

MEDICIONES ELECTROMAGNÉTICAS

(Exposición de personas a campos EM)

Antonio Rojas Cuevas

CETECOM (Centro de Tecnología de las Comunicaciones)

P.T.A. c/ Severo Ochoa 2

29590 Campanillas (Málaga)

☎ - 95 261 91 00

FAX - 95 261 91 13

Resumen:

Esta ponencia trata sobre los aspectos técnicos de la medición de campo electromagnético en relación con la exposición de personas a dichos campos. Concretamente se tratará con mas extensión las medidas de campos EM provenientes de Instalaciones/estaciones de radiocomunicaciones (Transmisores de Radio, TV, Telefonía móvil, etc.).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVO	6
3. NIVELES DE REFERENCIA.....	7
4. METODOLOGIA	8
4.2. FASE 1.....	10
4.3. FASE 2.....	10
4.4. FASE 3.....	10
5. INFORME	11
6. REFERENCIAS	11

1. INTRODUCCIÓN

La implantación masiva de infraestructura de comunicaciones, basada en el aprovechamiento del espectro radioeléctrico y de la propagación de señales de manera inalámbrica ha supuesto un incremento espectacular en los niveles de contaminación electromagnética. Dicho tipo de contaminación no se ve ni se huele y para ser detectada se requiere de instrumentación dedicada de RF.

No obstante su presencia potencial es detectada por el público en general por la existencia de multitud de torres repetidoras y de antenas que garantizan la cobertura. Dicha presencia es la que ha puesto en escena a tres sectores de la sociedad en marcha, a saber: el gran público, la Administración de los Estados y los operadores a cuya propiedad pertenece la infraestructura.

En la sociedad se ha producido una importante alarma en relación al efecto que sobre la salud de las personas ejercen los campos electromagnéticos.

Las Administraciones de los Estados Miembros han comenzado a desarrollar prudentemente el marco legal que dé cobertura a tal preocupación limitando los niveles de radiación en base a parámetros basados en la dosis de exposición. Esto se ha traducido en una serie de documentos consultivos, normativos, Reales Decretos y Ordenes que lo desarrollan.

La Comisión Europea publica en el DOCE (Diario Oficial de la Comunidad Europea) la recomendación del Consejo: **1999/519, de 12 de Julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).**

Con fecha 29 de septiembre de 2001 el Ministerio de Ciencia y Tecnología publica en el BOE (Boletín Oficial del Estado) el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Con fecha 12 de Enero de 2002 el Ministerio de Ciencia y Tecnología publica en el BOE la Orden CTE/23/2002, de 11 de Enero por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones para operadores de servicios de radiocomunicaciones.

En relación con la aplicación de esta orden se establecen 4 tipos de estaciones radioeléctricas, en función de su ubicación y potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE), distinguiéndose así los siguientes tipos:

ER1: Estaciones ubicadas en suelo urbano con PIRE superior a 10W

ER2: Estaciones ubicadas en suelo urbano con PIRE inferior o igual a 10W

ER3: Estaciones ubicadas en suelo no urbano con PIRE superior a 10W

ER4: Estaciones ubicadas en suelo no urbano con PIRE inferior o igual a 10W

Desde el punto de vista de exposición de personas a campos EM (electromagnéticos), se tienen en consideración las estaciones tipo ER3 y ER4, siempre que existan áreas en su entorno donde habitualmente puedan permanecer personas.

En particular, esta orden establece que para las estaciones tipo ER1 y ER2 se debe minimizar los niveles de exposición, si en un radio 100 m existen espacios considerados sensibles como: guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencia o geriátricos.

El nivel de decisión sobre la exposición de las personas se establece en 6 dB por debajo del límite establecido en el anexo II del Real Decreto 1066/2001, es decir un 50% por debajo, respecto al nivel de campo eléctrico (V/m) y un 75% por debajo, respecto al nivel de densidad de potencia (W/m^2).

Esta orden establece la operativa de la medida y el formato en que se deben presentar los informes .

