

Evaluación de la exposición laboral a campos electromagnéticos en el contexto de la Guía Técnica del INSST

Beatriz Diego Segura

Subdirección Técnica. INSST

La publicación, a finales de 2019, de la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos en los lugares de trabajo ha puesto de manifiesto el creciente interés por este agente físico.

Dentro de este contexto, el presente artículo aborda la evaluación de este riesgo tomando como ejemplo la exposición en un servicio de fisioterapia.

INTRODUCCIÓN

Los campos electromagnéticos (CEM) están presentes de manera habitual en el mundo que nos rodea y son una parte esencial de nuestro medio ambiente. Es de sobra conocido que durante una tormenta se producen grandes campos eléctricos o que el campo magnético terrestre lleva siglos usándose como sistema de orientación. Pero, además de los campos de origen natural, también existen numerosas emisiones generadas por el ser humano en distintas actividades como, por ejemplo, en el sector sanitario, en el del transporte o en el de las telecomunicaciones y la radiodifusión.

En consecuencia, es un hecho incontestable que los CEM han formado, forman y seguirán formando parte de nuestro día a día y, por eso, es necesario conocer cuáles son los efectos que pue-

den producir y establecer normativas que limiten su intensidad, para que la exposición a los mismos no ocasione daños en la salud.

Los **efectos asociados a la exposición a CEM** han sido objeto, desde hace décadas, de numerosas investigaciones epidemiológicas y experimentales en las que se ha demostrado que estos efectos dependen de la **frecuencia** y de la **intensidad** del campo.

La frecuencia determina el efecto biológico, pero para que este efecto pueda, en primer término, manifestarse y, en última instancia, llegar a producir una patología, es necesario que la intensidad del CEM alcance un determinado valor.

Los efectos derivados de la exposición a CEM se clasifican en:

- Efectos no térmicos: entre 0 Hz y 10 MHz.

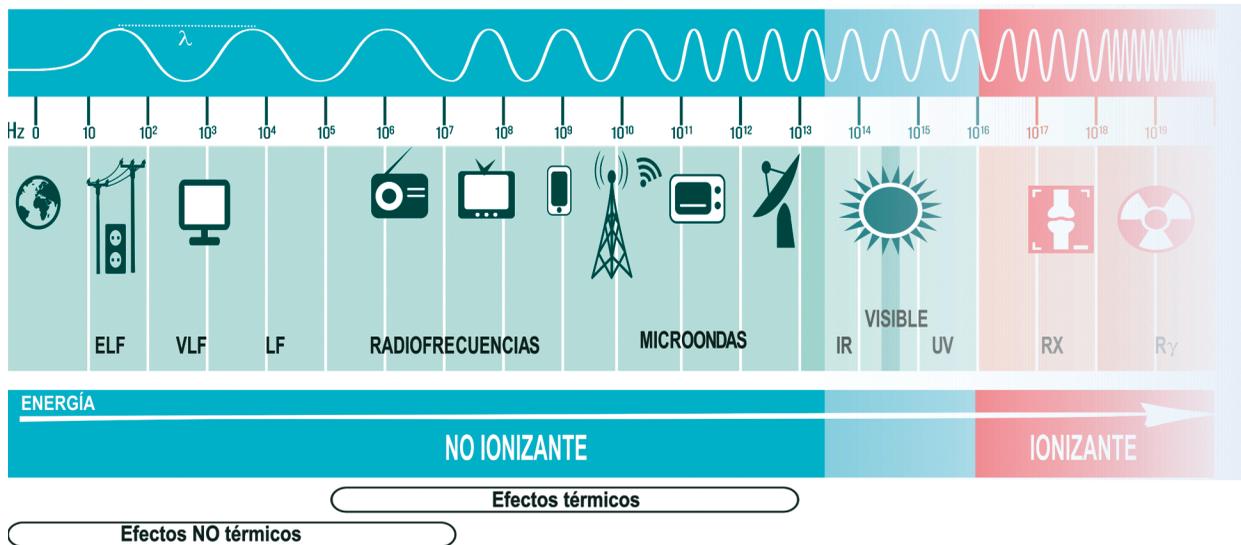
Producen hormigueos en las extremidades, náuseas, vértigos e inducción de corrientes de naturaleza circular en el interior del organismo que pueden llegar a producir estimulación de nervios y músculos.

