

# EXPOSICIÓN HUMANA A LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES. LEGISLACIÓN Y MEDIDAS DE ESTACIONES BASE

## *HUMAN EXPOSITION TO NON IONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATIONS. LEGISLATION AND BASE STATIONS MEASUREMENTS*

Alonso Alonso Alonso<sup>1</sup>, Ramón de la Rosa Steinz<sup>1</sup>, Roberto Hornero Sánchez<sup>1</sup>, Daniel Emilio Abásolo Baz<sup>1</sup>, Antonio García Pino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Técnica Sup. de Ingenieros de Telecomunicación de Valladolid, Univ de Valladolid.

<sup>2</sup>Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo, Universidad de Vigo

### RESUMEN

Este trabajo trata sobre los procedimientos de medida de las radiaciones no ionizantes y sus niveles registrados en medidas reales. Las fuentes de radiación analizadas cubren los medios de radiodifusión más corrientes, tales como las transmisiones AM y FM y también las estaciones base de telefonía móvil GSM. Estas fuentes habitualmente radian sobre áreas con alta densidad de población. Se describe brevemente el marco legal que regula los niveles de radiación en España y se señalan algunas posibles mejoras. Se valorarán los resultados encontrados en las medidas.

**PALABRAS CLAVE:** Radiaciones no-Ionizantes, Antenas, GSM, FM, AM, Regulación, Medidas de Exposición

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha manifestado una gran preocupación social respecto a los posibles efectos sobre la salud de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes, centrada principalmente en las originadas en estaciones base de telefonía móvil. Se percibe fácilmente en las opiniones de los ciudadanos e incluso en las noticias de prensa una falta de rigor científico muy preocupante que induce a formular falsas conclusiones sobre el tema, las cuales llegan a parecer ciertas a fuerza de repetirlas. Es responsabilidad de los científicos y también de los políticos informar suficientemente a la población sobre las diversas fuentes de emisión de ondas electromagnéticas no ionizantes y sobre las medidas de control vigentes para asegurar unos niveles adecuados de exposición. El Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación ha invitado a sus asociados a contribuir a esta clarificación necesaria

### ABSTRACT

This work deals about measurement procedures of non-ionizing radiations and their recorded levels in practice. The analyzed radiation sources cover the most common broadcasting media such as AM and FM transmissions and the GSM mobile telephony base stations. These sources currently radiate locations with high density of population. Spanish radiation level regulations are briefly described and some possible improvements are pointed out. The measurement results are discussed.

**KEY WORDS:** Non-Ionizing Radiations, Antennas, GSM, FM, AM, Regulation, Exposure Measurements

que afecta indirectamente a la extensión de nuevas tecnologías basadas en radio y ha tomado medidas propias para ayudar a tal objetivo. Se encuentra disponible todo tipo de documentación divulgativa y también de cierta profundidad técnica en las páginas web de esta institución, accesible libremente para cualquier persona interesada en la materia<sup>1</sup>. La información amplia y rigurosa sobre el tema a la población redundará en una mayor capacidad para valorar en su justo término el hipotético riesgo al que podemos estar sometidos y así prevenir posibles alarmas injustificadas. Los autores quieren aportar en este trabajo su pequeña contribución a la difusión y divulgación de aspectos de la tecnología que interesan cada vez más al público en general como son los relacionados con el entorno electromagnético que nos rodea con creciente intensidad. En este trabajo presentaremos el marco normativo que regula la toma de medidas de exposición radioeléctrica en España y como se llevan a la

**Correspondencia:** Alonso Alonso Alonso. Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática, ETSI Telecomunicación, Universidad de Valladolid. c/ Camino del Cementerio s/n, 47011 Valladolid. Tf: 983185571, Fax: 983423667, [alonso3@tel.uva.es](mailto:alonso3@tel.uva.es)

práctica dichas medidas. Se expondrán brevemente las situaciones encontradas en emisiones de telefonía móvil celular y se compararán con los niveles registrados en el entorno de transmisores de otro tipo tan corrientes como los de radiodifusión de AM, FM y de televisión con los cuales convivimos desde hace décadas.

