

## PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA **EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS** EN LOS LUGARES DE TRABAJO

---

Real Decreto 299/2016, de 22 de julio  
BOE nº 182, de 29 de julio



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL

PARA LA EVALUACIÓN Y  
PREVENCIÓN DE LOS  
RIESGOS DERIVADOS DE LA  
**EXPOSICIÓN A CAMPOS  
ELECTROMAGNÉTICOS**

EN LOS LUGARES DE  
TRABAJO

---

Real Decreto 299/2016, de 22 de julio  
BOE nº 182, de 29 de julio



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL

insst

Instituto Nacional de  
Seguridad y Salud en el Trabajo

**Título:**

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos en los lugares de trabajo.

**Autor:**

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

**Edita:**

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.  
C/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid  
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27  
www.insst.es

**Composición:**

Servicios Gráficos Kenaf, s.l.  
C/ González Dávila, 20 - 4º Izq. Oficina 43 D - 28031 Madrid  
Tel. 91 380 64 71  
info@kenafsl.com

**Edición:** Madrid, agosto 2019

**NIPO (papel):** 871-19-060-6

**NIPO (en línea):** 871-19-061-1

**Depósito Legal:** M-12896-2019

**ISBN:** 978-84-7425-830-1

**Hipervínculos:**

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija

**Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:**

<http://cpage.mpr.gob.es>

**Catálogo de publicaciones del INSST:**

<https://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>

# Presentación

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo<sup>1</sup>, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.

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, encomienda de manera específica, en su disposición adicional única, al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a los campos electromagnéticos en los lugares de trabajo.

La presente Guía proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios y a los responsables de prevención la interpretación y aplicación del citado real decreto especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores involucrados y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables.

**Francisco Javier Pinilla García**  
**DIRECTOR DEL INSST**

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. ha cambiado de denominación en los últimos años, pudiendo aparecer en otras publicaciones citado como Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), o Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT).

# Índice

I.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
II.	<b>DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 299/2016, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS</b> .....	9
	Preámbulo del Real Decreto 299/2016.....	10
	Artículo 1. Objeto .....	10
	Artículo 2. Definiciones .....	10
	Artículo 3. Ámbito de aplicación .....	11
	Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.....	12
	Artículo 5. Valores límite de exposición y niveles de acción.....	17
	Artículo 6. Evaluación de los riesgos .....	20
	Artículo 7. Limitación de la exposición .....	27
	Artículo 8. Información y formación de los trabajadores.....	28
	Artículo 9. Consulta y participación de los trabajadores .....	29
	Artículo 10. Vigilancia de la salud.....	29
	Artículo 11. Excepciones .....	30
	Artículo 12. Infracciones y sanciones .....	32
	Disposición adicional única. Elaboración y actualización de la Guía técnica.....	32
	Disposición final primera. Título competencial .....	33
	Disposición final segunda. Incorporación de derecho de la Unión Europea.....	33
	Disposición final tercera. Habilitación para el desarrollo reglamentario .....	33
	Disposición final cuarta. Entrada en vigor .....	33
	ANEXO I: Magnitudes físicas relativas a la exposición a campos electromagnéticos.....	34
	ANEXO II: Efectos no térmicos.....	35
	ANEXO III: Efectos térmicos .....	38
III.	<b>APÉNDICES</b> .....	41
	Apéndice 1. Fundamentos físicos de los campos electromagnéticos .....	41
	Apéndice 2. Efectos biológicos y límites de exposición .....	48
	Apéndice 3. Medidas técnicas y organizativas para el control de los riesgos.....	55
	Apéndice 4. Evaluación de la exposición .....	60
IV.	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	68
	Normativa legal relacionada .....	68
	Normas técnicas .....	68
	Publicaciones del INSST .....	69
	Bibliografía.....	70
	Enlaces de interés.....	71

## I. INTRODUCCIÓN

Esta Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del 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 de acuerdo con la disposición adicional única de dicho real decreto.

El Real Decreto 299/2016 traspone, al ordenamiento jurídico español, la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y adecúa la prevención de riesgos derivados de la exposición laboral a los campos electromagnéticos a los requisitos exigidos en el actual marco normativo establecido por la Ley 31/1995 y su desarrollo reglamentario.

Aunque esta guía se refiere exclusivamente a dicho real decreto, debe tenerse en cuenta que el mismo se encuadra en la normativa general sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, constituida principalmente por la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y sus posteriores modificaciones.

Por tanto, junto a las obligaciones específicas relativas a la prevención y protección de los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a campos electromagnéticos, el empresario debe asegurar también el cumplimiento de los preceptos de carácter general contenidos en la citada ley y en el reglamento.

Para facilitar su consulta la Guía se presenta transcribiendo íntegramente el real decreto inscrito en recuadros en color e intercalando, en los preceptos en que se ha considerado oportuno, las observaciones o aclaraciones pertinentes o, cuando estas son numerosas o complejas, agrupándolas en un apéndice específico al que se hace referencia en el apartado correspondiente.

## II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 299/2016, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

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.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la ley, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, 2 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985.

En el ámbito de la Unión Europea, de conformidad con el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, el Parlamento Europeo y el Consejo pueden adoptar, mediante directivas, disposiciones mínimas destinadas a fomentar la mejora, en particular, del entorno de trabajo, para garantizar un mayor nivel de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores. En el mismo ámbito, con arreglo al artículo 31 de la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea, todo trabajador tiene derecho a trabajar en condiciones que respeten su salud, seguridad y dignidad. Con esta base, en materia de protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos ha sido adoptada 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) (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. Mediante el presente real decreto se procede a la transposición al derecho español del contenido de esta directiva.

El real decreto consta de doce artículos, una disposición adicional, cuatro disposiciones finales y tres anexos. La norma establece una serie de disposiciones mínimas que tienen como objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a campos electromagnéticos, teniendo en cuenta que estos riesgos son los debidos a los efectos biofísicos directos conocidos y a los efectos indirectos causados por los campos electromagnéticos. Sin embargo, la norma no aborda los posibles efectos a largo plazo, ya que actualmente no existen datos científicos comprobados que establezcan un nexo causal, ni los riesgos derivados del contacto con conductores en tensión.

El real decreto regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir los riesgos e incluye la obligación empresarial de elaborar y aplicar un plan de acción que deberá contar con las medidas técnicas y/o de organización destinadas a evitar que la exposición supere determinados valores límite; determina los valores límite de exposición y los niveles de acción; establece la obligación de que el empresario efectúe una evaluación y, en caso necesario, mediciones o cálculos de los niveles de los campos electromagnéticos a que estén expuestos los trabajadores e incluye una relación de los aspectos a los que el empresario deberá prestar especial atención al evaluar los riesgos; especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores a los valores límite de exposición; recoge dos de los derechos básicos en materia preventiva, como son la necesidad de formación de los trabajadores y la información a estos, así como la forma de ejercer los trabajadores su derecho a ser consultados y a participar en los aspectos relacionados con la prevención; se establecen, también, disposiciones relativas a la vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a campos electromagnéticos.

El real decreto contiene una serie de posibles excepciones a las disposiciones que en el mismo se establecen, contempladas también en la directiva, siempre que se cumplan determinados requisitos o condiciones.

Se incluye, por último, el régimen sancionador por incumplimiento a lo dispuesto en el real decreto.



En la elaboración de este real decreto han sido consultadas las organizaciones sindicales y empresariales más representativas, así como las comunidades autónomas, se ha dado audiencia a las organizaciones profesionales y científicas en materia de física médica más representativas; y ha sido oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Empleo y Seguridad Social y de los Ministros de Defensa, del Interior, de Economía y Competitividad por suplencia del Ministro de Industria, Energía y Turismo, y de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, con la aprobación previa del Ministro de Hacienda y Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 22 de julio de 2016,

DISPONGO:

### Artículo 1. Objeto.

El presente real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a campos electromagnéticos durante su trabajo.

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 constituye una norma de desarrollo reglamentario de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL) y tiene por objeto la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores de los efectos causados por la exposición a campos electromagnéticos (en adelante, CEM).

La presente guía pretende facilitar la aplicación y comprensión del citado real decreto, fundamentalmente en los aspectos relacionados con la evaluación de la exposición. Buena parte del contenido recogido

a lo largo de este documento está basado en la Guía no vinculante de buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE (en adelante, la Guía europea), que consta de tres volúmenes. El primero, de aplicación general a todas las empresas; el segundo, centrado en la resolución de casos prácticos; y el tercero, específico para las pequeñas y medianas empresas.

En el caso particular de las pymes se tendrá en cuenta, además de lo dispuesto en el tercer volumen de la mencionada Guía europea, la Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa y en la Guía técnica de simplificación documental.

### Artículo 2. Definiciones.

A efectos de este real decreto, se entenderá por:

- a) Campos electromagnéticos: los campos eléctricos estáticos, los campos magnéticos estáticos y los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, con frecuencias comprendidas entre 0 Hz y 300 GHz.
- b) Efectos biofísicos directos: los efectos en el cuerpo humano causados directamente por su presencia en campos electromagnéticos, entre ellos:
  1. Efectos térmicos: como el calentamiento de los tejidos por la absorción de energía procedente de campos electromagnéticos.
  2. Efectos no térmicos: como la estimulación de los músculos, de los nervios o de los órganos sensoriales; estos efectos podrían ser perjudiciales para la salud física y mental de los trabajadores expuestos; además, la estimulación de los órganos sensoriales podría dar lugar a síntomas transitorios, como vértigo o fosfenos retinianos. Estos efectos podrían provocar molestias temporales, alterar el conocimiento u otras funciones cerebrales o musculares y por tanto podrían repercutir en la capacidad del trabajador para trabajar de manera segura; en definitiva, podrían suponer riesgos para la seguridad.
  3. Corrientes en las extremidades.



