

COMAR

Nota de Información Técnica

Consideraciones sobre la seguridad de las estaciones base de telefonía móvil

Septiembre 2000

Resumen

El *Committee on Man and Radiation* (COMAR) del *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) es consciente de la preocupación entre el público por la seguridad de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF) generados por las antenas de las estaciones base de telefonía móvil y otros servicios de comunicación inalámbricos.

Diversas organizaciones nacionales e internacionales han publicado guías para limitar la exposición humana a la energía de radiofrecuencia [1-4]. En los EEUU la *Federal Communications Commission* (FCC) requiere a todos los proveedores de servicios que sus instalaciones cumplan con los límites de exposición que ha publicado [5]. La guía de la FCC fue desarrollada para proteger a trabajadores y público en general de los peligros de la exposición a campos de RF ya que la FCC tiene la responsabilidad legal de hacerlo, de acuerdo con la *National Environmental Policy Act* de 1969 (NEPA). Hay consenso entre la comunidad científica, tal y como se refleja en las guías de exposición, en que la exposición por debajo de los límites definidos en estas guías no supone ningún riesgo.

En prácticamente todas las situaciones, la exposición del público a campos de RF generados por las estaciones base está muy por debajo de los límites recomendados en las guías. En casos excepcionales, usualmente con antenas situadas en el techo de viviendas, las personas pueden estar expuestas a campos por encima de los recomendados, dependiendo de la potencia y la accesibilidad a la instalación. En estos casos debe limitarse el acceso a las áreas donde los

niveles de campo pueden ser superiores a los establecidos en las guías. Además, los niveles de campo en la dirección de máxima radiación de las antenas y a una distancia muy próxima a ellas (pocos metros), y dependiendo de la potencia de operación, pueden provocar interferencias con equipos electrónicos tales como marcapasos, desfibriladores implantados u otros equipos médicos colocados en el cuerpo. Las personas que usen este tipo de dispositivos deben consultar con su médico antes de trabajar en zonas muy próximas a estas antenas. Los trabajadores deben seguir protocolos de protección adecuados, incluyendo si es el caso el uso de medidores de campo, cuando deban trabajar en zonas próximas a antenas de transmisión que estén activas.

ANTECEDENTES

El uso de teléfonos móviles celulares se ha incrementado rápidamente desde su introducción en 1978. A nivel mundial se espera que haya unos 500 millones de usuarios en el 2001, que se incrementarán hasta 700 millones en el 2003. Tecnologías similares, como el Servicio de Radio Especializado (SMR), los *Personal Communication Services* (PCS, UMTS) están siendo introducidos en varias regiones.

Los teléfonos móviles celulares funcionan comunicándose con una estación base próxima, que contiene un transceptor de baja potencia y una antena. La antena está montada normalmente en una torre, en el techo de un edificio o en otra estructura que provea la suficiente altura para una cobertura adecuada. Los conmutadores de la estación base realizan la conexión entre el usuario y la red telefónica. En el año 2000 habrá cerca de 100.000 estaciones base en los EEUU según fuentes de la industria.

Dejando aparte las consideraciones estéticas y de impacto visual de las torres que soportan las antenas, muchas personas han expresado su preocupación por los posibles riesgos sanitarios asociados con la energía de RF que generan estas instalaciones, especialmente para las persona que viven en sus cercanías.

Este documento explica las características básicas de la operación de los diversos sistemas de comunicación personal mediante energía de RF y la exposición que puede resultar para la población en general y para los trabajadores. Estos niveles de exposición se comparan con los límites de la FCC y otras guías de exposición. En uno de los anexos se explica con mayor detalle el funcionamiento de estos sistemas y se incluye un glosario de términos.

ESTACIONES BASE

Los sistemas de comunicación celular necesitan varias estaciones base repartidas por todo el territorio donde dan servicio. Cuando un usuario realiza una llamada, su teléfono se comunica con una estación base próxima, la cual redirecciona la llamada a una central de conmutación y ésta a su vez se comunica con la red telefónica conmutada terrestre. Si el usuario se mueve entre celdas, la conexión se va trasapando de una estación base a otra.