Otro aspecto de interés es la descripción del instrumental de medida necesario para la realización de los informes oficiales de certificación de los niveles de las emisiones. Se propondrá también en este punto una mejora y simplificación en los procedimientos de medida con respecto a los aplicados en la actualidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Expondremos en este apartado el marco regulador, métodos de medida y los equipos utilizados.

Teniendo en cuenta los estudios científicos desarrollados hasta ahora referentes a los efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes, diversos organismos internacionales han elaborado detallados informes que constituyen el referente más riguroso sobre el tema. En materia de emisiones radioeléctricas, la Unión Europea ha realizado un importante esfuerzo armonizador. La normativa europea se basa en la Recomendación del Consejo, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos en el margen de 0Hz a 300GHz. Dicha Recomendación concuerda con las recomendaciones emitidas por la Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No-Ionizantes y los trabajos efectuados por el Comité Europeo de Normas Electrotécnicas.

Los diversos gobiernos de la Comunidad Europea, urgidos por la alarma social originada en la población respecto de la posible malignidad de las emisiones procedentes de las estaciones base de telefonía móvil, se han apresurado a redactar las pertinentes regulaciones respecto de los niveles de exposición máximos admisibles por las personas. El Estado Español, a través de la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral convocó en su momento a un comité de expertos independientes de reconocido prestigio, relacionados con la evaluación del riesgo de los campos electromagnéticos sobre la salud humana, con el fin de elaborar un informe técnico acerca de los mismos y su posible incidencia en la salud pública. Las conclusiones y recomendaciones de dicho informe fueron presentadas el 11 de mayo de 2001, estando en línea con las propuestas en los informes de referencia mencionados anteriormente. Por fin, el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre de 2001<sup>2</sup>, fijó los niveles máximos de exposición radioeléctrica admisibles en humanos para cada frecuencia del espectro radioeléctrico utilizado en la actualidad, denominados niveles de restricciones básicas. A partir de ellos se definen también

los llamados niveles de referencia que no deben superarse en las medidas, expresados en unidades que pueden registrarse con facilidad en la práctica, empleando la instrumentación adecuada, y que aseguran el cumplimiento de las restricciones básicas. La Orden Ministerial CTE/23/2002, de 11 de enero de 2002<sup>3</sup>, desarrolla los aspectos referentes a la presentación de estudios y certificaciones de los operadores de los servicios de radiocomunicaciones encaminados a la comprobación del cumplimiento de los niveles de seguridad respecto a los límites que establece el Real Decreto.

En el citado real decreto se definen los conceptos de Restricciones Básicas y de Niveles de Referencia como:

- Restricciones Básicas: las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Dependiendo de la frecuencia del campo, las magnitudes físicas empleadas para especificar estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J), el índice de absorción específica de energía (SAR) o la densidad de potencia (S).
- Niveles de Referencia: son los que se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición, para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas. Algunos niveles de referencia se derivan de restricciones básicas pertinentes utilizando medidas o técnicas computerizadas, y algunos se refieren a la percepción y a los efectos adversos indirectos de la exposición a las emisiones radioeléctricas. Las magnitudes derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la inducción magnética (B), la densidad de potencia (S) y la corriente en extremidades (I). Las magnitudes que se refieren a la percepción y otros efectos indirectos son la corriente de contacto (I<sub>c</sub>) y, para los campos pulsátiles, la absorción específica de energía (SA).

Los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden compararse con el nivel de referencia adecuado. El cumplimiento del nivel de referencia garantizará el respeto de la restricción básica pertinente. Que el valor medido sobrepase el nivel de referencia no implica necesariamente que se sobrepase la restricción básica, pero en tales circunstancias es necesario comprobar si esta se respeta.

Los valores recogidos se aplican sobre zonas en las que pueda permanecer habitualmente público en general, no debiendo ser aplicados para aquellos espacios con acceso acotado con vallados u otros medios en los que no pueden penetrar personas.

En las Tablas 1 y 2 se recogen los valores de las restricciones básicas y de los citados niveles de referencia.

