede negar. Debe recordarse la otra parte, que después, los pobladores "No tienen buen servicio". Por esta razón mencionaba que hay que llegar a situaciones de compromiso, de manera de compatibilizar ambas cosas.

Lo que estamos tratando de llevar adelante para orientar en forma directa, tanto técnica como administrativamente a los Municipios es, por un lado generar normativas del tipo de Recomendación, que los Municipios podrán adoptar o no según sus criterios, y por otro lado la atención a consultas directas que nos hacen llegar ante situaciones concretas las Municipalidades y el público en general.

Nuestro objetivo es fijar pautas de mediciones que con lo estipulado en la Resolución 202, a la que ya nos adherimos, determinan la forma en que debe

irradiar un sistema. La Municipalidad siempre está en condiciones de pedir una medición en campo a alguna universidad acreditada, para que la universidad determine si efectivamente esa instalación fue hecha de acuerdo a las normas y que todo el sistema está irradiando como corresponde.

En términos generales se debe tener en cuenta que todo el equipamiento que se utiliza en el país es importado, aquí se fabrica muy poco. Es de primera generación tanto lo que viene de Europa como de Estados Unidos y en esos países obviamente ese equipamiento ha cumplido con toda una serie de normativas muy importantes, piensen ustedes que los principales proveedores europeos son proveedores de los países nórdicos y de Alemania donde tienen una legislación realmente muy exigente en lo que hace al cuidado de la salud. Suecia y Finlandia están con penetraciones que superan el 75 % de la población con telefonía móvil.

La telefonía móvil ha sobrepasado a la telefonía fija y se encuentra en lo que se llama el fenómeno de sustitución, significa que se considera que para los próximos cinco años la voz va a ser móvil, o sea el teléfono va a pasar a tener otro uso: internet y multimedia, pero la idea es que cada persona tenga su número de teléfono, no quedando éste involucrado a una casa, sino a la persona. En Europa hay terminales que trabajan de la siguiente manera: cuando uno saca el teléfono se pide la dirección donde uno vive, se fijan las coordenadas en la red de planificación celular y mientras que sale de su casa lo trabaja como un móvil cualquiera, cuando se encuentra en un radio de 100 metros de la ubicación que tiene la red programada por software, el teléfono pasa a trabajar como un inalámbrico común y la tarifa baja a tarifa básica. Fuera de lo que se llama celda home el teléfono es un teléfono móvil.

Con referencia a las antenas PCS y las de 3.5 GHz o superiores, que tienen las mismas dimensiones se pregunta ¿si necesitan las mismas estructuras soporte y qué potencia de salida usa cada frecuencia?

Que tengan el mismo tamaño no implica que respondan al mismo criterio en cuanto a cobertura, porque las antenas de 3.5 GHz y las de más alta frecuencia están hechas para servicio fijo, es decir Wireless Local Loop y Servicio de Alta Densidad. Son servicios fijos, donde el abonado que está recibiendo está bien determinado. Entonces comúnmente las celdas que trabajan en 3.5 y en 28 GHz o 10 GHz son celdas que trabajan trisectorizadas o con cuatro sectores de 90° y el abonado trabaja con una antena que tiene un alto grado de direccionalidad, de 2 a 6 grados. En cambio en PCS la forma de planificar está hecha para que la gente tenga posibilidad de movimiento, así que a pesar de tener formatos similares, no significa que se puede compatibilizar una red de PCS y sobre la misma montar 3.5 GHz, en algún caso puede coincidir, pero en muchos otros no.

También se nos consultó si existen distancias mínimas admisibles entre antenas y si la CNC no puede regular la cantidad de antenas de cada empresa implementando telepuertos u otras soluciones que impidan la aparición de 100 ó 200 soportes en la ciudad.