- Efectos térmicos: entre 100 kHz y 300 GHz.

Producen aumentos de temperatura tanto en un tejido concreto como en todo el organismo y, a partir de 10 GHz, el calentamiento sucede fundamentalmente a nivel superficial.

La figura 1 muestra estos efectos biológicos asociados a las bandas principales en las que se subdivide el espectro de los CEM.

■ **Figura 1** ■ **CEM: Bandas espectrales, aplicaciones comunes y efectos asociados**



EL MARCO LEGISLATIVO: REAL DECRETO 299/2016 Y GUÍA TÉCNICA

Los orígenes de la normativa laboral sobre CEM se remontan, en el ámbito de la Unión Europea, a la década de los años 90 del siglo pasado cuando, al mismo tiempo que se legislaba sobre las pantallas de visualización de datos (PVD), los agentes biológicos o los lugares de trabajo, se comenzó a trabajar en una directiva de agentes físicos.

La idea original era que esta norma tuviese un núcleo común y cuatro anexos específicos en los que se detallasen los valores límite de exposición para el ruido, para las vibraciones, para los campos electromagnéticos y para las radiaciones ópticas. Sin embargo, pronto se demostró que la elaboración de una única directiva para todos los agentes conllevaría numerosos problemas a la hora de alcanzar un documento de consenso.

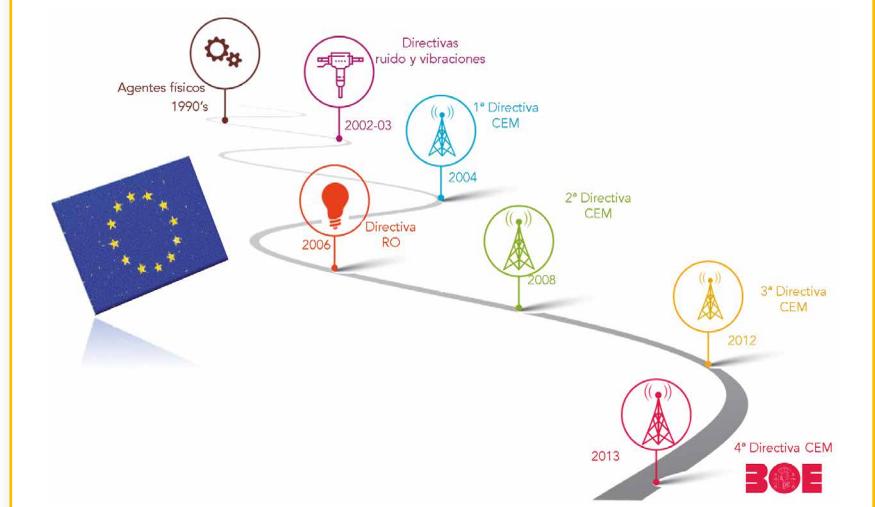
En consecuencia, se decidió dividir la directiva de agentes físicos en cuatro directivas individualizadas con la perspectiva de poder fusionarlas en un futuro, de ahí que todas ellas mantengan el mismo

nombre común y que, entre paréntesis, especifiquen el agente físico objeto de aplicación. No obstante, es poco probable que esta fusión llegue a ocurrir a la vista de la complejidad de cada una de estas normas legales y de la singularidad de cada uno de estos agentes.

Una vez aprobadas las directivas de ruido y vibraciones a principios de la década de los 2000, en el año 2004 el Parlamento Europeo y el Consejo aprobaron la Di-

rectiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores frente a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) cuya transposición estaba, en principio, prevista para la primavera de 2008. No obstante, esa norma nunca llegó a incorporarse al ordenamiento jurídico español, ya que su transposición se retrasó en un primer momento hasta el año 2012 y un año más tarde se derogó de forma definitiva.

■ **Figura 2** ■ **Evolución de la normativa europea sobre CEM**





En la actualidad, la exposición laboral a CEM está regulada por el Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos, que transpone al derecho nacional la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) (véase la figura 2).

Como todos los reales decretos específicos que derivan de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), el RD 299/2016 incluye una disposición adicional única en la que se encomienda al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo la elaboración de una **guía técnica** de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos en los lugares de trabajo.