Tabla 1

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m <sup>2</sup> )rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	9	—	—	—	—
1-4 Hz-	—	8/f	—	—	—	—
4-1.000 Hz	—	2	—	—	—	—
1.000 Hz-100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

**Restricciones Básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz-300GHz). La variable “f” es la frecuencia expresada en Hz.**

Tabla 2

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E — (V/m)	Intensidad de campo H — (A/m)	Campo B — (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana — (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	—	3,2 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	—
1-8 Hz	10.000	3,2 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	—
8-25 Hz	10.000	4.000/f	5.000/f	—
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	—
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	—
1-10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0,73/f	0,92/f	—
10-400 MHz	28	0,73/f	0,092	2
400-2.000 MHz	1,375 f <sup>1/2</sup>	0,0037 f <sup>1/2</sup>	0,0046 f <sup>1/2</sup>	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

**Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz-300GHz, valores rms imperturbados). La variable “f” se expresa en las unidades indicadas en la columna de gama de frecuencias.**

Todo este marco regulatorio no sólo fija los límites de las magnitudes medidas sino que determina de una forma más o menos concreta la forma de realizar las medidas y los equipos que deben utilizarse, sobre todo en la orden ministerial citada.

Los efectos de los campos electromagnéticos son pues dependientes de la frecuencia tanto en el mecanismo de actuación y los efectos producidos como en los niveles requeridos para producir dichos efectos. Al elaborar las restricciones básicas se ha tenido en cuenta esta circunstancia y resulta interesante resumir los criterios que se han asumido:

- Entre 0Hz y 1Hz se realizan restricciones sobre B para campos estáticos y de densidad de corriente para campos variables de 1Hz, que pueden afectar al sistema nervioso central y al cardiovascular.
- Entre 1Hz y 10MHz, las densidades de corriente inducidas por los campos deben limitarse debido a su efecto sobre las funciones del sistema nervioso.
- Entre 100kHz y 10GHz se proporcionan restricciones básicas de SAR para prevenir la fatiga calorífica del cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. Entre 100kHz y 10MHz se ofrecen también las restricciones sobre densidad de corriente citadas en el apartado anterior.

- Entre 10GHz y 300GHz se quieren prevenir los efectos de calentamiento en tejidos cerca de la superficie corporal fijando límites sobre la densidad de potencia en el entorno.

Además se ha tenido en cuenta las variaciones que puedan introducir las sensibilidades individuales, las condiciones medioambientales y la diversidad de edad y salud de los ciudadanos.

En el caso que nos ocupa, el de la medida de las radiaciones no ionizantes procedentes de los sistemas de telecomunicación que más nos afectan, como telefonía, radiodifusión y televisión, donde los autores han trabajado, nos centramos en el rango comprendido entre la banda de MF, donde se ubica el servicio de radiodifusión AM (en el entorno de 1MHz) y la parte final de la banda de UHF (3GHz), hasta donde se extiende la telefonía móvil de segunda generación.

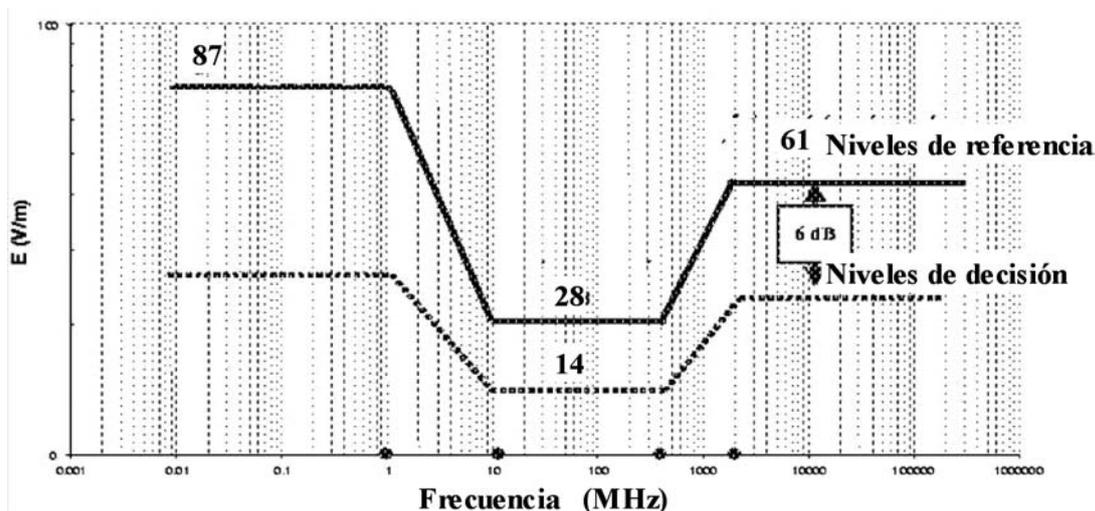
Para la realización de las medidas sobre las estaciones radioeléctricas objeto de la orden ministerial CTE/23/2002 antes citada, es necesario realizar medidas de diversos tipos, que afectan a todas las radiofuentes que puedan emitir un nivel de potencia no despreciable en la zona de estudio:

- Medidas de campo eléctrico E en banda ancha, que cubra los márgenes de frecuencia de las diversas radiofuentes consideradas.

- Medidas de campo magnético H en aquellos casos en que, por encontrarnos en campo cercano, los campos E y H no puedan calcularse el uno a partir del otro.
- Medidas de campo E y/o H en banda estrecha mediante analizador de espectro con objeto de identi-

car individualmente la intensidad de campo procedente de cada radiofuente cuando se superan los niveles de decisión definidos en la figura 1, establecidos 6dB por debajo de los niveles de referencia del real decreto.

Figura 1



**Niveles de referencia de campo eléctrico y sus correspondientes niveles de decisión.**

El procedimiento de medida debe iniciarse con una exploración previa exhaustiva de toda la zona empleando una sonda de campo de banda ancha para localizar las zonas exposición más intensa y los puntos más interesantes para realizar las medidas posteriores. Este proceso es muy importante pues frecuentemente se encuentran niveles inesperados en zonas en que teóricamente no deberían haberlos y viceversa. Esto ocurre debido a la complejidad electromagnética de los entornos reales, con presencia de obstáculos reflectores, absorciones, planos de tierra imperfectos etc. El resto del procedimiento está recogido convenientemente en la orden ministerial CTE/23/2002, y en los protocolos de medida recomendados por el Colegio de Ingenieros Superiores de Telecomunicación y que por su extensión no podemos exponer aquí.

Los equipos de medida deben cumplir rigurosos requisitos técnicos que hace que sólo puedan ser suministrados por un número relativamente pequeño de fabricantes especializados; esta circunstancia encarece mucho dichos equipos. Las sondas de campo eléctrico usadas poseen respuesta a partir de los 100kHz y superan los 3GHz. Las de campo magnético, empleadas para medidas de campo próximo se aplican a frecuencias relativamente bajas, donde la condición de campo lejano no puede cumplirse y se han usado en la medida de emisiones de radiodifusión AM.

Las medidas de banda estrecha usando analizadores de espectro se realizan con analizadores portátiles de cualquiera de los fabricantes especializados del mercado y que en nuestro caso alcanzaban desde 100kHz hasta ligeramente por encima de los 3GHz. Las antenas empleadas con el analizador pueden ser voluminosas y normalmente directivas por lo que en cada punto de medida es necesario determinar pacientemente la dirección de máxima radiación hacia donde deben orientarse. A veces es

difícil que una única antena cubra todas las bandas de frecuencia de interés con lo que pueden llegar a emplearse varias antenas para la realización de medidas en el mismo punto.

**RESULTADOS**

En este apartado comentaremos los resultados obtenidos en las medidas de estaciones base de telefonía móvil en entorno rural y de medidas sobre estaciones de radiodifusión AM y FM. En algún caso la estación de telefonía compartía emplazamiento con un repetidor de televisión. Hemos comprobado que existe un patrón bastante definido en cada tipo de sistemas, que resulta interesante exponer.

En los emplazamientos de telefonía, es frecuente no encontrar ningún punto de medida donde se registre suficiente potencia promediada como para superar el umbral inferior del aparato. Las tablas a rellenar resultan ser bastante sencillas, todas las medidas se realizaban en campo lejano, bastando para ello una sonda de campo eléctrico de banda ancha y anotando valores nulos o muy bajos.