- c) Efectos indirectos: efectos causados por la presencia de un objeto en un campo electromagnético que pueda entrañar un riesgo para la salud o la seguridad, como:
1. Interferencias con equipos y dispositivos médicos electrónicos (incluidos los marcapasos cardíacos y otros dispositivos médicos implantados o llevados en el cuerpo).
  2. Riesgo de proyección de objetos ferromagnéticos en campos magnéticos estáticos.
  3. Activación de dispositivos electro-explosivos (detonadores).
  4. Incendios y explosiones resultantes de la ignición de materiales inflamables mediante chispas causadas por campos inducidos, corrientes de contacto o descargas en forma de chispa.
  5. Corrientes de contacto.
- d) Valores límite de exposición (VLE): los valores que se han establecido a partir de consideraciones biofísicas y biológicas, en particular sobre la base de efectos directos agudos y a corto plazo comprobados científicamente, por ejemplo los efectos térmicos y la estimulación eléctrica de los tejidos.
- e) Valores límite de exposición relacionados con efectos para la salud (VLE relacionados con efectos para la salud): aquellos valores límite de exposición por encima de los cuales los trabajadores pueden sufrir efectos adversos para la salud, como el calentamiento o la estimulación de los tejidos nervioso y muscular.
- f) Valores límite de exposición relacionados con efectos sensoriales (VLE relacionados con efectos sensoriales): aquellos valores límite de exposición por encima de los cuales los trabajadores pueden estar sometidos a trastornos transitorios de las percepciones sensoriales y a pequeños cambios en las funciones cerebrales.
- g) Niveles de acción (NA): los niveles operativos establecidos para simplificar la demostración del cumplimiento de los valores límite de exposición correspondientes o, en su caso, para tomar las medidas de protección o prevención establecidas en el presente real decreto.

La terminología relativa a los niveles de acción usada en el anexo II es la siguiente:

1. Para los campos eléctricos, se entenderá por «niveles de acción inferiores» y «niveles de acción superiores» los niveles relacionados con medidas específicas de protección o prevención establecidas en este real decreto.
2. Para los campos magnéticos, se entenderá por «niveles de acción inferiores» los niveles correspondientes a los VLE relacionados con efectos sensoriales y por «niveles de acción superiores» los correspondientes a VLE relacionados con efectos para la salud.

Teniendo en cuenta el número y complejidad de las definiciones de este real decreto, se han elaborado dos apéndices para facilitar la comprensión de todos estos

conceptos: el apéndice 1 “Fundamentos físicos de los campos electromagnéticos” y el apéndice 2 “Efectos biológicos y valores límite de exposición”.

### Artículo 3. Ámbito de aplicación.

1. Las disposiciones de este real decreto se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de los campos electromagnéticos como consecuencia de su trabajo.
2. El presente real decreto se refiere al riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores debido a los efectos biofísicos directos conocidos y a los efectos indirectos causados por los campos electromagnéticos. No aborda los posibles efectos a largo plazo ni los riesgos derivados del contacto con conductores en tensión.
3. Los valores límite de exposición, establecidos en este real decreto se refieren únicamente a los vínculos comprobados científicamente entre los efectos biofísicos directos a corto plazo y la exposición a campos electromagnéticos.
4. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado 1 de este artículo, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este real decreto.

Este artículo precisa y delimita la aplicación del real decreto a aquellas exposiciones que se produzcan durante el desarrollo de una actividad laboral y cuyos efectos conocidos para la salud y seguridad, directos o indirectos, sean a corto plazo.

Por tanto, quedan excluidos explícitamente del ámbito de aplicación:

- Cualquier efecto a largo plazo debido a que actualmente no se dispone de datos científicos comprobados que establezcan un nexo causal.
- Cualquier exposición a campos electromagnéticos que no se derive de una actividad laboral.
- Los riesgos derivados del contacto con conductores en tensión, ya que estarían cubiertos por su normativa específica.

#### Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

1. Los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas para el control del riesgo en su origen.

Se debe tener en cuenta que las obligaciones establecidas por el presente real decreto no se limitan exclusivamente al cumplimiento de los valores límite de exposición y niveles de acción establecidos en el artículo 5.

Los fabricantes de máquinas y equipos deben incorporar criterios de seguridad en la fase de diseño, de forma que los riesgos derivados de la exposición a CEM se reduzcan en origen al nivel más bajo posible.

Cuando la finalidad de la máquina sea precisamente la generación de campos o sea imposible eliminar el riesgo residual que se pudiera producir, se deberá facilitar esta información según lo establecido en el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Este real decreto dispone que, cuando sea probable que la máquina emita radiaciones no ionizantes que puedan causar daños a las personas, en particular a las personas portadoras de dispositivos médicos, activos o pasivos, esta información debe indicarse en el manual de instrucciones.

Por otra parte, los fabricantes deberán cumplir el Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de equipos eléctricos y electrónicos con el fin de evitar perturbaciones que puedan alterar el funcionamiento normal de dichos equipos o de otras máquinas o equipos que se hallen en las proximidades y puedan verse afectados por las emisiones de CEM.

Para los equipos radioeléctricos la norma antes citada impone niveles más estrictos que los fijados

para los trabajadores. Por ello, si los equipos eléctricos y electrónicos presentes en el puesto de trabajo satisfacen las exigencias de la normativa industrial en términos de compatibilidad electromagnética, en consecuencia, también cumplirán los valores límite del Real Decreto 299/2016, de 22 de julio.

Además, cuando el equipo emisor de campos electromagnéticos esté destinado a utilizarse por la población general debe cumplir con la Recomendación 519 del Consejo, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) cuyos criterios de referencia están incorporados a nuestra legislación nacional a través del 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. Este hecho tiene consecuencias importantes en la evaluación de riesgos ya que los límites establecidos para el público en general son más estrictos que para los trabajadores.

Por lo tanto, a la hora de adquirir un nuevo equipo de trabajo se debería comprobar:

- Si el fabricante incluye alguna advertencia sobre la emisión de CEM (radiaciones no ionizantes) en el manual de instrucciones. De esta forma se podrán adoptar las medidas necesarias para proteger eficazmente a los trabajadores.
- Si el equipo, o máquina, cumple las normas sobre exposición de público en general.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

Los principios de la acción preventiva enunciados en el artículo 15 de la LPRL son:

- a) *Evitar los riesgos.*
- b) *Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.*
- c) *Combatir los riesgos en su origen.*
- d) *Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.*
- e) *Tener en cuenta la evolución de la técnica.*
- f) *Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.*
- g) *Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.*
- h) *Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.*
- i) *Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.*

2. Sobre la base de la evaluación de riesgos mencionada en el artículo 6, cuando se superen los niveles de acción pertinentes, el empresario elaborará y aplicará un plan de acción que incluya medidas técnicas y/o de organización destinadas a evitar que la exposición supere los VLE relacionados con efectos para la salud o los VLE relacionados con efectos sensoriales.

El plan de acción al que se alude en este real decreto forma parte de la planificación de la actividad preventiva citada en los artículos 16 de la LPRL y 8 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP), que deberá realizarse conforme a lo dispuesto en el mismo.

Se deberán contemplar las medidas técnicas de reducción de la exposición a CEM como las organizativas, teniendo en cuenta que los riesgos deben

eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, de acuerdo con los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control.

En particular, el plan de acción debe incluir en todos los casos los medios humanos y materiales necesarios, y establecerse para un período determinado, distinguiendo las fases y prioridades de su desarrollo en función de la magnitud de los riesgos y del número de trabajadores expuestos a los mismos.

Dicho plan de acción no será necesario cuando la evaluación realizada de acuerdo con el artículo 6, apartados 1, 2 y 3, demuestre que no se superarán los valores límite de exposición correspondientes y además puedan descartarse riesgos para la seguridad de los trabajadores.

El apartado 1 del artículo 6 de este real decreto hace referencia a la obligación del empresario de evaluar los riesgos que se deriven de los CEM cuando los trabajadores puedan estar expuestos a los mismos en el lugar de trabajo.

Los apartados 2 y 3 del mismo artículo establecen la posibilidad de evaluar este riesgo teniendo en cuenta los niveles de emisión comunicados por los

fabricantes o distribuidores de los equipos y que, en caso de no poder determinar el cumplimiento de los valores límite de forma fiable a partir de la información facilitada, se recurrirá a la medición o a cálculos para realizar dicha evaluación.

Para obtener más información, véanse los comentarios al artículo 6 y el apéndice 4 "Evaluación de la exposición".

El plan de acción prestará especial atención a los siguientes aspectos:

- a) la adopción de métodos de trabajo que conlleven una exposición menor a campos electromagnéticos;

Serán acciones prioritarias aquellas que conducen a la eliminación por completo del peligro o que minimicen la emisión. Un ejemplo puede ser realizar un cambio en el proceso que conlleve la generación de CEM menos intensos. Sin embargo, no siempre existirán procesos alternativos viables, incluso, en ocasiones, estas nuevas alternativas podrían suponer la

introducción de otros riesgos iguales o mayores para los trabajadores.

Es preferible adoptar las medidas preventivas en la fase de diseño del puesto de trabajo ya que el rediseño del proceso *a posteriori* o las modificaciones sustanciales suelen ser más complicadas técnicamente y pueden suponer inversiones económicas importantes.

- b) la elección de equipos que generen campos electromagnéticos menos intensos, teniendo en cuenta el trabajo al que se destinan;

La sustitución de los equipos existentes por otros que emitan campos menos intensos, aun cuando no eliminen el peligro por completo, puede reducir eficazmente la exposición de los trabajadores a campos electromagnéticos.

Véase el apéndice 3 “Medidas técnicas y organizativas para el control de los riesgos” para obtener más información.

- c) medidas técnicas para reducir la emisión y exposición incluyendo, cuando sea necesario, el uso de sistemas de bloqueo, blindajes o mecanismos similares de protección de la salud;

En el apéndice 3 se describen diferentes medidas técnicas como el apantallamiento, la protección de

acceso mediante resguardos o los dispositivos de enclavamiento y bloqueo.