El objetivo principal de la guía técnica de CEM (en adelante, GT-CEM) es dotar a los higienistas de recursos que les permitan determinar en qué situaciones será necesario hacer una evaluación de este riesgo y en cuáles no, dado que, como se comenta al principio de este artículo, la presencia de CEM es constante, tanto en el ámbito laboral como en nuestra vida privada.

El apéndice 4 de la guía y las tablas 3 y 5 ("Lugares de trabajo o equipos en los que no será necesario realizar una evaluación de CEM" y "Lugares de trabajo o equipos que pueden requerir una evaluación de CEM en el caso de que haya trabajadores con riesgos particulares", respectivamente), que acompañan a los comentarios del artículo 6, constituyen el núcleo fundamental de estos recursos. Estas clasificaciones están extraídas de la Guía de la Comisión Europea de buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE y se justifican porque los límites de exposición para la población general en la

Unión Europea son muy inferiores a los que se establecen en el RD 299/2016 (véase la figura 3).

Por otro lado, el apéndice 4 de la guía sobre evaluación de la exposición incluye una lista con fuentes de exposición en las que no es posible a priori saber si la exposición puede suponer, o no, un riesgo para los trabajadores. En esos casos será imprescindible evaluar el riesgo.

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A CEM EN SERVICIOS DE FISIOTERAPIA

Uno de los ejemplos que el apéndice 4 de la guía cita como fuentes de exposición en el que es necesario realizar una evaluación a CEM es, precisamente, la diatermia clínica.

La diatermia es una técnica que se engloba dentro de la electroterapia y que emplea CEM de alta frecuencia para tratar patologías o lesiones como los esguinces,

las roturas fibrilares o las contracturas. Se sirve de los efectos de los CEM que hemos descrito anteriormente —térmicos y no térmicos— para estimular los tejidos en zonas profundas que son muy difíciles de activar. Según la frecuencia y el origen —electromagnético o mecánico— de la fuente se habla de diatermia por ultrasonidos, por onda corta, por microondas o por radiofrecuencias.

En el año 2010 el INSST, entonces INSHT, realizó un estudio en distintos servicios de fisioterapia que fue presentado dentro del VI Congreso Internacional de Radiaciones No Ionizantes de la Comisión Internacional para la protección frente a la Radiación no ionizante (ICNIRP), celebrado en Río de Janeiro. Dado que los límites de exposición establecidos en el RD 299/2016 para los efectos térmicos (100 kHz y 300 GHz) son los mismos que recoge la Directiva 2004/40/CE, las conclusiones de dicho estudio son extrapolables al momento actual.

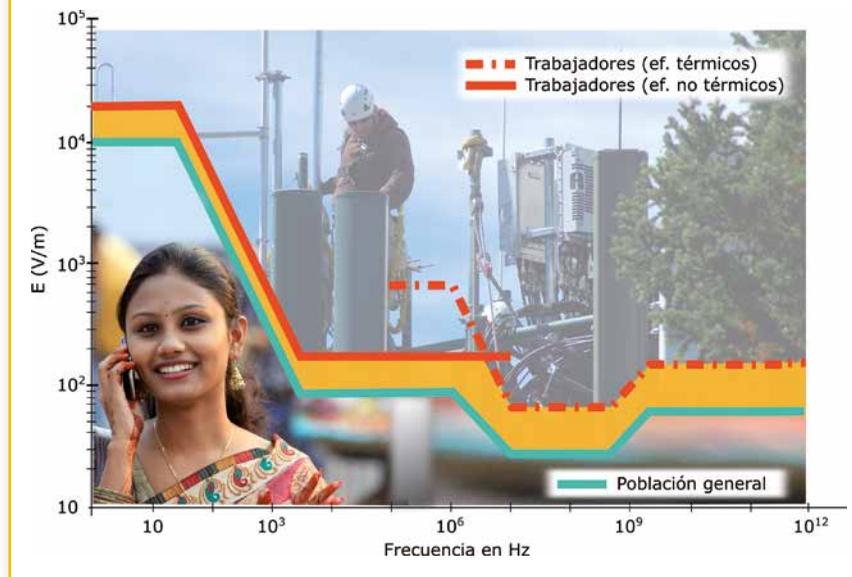
La finalidad del estudio era evaluar la exposición de los fisioterapeutas a los CEM en el rango de las radiofrecuencias (equipos de onda corta) y microondas con emisiones a 27,12 MHz y 2.450 MHz respectivamente, para lo cual se realizaron mediciones en 7 ambulatorios pertenecientes a la comarca del Gran Bilbao.