Cada estación base es, pues, una estación de radio de baja potencia que da servicio a una región geográfica pequeña, llamada "celda". La localización de una estación base se determina a partir de dos requerimientos del sistema. Por un lado debe proveer la suficiente cobertura en una región (la potencia de la señal debe ser suficiente en toda la celda). Por otra parte debe tener la suficiente capacidad (tener suficiente número de canales para acomodar a todos los usuarios que quieren usar el sistema). A medida que el sistema crece las estaciones base se sitúan más próximas, para aumentar la capacidad, pero la potencia de emisión disminuye para evitar interferencias. De esta manera, en zonas urbanas la densidad de estaciones base es mayor pero su potencia es baja, mientras que en zonas rurales las celdas son mayores y las potencias también.

La altura de la antena es un factor crítico. Debe ser suficientemente alta para dar cobertura a la zona deseada, pero no demasiado para evitar interferencias con estaciones remotas que usan los mismos canales radioeléctricos. Dependiendo de las necesidades del sistema, la altura de las antenas va de 10 a 100 metros sobre el suelo. Estas antenas están montadas frecuentemente en postes elevados, parecidos a farolas, o en torres de estructura metálica reticular, parecidas a las de alta tensión. También se pueden instalar en estructuras preexistentes, como depósitos de agua, torres de alta tensión o edificios. Para reducir el impacto visual de las instalaciones, los proveedores del servicio prefieren usar estructuras ya existentes y compartirlas entre varios.

POTENCIA RADIADA POR LAS ESTACIONES BASE Y NIVELES DE EXPOSICIÓN PARA EL PÚBLICO

Las estaciones base usan potencias de transmisión que están determinadas por los límites de la FCC (en EEUU) y por las necesidades del servicio. Para los operadores celulares la FCC permite una Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) de 500 W por canal (dependiendo de la zona de cobertura y la altura de la torre). Una estación base puede usar hasta 21 canales por sector. Para otros servicios la PIRE máxima puede variar pero en general es menor de 1000 W.

Sin embargo la PIRE de la mayoría de estaciones base se determina por requerimientos del sistema y está muy por debajo de los límites de la FCC. En zonas urbanas, con celdas pequeñas, es habitual operar con PIRE de 16 W por canal. En zonas con mucha demanda los proveedores pueden instalar "microceldas" en edificios, que operan con PIRE por debajo de 1 W por canal.

Aunque la exposición del público a la energía de RF dependerá de la localización y PIRE de la estación base, considerando que la PIRE de celdas pequeñas es menor que la de celdas grandes, la exposición debida a cualquier sistema no crecerá proporcionalmente al número de estaciones base en una región determinada.

Otro factor que determina el nivel de exposición debido a una estación base es el tipo de antenas que ésta usa. Las antenas de las estaciones base son, o bien antenas omnidireccionales que emiten por igual en todas las direcciones en el plano horizontal, o bien antenas direccionales que emiten casi exclusivamente hacia el frente.

El tipo de antena más común en sistemas celulares consiste en una agrupación sectorial, con conjuntos de antenas direccionales que transmiten y reciben en sectores separados de unos 120° y están apuntando al horizonte. Las antenas producen un haz muy estrecho en el plano vertical y de unos 120° en el plano horizontal. A medida que el haz se aleja de la antena una parte de la energía llega al suelo para dar cobertura dentro del área. La densidad de potencia contenida en este haz decrece al alejarnos de la antena de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Debido a que el haz es muy estrecho en el plano vertical, los campos de RF son mucho menores fuera del haz que dentro de él. La exposición que una persona recibe de una estación base depende de la distancia a la que se encuentre de ésta y del ángulo al que esté por debajo del haz principal. A nivel del suelo, el nivel de campo es relativamente pequeño cuando estamos cerca de la base de la torre (porque el haz pasa directamente por encima). Para la mayoría de las estaciones el nivel de campo va aumentando a medida que nos alejamos de la base hasta un nivel máximo que se suele encontrar entre 50 – 200 metros. A partir de este punto vuelve a decrecer. Para cualquier punto a nivel del suelo, los valores de campo son mucho menores que los especificados en las guías de exposición.