- d) medidas adecuadas de delimitación y acceso, como señales, etiquetas, marcas en el suelo o barreras para limitar o controlar el acceso;
- e) en caso de exposición a campos eléctricos, medidas y procedimientos para controlar las corrientes de contacto y las descargas en forma de chispa, mediante métodos técnicos y formación de los trabajadores;

Una de las medidas más eficaces para reducir la exposición es mantener al trabajador lo más alejado posible de la fuente emisora de campos electromagnéticos, ya que su intensidad desciende drásticamente al aumentar la distancia.

reducir eficazmente el riesgo. Habitualmente suele bastar, por ejemplo, con una simple valla acompañada de señalización adecuada que, de forma disuasoria, restrinja el acceso a la zona de influencia del campo electromagnético. También podría bastar con señalización en el suelo que delimite la zona de exposición a campos intensos.

Excepcionalmente ante CEM muy intensos podrían requerirse las medidas técnicas antes mencionadas. Sin embargo, en la mayoría de los casos puede recurrirse a sistemas de cerramiento sin bloqueo para

Véase el apéndice 3 para mayor información.

- f) programas adecuados de mantenimiento de los equipos de trabajo y de los lugares y los puestos de trabajo;
- g) el diseño y la disposición de los lugares y puestos de trabajo;
- h) la limitación de la duración e intensidad de la exposición;

En el caso particular de los CEM, las medidas organizativas, como las mencionadas en los apartados f, g

y h, pueden constituir las principales medidas de control para reducir la exposición. (Véase el apéndice 3).

i) la disponibilidad de equipos adecuados de protección individual.

En la actualidad no existen equipos de protección individual (EPI) certificados para la protección frente a campos electromagnéticos en base al Reglamento UE

2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual. (Véase el apéndice 3).

3. A partir de la evaluación de riesgos contemplada en el artículo 6, el empresario elaborará y aplicará un plan de acción que incluya medidas técnicas y/o de organización destinadas a evitar riesgos para los trabajadores especialmente sensibles así como cualquier otro riesgo debido a los efectos indirectos mencionados en el precitado artículo.
4. Además de facilitar la información prevista en el artículo 8, y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario adaptará las medidas contempladas en el presente artículo a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles y, en su caso, a las evaluaciones específicas. En particular, en relación con las trabajadoras embarazadas cuyo estado gestacional sea conocido por el empresario o los trabajadores que hayan declarado que llevan dispositivos médicos implantados activos o pasivos, como marcapasos cardíacos, o que lleven otros dispositivos médicos en el cuerpo, como por ejemplo bombas de insulina.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 25 de la LPRL y en el artículo 4 del RSP, para garantizar de manera específica la protección de los trabajadores con riesgos particulares se deben tener en cuenta en la evaluación sus características personales. Las medidas preventivas y de protección para reducir la exposición incluidas en el plan de acción que se deriven de esta evaluación deben estudiarse de forma individualizada atendiendo a sus necesidades particulares.

Entre los trabajadores con riesgos particulares se encuentran, por ejemplo: las trabajadoras embarazadas y los portadores de dispositivos metálicos con fines terapéuticos, activos o pasivos, implantados in-

ternamente. Entre los implantes activos están los marcapasos cardíacos o las bombas de administración de medicamentos, mientras que las prótesis articulares, clavos, placas o tornillos se consideran implantes pasivos.

Un criterio razonable para garantizar la protección eficaz de los trabajadores especialmente sensibles podría ser mantener los niveles de exposición a campos electromagnéticos por debajo de los límites para el público general establecidos en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

5. Las zonas de los lugares de trabajo en las que, según la evaluación de riesgos, exista la posibilidad de que los trabajadores vayan a estar expuestos a campos electromagnéticos que superen los niveles de acción serán objeto de señalización, de acuerdo con el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dichas zonas se identificarán y se limitará el acceso a las mismas en caso necesario. No serán necesarias señalizaciones ni restricciones de acceso específicas para campos electromagnéticos cuando el acceso a estas zonas esté convenientemente limitado por otros motivos y siempre que los trabajadores hayan sido informados de los riesgos derivados de los campos electromagnéticos.

La señalización de seguridad debe entenderse como una técnica de seguridad complementaria, que no elimina el riesgo por sí misma y cuya puesta en práctica, por lo tanto, no dispensa de la adopción de las medidas de prevención técnicas y organizativas que reduzcan efectivamente el riesgo de exposición a campos electromagnéticos. La señalización no está concebida para sustituir una medida preventiva prioritaria. Tampoco sustituye a la formación e información de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Si, una vez implantadas las medidas de reducción del riesgo de exposición a campos electromagnéticos, no ha sido posible eliminar el riesgo o reducirlo suficientemente, se recurrirá a la señalización. En particular, a lo dispuesto en el artículo 4 del Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Véase el apéndice 3 para más información.





Figura 1. Pictogramas para campo magnético y para radiación no ionizante.

6. Cuando sea de aplicación el artículo 5.3 a), se adoptarán medidas específicas tales como:

- a) la formación específica de trabajadores;
- b) el uso de medios técnicos, como por ejemplo la puesta a tierra de los objetos conductores o la conexión de los trabajadores con dichos objetos (conexión equipotencial);
- c) el empleo, cuando corresponda, de equipos de protección individual, como calzado aislante, guantes y ropa de protección con arreglo a lo establecido en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

El artículo 5.3 a) establece las condiciones bajo las cuales la exposición podría superar los niveles de acción inferiores para los campos eléctricos, siempre que el proceso o la práctica lo justifiquen. En este caso, de-

berían adoptarse las medidas específicas que se indican en este artículo y sobre las que se profundiza en el apéndice 3.

7. Cuando sea de aplicación el artículo 5.4 a), se adoptarán medidas específicas de protección como el control de los movimientos.

Este apartado se refiere a los efectos sensoriales, es decir: los vértigos, las náuseas, el sabor metálico en la boca y a otras molestias asociadas a la exposición a CEM de frecuencia inferior a 10 Hz.

La aparición de esta sintomatología se produce cuando una persona se mueve (camina, corre, salta, etc.) en presencia de un campo electromagnético de baja frecuencia. Cuanto más rápidos sean sus movimientos, más agudos serán los efectos.

Un ejemplo concreto de exposición laboral se encuentra en los departamentos de diagnóstico por resonancia magnética en los que el personal sanitario tiene que acceder a la sala donde está la máquina. En estos

casos, las medidas específicas a las que se refiere el artículo estarían encaminadas a organizar el trabajo de manera que:

- Se realicen fuera de la sala de la máquina el mayor número de procedimientos posibles como el acomodo de los pacientes en la camilla o la colocación de vías para suministrar contraste.
- Se eviten movimientos bruscos y giros de cabeza dentro de la sala de resonancia.

La Guía europea y las NTP 1063 y 1103 abordan estos aspectos con mayor profundidad.

8. Cuando sean de aplicación los apartados 3 y 4 del artículo 5 y cuando un trabajador informe de algún síntoma o trastorno transitorio, el empresario actualizará, si fuera necesario, la evaluación de riesgos y las medidas de prevención. Entre dichos trastornos transitorios pueden encontrarse:

- a) las percepciones sensoriales producidas por campos magnéticos variables en el tiempo.
- b) los efectos en el funcionamiento del sistema nervioso central en la cabeza, debidos a campos magnéticos variables en el tiempo.
- c) los efectos del campo magnético estático, como vértigo y náuseas.

Como parte de la actividad preventiva, la formación que se imparta a los trabajadores debería incluir la identificación de los síntomas que puedan derivarse

de una exposición a CEM, prestando especial atención a los trastornos sensoriales.

#### Artículo 5. Valores límite de exposición y niveles de acción.

##### 1. A efectos de este real decreto:

- a) Las magnitudes físicas relativas a la exposición a campos electromagnéticos se indican en el anexo I.

Véase la información del apéndice 1 “Fundamentos físicos de los campos electromagnéticos.

- b) Los valores límite de exposición y los niveles de acción figuran en los anexos II y III.

De aquí en adelante, esta guía utilizará la siguiente nomenclatura:  $VLE_{\text{salud}}$  y  $VLE_{\text{sensoriales}}$  para referirse a los valores límite relacionados con efectos para la salud y valores límite relacionados con efectos sensoriales, respectivamente.

$NA(E)_{\text{sup}}$  y  $NA(E)_{\text{inf}}$  se emplearán como abreviatura de niveles de acción superiores e inferiores

para el campo eléctrico y  $NA(B)_{\text{sup}}$  y  $NA(B)_{\text{inf}}$  para el campo magnético.

Consúltense el apéndice 2 “Efectos biológicos y valores límite de exposición” para obtener más información.

- 2. El empresario garantizará que la exposición de los trabajadores a campos electromagnéticos no supere ni los VLE relacionados con efectos para la salud ni los VLE relacionados con efectos sensoriales, tanto para los efectos térmicos (anexo III) como para los efectos no térmicos (anexo II).

El empresario deberá demostrar el cumplimiento de los VLE relacionados con efectos para la salud y VLE relacionados con efectos sensoriales mediante la evaluación de riesgos de conformidad con el artículo 6. Si la exposición de los trabajadores a campos electromagnéticos supera dichos valores, el empresario tomará medidas inmediatas para reducir la exposición con arreglo al artículo 7.

Consúltense el apéndice 2 “Efectos biológicos y valores límite de exposición” para obtener más información.

- 3. A efectos del presente real decreto, cuando se demuestre que no se superan los niveles de acción correspondientes que figuran en los anexos II y III, se considerará que el empresario cumple con los VLE relacionados con efectos para la salud y con los VLE relacionados con efectos sensoriales.

Si la exposición supera los niveles de acción, el empresario, con arreglo al artículo 4.2, tomará medidas para reducir la exposición, a menos que la evaluación realizada demuestre que no se superan los valores límite de exposición correspondientes y puedan descartarse riesgos para la seguridad.

Los VLE se establecen para prevenir los efectos adversos por lo que su cumplimiento asegura que no se producirán daños en la salud de los trabajadores.

Sin embargo, como se explica en el apéndice 1, en general los VLE son magnitudes inducidas en el interior del organismo y, en consecuencia, no pueden



medirse en el puesto de trabajo, de ahí que surja la necesidad de establecer los NA.