METODOLOGÍA EMPLEADA

En la primera fase del estudio se analizaron los puestos de trabajo desde los tres factores clásicos de la Higiene Industrial: las características del personal adscrito a los servicios de fisioterapia, las del lugar de trabajo y las de las fuentes de emisión.

A partir del análisis de la información obtenida se definió la estrategia de muestreo y la elección del instrumental adecuado para las mediciones.

■ Figura 3 ■ Límites de exposición para el campo eléctrico



Análisis de los puestos de trabajo

1. Características de las fuentes de emisión. Generalmente la radiación se emitía de forma continua. Sin embargo, en aquellos casos en los que se toleraba mal el calor por parte de los pacientes, las emisiones podían ser pulsadas.

Los microondas (2.450 MHz) disponían de dos tipos de cabezales, uno cónico para el tratamiento de codos o rodillas y otro rectangular que se adaptaba perfectamente a superficies mayores como, por ejemplo, la zona lumbar.

Para los tratamientos con onda corta, la parte del cuerpo a tratar se situaba entre dos electrodos, en forma de placas redondas y aisladas, que forman un par condensador que genera un campo de 27,12 MHz.

2. Características de los Servicios de Fisioterapia. El estudio puso de manifiesto la diversidad de instalaciones existentes en los ambulatorios visitados tanto en lo referente a la distribución espacial de las salas como en cuanto al número y tipo de equipos de electroterapia

de cada servicio. Había desde departamentos muy sencillos con solo un par de equipos de onda corta en una pequeña habitación, hasta grandes gabinetes con gimnasio, con equipos interferenciales, de onda corta, microondas, magnetoterapia y ultrasonidos.

3. Características del personal. Los fisioterapeutas eran un colectivo altamente cualificado además de perfectos conocedores de las características de las emisiones de los equipos y de la finalidad terapéutica de cada uno de ellos. Todos ellos realizaban múltiples tareas como: enseñar y supervisar ejercicios físicos, ajustar los equipos para los distintos tratamientos de electroterapia, aplicar masajes o hacer tareas administrativas.

Cada fisioterapeuta ajustaba la intensidad del equipo y la duración de la sesión al tratamiento prescrito y a las necesidades de los pacientes. La operación de ajuste implicaba una posición de exposición máxima debido a la mayor proximidad a la fuente de emisión. Esta rutina se repetía tantas veces como pacientes acudiesen a rehabilitación a lo largo de la jornada.

■ **Tabla 1** ■ **Equipo de medida. Monitor personal**

RADMAN XT ELF IMMUNE. Características Técnicas		
	Rango	1 MHz – 40 GHz
	Detectores	E(V/m) y H(A/m)
	Respuesta	% Nivel de Acción
	Dimensiones	37x41x163 mm
	Peso	130 g
	Memoria	9.828 datos almacenados
	Autonomía	Hasta 200 horas

Estrategia de medición

Del análisis de estos tres factores se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Los puestos de trabajo evaluados eran móviles, ya que los trabajadores no tenían un puesto fijo, sino que se desplazaban continuamente en función de la tarea que tuviesen que llevar a cabo en cada momento. En consecuencia, el equipo de medición debía, además de cuantificar la exposición en todo momento, permitir que los fisioterapeutas trabajasen con comodidad.
- El rango dinámico del equipo tenía que medir el campo electromagnético

co tanto en la frecuencia de trabajo de microondas (2.450 MHz) como en la correspondiente a onda corta (27,12 MHz).

- Las medidas debían tomarse en valores *rms* promediados en periodos de 6 minutos para poder compararlas con los criterios de referencia. Es decir: en ningún periodo de 6 minutos a lo largo de la jornada laboral se podían superar los niveles de acción (NA) fijados reglamentariamente.

Dado que no era posible determinar los 6 minutos de mayor exposición, se decidió muestrear periodos cortos (entre 45 y 120 minutos) en cada ambulatorio, eligiendo turnos diferentes

y días distintos para obtener una idea representativa de una jornada laboral completa.