Límites de Exposición

En la tabla siguiente se resumen los límites de exposición de la FCC y otras guías de exposición [1-4] a las frecuencias de los sistemas celulares y PCS.

COMPARACIÓN DE GUIAS DE EXPOSICIÓN A LAS FRECUENCIAS DE TELEFONÍA CELULAR Y PCS

--	--

Tipo de servicio		Límites de Exposición, watt por metro cuadrado (W/m ²)				
		FCC (1997) [1]	IEEE (1991) [2]	ICNIRP (1998) [3]	NRBP (1993) [4]	NCRP (19)
Celular (824-894 MHz)	Público	5.5 – 6	5.5 – 6	4.4 – 4.5	31 – 33	5.
	Ocupacional	28 – 30	28 – 30	21.8 – 22.4	31 – 33	28
PCS (1850 – 1990 MHz)	Público	10	10 – 15	7.5 – 10	92 – 100	
	Ocupacional	50	50 – 73	37.5 – 50	92 – 100	

Notas

[1] U.S. Federal Communication Commission, Washington DC

- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers. La norma IEEE C95.1- 1991 fue adoptada por el American National Standards Institute (ANSI) en su uso como norma nacional

[3] International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection

- [4] National Radiological Protection Board (Gran Bretaña). Esta norma establece límites idénticos para exposición ocupacional y del público en general para algunos tramos del espectro.

[5] National Council on Radiation Protection and Measurements

Los valores típicos de exposición debidos a antenas montadas en torres y postes, a nivel del suelo, son 100 veces inferiores, o más, a estos límites. Debido a la alta ganancia de las antenas de los sistemas PCS, los niveles debidos a éstas son inferiores a los que se producían con las estaciones base del antiguo sistema celular analógico. Esto se ha comprobado mediante cálculos (basados en las características de las antenas) y también mediante mediciones [6]. Así por ejemplo, al pie de una torre de 45 m de altura, operando con 96 canales, a una PIRE de 100 W por canal, el valor máximo medido de densidad de potencia fue de 0.02 W/m². Se midieron valores más bajos para antenas montadas en torres más altas. Dentro de los edificios la intensidad de los campos de RF será menor que en el exterior porque una parte de la energía es absorbida por los materiales de construcción. Un estudio que realizó medidas en los últimos pisos de edificios con estaciones base montadas en el techo, llegó a la conclusión que la densidad de potencia era menor que 0.004 W/m² por cada 100 W PIRE por canal [7]. Esto correspondería a niveles por debajo de 0.084 W/m² para una estación base con 21 canales por sector. La valores en las edificaciones circundantes es de esperar que sean igualmente bajos ya que las antenas

suelen estar montadas en el lugar más alto disponible y los edificios de alrededor no estarán suficientemente próximos para que se sobrepasen los límites de las guías.

En resumen, la exposición a energía de RF en zonas de acceso al público debida a estaciones base de sistemas celulares y PCS está generalmente muy por debajo de los límites de la FCC y otras guías. La FCC no requiere una comprobación rutinaria de los niveles de potencia de las estaciones base, excepto en algunos casos de antenas instaladas en tejados u otros casos donde la altura de la antena es inferior a los 10 metros desde la plataforma accesible. La industria de telecomunicaciones inalámbricas es un sector en rápido crecimiento y nuevos tipos de servicio están llegando, cada uno con su propio sistema de estaciones base. Esto podría aumentar el nivel medio de exposición del público a la energía de RF, con el tiempo. Estos sistemas están normalmente basados en diseños celulares, con numerosos transmisores de baja potencia distribuidos en la zona de servicio. Los incrementos de capacidad, en zonas muy pobladas se consiguen con un mayor número de estaciones, con potencias más reducidas. Esto debería asegurar que el nivel de exposición del público se mantiene muy por debajo de los límites de las guías de exposición.