Los NA son magnitudes ambientales medibles que se han obtenido a partir de los  $VLE_{\text{salud}}$  presu- poniendo las condiciones de exposición más desfavo- rables para garantizar la máxima protección para el trabajador.

El hecho de que los NA se obtengan suponiendo las condiciones de exposición más desfavorables abre la po- sibilidad a que estos niveles puedan superarse, dado que

estas condiciones, tan desfavorables, solo se producirán esporádicamente.

Por ello, en este artículo se establecen las circuns- tancias bajo las cuales es posible superar los NA de este real decreto.

Sin embargo, en la práctica, demostrar el cumpli- miento de todas estas condiciones es, aparte de muy complejo desde el punto de vista técnico, bastante cos- toso. Por ello, cuando se excedan los NA, es aconsejable aplicar directamente medidas para reducir la exposición.

Sin perjuicio del párrafo anterior, la exposición podrá superar:

- a) Los niveles de acción inferiores para los campos eléctricos (tabla 5), cuando lo justifiquen la práctica o el proceso siempre que no se superen los VLE relacionados con efectos sensoriales (tabla 3) o bien se verifiquen las siguientes tres condiciones:
  - 1.<sup>a</sup> que no se superen los VLE relacionados con efectos para la salud (tabla 2),
  - 2.<sup>a</sup> que se prevengan las descargas excesivas en forma de chispa y las corrientes de contacto (tabla 7) mediante las medidas específicas de protección establecidas en el artículo 4.6, y
  - 3.<sup>a</sup> que se haya facilitado información sobre las situaciones a las que se refiere el artículo 8 letra f).
- b) Los niveles de acción inferiores para el campo magnético (tabla 6) cuando a lo largo de la jornada laboral lo justifiquen la práctica o el proceso, siempre que no se superen los VLE relacionados con efectos sensoriales, para la cabeza y el tronco incluidos (tabla 3), o bien se cumplan las siguientes cuatro condiciones:
  - 1.<sup>a</sup> que la superación de los VLE relacionados con efectos sensoriales sea solamente temporal;
  - 2.<sup>a</sup> que no se excedan los VLE relacionados con efectos para la salud (tabla 2);
  - 3.<sup>a</sup> que se actúe, con arreglo al artículo 4.8, cuando aparezcan los síntomas transitorios mencionados en las letras a) y b) de dicho apartado;
  - 4.<sup>a</sup> que se haya facilitado información sobre las situaciones a que se refiere el artículo 8 letra f).

Estos dos apartados comparten una misma estruc- tura. Ambos permiten que se puedan sobrepasar los NA (E) y NA (B) siempre que se cumplan una serie de condiciones.

Solo se admite la superación de los NA de las ta- blas 5 y 6, del real decreto, cuando se produzca una de estas dos condiciones:

- Se demuestre que se garantizan los VLE sensoriales de la tabla 3 del real decreto.
- Se cumplan todas las condiciones establecidas en los apartados a o b, según el caso. (Véase la tabla 1).

Tabla 1. Condiciones para la superación de los NA

Condiciones para superar E (apartado a)	Condiciones para superar B (apartado b)
Se tomen medidas para prevenir las descargas de chispas.	La superación de los $VLE_{\text{sensoriales}}$ para la cabeza y el tronco sea un hecho oca- sional.
	Se revise la evaluación de riesgos cuando los trabajadores informen de náuseas, mareos, vértigos, etc.
<b>Se demuestre que no se exceden los <math>VLE_{\text{salud}}</math> de la tabla 2 del RD.</b>	
<b>Se informe a los trabajadores.</b>	

Nota: Las condiciones en negrita son comunes para ambos apartados.

Como conclusión al apartado 3 se puede extraer la siguiente idea:

*Es posible superar los NA, bajo las condiciones de la tabla 1, pero los  $VLE_{salud}$  deben cumplirse en todo momento.*

Sin embargo, en la práctica, demostrar el cumplimiento de todas estas condiciones es, aparte de muy complejo desde el punto de vista técnico, bastante costoso. Por ello, cuando se excedan los NA, es aconsejable aplicar directamente medidas para reducir la exposición.

4. Sin perjuicio de los apartados 2 y 3 del presente artículo, la exposición podrá superar:

Del mismo modo que en el apartado anterior se establecía una serie de circunstancias bajo las cuales es

posible superar los NA, en este punto se recogen las condiciones para poder sobrepasar los  $VLE_{sensoriales}$ .

- a) Los VLE relacionados con efectos sensoriales (tabla 1) cuando, a lo largo de la jornada laboral, se justifique por la práctica o el proceso que se satisfacen los siguientes requisitos:
- 1.º la superación sea solamente temporal,
  - 2.º no se superen los VLE relacionados con efectos para la salud (tabla 1),
  - 3.º se hayan adoptado medidas de protección específicas con arreglo al artículo 4.7,
  - 4.º se actúe, con arreglo al artículo 4.8, cuando aparezcan los síntomas transitorios mencionados en la letra c) de dicho apartado, y
  - 5.º se haya facilitado información sobre las situaciones a que se refiere el artículo 8 letra f).
- b) Los VLE relacionados con efectos sensoriales (tablas 3 y 9) durante la jornada laboral, cuando se justifique por la práctica o el proceso, siempre que:
- 1.º la superación sea temporal solamente,
  - 2.º no se superen los VLE relacionados con efectos para la salud (tablas 2, 8 y 10),
  - 3.º se actúe, con arreglo al artículo 4.8, cuando aparezcan los síntomas transitorios mencionados en las letras a) y b) de dicho apartado, y
  - 4.º se haya facilitado información sobre las situaciones a que se refiere el artículo 8 letra f).

Al igual que antes, la superación, en este caso, de los  $VLE_{sensoriales}$  solo estará autorizada cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones es-

tablecidas en los apartados a) y b) respectivamente. (Véase la tabla 2).

Tabla 2. Condiciones para la superación de los  $VLE_{sensoriales}$

Condiciones para superar $B_0$ (apartado a)	Condiciones para superar $E_0$ o SA (apartado b)
Se tomen medidas de protección frente a mareos o vértigos como, por ejemplo, evitar movimientos rápidos o bruscos.	
<b>Se revise la evaluación de riesgos cuando los trabajadores informen de efectos transitorios como: náuseas, mareos, vértigos, fosfenos, etc.</b>	
<b>La superación de los <math>VLE_{sensoriales}</math> sea un hecho ocasional.</b>	
<b>Se demuestre que no se exceden los <math>VLE_{salud}</math>.</b>	
<b>Se informe a los trabajadores.</b>	

Nota: Las condiciones en negrita son comunes para ambos apartados.

Paralelamente al punto anterior, de este apartado 4 se puede extraer la siguiente idea:

*Es posible superar los  $VLE_{\text{sensoriales}}$  bajo las condiciones de la tabla 2, pero los  $VLE_{\text{salud}}$  deben cumplirse en todo momento.*

Una vez más, demostrar el cumplimiento de todas estas condiciones es muy complicado y se recomienda, cuando se superen los  $VLE_{\text{sensoriales}}$ , aplicar directamente medidas para reducir la exposición.

## Artículo 6. Evaluación de los riesgos.

1. En cumplimiento de las obligaciones establecidas en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección I, del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, en el caso de que los trabajadores puedan estar expuestos a campos electromagnéticos, el empresario deberá evaluar los riesgos que se derivan de los campos electromagnéticos en el lugar de trabajo, de manera que puedan definirse y ponerse en práctica las medidas necesarias para reducir los riesgos.

De acuerdo con el artículo 3.1 del presente real decreto, la evaluación debe realizarse en los puestos donde los trabajadores estén o puedan estar, expuestos a CEM como consecuencia de su trabajo.

El apéndice 4 “Evaluación de la exposición”, analiza los factores que pueden determinar la selección del método de evaluación apropiado, así como otras cuestiones relevantes para satisfacer lo dispuesto en el presente artículo.

Sin perjuicio de las obligaciones en materia de información a los trabajadores establecidas en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y en este real decreto, dicha evaluación podrá hacerse pública si así se solicita, de conformidad con las normas de derecho comunitario y nacionales aplicables. En particular, el tratamiento de los datos de carácter personal de los trabajadores en el curso de este tipo de evaluación, deberá realizarse de conformidad con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal y su normativa de desarrollo. Salvo que exista un interés público superior en la publicación, las autoridades competentes que posean una copia de la evaluación podrán denegar una solicitud de acceso a la misma o una solicitud de que se haga pública, cuando su publicidad pudiese menoscabar la protección de los intereses comerciales del empresario, incluidos los de propiedad intelectual o industrial. Los empresarios podrán negarse a divulgar o a hacer pública la evaluación en las mismas condiciones, de conformidad con las normas de derecho comunitario y nacionales aplicables.

La Ley Orgánica referida ha sido derogada por la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protec-

ción de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

2. Para realizar la evaluación, el empresario identificará y evaluará los campos electromagnéticos en el lugar de trabajo, conforme a lo indicado en la Guía técnica a la que se refiere la disposición adicional única de este real decreto, en las guías de la Comisión Europea y, cuando corresponda, teniendo en cuenta los niveles de emisión de campos electromagnéticos comunicados por los fabricantes de equipos y, en su caso, los distribuidores, de conformidad con la normativa aplicable sobre seguridad general de los productos.

Como ya se ha mencionado en otras partes de esta guía, la presencia de CEM es un hecho cotidiano en el día a día que, en el ámbito de la Unión Europea, cuenta con una legislación específica para el público en general. El objeto de esta normativa es limitar la intensidad de los campos para que la exposición a los mismos no cause efectos adversos a la población.

Por ello, habrá que identificar en qué situaciones los CEM son lo bastante débiles para considerar que no hay riesgo de exposición. Para facilitar esta labor

a las empresas, la Guía europea basándose en la Recomendación 1999/519/CE y la normativa técnica incluye una lista de equipos y actividades para los que no será necesario realizar una evaluación de CEM. (Véase la tabla 3).