Selección del equipo de medición

Las mediciones se llevaron a cabo utilizando monitores personales de NARDA STS, en concreto usando el modelo RADMAN XT ELF IMMUNE, cuyas características técnicas están resumidas en la tabla 1.

Los RADMAN XT eran ligeros, de fácil manejo y programación. Además, la interpretación de las mediciones era muy sencilla porque el resultado de la medida se expresa en % sobre el NA establecido reglamentariamente.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

A continuación, se describen, en detalle, las mediciones realizadas en dos de los centros de salud visitados y en la tabla 2 se consideran, a modo de resumen, el conjunto de las medidas realizadas en el resto de ambulatorios.

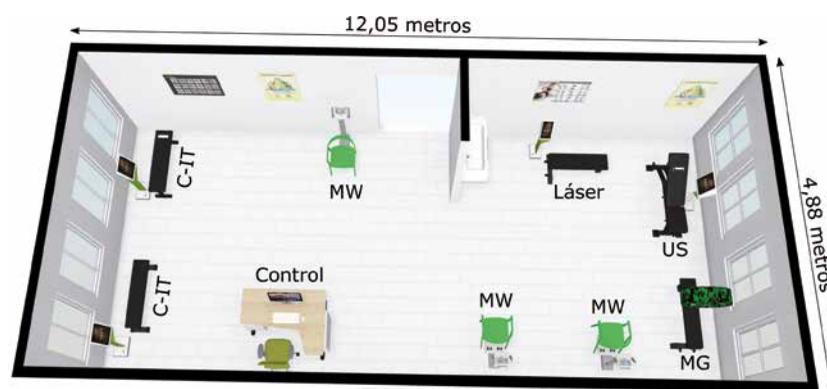
Servicio de Fisioterapia 1

Este servicio consta de una única dependencia, formada por una sala rectangular con ocho ventanas en los laterales, una puerta de acceso y otra de emergencia (véase la figura 4).

Las emisiones CEM evaluadas provienen de los tres equipos de microondas (MW). Las frecuencias del resto de equipos- magnetoterapia (MG), láser, corrientes interferenciales (C-IT) y ultrasonidos (US)- están fuera del rango dinámico del instrumental de medida.

La fisioterapeuta encargada de la sala portó uno de los dos exposímetros du-

■ **Figura 4** ■ **Servicio de Fisioterapia 1**



rante un periodo de 107 minutos mientras que el otro se colocó en la mesa de control para recoger la radiación ambiental. Este último no registró valores significativos.

Las figuras 5 y 6 son los resultados del muestreo personal de la trabajadora para el campo eléctrico y magnético. En el eje X se representa el tiempo de muestreo en horas y en el eje Y, el porcentaje de los valores de acción del Real Decreto 299/2016. Por lo que respecta a la figura 6 —campo magnético— la magnitud de medida de equipo es la intensidad de campo magnético H (A/m), tal y como estaba fijado en la Directiva 2004/40/CE. Sin embargo, en la norma actual, el nivel de acción se expresa en inducción magnética B(μT), para lo cual se ha utilizado el siguiente factor de conversión:

$$B = \mu_0 H$$

Siendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, la permeabilidad magnética del vacío.

Las líneas de trazo fino corresponden al valor instantáneo (el monitor registra un valor cada 5 segundos) del campo eléctrico o magnético. Muestran la rutina de trabajo, es decir, reflejan cómo el tiempo de permanencia junto a las máquinas es, en realidad, muy pequeño. Los picos se corresponden a los momentos en los que la trabajadora se aproxima a los equipos de microondas (encendido/apagado o cambios de programación o de la parte del cuerpo tratada). En cuanto la fisioterapeuta se aleja de la fuente, la exposición disminuye bruscamente.