Antenas de estación base instaladas en edificios

Muy cerca de las antenas, en la dirección de máxima radiación, es posible sobrepasar los límites de las guías. La distancia de la antena a la que se sobrepasan los límites para el público en general depende de la potencia radiada, del tipo de antena y de otros factores, pero está en el margen de 3 a 10 metros para una antena de un sistema celular a plena carga, y típicamente mucho menos para los sistemas digitales PCS. (Las antenas direccionales o sectoriales radian muy poco por la parte posterior, los lados y por arriba y abajo).

En consecuencia, las estaciones base instaladas en tejados y otras partes de edificios requieren una atención especial si las personas pueden interceptar el haz de emisión. Además, en un mismo tejado puede haber diferentes tipos de antenas, las características de las cuales no son evidentes para el público. Estas zonas no suelen ser accesibles para el público, pero sí lo son para el personal de mantenimiento. Casos especiales, que merecen consideración, son instalaciones en casetas de ascensor u otras estructuras del edificio, a la altura de la cabeza, de forma que las personas pueden caminar por delante de ellas.

En estos casos, cuando las guías de la FCC pueden excederse, deben identificarse las zonas peligrosas mediante mediciones o cálculos. El acceso a estas áreas debe estar restringido y deben estar convenientemente señalizadas. Las personas que deban trabajar en o junto a estas zonas deben seguir protocolos adecuados. Pueden llevar, por ejemplo, medidores de campo o

exposímetros individuales y deben tener la formación necesaria para reconocer y evitar zonas con exposición excesiva. En circunstancias especiales, cuando no es posible apagar los transmisores, los trabajadores pueden usar vestimentas protectoras para reducir la exposición cuando deban trabajar cerca de las antenas y en la dirección del haz.

Las antenas instaladas en tejados están diseñadas habitualmente para emitir energía en la dirección horizontal, hacia el exterior del edificio, y radian muy poca energía hacia el edificio. Por este motivo la exposición de las personas que viven en el edificio, debajo de las antenas, es en todos los casos muy pequeña.

Uso Compartido de Estaciones Base

Por razones económicas, pero también para reducir el impacto visual de las instalaciones, empieza a ser una práctica habitual (y muchas veces requerida por las ordenanzas municipales) que diferentes operadoras usen una torre o tejado común para emplazar las antenas (uso compartido). Tanto las normas y guías de exposición modernas (por ejemplo IEEE C95.1-1991) como las regulaciones administrativas (FCC en EEUU) estipulan que las exposiciones debidas a cada una de las antenas se sumen como fracción de la exposición máxima permitida a cada frecuencia, y que esta suma sea inferior a 1.

Es improbable que la exposición debida a instalaciones típicas de telefonía móvil supere la máxima permitida en áreas de libre acceso para el público. Sin embargo, en algunos casos, especialmente cuando coexisten instalaciones de servicios distintos, debe hacerse un análisis detallado de la exposición para determinar el cumplimiento del conjunto. Como regla general, las antenas del servicio de buscapersonas son las más proclives a producir exposiciones elevadas.

Bases Científicas de las Normas

El propósito de las normas y guías de exposición es impedir exposiciones que sean potencialmente peligrosas, basándose en el estado actual del conocimiento.

La norma del IEEE y las otras guías de exposición han sido desarrolladas por grupos de expertos que han revisado la literatura científica sobre los efectos de los campos electromagnéticos para identificar los valores de exposición más pequeños para los que exista una evidencia creíble y reproducible de un efecto adverso que pueda tener relación con la salud humana. La mayoría de

estos estudios se han realizado con animales de laboratorio, exposiciones de corta duración, y a veces a niveles elevados de radiación, aunque existen también algunos estudios de exposición a largo plazo en animales, y en humanos (epidemiológicos). Se han encontrado diversos efectos biológicos producidos por la exposición a energía de RF, la mayoría relacionados con calentamientos excesivos. Todas las guías de exposición adoptan factores de seguridad para mantener los niveles muy por debajo de los que se consideran potencialmente peligrosos, aún en las peores condiciones de exposición: un factor de 10 para exposición ocupacional y de 50 para el público.