Sin embargo, en ciertos lugares de trabajo sí puede existir un riesgo que será necesario evaluar. Por ejemplo, porque la intensidad de los CEM alcance valores superiores a los establecidos para el público general o por la presencia de trabajadores con riesgos particulares.

Tabla 3. Lugares de trabajo o equipos en los que no será necesario realizar una evaluación de CEM

Lugares de trabajo (edificios y terrenos)
Lugares de trabajo accesibles al público general que cumplen los niveles de referencia especificados en la Recomendación 1999/519/CE del Consejo.
Ordenadores y equipos informáticos.
Equipos de oficina (fotocopadoras, trituradores de documentos, grapadoras eléctricas...)
Teléfonos fijos y aparatos de fax.
Equipos eléctricos de calefacción para interiores.
Generadores de aire caliente eléctricos.
Ventiladores eléctricos.
Equipos de iluminación, tales como lámparas de escritorio e iluminación general.
Equipos audiovisuales (como TV, DVD...)
Equipos audiovisuales que contienen transmisores de radiofrecuencia (RF) <sup>2</sup> .
Equipos y redes de comunicaciones conectados por cable.
Antenas de estaciones de base (fuera de zona de seguridad restringida para trabajadores).
Aparatos eléctricos domésticos y profesionales como frigoríficos, lavadoras, lavavajillas...
Sistemas de alarma.
Maquinaria eléctrica de jardín <sup>2</sup> .
Comunicaciones inalámbricas
Teléfonos móviles <sup>2</sup> .
Dispositivos de comunicación inalámbrica (como Wi-Fi o Bluetooth), incluidos puntos de acceso para redes WLAN <sup>2</sup> .
Teléfonos inalámbricos, incluidas las bases de teléfonos inalámbricos (DECT) <sup>2</sup> .
Seguridad
Sistemas de vigilancia de artículos e identificación por RF (RFID) <sup>2</sup> .
Detectores de metales <sup>2</sup> .
Borradores de cinta o disco duro <sup>2</sup> .
Distribución y transmisión de electricidad (50 Hz)
Exposición a campo magnético: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todo conductor aéreo desnudo de cualquier tensión nominal.</li> <li>- Toda instalación eléctrica (incluidos cableado, apartamento, transformadores...), cuya intensidad de fase nominal sea <math>\leq 100</math> A.</li> <li>- Todo circuito eléctrico (incluidos cableado, apartamento, transformadores...), donde conductores estén próximos entre sí y cuya intensidad neta sea <math>\leq 100</math> A.</li> <li>- Todo circuito eléctrico dentro de una instalación (incluidos cableado, apartamento, transformadores...), cuya intensidad de fase nominal sea <math>\leq 100</math> A para cada circuito.</li> </ul>
Exposición a campo eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todo conductor aéreo desnudo con una tensión nominal <math>\leq 100</math> kV.</li> <li>- Toda línea aérea por encima del lugar de trabajo con una tensión nominal <math>\leq 150</math> kV.</li> <li>- Todo circuito de cable subterráneo o aislado, de cualquier tensión nominal.</li> </ul>
Trabajos en generadores y generadores de emergencia <sup>2</sup> .
Inversores, incluidos los sistemas fotovoltaicos.
Industria ligera
Equipos de revestimiento y pintura.
Equipos de control sin radiotransmisores.
Pistolas de calor portátiles.
Rampas hidráulicas.
Equipos de medición sin radiotransmisores.
Procesos manuales de soldadura eléctrica por arco <sup>2</sup> (incluidos MIG, MAG, TIG) siempre que se sigan buenas prácticas de trabajo y no se apoyen los cables en el cuerpo.
Cargadores de batería industriales y profesionales de gran tamaño <sup>2</sup> .
Equipos de tratamiento de superficie corona <sup>2</sup> .
Hornos de calentamiento resistivo.
Pistolas de calor y encoladoras <sup>2</sup> .
Equipos de sellado por inducción <sup>2</sup> .
Máquinas herramientas <sup>2</sup> , como taladradoras de pie, amoladoras, tornos, fresadoras...

<sup>2</sup> Puede ser necesaria una evaluación de CEM en el caso de que estos equipos sean utilizados por trabajadores con implantes activos. Consúltase el apartado 6 d) sobre los trabajadores con riesgos particulares.

Herramientas eléctricas manuales <sup>2</sup> , como taladros, lijadoras, sierras radiales, etc.
<b>Construcción</b>
Maquinaria de construcción (por ejemplo: hormigoneras, vibradores, grúas, etc.) <sup>2</sup> .
<b>Medicina</b>
Equipos médicos que no emplean CEM con fines terapéuticos o diagnósticos.
<b>Transporte</b>
Vehículos y equipos de motor (trabajo a corta distancia de motores de arranque, alternadores y sistemas de encendido) <sup>2</sup> .
<b>Varios</b>
Cargadores de batería de acoplamiento no inductivo concebido para el uso doméstico.
Equipos comercializados que cumplen la Recomendación 1999/519/CE del Consejo o normas armonizadas en materia de CEM <sup>2</sup> .
Equipos no eléctricos de todos los tipos, salvo si contienen imanes permanentes.
Cargadores de batería de acoplamiento inductivo o de proximidad <sup>2</sup> .
Equipos portátiles, alimentados por baterías, que no contienen transmisores de RF.
Equipos que generan campos magnéticos estáticos <sup>2</sup> <0,5 mT, (como cintas transportadoras, imanes elevadores, abrazaderas magnéticas, placas de identidad, etc.)
Auriculares que producen fuertes campos magnéticos <sup>2</sup> .
Equipos de cocina por inducción profesionales <sup>2</sup> .
Radios bidireccionales <sup>2</sup> (por ejemplo, emisores-receptores, autorradios).
Transmisores alimentados por baterías <sup>2</sup> .

3. Si el cumplimiento de los valores límite de exposición no puede determinarse de manera fiable basándose en información fácilmente accesible, la evaluación de la exposición se realizará basándose en mediciones o cálculos. En este caso, la evaluación tendrá en cuenta las incertidumbres relativas a las mediciones o cálculos, como los errores numéricos, la modelización de fuentes, la geometría espectral y las propiedades eléctricas, tanto de los distintos tejidos biológicos como de otros materiales, determinadas con arreglo a las buenas prácticas correspondientes.

Este apartado indica que, para determinar si se sobrepasan los valores límite, la evaluación de riesgos debería basarse de forma prioritaria en información facilitada por terceros. Por ejemplo: datos suministrados por fabricantes o bases públicas de emisión de equipos o instalaciones. Solamente cuando no se disponga de esta información se recurrirá a mediciones o cálculos.

El hecho de que el real decreto priorice el uso de datos facilitados por fabricantes es importante, ya que para la mayoría de empresas este será, con mucho, el modo más sencillo de evaluar los CEM.

El segundo volumen de la Guía europea detalla, a través de varios casos prácticos, dónde se puede encontrar y cómo se puede hacer uso de la información facilitada por terceros.

4. Las evaluaciones mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán con la periodicidad adecuada de conformidad con el artículo 6 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Dichas evaluaciones serán realizadas por personal cualificado para el desempeño de funciones de nivel superior con la especialidad de higiene industrial, atendiendo a lo dispuesto en el artículo 37 y en el capítulo III del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, en cuanto a la organización de recursos para el desarrollo de actividades preventivas.

Tomando como referencia lo explicado en los apartados anteriores, solo debería evaluarse la exposición a CEM en los lugares de trabajo donde pueda existir un riesgo potencial. Esta evaluación será realizada por técnicos superiores con la especialidad de Higiene industrial. Dado que la interpretación y aplicación de los criterios de referencia es compleja, además sería recomendable que tuviera conocimientos específicos en esta materia.

Asimismo, la evaluación debe circunscribirse dentro del marco general establecido por la LPRL y su normativa de desarrollo. Por ello, tal como disponen los artículos 4 y 6 del RSP, con carácter general la evaluación inicial debe repetirse en las siguientes circunstancias:

- a) Cuando los puestos de trabajo se vean afectados por:

<sup>2</sup> Puede ser necesaria una evaluación de CEM en el caso de que estos equipos sean utilizados por trabajadores con implantes activos. Consúltense el apartado 6 d) sobre los trabajadores con riesgos particulares.

- la elección de equipos de trabajo, [...] la introducción de nuevas tecnologías o la modificación en el acondicionamiento de los lugares de trabajo;
  - el cambio en las condiciones de trabajo;
  - la incorporación de un trabajador cuyas características personales o estado biológico conocido lo hagan especialmente sensible a las condiciones de trabajo;
- b) Cuando se hayan detectado daños a la salud de los trabajadores o se haya apreciado, a través de los controles periódicos realizados en virtud de lo dispuesto en el artículo 16.2 a) de la LPRL, que las actividades de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes.
- c) Periódicamente, según lo acordado entre la empresa y los representantes de los trabajadores.

Al efectuar dicha revisión, se tendrán en cuenta los resultados de:

- La investigación sobre las causas de los daños para la salud que, en su caso, se hayan producido.
- Las actividades para la reducción de los riesgos a que se hace referencia en el apartado 1.a) del artículo 3 del RSP.
- Las actividades para el control de los riesgos a que se hace referencia en el apartado 1.b) del artículo 3 del RSP.
- El análisis de la situación epidemiológica según los datos aportados por el sistema de información sanitaria u otras fuentes disponibles.

Los datos obtenidos de la evaluación y, en su caso, de la medición de los campos electromagnéticos se conservarán de manera que permita su consulta posterior. La documentación de la evaluación se ajustará a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y en el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

La empresa deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación relativa a la evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores.

En dicha documentación deberán reflejarse, para cada puesto de trabajo cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, los siguientes datos:

- La identificación del puesto de trabajo.
- El riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados.
- El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.
- La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados.

5. En el marco de lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos:
- a) los VLE relacionados con efectos para la salud y los VLE relacionados con efectos sensoriales así como los niveles de acción a que hacen referencia el artículo 5 y los anexos II y III del presente real decreto;

Véase el apéndice 2 "Efectos biológicos y valores límite de exposición".