Ya dijimos que no hay distancias mínimas porque esas ubicaciones surgen de planificaciones celulares. Están relacionadas con una buena prestación del servicio. Además cuando se pone una nueva celda es un importante costo para la empresa. Para ellos, lo ideal sería tener una sola radio base que cubra toda la ciudad y con un costo bajísimo. Con cada nueva celda se tienen que ir a alquilar un sitio, poner una estructura con todo su costo operativo, comprar una radio base lo cual es una inversión importante, pero lo están poniendo, porque no pueden sacar el tráfico y cumplir con la calidad de servicio que le exigen los abonados en un ambiente altamente competitivo. Justamente la CNC no puede regular la cantidad de antenas porque las antenas las va poniendo la empresa en la medida que va creciendo, obligada como está a dar buen servicio.

Trabajé en la CNC a cargo del Area Microondas, justo en la etapa posterior a la privatización de ENTEL. En los primeros 3 años tanto Telefónica como Telecom pusieron 7 mil enlaces de microondas en total porque no había nada en el país. Tenían que hacer todo, tenían que cumplir con las metas, evidentemente no se podía pensar en no permitir que fuese realizado eso porque esa infraestructura hizo posible que hoy podamos tener un teléfono en 24 hs., con todos los servicios en una red totalmente digitalizada.

Ese sería un poco el criterio, realmente no podemos reglar en algo que hace eminentemente a la calidad del servicio y a la posibilidad de nuevas inversiones y tecnologías.

Con referencia a la relación fijos/móviles y para cuándo se espera que las líneas fijas sean superadas por teléfonos móviles, en Argentina nosotros consideramos que de seguir la situación actual, en donde la teledensidad fija está en una meseta con un crecimiento vegetativo, pensamos que las líneas móviles para fin de 2001 principios de 2002 podría estar superando a las líneas fijas.

Además hay que considerar la maduración de las redes de PCS. Las redes de PCS han empezado a dar servicio comercial a partir de abril-mayo de este año y recién se están desplegando. Es decir para el año que viene ya van a estar instaladas las redes con lo cual puede haber ahí otro factor importante de crecimiento, sin contar lo que puede ser el advenimiento de 3ª Generación que es llevar la multimedia al servicio móvil.

Con referencia a la potestad de los Códigos de Planeamiento y Municipales de prohibir las instalaciones de antenas y sus equipos en el radio céntrico dada la desregulación, repetiría lo que dije antes: las Municipalidades son autónomas. El tema va a ser: cuánto más prohíban, más rápido se van a ir las empresas a otros lados y esas ciudades se van a quedar sin servicio.

Tenemos que llegar a algún acuerdo para ver cómo se puede hacer, porque el cableado no es rentable, es imposible cablear ciudades enteras y más con el tipo de distribución demográfica que tienen las ciudades en el interior del país, donde tenemos un microcentro pequeño, la plaza principal rodeada de las manzanas y el resto es totalmente desperdigado. Entonces tener que llevar un cable a un abonado que está a dos o tres kilómetros es carísimo, cosa que con una radio base y una pequeña antenita se llega perfectamente. Obviamente, una aplicación restrictiva de los códigos puede llevar a que empresas radicadas en la zona que necesiten gran cantidad de servicios digan, bueno, en este municipio no recibo esta cantidad de servicios, hay otro que sí me los da, por lo que traslado mi empresa a otro lado.

Es por este motivo que recomendamos tener reglamentaciones y la predisposición para manejar márgenes de flexibilidad que lleven a una situación de convivencia razonable.



Discurso del **Ing. Roberto P. Echarte**

*Presidente del CAI - Centro Argentino de Ingenieros*

Deseo agradecer la concurrencia de ustedes, que ha dado sentido al esfuerzo realizado en común por la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) y el Centro Argentino de Ingenieros (CAI). Surge una reflexión: todo lo que se hizo hasta aquí, y lo que falta por hacer en función del conocimiento tecnológico para mejorar los servicios a brindar. Sería sensato unificar las recomendaciones y normas a aplicar. Hasta el presente cada autoridad jurisdiccional puso en vigencia la que le pareció mejor en función de algún relevamiento previo, producto de determinada decisión técnica o política.