Una clasificación de los campos electromagnéticos no ionizantes, en lo que se

refiere a fuentes RF de nuestro entorno puede ser [1]:

- Las fuentes que generan campos de frecuencias inferiores a 3 kHz ($0 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$), entre los que se encuentran:
 - Las de “campos estáticos” (0 kHz):
Trenes de levitación magnética, sistemas de resonancia magnética para diagnóstico médico y los sistemas electrolíticos en aplicación industrial-experimental.
 - Las fuentes de los campos de frecuencias extremadamente bajas ($30 \text{ Hz} \leq f < 300 \text{ Hz}$):
Equipos relacionados con la generación, transporte o utilización de la energía eléctrica de 50 Hz, líneas de alta y media tensión y aparatos electrodomésticos (neveras, secadores de pelo, etc.).
- Desde 300 Hz a 3 kHz:
Cocinas de inducción, antenas de radiodifusión modulada y equipos de soldadura de arco.
- Las conocidas como fuentes de campos de radiofrecuencias ($3 \text{ kHz} \leq f < 300 \text{ GHz}$), que, clasificadas por rangos de frecuencia, son las siguientes:
 - Desde 3kHz a 30 kHz (VLF):
Antenas de radionavegación y radiodifusión modulada, monitores de ordenador, sistemas antirrobo.
 - Desde 30 kHz a 300 kHz (LF):
Pantallas y monitores, antenas de radiodifusión, comunicaciones marinas y aeronáuticas, radiolocalización.
 - Desde 300 kHz a 3 MHz (HF):
Radioteléfonos marinos, radiodifusión AM, termoselladoras.
 - Desde 3 MHz a 30 MHz:

Antenas de radioaficionados, termoselladoras, aparatos para diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo

- Desde 30 MHz a 300 MHz (VHF):
Antenas de radiodifusión, frecuencia modulada, antenas de estaciones de televisión, sistemas antirrobo.
- Desde 300 MHz a 3 GHz (UHF):
Teléfonos móviles, antenas de estaciones base de telefonía móvil, hornos de microondas, aparatos para diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo.
- Desde 3 GHz a 30 GHz (SHF):
Antenas de comunicaciones vía satélite, radares, enlaces por microondas.
- Desde 30 GHz a 300 GHz (EHF):
Antenas de radionavegación, radares, antenas de radiodifusión.

2. OBJETIVO

Las restricciones en cuanto a las emisiones electromagnéticas que impone el Real Decreto 1066/2001, a las instalaciones y/o estaciones de radiocomunicaciones, se basan en los límites establecidos en la recomendación europea 519/1999.

Los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas vienen dados en el Anexo II del RD1066/2001, y establecen restricciones básicas en función de la frecuencia en distintas unidades:

- Inducción magnética (mT),
- Densidad de corriente (mA/m²)
- SAR (W/kg) Specific Absorption Rate
- Densidad de potencia (W/m²).

La restricción básica entre 0 y 1 Hz (campo magnético estático) tiene como objeto prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central.

La restricción básica entre 1 Hz y 10 MHz (densidad de corriente) tiene como objeto prevenir disfunciones del sistema nervioso.

La restricción básica entre 100kHz y 10GHz tiene por objeto prevenir la fatiga calorífica del cuerpo entero y calentamiento local excesivo.

La restricción básica entre 10GHz y 300GHz tiene como objeto prevenir el calentamiento de los tejidos en la superficie corporal.

Al mismo tiempo que se dan los niveles de restricción básica, se dan también niveles de referencia (de campo eléctrico, magnético o electromagnético).

El respeto de todos los niveles de referencia asegura el respeto de las restricciones básicas.

Esta es la razón de porque se utilizan para caracterizar los niveles de exposición de personas a campos electromagnéticos los niveles de referencia en lugar de las restricciones básicas.

Sin embargo existen determinadas situaciones en las que no es apropiado usar los niveles de referencia como niveles adecuados para comprobar si se cumplen las restricciones básicas, este es el caso de los teléfonos móviles (no de las estaciones base) en los que la emisión está muy localizada en la cabeza del individuo. En este caso debe evaluarse si se respeta directamente la restricción básica haciendo una medida de SAR (Specific Absorption Rate).