- b) la frecuencia, el nivel, la duración y el tipo de exposición, incluida la distribución del campo electromagnético por el lugar de trabajo y en el cuerpo del trabajador;

Son varios los aspectos a los que hay que prestar atención en la evaluación de este riesgo. Entre los más importantes están la frecuencia del campo electromagnético y su distribución en el espacio o patrón de emisión.

Se puede afirmar que, en líneas generales, ambos datos suelen ser relativamente fáciles de obtener. El primero, a partir de la información técnica del fabri-

cante y el segundo está intrínsecamente relacionado con la aplicación del equipo o instalación. Por ejemplo: una antena de radiodifusión emitirá de forma omnidireccional, es decir, en todas las direcciones.

En el apéndice 4. "Evaluación de la exposición" se abordan estos aspectos con mayor profundidad así como en la Guía europea.



c) los efectos biofísicos directos;

Véase el apéndice 2 “Efectos biológicos y valores límite de exposición”.

d) cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles, en especial las trabajadoras embarazadas o los trabajadores que llevan dispositivos médicos implantados activos o pasivos, como marcapasos cardíacos, o que lleven otros dispositivos médicos en el cuerpo, como por ejemplo bombas de insulina.

Se considera que determinados colectivos (véase la tabla 4) presentan riesgos particulares asociados a la presencia de campos electromagnéticos. Estos trabajadores podrían no estar adecuadamente protegidos por

los NA especificados en el presente real decreto, por lo que se deberá considerar su exposición aparte de la del resto de la plantilla.

Tabla 4. Lista no exhaustiva de personas que deberían considerarse trabajadores con riesgos particulares

Trabajadores	Ejemplos
Con implantes médicos activos	Marcapasos cardíacos, desfibriladores cardíacos, implantes cocleares, implantes de tronco encefálico, prótesis de oído interno, neuroestimuladores, codificadores retinianos, bombas implantadas de infusión de medicamentos.
Con implantes médicos pasivos (que contengan partes metálicas)	Prótesis articulares, clavos, tornillos, grapas quirúrgicas, muelles para aneurismas, endoprótesis vasculares (stents), prótesis de válvulas cardíacas, anillos de anuloplastia, implantes anticonceptivos metálicos y carcasas de implantes médicos activos.
Con dispositivos médicos en el cuerpo	Bombas de infusión de hormonas externas.
Trabajadoras embarazadas	

Estos trabajadores con riesgos particulares estarían, en principio, adecuadamente protegidos por los niveles de referencia especificados, para el público en general, en la Recomendación 1999/519/CE, de 12 de julio.

No obstante, para los trabajadores con implantes activos, incluso los niveles para el público en general podrían no brindar una protección suficiente, en

cuyo caso correspondería al especialista en Medicina del Trabajo del Servicio de Prevención proponer las medidas preventivas más adecuadas.

La tabla 5 recoge los equipos y lugares de trabajo para los cuales puede ser necesaria, según la Guía europea, la realización de una evaluación específica en relación con los trabajadores con riesgos particulares.

Tabla 5. Lugares de trabajo o equipos que pueden requerir una evaluación de CEM en el caso de que haya trabajadores con riesgos particulares

Equipo o lugar de trabajo	Trabajadores con implantes activos	Resto de trabajadores con riesgos particulares
<b>Comunicaciones inalámbricas</b>		
Teléfonos inalámbricos, incluidas las bases (DECT).	Sí	No
Teléfonos móviles.	Sí	No
Dispositivos inalámbricos (Wi-Fi o Bluetooth), incluidos puntos de acceso para redes WLAN.	Sí	No
<b>Lugares de trabajo (edificios y terrenos)</b>		
Equipos audiovisuales que contienen transmisores de radiofrecuencia.	Sí	No
Maquinaria eléctrica de jardín.	Sí	No
<b>Seguridad</b>		
Sistemas de vigilancia de artículos y RFID.	Sí	No
Detectores de metales.	Sí	No
Borradores de cinta o disco duro.	Sí	No



Alimentación eléctrica		
Trabajos en generadores y generadores de emergencia.	Sí	No
Trabajos en turbinas eólicas.	Sí	Sí
Industria ligera		
Procesos manuales de soldadura eléctrica por arco (incluidos MIG, MAG, TIG) siempre que se sigan buenas prácticas y no se apoyen cables en el cuerpo.	Sí	No
Cargadores de batería industriales y profesionales de gran tamaño.	Sí	No
Equipo de tratamiento de superficie corona.	Sí	No
Equipo de pintura electrostática.	Sí	Sí
Hornos de calentamiento resistivo.	Sí	No
Pistolas de calor y encoladoras.	Sí	No
Sistemas de calentamiento por inducción, automatizados, detección de averías y reparación que conlleven proximidad inmediata a la fuente de CEM.	Sí	Sí
Equipos de sellado por inducción.	Sí	No
Máquinas-herramientas como taladradoras de pie, amoladoras, tornos, fresadoras, etc.	Sí	No
Herramientas eléctricas manuales como taladros, lijadoras, sierras radiales, etc.	Sí	No
Sistemas de soldadura, automatizados, detección de averías, reparación y formación que conlleven proximidad inmediata a la fuente de CEM.	Sí	Sí
Construcción		
Maquinaria de construcción (por ejemplo: hormigoneras, vibradores, grúas, etc.).	Sí	No
Transporte		
Vehículos y equipos de motor (trabajo a corta distancia de motores de arranque, alternadores y sistemas de encendido).	Sí	No
Varios		
Cargadores de batería de acoplamiento inductivo o de proximidad.	Sí	No
Equipos que generan campos magnéticos estáticos <sup>3</sup> <0,5 mT (como cintas transportadoras, imanes elevadores, abrazaderas magnéticas, placas de identidad, etc.).	Sí	No
Auriculares que producen fuertes campos magnéticos.	Sí	No
Equipos de cocina por inducción profesionales.	Sí	No
Radios bidireccionales (por ejemplo: emisores-receptores, autorradios).	Sí	No
Transmisores alimentados por baterías.	Sí	No

e) cualquier efecto indirecto;

Para ampliar la información acerca de las medidas de protección y prevención frente a los efectos

indirectos, consúltese el apéndice 3.

f) la existencia de equipos sustitutos diseñados para reducir los niveles de exposición a campos electromagnéticos;

A la hora de adquirir, renovar o modificar las máquinas y equipos de trabajo se deberían tener en cuenta los niveles de emisión de CEM para elegir, en

función de las necesidades del puesto de trabajo, aquellos equipos, fuentes o máquinas que tengan una emisión lo más baja posible. (Véase el apéndice 3).

g) la información apropiada obtenida de la vigilancia de la salud mencionada en el artículo 10;

La evaluación de riesgos deberá tener en cuenta los resultados de la vigilancia de la salud, así como la información disponible procedente de otras fuentes de carácter bibliográfico de reconocido prestigio tales como las citadas en el artículo 5.3 d) del RSP. En

particular, se recomienda consultar la información publicada por la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) y la Organización Mundial de la Salud. (Véase parte IV de esta guía: Fuentes de información).

<sup>3</sup> En la Guía europea existe una errata en este punto ya que aparece el signo de mayor que (>) lo cual carece de sentido a la hora de establecer una limitación.

h) la información facilitada por el fabricante del equipo;

Los fabricantes que suministran equipos regidos por el ámbito de aplicación del Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, tienen obligaciones específicas en materia de suministro de información. En particular, para satisfacer los requisitos esenciales de seguridad y salud, los fabricantes deben facilitar información sobre los riesgos residuales y medidas de protección que tenga que adoptar el usuario.

Concretamente, el fabricante debe indicar en el manual de instrucciones si es probable que la máquina emita radiación no ionizante que pueda ser nociva para las personas, en particular para las personas portadoras de implantes médicos. (Véase el apéndice 3).

i) cualquier otra información pertinente sobre salud y seguridad;

Es aconsejable que las empresas con riesgo potencial de exposición a CEM estén al día acerca de la publicación de nuevos informes y estudios relacionados

con los campos electromagnéticos. Son particularmente interesantes las publicaciones de la ICNIRP y la OMS. (Véase parte IV de esta guía: Fuentes de información).

j) las fuentes de exposición múltiples;

k) la exposición simultánea a campos de frecuencias múltiples.

Consúltese la Guía europea y el apéndice 4 "Evaluación de la exposición" para obtener más información

acerca de estos factores.

6. No será necesario realizar la evaluación de la exposición en los lugares de trabajo abiertos al público, siempre que ya se haya procedido a una evaluación conforme a las disposiciones sobre limitación de la exposición del público en general a los campos electromagnéticos, se respeten las limitaciones especificadas en las mismas con respecto a los trabajadores y se descarten los riesgos para la salud y la seguridad. Se considerará que estos requisitos se cumplen cuando los equipos destinados al uso público se utilicen conforme a su finalidad y a la normativa de seguridad en el producto, aplicable a dichos equipos, que establezca niveles de seguridad más estrictos que los previstos en este real decreto, y no se utilice ningún otro equipo.

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores de esta guía, la exposición del público en general tiene unos niveles de referencia más estrictos que los recogidos en este real decreto.

los que únicamente hay equipos, máquinas o instalaciones obligados a cumplir con la Recomendación de 1999/519 del Consejo y estos se instalen, mantengan y utilicen conforme a lo indicado por el fabricante.

Por ello, no será necesario realizar una evaluación de este riesgo, en el caso de los lugares de trabajo en

7. El empresario deberá disponer de una evaluación de riesgos de conformidad con el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección I, del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, y determinará las medidas que deban adoptarse con arreglo al artículo 4 de este real decreto. La evaluación de los riesgos podrá incluir las razones por las que el empresario considera que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con los campos electromagnéticos hacen innecesaria una evaluación más detallada de los mismos. La evaluación de los riesgos se actualizará periódicamente, en particular si se han producido cambios significativos que la podrían dejar desfasada, o siempre que los resultados de la vigilancia de la salud mencionados en el artículo 10 pongan de manifiesto su necesidad.