Por otro lado, las líneas de trazo grueso representan los campos eléctrico y magnético promediados a 6 minutos, que, como se ha indicado, son los valores que realmente sirven como criterio de referencia. **Durante el muestreo se observa que los valores registrados nunca sobrepasan el**

Figura 5 ■ Campo eléctrico frente al tiempo de muestreo

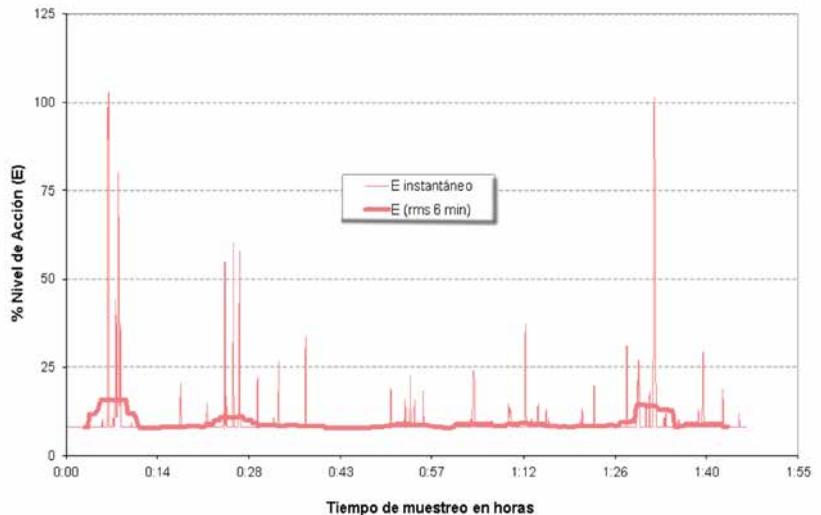
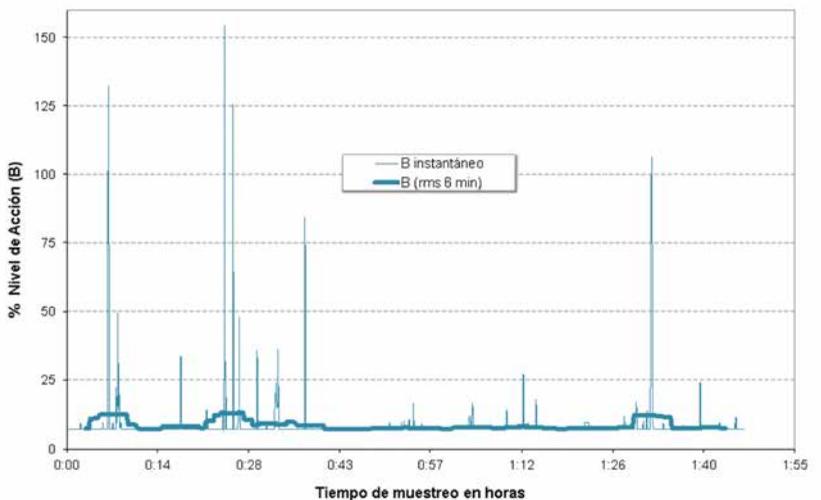


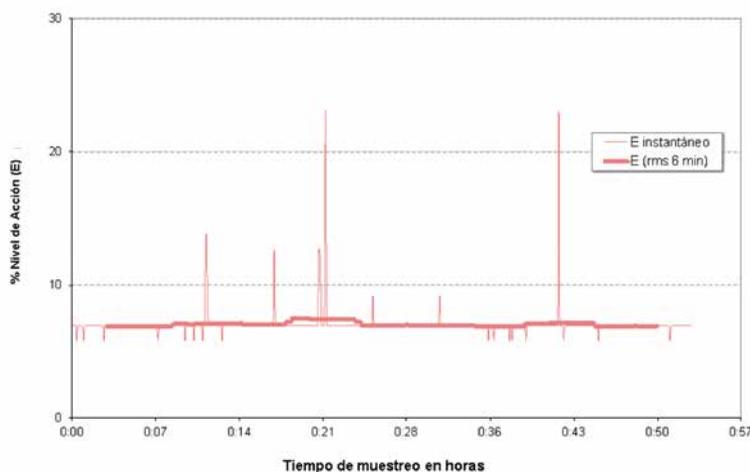
Figura 6 ■ Campo magnético frente al tiempo de muestreo