La mayoría de guías de exposición han sido desarrolladas siguiendo un proceso cuidadoso, abierto y de consenso que implica una revisión a diferentes niveles y la oportunidad para obtener comentarios de un abanico amplio de posibles partes interesadas. Además, la mayoría de las organizaciones que dictan las normas, exige una revisión periódica para adaptarlas a los nuevos conocimientos científicos.

CONCLUSIONES

Esta nota de información técnica explica los niveles de exposición a los que se encuentra sometido el público debidos a las estaciones base de telefonía móvil y los compara con las guías de exposición. Los niveles a los que se ve sometido el público están habitualmente muy por debajo de los establecidos en las guías. En consecuencia, las estaciones base de telefonía móvil no presentan ningún riesgo para la población, incluidos ancianos, mujeres embarazadas y niños.

En circunstancias especiales los trabajadores, y quizás otras personas, pueden estar expuestos a niveles por encima de los especificados en las normas. En estos casos, mayoritariamente tejados de viviendas, debe restringirse el acceso. Deben disponerse señalizaciones y diseñarse procedimientos adecuados. Además puede haber algún riesgo para personas con marcapasos, desfibriladores implantados y otros aparatos médicos implantados en el cuerpo si están a distancias muy próximas (alrededor de un metro) y en el haz de máxima radiación de las antenas en una estación base operativa [8]. Los trabajadores que realicen su labor en proximidad a antenas activas deben seguir procedimientos de seguridad apropiados, incluyendo el uso de exposímetros o monitores personales, vestimentas protectoras, o desconectando las antenas durante los trabajos de mantenimiento.

ANEXOS

FRECUENCIAS Y PROTOCOLOS DE OPERACION DE DIVERSOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN CELULAR

Las primeras redes celulares usaban sistemas de transmisión y acceso analógicos (llamado Frequency Division Multiple Access: FDMA – Acceso múltiple por separación de frecuencia) en el que la voz modulaba una portadora continua. En EEUU estos sistemas operan en la banda de 824-894 MHz (824-849 MHz para los teléfonos y 869-894 MHz para las estaciones base) que había estado destinada a radiodifusión de los canales 69-85 de TV en UHF.

A principios de la década de los 90 estos sistemas empezaron a llegar a los límites de capacidad de servicio en diversas áreas. Esto llevó a la introducción de nuevos tipos de servicio celular usando técnicas digitales, como el acceso múltiple por separación en el tiempo (TDMA), métodos híbridos TDMA/FDMA y más recientemente métodos de acceso múltiple por separación de códigos (CDMA). Estos sistemas operan en las mismas bandas que los sistemas analógicos pero ofrecen más canales de voz por cada canal de radiofrecuencia. En Europa el sistema celular más utilizado es el llamado GSM (Global System for Mobile Communications – Sistema Global de Comunicaciones Móviles), que es un sistema híbrido FDMA/TDMA y trabaja en la banda de 935-960 MHz.

El "Personal Communication Services" (PCS) en EEUU es la tecnología más recientemente implantada, usa la banda de 1800 – 2000 MHz y un sistema mixto TDMA y CDMA. Comparada con los sistemas analógicos, PCS opera a potencias más bajas, con celdas más pequeñas y próximas y con teléfonos que emiten menos potencia.

En EEUU la FCC autorizó inicialmente dos proveedores de servicios celulares por cada área de servicio. No obstante para promover la competencia se han creado nuevas bandas y se han introducido nuevos servicios. Entre ellos el servicio de radio móvil especializado (SMR) y el servicio SMR mejorado (ESMR), que operan en una banda justo por debajo de la telefonía móvil. Además, se permiten dos proveedores PCS en muchas regiones de los EEUU.