Es probable así que alguna recomendación ó norma de las que se usen, no se corresponda con la realidad donde se está aplicando, consecuencia de circunstancias diferentes y culturas distintas.

Sería interesante que los criterios que se unifiquen se logren por consenso, tarea más larga que la decisión autoritaria. Es más difícil convencer que vencer.

Algunas de las preguntas que se hicieron con relación a los aspectos jurídicos revelan el deseo de prevenir conflictos. A los funcionarios municipales les interesa conocer el grado de autonomía que tienen para las decisiones administrativas. Indudablemente la autonomía en las decisiones está fuertemente condicionada por el avance tecnológico, la necesidad de dar respuesta a los requerimientos de los usuarios y satisfacer las exigencias del servicio público. El funcionario debe ser prudente y el ingeniero también debe ser cuidadoso. Recordemos las lecciones de Ingeniería Legal. La tarea ingenieril es creativa. La creación ingenieril significa una locación de obra intelectual. Esto supone el compromiso con un resultado objetivo. La creación supone un riesgo. Del riesgo puede sobrevenir el daño y éste puede generar responsabilidades profesionales, civiles y penales. Esto vale para los profesionales y para los profesionales funcionarios. Estas consideraciones restringen la libertad. Tampoco se puede definir normas y cambiarlas al poco tiempo.

Nuestro país no se ha caracterizado por tener unificadas las normas y las recomendaciones, ni por haberlas sostenido en el tiempo hasta que el avance científico-tecnológico impusiera los cambios. Tampoco se ha caracterizado por

el respeto a la opinión del profesional.

En la era del avance del conocimiento tan acelerado, las actividades humanas se han transformado en multidisciplinarias. De allí que los ingenieros tendrán necesidad de conocimientos jurídicos, y los hombres de leyes, en particular, los jueces deberán tener conocimientos en telecomunicaciones para saber de que se trata.

La Comisión Nacional de Comunicaciones ha tenido una buena iniciativa al convocar al Centro Argentino de Ingenieros para la tarea de unificar y definir recomendaciones y normas. Estimamos que la tarea será útil para la comunidad.

Estamos dispuestos a trabajar en busca del necesario consenso nada más.

## RESOLUCION MINISTERIO DE SALUD 202/95

Buenos Aires, 6 de junio de 1995

VISTO el Decreto N° 1269 del 20 de julio de 1992 por el que se aprueban las Políticas Sustantivas e Instrumentales de Salud; y

### CONSIDERANDO:

Que dichas políticas tienen por objeto lograr la plena vigencia del DERECHO A LA SALUD para la población, tendiente a alcanzar la meta de la SALUD PARA TODOS en el menor tiempo posible mediante la implementación y desarrollo de un sistema basado en criterios de EQUIDAD, SOLIDARIDAD, EFICACIA, EFICIENCIA Y CALIDAD.

Que en el marco de dichas políticas el MINISTERIO DE SALUD Y ACCION SOCIAL creó el PROGRAMA NACIONAL DE GARANTIA DE CALIDAD DE LA ATENCION MEDICA, en el que se agrupan un conjunto de actividades que intervienen en el proceso global destinado a asegurar dicho nivel de calidad y que hacen a la habilitación y categorización de los Establecimientos Asistenciales, al control del ejercicio profesional del personal que integra el equipo de salud, a la fiscalización y el control sanitario, la evaluación de calidad de la atención médica y la acreditación de los servicios de salud.

Que el desarrollo de la tecnología del electromagnetismo con su variada aplicación de las radiofrecuencias y microondas abarca tanto el campo de los sistemas de comunicaciones y los usos industriales, como el ámbito de la medicina en permanente desarrollo diagnóstico y terapéutico.

Que los efectos biológicos de las radiaciones no ionizantes, radiofrecuencias y microondas con frecuencias entre los 100 KHz y los 300 GHz han sido ampliamente estudiados y requieren el establecimiento de Estándares Nacionales de Seguridad para la exposición a las mismas.