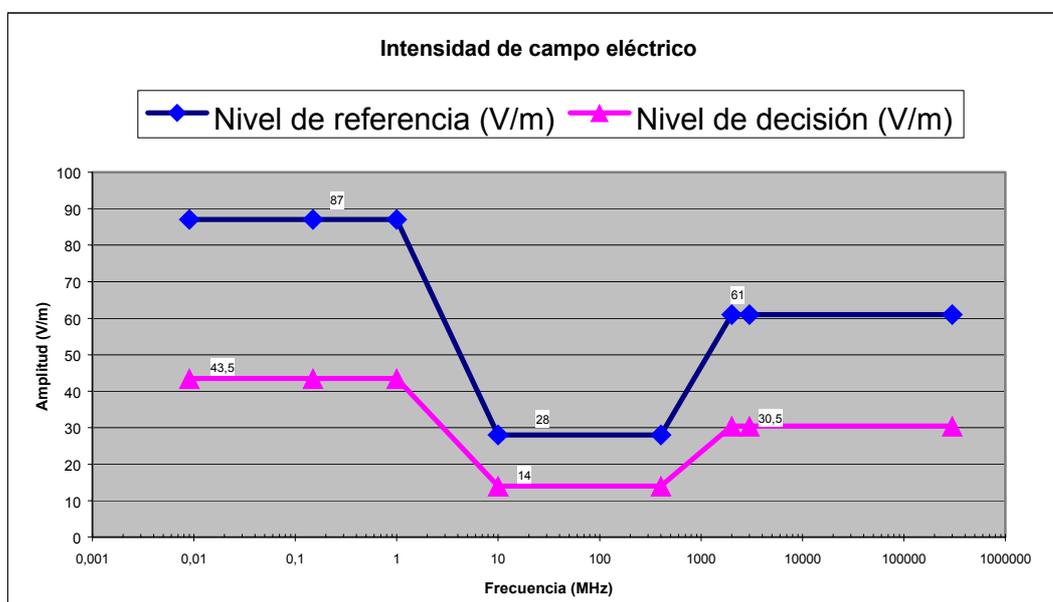
3. NIVELES DE REFERENCIA

A pesar de que la OM/CET/23/2002 establece el nivel de referencia (en intensidad de campo eléctrico) por encima de 9 kHz (ya que a partir de esta frecuencia es donde se pueden encontrar estaciones de radiocomunicaciones), no hay que olvidar que por debajo de dicha frecuencia existen los 50Hz (frecuencia de la red de alimentación, líneas de alta, media y baja tensión).

Atendiendo a la recomendación europea 519/1999 y anexo II del RD/1066/2001, los límites establecidos desde 0 a 300 GHz son:

Gama de Freq.	Intensidad de Campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B uT	Densidad de P. equivalente W/m ²
0-1 Hz	-	3,2x10 ⁴	4x10 ⁴	

1-8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	
8-25 Hz	10000	$4000 / f$	$5000 / f$	
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	$87 f^{1/2}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	--
10-400 MHz	28	$0,73 / f$	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	F/200
2-300 GHz	61	0,16	0,2	10



Como se puede observar en la figura anterior se ha establecido un nivel de decisión a un 50% inferior al nivel de referencia.

4. METODOLOGIA

Dejando a un lado, las consideraciones y características técnicas de las Estaciones de Radiocomunicaciones, en cuanto a lo que se exige de documentación referente a datos generales, datos del emplazamiento y características radioeléctricas, se pueden considerar distintas fases relativas a las medidas, en base a:

- Fase previa: Factores de entorno y factores radioeléctricos
- Fase 1: Vista rápida del ambiente radioeléctrico (uso de medidores isotrópicos)

- Fase 2: Medida con medidores selectivos
- Fase 3: Medidas en campo cercano y/o medidas por encima de 3GHz

4.1. FASE PREVIA

Durante la fase previa a las medidas (fases 1 a 3) deben identificarse las zonas (próximas a la estación base) donde habitualmente permanezcan personas, considerando de forma particular la dirección o direcciones de máxima radiación de la/s antena/s.

Se debe tener en cuenta, para incluir en la medida, la presencia de espacios sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o geriátricos), sobre todo si están en un radio de 100m del sistema radiante.

Desde el punto de vista de los equipos de medida de campo electromagnético que deben ser usados se pondrá especial atención en los siguientes aspectos:

- Rango de frecuencias que cubre
- Sensibilidad (> que el nivel mínimo de decisión establecido)
- Calibración en vigor
- Detección RMS (valor imperturbado)

Investigación de campo cercano/campo lejano, en base a la/s frecuencia/s predominante/s en el emplazamiento y la distancia de medida respecto a la/s antena/s.