El aumento de las estaciones base y el progresivo paso de sistemas analógicos a digitales con mejor eficiencia ha llevado a una reducción continua de la potencia usada por las estaciones base y los teléfonos. Además, los sistemas más modernos están diseñados para reducir de forma adaptativa la potencia emitida por el teléfono y la estación base cuando ambos están cerca, lo que aún reduce más los niveles de potencia usados.

Se puede encontrar más información sobre sistemas celulares en Millington [14] y Rappaport [15].

GLOSARIO Y ACRONIMOS

ANSI: American National Standards Institute – Instituto Nacional de Normalización Americano

EPA: Environmental Protection Agency -- Agencia de Protección Ambiental (EEUU)

FDA: Food and Drug Administration – Administración de Alimentación y Medicamentos (EEUU)

ICNIRP: International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection – Comisión Internacional para la protección contra la radiación no ionizante

IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

NCRP: National Council on Radiation Protection and Measurements – Consejo Nacional de Protección Radiológica y Metrología (EEUU)

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health – Instituto Nacional de Salud y Seguridad Laboral (EEUU)

NRBP: National Radiation Protection Board – Comisión Nacional de Protección Radiológica (Gran Bretaña)

OSHA: Occupational Safety and Health Administration – Administración de Salud y Seguridad Laboral (EEUU)

Canal de Comunicación Analógico: Un canal de comunicación en el cual el mensaje que se transmite, por ejemplo voz, modula directamente la amplitud o frecuencia de una señal de más alta frecuencia, usualmente radiofrecuencia o microondas.

CDMA (Code Division Multiple Access): Un sistemas de codificación en que los mensajes digitalizados de diversos usuarios se transmiten por el mismo canal y al mismo tiempo. Cada mensaje es decodificado independientemente de los otros.

Sistema de Telefonía Celular: Un sistemas de telefonía móvil donde las bandas de frecuencia (canales) se pueden reutilizar por medio de la división en "celdas" hexagonales de una región determinada. En cada celda hay una estación base. Un usuario dentro de una celda se comunica con la estación base de esa celda, o de una adyacente, dependiendo de la potencia de la señal recibida. Si el usuario se mueve entre celdas, la conexión con la red se mantiene pasando el

control del móvil de una estación base a otra, por ejemplo a base de cambiar el canal de radiofrecuencia usado.

Canal de Comunicación Digital: Un canal de comunicación en el cual el mensaje es codificado como una serie de "unos" y "ceros" (código binario). Esto se puede realizar de varias formas pero un método habitual consiste en variar la fase de señal transmitida en pasos discretos para representar los "unos" y "ceros" respectivamente.

Antena Direccional: Una antena que radia energía de forma eficiente en una dirección determinada. Por ejemplo la energía de las antenas direccionales usadas en las estaciones base de los sistemas digitales, llamadas de "ganancia alta", de "panel" o "sectoriales", se emite en un haz relativamente estrecho en el plano vertical (unos 10 grados) y de unos 120 grados en el plano horizontal.

Enlace de bajada: la conexión para la transmisión desde una estación base hacia un teléfono móvil

ERP (Effective Radiated Power) – PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente): Una medida que indica la efectividad de un radiador para concentrar la energía emitida en una dirección. Se puede hacer una analogía entre una bombilla normal y un foco. A una distancia dada, la luz que llega de un foco es más brillante que la que llega de una bombilla normal de la misma potencia, porque el foco concentra la luz en una dirección. En contrapartida, por la parte de atrás la luz que llega del foco es mucho menor que la que llega de una bombilla normal.

FDMA (Frequency Division Multiple Access): Un método de codificar la información de distintos usuarios de forma que la información de cada usuario modula una portadora de RF de frecuencia distinta.

GSM (Global System for Mobile Communications): Un sistema híbrido TDMA/FDMA muy utilizado en Europa y que también empieza a estar disponible en EEUU

Antena de ganancia alta: Una antena con un diagrama de radiación que concentra la energía en un haz más o menos estrecho. Antena direccional.

microwatt (μW): una potencia de una millonésima parte de un watt.