Según la LPRL la evaluación de riesgos deberá estar correctamente documentada y estar accesible para su consulta tanto por parte de la empresa (servicio de prevención, representantes de los trabajadores, etc.) como por las autoridades que así la requieran.

Si durante la evaluación de los riesgos del centro de trabajo se detectan puestos con potencial exposición a CEM, este riesgo debe ser evaluado y sus resultados correctamente documentados. El empresario decidirá qué medidas relativas a la eliminación, reducción o

limitación de la exposición son pertinentes. Además, velará por el cumplimiento de las disposiciones acerca de la formación e información y la consulta y participación de los trabajadores.

Cuando todos los equipos estén incluidos en la tabla 3 se entenderá que no se sobrepasan los NA y bastará con asegurarse de que se cumplen las obligaciones generales establecidas en la LPRL.

En caso de sobrepasar los NA, el empresario podría tratar de demostrar el cumplimiento de los VLE lo que en la mayoría de los casos es muy complejo. Por ello, podría ser más sencillo y rentable adoptar directamente medidas para reducir el riesgo.

### Artículo 7. Limitación de la exposición.

#### 1. La exposición de los trabajadores no deberá superar en ningún caso:

Sin embargo, en el caso de los CEM, los límites se definen como valores de pico o promediados a tan solo unos minutos. En concreto, se pueden dar estas situaciones:

- Para los efectos no térmicos, no se puede exceder el VLE en ningún momento durante la jornada laboral.
- Para efectos térmicos, entre 100 kHz y 10 GHz, no podrá excederse el VLE en ningún período de 6 minutos durante la jornada laboral.

- A partir de 10 GHz, donde el calentamiento es superficial, no podrá excederse el VLE correspondiente en ningún período de duración calculada según la ecuación:

$$t_{\text{minutos}} = 68/v^{1,05}$$

(v es la frecuencia expresada en GHz)

- a) Los VLE relacionados con efectos para la salud, a menos que se cumplan las condiciones establecidas en el artículo 11 letras a) o c).

No obstante, dicho lo anterior, este artículo prevé que se puedan exceder los valores límite excepcionalmente siempre que se cumplan las condiciones indi-

cadas. El artículo 11 hace referencia a instalaciones de IRM y a situaciones debidamente justificadas y comunicadas a la autoridad laboral.

- b) Los VLE relacionados con efectos sensoriales, a menos que se aseguren los requisitos del artículo 5 apartados 3 o 4.

El artículo 5.3 se refiere a los casos en los que pueden superarse los niveles de acción inferiores, tanto para el campo eléctrico como para el magnético.

El artículo 5.4 indica las condiciones en las que se permite la superación de los VLE relacionados con efectos sensoriales.

Véanse los comentarios al artículo 5.

2. Si, a pesar de las medidas adoptadas por el empresario, se superan los VLE relacionados con efectos para la salud o los VLE relacionados con efectos sensoriales, el empresario intervendrá con carácter inmediato para reducir la exposición a niveles inferiores a dichos valores. Para ello el empresario deberá determinar las causas por las que se han superado los valores límite y en consecuencia modificará las medidas de protección y prevención, para evitar que se vuelvan a superar. Asimismo informará a los delegados de prevención de las circunstancias que han dado lugar a la sobreexposición.

El real decreto establece en este punto la obligación de aplicar acciones correctoras que reduzcan la exposición con carácter de urgencia, por lo que, además de ejecutar el plan de acción con las medidas previstas en el artículo 4.2 que reduzcan el riesgo de

exposición al mínimo, debería adoptar medidas provisionales, como controlar el acceso a las zonas peligrosas, y otras medidas mencionadas en el apéndice 3, hasta que se corrijan las condiciones de trabajo de forma permanente.

La información que reciban los delegados de prevención debería incluir: el VLE que ha sido superado y sus consecuencias, dónde y en qué circunstancias ha ocurrido dicha sobreexposición, las medidas que, con carácter de urgencia, se consideran apropiadas para la reducción inmediata de la exposición, las causas que

han motivado la sobreexposición y las acciones previstas para evitar reincidencias. En este proceso informativo se tendrá en cuenta lo dispuesto en la LPRL y en concreto su artículo 36, competencias y facultades de los delegados de prevención.

3. La documentación sobre las medidas de prevención y protección adoptadas se conservará de forma que permita garantizar el seguimiento y su consulta posterior, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y en el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

Según establece el artículo 23 de la LPRL, el empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación relativa a la evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores.

Conforme al RSP, en dicha documentación deberán reflejarse, para cada puesto de trabajo cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, los siguientes datos:

- La identificación del puesto de trabajo.
- El riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados.
- El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.
- La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados, si procede.

#### Artículo 8. Información y formación de los trabajadores.

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario velará por que los trabajadores que puedan verse expuestos en el lugar de trabajo a los riesgos derivados de los campos electromagnéticos y/o sus representantes reciban la información y formación necesarias sobre el resultado de la evaluación de riesgos prevista en el artículo 6, en particular sobre:

- a) Las medidas adoptadas en aplicación del presente real decreto.
- b) El significado de los valores límite de exposición y los niveles de acción, así como sus valores numéricos, los posibles riesgos asociados y las medidas preventivas adoptadas.
- c) Los posibles efectos indirectos de la exposición.
- d) Los resultados de la evaluación, la medición o los cálculos de los niveles de exposición a campos electromagnéticos efectuados de conformidad con el artículo 6 de este real decreto.
- e) La forma de detectar los efectos adversos para la salud derivados de la exposición y el modo de informar sobre ellos.
- f) La posibilidad de que surjan síntomas y trastornos transitorios relacionados con los efectos en el sistema nervioso central o periférico.
- g) Las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud.
- h) Las prácticas de trabajo seguras para reducir al mínimo los riesgos derivados de la exposición.
- i) Los trabajadores especialmente sensibles, como se contempla en el artículo 6.5.d), y en el artículo 4, apartados 3 y 4, del presente real decreto.

Tanto la información a los trabajadores como la formación preventiva que deben recibir para desarrollar las funciones propias de su puesto de trabajo tienen que adecuarse al nivel de riesgo. Así, si en una organización no ha sido necesario llevar a cabo una evaluación específica por encontrarse dentro de los supuestos en los que hay un nivel muy bajo de CEM, bastaría con informar de este hecho.

La información debería permitir que los trabajadores puedan reconocer aquellas situaciones en las que las fuentes de CEM no suponen un riesgo para su salud o para su seguridad como es el caso de las situaciones descritas en la tabla 3.

Si se tratase de una empresa o de un puesto de trabajo donde sí puede existir riesgo por exposición a CEM, se debe informar a los trabajadores sobre los

resultados de la evaluación de riesgos, las medidas adoptadas en aplicación del real decreto y las circunstancias en las que tienen derecho a una vigilancia de la salud (epígrafes a, d y g de este artículo). La información puede ser complementada con folletos, carteles y medios audiovisuales en los que se recojan, de forma clara, las medidas adoptadas.

En estos casos, además, los trabajadores deberán recibir la formación teórica y práctica suficiente y adecuada en materia preventiva, centrada específicamente en su puesto de trabajo o función, a la que hace referencia el artículo 19.1 de la LPRL. En esta formación se deberían abordar el resto de epígrafes de este artículo entre los que se incluye el significado de los valores límite, los posibles efectos indirectos y en la salud, las prácticas de trabajo seguras y las medidas preventivas a observar.

La LPRL establece que la formación preventiva debe proporcionarse:

- En el momento de la contratación.
- Cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe el trabajador o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

Asimismo, la formación deberá repetirse periódicamente, si fuese necesario, teniendo en cuenta la evolución de los riesgos.

A la hora de informar y formar a los trabajadores debe tenerse en cuenta que se trata de un tema con cierta complejidad teórica, para el que se ha establecido un elevado número de diferentes límites de exposición y cuya comprensión puede requerir conocimientos previos. Por ello debe adaptarse el contenido de la información y la formación para que sea fácilmente asimilable por los trabajadores, en función de sus conocimientos.

Los trabajadores deben conocer que existen determinadas circunstancias que pueden conllevar riesgos particulares. En concreto los artículos 6.5.d), 4.3 y 4.4 hacen referencia a las trabajadoras embarazadas, a los trabajadores que lleven dispositivos médicos implantados activos o pasivos, como marcapasos cardíacos, o que lleven otros dispositivos médicos en el cuerpo, como por ejemplo bombas de insulina.

#### Artículo 9. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y la participación de los trabajadores y de sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este real decreto se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

El artículo 18.2 de la LPRL establece la obligación del empresario de consultar y permitir a los trabajadores y sus representantes la elaboración de propuestas en materia de prevención de riesgos laborales, sin que

ello vaya en detrimento del derecho del empresario a decidir las acciones que deben tomarse, ni suponga limitación de su responsabilidad en la prevención de los riesgos laborales.

#### Artículo 10. Vigilancia de la salud.

1. El empresario garantizará una adecuada vigilancia de la salud de los trabajadores en función de los riesgos inherentes al trabajo con exposición a campos electromagnéticos, tal y como se contempla en el artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, con el fin de prevenir y diagnosticar lo antes posible cualquier efecto adverso para la salud del trabajador derivado de la exposición a campos electromagnéticos.

La vigilancia de la salud será realizada a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa y conforme al artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

Asimismo, se tendrá en consideración el artículo 37.2 de la LPRL y se proporcionará a los delegados de prevención los medios y la formación necesarios para el ejercicio de sus funciones.

La vigilancia de la salud se realizará en el marco de criterios, definiciones y principios de la LPRL y su normativa de desarrollo. Debe reunir los siguientes requisitos: ser específica, proporcional al riesgo, volun-

taria, confidencial y documentada.

Si en la evaluación de riesgos se identifica un riesgo potencial por exposición a CEM en uno o varios puestos de trabajo, se deberá proporcionar una vigilancia de la salud específica a los trabajadores asignados a dichos puestos.