■ Figura 7 ■ Servicio de Fisioterapia 2



■ Figura 8 ■ Campo eléctrico frente al tiempo de muestreo



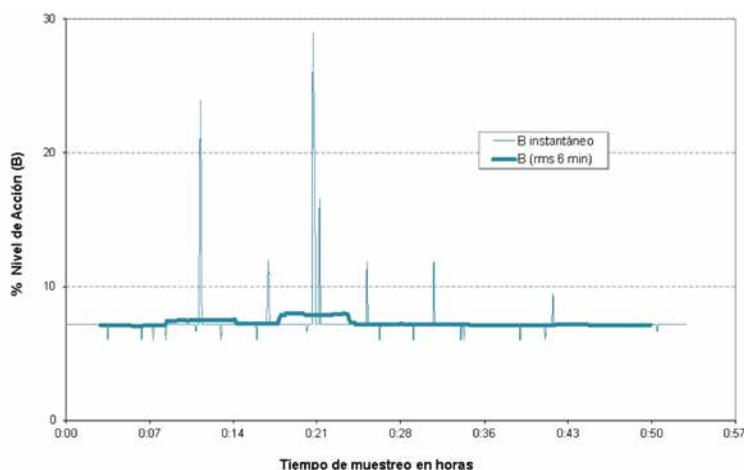
20% de los valores de los niveles de acción.

Servicio de Fisioterapia 2

Como complemento al ejemplo anterior, en este ambulatorio los equipos se encuentran en habitaciones independientes separadas mediante tabiques. En consecuencia, las exposiciones debidas a las microondas (MW) y al equipo de onda corta (OC) se consideraron independientes y se pudieron evaluar en el mismo muestreo.

En este caso, únicamente se colocó un monitor al fisioterapeuta responsable de la zona de electroterapia, ya que la mesa de control estaba en una estancia independiente.

■ Figura 9 ■ Campo magnético frente al tiempo de muestreo



La forma de las gráficas 8 y 9 se asemeja a la de las anteriores, pero al observar los niveles de exposición se concluye que estos son inferiores a los medidos en el otro centro de salud. En este caso, **los valores promediados a 6 minutos están por debajo del 10% de los establecidos.**

En el resto de servicios de fisioterapia visitados los resultados obtenidos son similares a los mostrados en estos dos ejemplos. Todos los muestreos personales registrados cumplieron con los valores de acción del Real Decreto 299/2016, como se observa en la tabla 2.

CONCLUSIONES

En los siete servicios de fisioterapia, las mediciones demuestran que se cumplen los criterios establecidos en la Real Decreto 299/2016. Aun así, es importante **establecer protocolos y códigos de buenas prácticas de trabajo** que podrían incluir referencias a los siguientes aspectos:

- La **distribución de las salas** debe evitar que los equipos de electroterapia estén demasiado próximos a camillas o equipos de ultrasonidos, donde los terapeutas permanecen más tiempo debido a la aplicación de otros tratamientos, masajes o estiramientos.
- **Minimizar la exposición.** Un ejemplo sería reducir el tiempo de permanencia junto a las máquinas. Para ello, se evitará que los fisioterapeutas se queden atendiendo o permanezcan junto a los pacientes mientras los equipos están funcio-

■ **Tabla 2** ■ Resumen de los resultados obtenidos en los siete servicios de fisioterapia

Servicio fisioterapia	% NA (E)rms	% NA (B)rms
A	<10	<10
B	<13	<12
C	<12	<11
D	<10	<16
E (caso 1)	<16	<13
F	<19	<16
G (caso 2)	<7	<8

nando. También se puede reducir la exposición si los terapeutas se aproximan a las fuentes por el lado opuesto a la emisión de la radiación, por ejemplo: si los pacientes se colocan de cara a la pared, los trabajadores se aproximarán a las máquinas por el lado opuesto al foco.

- **Formación e información** en los términos establecidos en el artículo 6 de Real Decreto 299/2016.
- Por último, **no descuidar el mantenimiento** de los equipos de electroterapia para evitar fugas a través de las carcasas y cables. ●

■ Bibliografía ■

- Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.
Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-7303
- Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) (vigésima Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE), y por la que se deroga la Directiva 2004/40/CE.
Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=CELEX%3A32013L0035>
- Directiva 2004/40/CE, de 29 de abril de 2004, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición

de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos).

Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=CELEX:32004L0040>

- Comisión Europea (CE), 2014. Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE sobre campos electromagnéticos. Volumen 1: Guía práctica.
Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+no+vinculante+de+buenas+pr%C3%A1cticas+para+la+aplicaci%C3%B3n+de+la+Directiva+2013+35+UE+sobre+campos+electromagn%C3%A9ticos.+Volumen+1/59e7220e-44d3-4ede-82d7-6f0719b03589>
- 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.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-18256>