Es necesario conocer si se está midiendo en campo cercano o lejano, porque la magnitud del campo eléctrico (E) y magnético (H) en campo cercano no están relacionadas por la impedancia de onda (377Ω) y por tanto habría que medir las dos componentes (E & H) para saber si se están sobrepasando los niveles de referencia.

Como criterio práctico (aunque no exhaustivo) se establece el siguiente límite campo cercano / campo lejano por debajo de 1 GHz:

Si $d > 3\lambda$; ó $d > 2D^2/\lambda$ "campo lejano"

Si $d < 3\lambda$; ó $d < 2D^2/\lambda$ "campo cercano"

donde,

d= Distancia en metros desde el punto de medida a la antena

D= Diámetro de la fuente (antena)

λ = Longitud de onda en metros ($\lambda=c/f$), $c=300$, f =MHz

La expresión de campo cercano/lejano en la OM/CET/23/2002, sólo tiene en cuenta la longitud de onda (3λ) y no la dimensión de la fuente.

Como se atenúan los campos en función de la distancia a la fuente:

Campo E (cercano): $1/r^3$

Campo H (cercano): $1/r^2$

Campo E o H (lejano): $1/r$

4.2. FASE 1

En esta fase, definida como “vista rápida del ambiente radioeléctrico”, se utilizan equipos de medida de banda ancha (sondas isotrópicas).

Este tipo de equipos no ofrecen información de las componentes espectrales.

Las sondas de respuesta plana, deben serlo en el rango de frecuencias de funcionamiento especificado ($< \pm 2$ dB).

Se debe recorrer con la sonda, el entorno de la estación accesible al público, para determinar los puntos de máximo nivel de exposición. También se debe variar la altura respecto al suelo (0 a 2m) para buscar el máximo.

4.3. FASE 2

Las medidas en Fase 2, se realizan cuando el resultado con sonda isotrópica ha superado el valor límite de decisión. En esta fase sólo se deben tener en cuenta aquellas señales de RF que superen el nivel de 40 dB por debajo de los niveles de referencia establecidos. Aquí es donde se usa el analizador de espectros y antena adecuada al rango de frecuencia a medir (9kHz-3GHz).

4.4. FASE 3

Cuando se está operando a frecuencias distintas de la Fase 2, o bien se está midiendo en campo cercano, hay que realizar un análisis más exhaustivo de las señales con el fin de poder determinar su cumplimiento con los niveles de

referencia.

5. INFORME

Un ejemplo de informe de medidas (según se recoge en la OM CTE/23/2002):

1.-EQUIPOS DE MEDIDA UTILIZADOS

Marca: _____ Modelo: _____ Nº de serie: _____

Fecha de la última calibración: _____

Valor del umbral de detección: _____

2.-DATOS DE LAS MEDICIONES

Código de la Estación: _____

Fecha de realización: _____

Técnico responsable: _____

Nº total de mediciones (>5): _____

Resumen de resultados: (aplicar el siguiente cuadro cuando se ha medido de acuerdo a la Fase 1, según OM/CTE/23/2002):

Localización del punto de medida		Hora inicio de cada medida	Nivel de Ref. (W/m ²)	Nivel de Ref. (V/m)	Nivel de decisión (W/m ²)	Nivel de decisión (V/m)	Valor medio promediado	Valor calculado	Diferencia
Distancia (m)	Acimut (°)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(3)-(5) ó (4) - (5)

6. Referencias

[1] Campos electromagnéticos y salud pública. Informe del comité de expertos. (Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Dirección General de Salud Pública y Consumo. Ministerio de Sanidad y Consumo.

[2] Real decreto 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el

Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

[3] Orden CTE/23/2002, de 11 de Enero por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones para operadores de servicios de radiocomunicaciones.

[4] 1999/519/EC. Recomendación del Consejo de la Unión Europea, publicada el 12 de Julio de 1999, sobre la limitación de la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 a 300 GHz)

[5] IEEE C95.1. Niveles de seguridad respecto a la exposición humana a campos electromagnéticos de radio-frecuencia, 3kHz-300GHz.