Que en nuestro país, la Secretaría de Salud del Ministerio de Salud y Acción Social, Subsecretaría de Atención Médica y Fiscalización Sanitaria,

Dirección Nacional de Regulación y Control, Dirección de Control del Ejercicio Profesional y de Establecimientos Sanitarios, Departamento Equipamiento Médico Sanitario (Radiofísica Sanitaria), conjuntamente con la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (Presidencia de la Nación) - CONICET, con el apoyo de otras instituciones científicas afines tras quince años de estudios e investigación realizados han elaborado las Publicaciones: "Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias y microondas comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz" y "Radiación de Radiofrecuencias: consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición", Volúmenes I y II respectivamente, de Prospección de Radiación electromagnética ambiental no ionizante.

62

Que para ello resulta necesario contar con normas de organización y funcionamiento, manuales de procedimientos y normas de atención médica, cuya elaboración se encuentra también contenida en el citado Programa Nacional y en la que participan Entidades Académicas Universitarias y Científicas de profesionales y prestadores de servicios asegurando de esa forma una participación pluralista con experiencia y rigor científico.

Que el grupo de funcionarios de la Dirección Nacional de Regulación y Control ha evaluado y compatibilizado el documento aportado por la SEC y T-CONICET y la Dirección Nacional de Regulación y Control, Dirección de Control del Ejercicio Profesional y de Establecimientos Sanitarios, Departamento Equipamiento Médico Sanitario (Radiofísica Sanitaria).

Que el mismo ha sido analizado por el Consejo Permanente constituido por la Resolución N° 149 del 1° de junio de 1993 del Registro del MINISTERIO DE SALUD Y ACCION SOCIAL.

Que el Coordinador General del Programa Nacional de Garantía de Calidad de la Atención Médica en base a los informes producidos, aconseja la aprobación del citado cuerpo normativo.

Que la DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS JURIDICOS ha tomado la intervención de su competencia.  
Por ello,

**EL MINISTERIO DE SALUD Y ACCION SOCIAL RESUELVE:**  
ARTICULO 1°.- Apruébase el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz, conforme lo establecido

en el "Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz" y "Radiación de radiofrecuencias: consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición", Volúmenes I y II respectivamente de Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante, publicaciones encuadernadas por la Imprenta del Congreso de la Nación, que se hallan en poder de la Secretaría de Salud del Ministerio de Salud y Acción Social y no pueden adjuntarse como anexos de la presente debido a su voluminosidad.

ARTICULO 2°.- Incorpórase el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz, al Programa Nacional de Garantía de Calidad de la Atención Médica.

ARTICULO 3°.- Agradecer a las instituciones participantes:

- CECyT CONICET.
- Estado Mayor General de la Fuerza Aérea.
- Dirección General de Defensa Nacional, Secretaría de Comunicaciones, del Ex Ministerio de Obras y Servicios Públicos.
- Comisiones de Ciencia y Tecnología de las Cámaras de Diputados y Senadores del Congreso de la Nación.
- Facultades de Ingeniería y Ciencias de la Universidad de Salta.
- Estado Mayor General del Ejército Uruguayo, República Oriental del Uruguay y muchas otras instituciones científico-técnicas argentinas y extranjeras por la importante colaboración brindada a este MINISTERIO DE SALUD Y ACCION SOCIAL.

ARTICULO 4°.- Regístrese, Comuníquese y Archívese.

RESOLUCIÓN 202

EXP. N° 2002-17655-94-04

Los Anexos de esta Resolución están disponibles en el Centro de Información Técnica (CIT) de la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC).



## RESOLUCION SECRETARIA DE COMUNICACIONES N° 530/2000

Buenos Aires, 20 de diciembre de 2000

VISTO el expediente N° 651 I/2000, del registro de la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES, y

### CONSIDERANDO:

Que por Resolución N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación se aprobó el Estándar Nacional de Seguridad para la Exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz.

Que se han presentado ante la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES (CNC) diversas consultas referidas a los efectos de las radiaciones electromagnéticas producidas por las antenas y equipos de estaciones radioeléctricas.