Microonda (MW): una onda electromagnética con una longitud de onda entre aproximadamente 1 mm y 30 cm, que corresponde a frecuencias entre 300 GHz y 1 GHz.

miliwatt (mW): una potencia de una milésima parte de un watt.

Antena omnidireccional: una antena que radia más o menos uniformemente en un ángulo de 360° en el plano horizontal. Antena de baja ganancia. Las antenas de varilla o de látigo son omnidireccionales.

PCS (Personal Communication Service): Un término usado por los proveedores de servicios digitales en la banda de 1800-2000 MHz. El término distingue este servicio nuevo de los prestados a frecuencias más bajas.

Densidad de potencia: a veces llamado "flujo de potencia", es la medida de la potencia radiada que llega a una superficie unitaria. La unidad de medida es el watt por metro cuadrado (W/m^2). No obstante a veces se usa el miliwatt por centímetro cuadrado (mW/cm^2). $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ es equivalente a $10 \text{ W}/\text{m}^2$.

Radiofrecuencia (RF): ondas electromagnéticas con frecuencias comprendidas entre los 3 kHz (3000 Hz) y los 300 GHz (3×10^{11} Hz). A veces se distingue entre radiofrecuencias, entre 3 kHz y 1 GHz, y microondas, entre 1 GHz y 300 GHz.

SAR (Specific Absorption Ratio): Una medida de la velocidad a la que se absorbe la energía electromagnética por un objeto expuesto. SAR, medido en W/kg es la cantidad básica a partir de la cual se derivan la mayoría de guías de exposición modernas.

TDMA (Time Division Multiple Access): Un método de combinar los mensajes de diversos usuarios en un único canal de radio asignando a cada uno un intervalo de tiempo de transmisión distinto.

Transceptor: Término que se usa para describir un dispositivo que puede recibir y transmitir señales.

Enlace de subida: la conexión para la comunicación desde un teléfono móvil hacia la estación base.

BIBLIOGRAFIA

1. IEEE -C95.1, 1991: Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE, Piscataway, NJ.
2. NCRP: Biological effects and exposure criteria for radio frequency electromagnetic fields. Report 86, (Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurements) pp.1-382, 1986.
3. ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), Health Physics, 74 (4):494-522, 1998.
4. NRPB: Board Statement on Restrictions on Human Exposure to Static and Time-Varying Electromagnetic Fields and Radiation, Documents of the NRPB, Vol. 4, No. 5, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon, UK, 1993.

5. U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology, "Evaluating Compliance with FCC-Specified Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields," OET Bulletin 65, August 1997.
6. Petersen RC, Testagrossa PA: Radio-frequency electromagnetic fields associated with cellular-radio cell-site antennas, *Bioelectromagnetics*, 13: 527-542, 1992.
7. Petersen RC, Fahy-Elwood AK, Testagrossa PA Zeman GH: Wireless telecommunications part A: technology and safety issues, in: *Nonionizing Radiation An Overview of the Physics and Biology*, Hardy K, Meltz ML and Glickman R, eds., Medical Publishing, Madison, WI, 1997.
8. COMAR Technical Information Statement: Radio frequency Interference with Medical Devices, *IEEE Engineering and Biology Magazine* 17(3):111-114, 1997.
9. Millington RJ: Mobile and personal communications in the 90s, in: *Mobile Communications Safety*, Kuster N, Balzano Q and Lin JC, eds. Chapman & Hall, London, UK, 1997.
10. Rapport TS: *Wireless Communications; Principles and Practices*, Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, 1996

RECONOCIMIENTOS

Este documento fue preparado por el subcomité de RF y MW del IEEE Committee on Man and Radiation (COMAR) con contribuciones significativas de: Eleanor Adair, Quirino Balzano, Howard Bassen, G. Jerome Beers, C-K Chou, Robert Cleveland, Christopher C. Davis (presidente), Linda Erdreich, Kenneth R Foster, James Lin, John Moulder, Ronald Petersen, Peter Polson, Mays L Swicord, Richard Tell y Marvin Ziskin.

La conversión a HTML la realizó John Moulder (26-12-2000).