En los emplazamientos de radiodifusión FM los niveles medidos resultaban bastante significativos, acercándose en algún caso a los niveles de decisión que nos hubiesen obligado a medir con analizador de espectro. Las medidas fueron todas en campo lejano, debido a la altura de suspensión de las antenas, y a los vallados circundantes a las torres lo que resultaba en una distancia de alejamiento suficiente.

Los emplazamientos mixtos de radiodifusión AM y FM, empleaban la antena de AM como torre de suspensión del array de FM. Las alturas de colocación de estas antenas arrays solían ser aún mayores a las del caso anterior y los vallados de la torre más amplios. Las longitudes

de onda de las misiones en la banda de radiodifusión AM son muy grandes, precisando recorrer el campo radiado una gran distancia antes de presentar las características de onda plana que se dan en la condición de campo lejano. En este caso nos veíamos obligados a medir también, independientemente el campo H presente en todos los puntos de medida con una sonda de banda ancha omnidireccional apropiada. Casi todo el valor de campo procede de las estaciones AM, pero en algún caso, debido a tener que incluir (a causa del procedimiento recogido en la orden ministerial) el límite de decisión mucho más bajo de la FM, que en lógica se podría haber evitado, nos vimos obligados a realizar las laboriosas medidas de banda estrecha en algún emplazamiento. A pesar de registrarse valores importantes de campo, tampoco encon-

tramos ninguna estación que superase los límites legales de emisión, aunque otros grupos de trabajo sí han encontrado estaciones con problemas.

Los emplazamientos medidos por los autores que albergaban únicamente servicio de radiodifusión AM, salvo la complicación de la medida en campo cercano, no dan mayores problemas, quedando sus niveles de emisión por debajo de los límites legales.

En las Tablas 3 y 4 se recogen unas medidas reales en el mismo formato que se presentan en los informes de certificación de un operador para el cumplimiento de los niveles de campo radiado. Por economía de espacio no se añade una tabla sobre medidas de telefonía móvil, pero ya se ha explicado que los niveles medidos suelen quedar por debajo de los límites de sensibilidad del aparato de medida.

**Tabla 3**

Equipo de medida utilizado				Datos de las mediciones					
Marca: NARDA				Código de estación: Xx xx					
Modelo: EMR-300				Fecha de realización: 20/04/2002					
Nº de serie: AN-0022				Técnico responsable: Alonso Alonso Alonso					
Rango de frecuencias <sup>2</sup> : 3 kHz – 60 GHz				Nº total de mediciones: 8					
Fecha de última calibración*: 22/02/2002									
Valor del umbral de detección:									
Sonda de banda ancha									
Marca: NARDA									
Modelo: 2244/9072 – Type 18.0									
Nº de serie <sup>2</sup> : F-0019									
Rango de frecuencias <sup>2</sup> : 100 KHz - 3 Ghz.									
Resolución <sup>2</sup> : 0.01 V/m									
Sensibilidad <sup>2</sup> : 0.2 V/m									
Planicidad <sup>2</sup> : +1 dB a -3 dB sobre 27.12 MHz (sobrefrecuencia=27,12 MHz)									
Fecha de última calibración*: 21/02/2002									
Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas			Hora de inicio de cada medición	Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m)	Nivel de Referencia (1)	Nivel de decisión (2)	Valor medido promediado (3)	Diferencia: (2) - (3) (5)	¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO)
Punto de medida	Dist (m)	Acim (°)							
1	23.4	64	11:56	V/m	28	14	10.42	3.58	NO
2	42.2	64	12:06	V/m	28	14	4.08	9.92	NO
3	45.65	100	12:13	V/m	28	14	4.15	9.85	NO
4	40.5	161	12:20	V/m	28	14	4.95	9.05	NO
5	42.2	253	12:28	V/m	28	14	5.76	8.24	NO
6	22.3	350	12:39	V/m	28	14	5.15	8.85	NO
7	98.5	315	12:48	V/m	28	14	3.20	10.8	NO
8	49.2	15	12:59	V/m	28	14	4.07	9.93	NO

**Tabla de medidas de campo eléctrico correspondiente a un informe realizado por los autores sobre una estación que alberga dos emisoras de FM en la provincia de Palencia. Se ha suprimido intencionadamente en esta tabla la identificación de dichas emisoras.**

## DISCUSIÓN

En este apartado se pretende tratar dos asuntos principales; en primer lugar la comparación de los niveles de radiación entre los diferentes servicios de radiocomunicación analizados; en segundo lugar, una discusión sobre

la conveniencia de los métodos de medida que impone la normativa en cuanto a eficacia y a facilidad de realizar las citadas medidas.