Que las autoridades de distintos municipios han hecho presentaciones ante la CNC solicitando conocer los antecedentes regulatorios sobre instalación de estaciones radioeléctricas con sus correspondientes antenas y valores máximos de irradiación permisibles a fin de no afectar la salud de la población.

Que los antecedentes internacionales sobre los efectos biológicos que puedan producir las ondas de radio han permitido establecer normas de seguridad, teniendo en cuenta que esos efectos dependen de la tasa de energía absorbida.

Que la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC) no ha detectado efectos nocivos, en sus estudios realizados, por debajo de ciertos valores de tasa de energía absorbida.

Que para frecuencias radiadas de 1,9 GHz (que son las que se emiten en Sistemas de Comunicaciones Personales - PCS -) la norma ANSI/IEEE fijó un valor máximo de densidad de potencia de 1,26 mW/cm<sup>2</sup> en zonas de exposición continua al público en general.

Que para frecuencias radiadas de 850 MHz (emitidas por Sistemas de Telefonía Celular) la norma ANSI/IEEE fijó un valor máximo de densidad de potencia de 0,57 mW/cm<sup>2</sup> en zonas de exposición continua al público en general.

Que los valores mencionados en los dos considerandos precedentes son ligeramente menos exigentes que los que fija la Resolución N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, siendo éstos de 0,95 mW/cm<sup>2</sup> para 1,9 GHz y de

0,45 mW/cm<sup>2</sup> para 850 MHz.

Que las mediciones realizadas hasta el presente sobre puntos cercanos de antenas instaladas en el país han determinado que los valores medidos son muy inferiores a los máximos establecidos por la Resolución N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación.

Que resulta pertinente señalar que conforme surge del artículo 1° de la Resolución N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social, los "Manuales de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 MHz" y "Radiación de radiofrecuencias: consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición", volúmenes I y II respectivamente de la "Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante" son publicaciones encuadradas por la imprenta del Congreso de la Nación, que se hallan en poder de la Secretaría de Salud del Ministerio de Salud y Acción Social y no pueden adjuntarse como anexos debido a su voluminosidad.

66

Que es conveniente continuar con los estudios a fin de contemplar en el marco regulatorio, los resultados de nuevas investigaciones que pudieran modificar los valores establecidos en la presente resolución.

Que ha tomado intervención el correspondiente servicio jurídico permanente.

Que la presente se dicta en uso de las atribuciones conferidas por el Anexo II del Decreto N° 20/99, sustituido por su similar N° 772/2000.

Por ello,  
EL SECRETARIO DE COMUNICACIONES  
RESUELVE:

Artículo 1°. Disponer que el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición de radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz, conforme lo establecido en el "Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz" y "Radiación de radiofrecuencias: consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición", volúmenes I y II respectivamente de la "Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante" aprobado por el artículo 1° de la Resolución N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, será de aplicación obligatoria a todos los sistemas de Telecomunicaciones que irradian, en frecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz, situados en el territorio nacional.

Artículo 2°. Los volúmenes I y II de "Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante" ("Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz" y "Radiación de radiofrecuencias: consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el



establecimiento de estándares de exposición") mencionados en el artículo 1º, pueden ser consultados en el Centro de Información Técnica de la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES y en la SECRETARIA DE SALUD DEL MINISTERIO DE SALUD Y ACCION SOCIAL, en atención a que - dado su voluminosidad - no pueden ser adjuntados como Anexos de la presente, de conformidad con lo expresado en el décimo considerando.

Artículo 3º. Que la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES deberá informar oportunamente, el resultado de nuevas investigaciones que requiera modificaciones a lo establecido en la presente resolución a fin de asegurar la salud de la población ante la exposición a las radiaciones.

Artículo 4º. Lo dispuesto en la presente Resolución, regirá a partir del día siguiente de la fecha de su publicación en el Boletín Oficial.

Artículo 5º. Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese.

Fdo: Dr. Henoah Aguiar. Secretario de Comunicaciones. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.