Respecto al primer tema, las medidas de campo de las estaciones de telefonía móvil GSM deberían tranquilizar a la población a la vista de los pequeños niveles registra-

Tabla 4

Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas			Hora de inicio de cada medición	Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m)	Nivel de Referencia	Nivel de decisión	Valor medido promediado	Diferencia: (2) - (3)	¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO)
Punto de medida	Dist (m)	Acim (°)							
1	52	11	14:30	V/m	28	14	18.23	<0	NO
2	48	50	14:48	V/m	28	14	16.5	<0	NO
3	58	120	15:05	V/m	28	14	9.06	4.94	NO
4	60	5	15:26	V/m	28	14	10.31	3.69	NO
5	52	249	15:43	V/m	28	14	11.83	2.17	NO
6	56	195	16:01	V/m	28	14	8.77	5.23	NO
7	108	353	16:25	V/m	28	14	5.29	8.71	NO
8	208	320	16:45	V/m	28	14	1.92	12.08	NO

**Tabla de medidas de campo eléctrico correspondiente a un informe realizado por los autores sobre una estación que alberga dos emisoras, una de FM y otra de AM en la provincia de Cáceres. Se ha suprimido la cabecera de esta tabla con los datos técnicos, que es idéntica a la anterior en aras de evitar información redundante.**

dos, no solo por estos autores, sino también en la amplia campaña de medidas realizadas en el ámbito nacional por diversos grupos. La alarma social generada en torno a las estaciones base de telefonía móvil no está justificada, al menos desde el punto de vista de la intensidad con la que los ciudadanos son radiados por estas estaciones. Es posible que la citada alarma social esté relacionada con la relativa novedad del servicio de telefonía móvil respecto de otras radiofuentes clásicas que nos rodean desde hace décadas y la súbita e impactante aparición de multitud de estaciones base para cubrir celdas cada vez más pequeñas. La población debe conocer que el volumen de tráfico de voz y datos que los sistemas celulares pueden manejar están relacionados necesariamente con el tamaño de sus celdas, de modo que a celdas más pequeñas, el servicio será mejor; pero cada celda está gestionada por una estación base. En las ciudades, donde el consumo de recursos del sistema de telefonía es más elevado, las estaciones bases son más numerosas, pero al gestionar celdas de cobertura de menor tamaño, la potencia que necesitan radiar es también mucho menor. Una buena información sobre el funcionamiento de la telefonía móvil celular puede encontrarse en las anteriormente citadas páginas web del COIT<sup>1</sup>.

Las emisiones de servicios de radiodifusión con los que estamos habituados a convivir y que no presentan una estructura celular, poseen pocas estaciones transmisoras, pero radian con una intensidad notablemente mayor que las de telefonía móvil. Además los estudios realizados sobre efectos biológicos imponen un límite de tolerancia más bajo a las frecuencias de VHF donde se emite la radiodifusión FM que a la banda de frecuencias asignada a los servicios de telefonía celular (ver figura 1). No obstante no parece que exista una preocupación especial en la población por el posible efecto de las emisiones FM, a pesar de que pueden producirse exposiciones sobre personas con densidades de potencia relativamente mucho más altas. En el caso de las estaciones más potentes, las de radiodifusión AM, presentan los valores más elevados, aunque en esas frecuencias el cuerpo humano y la radiación incidente interactúan poco y los efectos producidos son menores; de ahí que la normativa per-

mita alcanzar con seguridad unos niveles de intensidad de campo muy altos (87V/m). También debería conocerse que la exposición a las señales de telefonía móvil procedente de nuestros terminales móviles es muy superior a la que recibimos de la estación base cuando estamos utilizando el servicio.

Sobre el segundo tema: la discusión sobre la normativa y los procedimientos de medida impuestos por la misma cabría señalar algunos posibles puntos débiles, que recogeremos aquí con ánimo constructivo en todo caso.

Debemos señalar que las restricciones básicas se centran, para el margen de frecuencias de nuestro interés, en densidades de corriente inducidas que pueden alterar el comportamiento del sistema nervioso y, sobre todo, en efectos térmicos de las radiaciones sobre el tejido. En ambos casos se supone que los efectos cesan un tiempo más o menos breve después de terminar la exposición de la persona a los campos electromagnéticos causantes de los mismos, siempre que se respeten los límites de exposición que se indican. La suposición de que los únicos efectos producidos son de esta naturaleza está siendo muy discutida incluso por algunos grupos científicos, que intentan destacar también la posible influencia de la modulación empleada en las emisiones de carácter pulsado, como es el caso del GSM. Mientras la potencia promediada radiada es muy pequeña en GSM, los valores instantáneos pueden ser elevados y producir efectos diferentes de los térmicos sobre el organismo, como de hecho sucede sobre algunos circuitos que manejan señales pulsadas de intensidades extremadamente elevadas en aplicaciones de RADAR. Tal vez sería prudente no aplicar un simple procedimiento de promediado en las medidas de sistemas con modulaciones de ese tipo.

El punto más conflictivo de la recomendación europea, en la que se apoya la normativa española es, tal vez, el relacionado con la aplicación del principio de precaución. La cuestión de cuándo y cómo utilizar el principio de precaución está suscitando intensos debates y dando pie a opiniones divergentes en todo el mundo. Algunos grupos sugieren niveles "precautorios" de exposición que son muy inferiores a los establecidos en las restricciones básicas del real decreto 1066 de 28 de septiembre.

Otro punto que creemos necesario comentar es la fuerte influencia del problema de la telefonía móvil sobre la redacción de la normativa reguladora, especialmente en el caso de la orden ministerial. El protocolo que se deriva de la aplicación del citado documento hace muy sencillas las medidas sobre estaciones base de telefonía móvil, donde suele bastar con medir empleando una simple sonda de campo eléctrico y no es necesario, prácticamente nunca, pasar a medidas con analizadores de espectro, que son extremadamente difíciles de realizar en el caso de otro tipo de emisiones. En particular, una ubicación donde convivan servicios de radiodifusión AM y FM y a la vez TV es muy difícil de medir mediante analizador de espectro por la cantidad de antenas diferentes a emplear y el lento proceso empleado sobre cada antena en cada medida. Otro ejemplo es la obligada aplicación del promediado de 6 minutos en el caso de la medida de una antena que únicamente contiene servicios de radiodifusión FM que tienen una potencia de salida teóricamente constante. En la práctica se aplican 6 minutos de espera en cada medida a pesar de que podemos comprobar que el valor medido no varía significativamente durante ese tiempo. En AM, el tiempo de integración necesario para promediar el campo es inferior a 1 segundo y sin embargo también debemos esperar 6 minutos.

La forma más sencilla de comprobar el cumplimiento de la norma sobre los niveles de emisión sería empleando en la medida sondas omnidireccionales de potencia pon-

deradas según los valores recogidos en los niveles de referencia. En el caso de situaciones donde es necesario medir en campo cercano, se podrían emplear sondas ponderadas "isotrópicas" de campos E y H independientemente. Algún fabricante ha comercializado una sonda de densidad de potencia ponderada del tipo que aquí se cita. Las sondas ponderadas omnidireccionales pueden garantizar medidas que aseguren el cumplimiento de los niveles de referencia de un modo sencillo y rápido y debería proponerse su uso.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Documentos sobre Antenas y Salud recogidos en las páginas web del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación 2003. Disponible en: [www.aeit.es](http://www.aeit.es)
- 2.-Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones, radioeléctricas. BOE núm. 234, de 29 de septiembre.
- 3.-Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones. BOE núm. 11, de 12 de enero.