2. La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral de los trabajadores sujetos a la misma con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias se ajustará a lo establecido en el artículo 22, apartados 2, 3 y 4, de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, en el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, y en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de datos de carácter personal. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

La realización de la vigilancia de la salud deberá documentarse, debiéndose garantizar la confidencialidad de los datos según lo establecido en la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

Los resultados de la vigilancia de la salud deberán comunicarse a los trabajadores afectados. Estos podrán ejercer su derecho de acceso a los datos que les atañen personalmente y solicitar las copias pertinentes.

No obstante lo anterior, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materia preventiva.

3. Si un trabajador informa de un efecto indeseado o inesperado para la salud, o en cualquier caso en que se detecte una exposición superior a los valores límite de exposición, el empresario velará por que el trabajador afectado pueda beneficiarse de los exámenes de salud adecuados. Dichos exámenes deberán estar disponibles durante las horas que elija el trabajador.

El contenido y periodicidad de los reconocimientos médicos deberá seguir los protocolos establecidos por el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.

No obstante, según se cita en la Guía europea, en ausencia de síntomas conocidos derivados de exposiciones a campos electromagnéticos por debajo de los VLE, no existe una base para la realización de exámenes médicos periódicos. Sin embargo, los trabajadores con riesgos particulares deberían acudir al especialista en Medicina del Trabajo del Servicio de Prevención para garantizar la adecuada comprensión de las restricciones que se les impongan en su entorno de trabajo y comunicar cualquier efecto no deseado o imprevisto.

El especialista en Medicina del Trabajo del Servicio de Prevención deberá proponer al empresario medi-

das de prevención ajustadas a cada uno de los trabajadores que presenten riesgos particulares.

Si se tuviera constancia de una sobreexposición a radiofrecuencias o microondas, se debería realizar un examen oftalmológico para prevenir la posible formación de cataratas.

En caso de detectarse daños en la salud o una superación de los VLE, el empresario deberá revisar la evaluación de riesgos, teniendo en cuenta las propuestas del médico responsable de la vigilancia de la salud y mejorará las medidas preventivas para reducir las situaciones que puedan suponer un riesgo para los trabajadores.

## Artículo 11. Excepciones.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 4, apartado 1, como excepción a lo establecido en el artículo 5, será de aplicación lo siguiente:

Este artículo será de aplicación a aquellos casos particulares en los que, a pesar de aplicar medidas para eliminar o controlar los riesgos, no haya sido posible reducir la exposición por debajo de los VLE.

Sin embargo, como se explica en el apéndice 2 de esta guía, demostrar el incumplimiento de los valores límite es una tarea muy complicada ya que, en general,

no están expresados con magnitudes medibles en el puesto de trabajo. Únicamente cuando la exposición está por debajo de los NA se puede garantizar que se cumplen los VLE.

Los únicos rangos espectrales que tienen VLE que pueden determinarse a través de mediciones ambientales son:

- Los campos estáticos, 0 Hz, cuyo valor límite se expresa como inducción magnética ( $B_0$ ).
- Los campos de 6 -300 GHz, cuyo valor límite se expresa como densidad de potencia (S).

Para el resto de situaciones, cuando se sobrepasen los NA se podría tratar de demostrar el cumplimiento de los VLE, lo que, como ya se ha explicado, en la mayoría de los casos es muy complejo. Por ello, podría ser más sencillo y rentable adoptar directamente medidas para reducir el riesgo.

a) la exposición podrá superar los valores límite de exposición si está relacionada con: la instalación, el ensayo, el uso, el desarrollo, el mantenimiento o la investigación de equipos de imagen por resonancia magnética (IRM) para pacientes en el ámbito sanitario, siempre y cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- 1.<sup>a</sup> que la evaluación de riesgos realizada de conformidad con el artículo 6 haya demostrado que se han superado los valores límite de exposición,
- 2.<sup>a</sup> que, habida cuenta del estado de la técnica, se hayan aplicado todas las medidas técnicas y/o de organización,
- 3.<sup>a</sup> que las circunstancias justifiquen debidamente la superación de los valores límite de exposición,
- 4.<sup>a</sup> que se hayan tenido en cuenta las características del lugar de trabajo, del equipo de trabajo o las prácticas de trabajo, y
- 5.<sup>a</sup> que el empresario demuestre que los trabajadores siguen estando protegidos contra los efectos adversos para la salud y contra los riesgos para la seguridad. En particular asegurándose de que se siguen las instrucciones de uso seguro facilitadas por el fabricante de conformidad con la normativa aplicable.

En el caso de IRM se puede verificar el cumplimiento de los VLE a partir de la información facilitada por el fabricante o instalador, ya que una característica básica del equipo es la intensidad del campo magnético principal  $B_0$  y de las intensidades del resto de campos que se emplean en esta técnica diagnóstica: radiofrecuencias y LF.

Como se indica en el apéndice 2, existen algunos casos en los que es justificable aplicar el VLE de 8 teslas (T) relativo a condiciones controladas, entendiendo que tales situaciones se producen cuando:

- La intensidad del campo sea conocida y estable, esto es: que  $B_0$  no pueda sufrir fluctuaciones imprevistas.

- Se hayan tomado las correspondientes medidas preventivas para el control de los movimientos. (Véase el apéndice 3).
- Los trabajadores hayan sido informados y formados para trabajar en condiciones de seguridad.

En los servicios de imagen por resonancia para pacientes en el ámbito sanitario es habitual que se satisfagan estas premisas, por lo que estaría indicado establecer el VLE para el campo estático en 8 T.

Puede encontrarse más información sobre los principios físicos y los riesgos asociados a la IRM y las medidas preventivas en las NTP 1063 y 1103.

b) la autoridad competente podrá autorizar que se aplique un sistema de protección equivalente o más específico para el personal que trabaje en instalaciones militares operativas o que participe en actividades militares, incluidos los ejercicios militares internacionales conjuntos, siempre que se prevengan los efectos adversos para la salud y los riesgos para la seguridad;

Como ejemplo de una norma que establece otros niveles de protección a los recogidos en este real decreto, se puede mencionar el Standardization Agreement (STANAG) 2345 de la OTAN, que se basa en la

IEEE Std C95.1-2345TM-2014: Military workplaces-force health protection regarding personnel exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz.



- c) los valores límite de exposición podrán superarse temporalmente, en circunstancias debidamente justificadas, y solo en tanto se mantenga la debida justificación, en sectores específicos o para actividades específicas distintas a las señaladas en las letras a) y b). La empresa deberá comunicar dicha situación a la autoridad laboral competente, acompañando documentación justificativa de la excepción. A efectos de la presente letra, se entenderá por «circunstancias debidamente justificadas» aquellas en las que se cumplan los siguientes criterios:
- 1.º que la evaluación de los riesgos realizada de conformidad con el artículo 6 haya puesto de manifiesto que se han superado los valores límite de exposición,
  - 2.º que, habida cuenta del estado de la técnica, se hayan aplicado todas las medidas técnicas y/o de organización,
  - 3.º que se hayan tenido en cuenta las características del lugar de trabajo, el equipo de trabajo o las prácticas de trabajo, y
  - 4.º que el empresario demuestre que los trabajadores siguen estando protegidos contra los efectos adversos para la salud y contra los riesgos para la seguridad, también mediante el uso de normas y directrices comparables, más específicas y reconocidas internacionalmente.

Para acogerse a esta excepción se deben cumplir los cuatro requisitos que establece el texto del artículo.

El primero de ellos es demostrar que se superan los VLE, lo cual puede ser algo complejo en la mayoría de los casos ya que los valores límite se establecen mayoritariamente en términos de campo *in situ* no medibles ambientalmente. La demostración de la superación de los VLE sólo puede hacerse mediante mediciones de la inducción magnética ( $B_0$ ) y la densidad de potencia (S). En el resto de casos habría que recurrir a simulaciones y cálculos complejos.

Como se ha mencionado al principio de este artículo, cuando se superen los NA, lo más eficiente será poner en marcha un plan de acción con medidas de control para reducir la exposición.

El resto de condiciones contemplan aquellas situaciones temporales en las que el trabajo no pueda realizarse de otra forma y la exposición del trabajador supera los VLE.

En estos casos, además, se deberá justificar ante la autoridad laboral competente que los trabajadores están protegidos contra efectos para la salud o seguridad y que se han aplicado las correspondientes medidas técnicas y organizativas.

Para comunicar esta situación a la autoridad laboral la empresa deberá enviar documentación que justifique esta excepcionalidad incluyendo, al menos, la descripción de la actividad realizada, los valores de exposición medidos o calculados y las medidas preventivas implantadas

## Artículo 12. Infracciones y sanciones.

Los incumplimientos a lo dispuesto en este real decreto serán sancionados con arreglo a lo dispuesto en el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social, aprobado por el Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto.

## Disposición adicional única. Elaboración y actualización de la Guía técnica.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada 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.

**Disposición final primera. Título competencial.**

Este real decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.7.<sup>a</sup> de la Constitución Española, que atribuye al Estado la competencia exclusiva en materia de legislación laboral, sin perjuicio de su ejecución por los órganos de las Comunidades Autónomas.

**Disposición final segunda. Incorporación de derecho de la Unión Europea.**

Mediante este real decreto se incorpora al derecho español 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) (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.

**Disposición final tercera. Habilitación para el desarrollo reglamentario.**

Se habilita a la Ministra de Empleo y Seguridad Social, previo informe favorable del Ministro de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, para dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este real decreto, así como para llevar a cabo las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos para adecuar su contenido a las modificaciones que se introduzcan en los anexos de la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013.

**Disposición final cuarta. Entrada en vigor.**

El presente real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 22 de julio de 2016.

FELIPE R.

La Vicepresidenta del Gobierno y Ministra de la Presidencia,  
SORAYA SÁENZ DE SANTAMARÍA ANTÓN

## ANEXO I

## Magnitudes físicas relativas a la exposición a campos electromagnéticos

Para describir la exposición a campos electromagnéticos se utilizan las siguientes magnitudes físicas:

1. Intensidad de campo eléctrico (E): magnitud vectorial que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento en el espacio. Se expresa en voltios dividido por metro (V/m).

Es preciso distinguir entre: «campo eléctrico ambiental» y «campo eléctrico in situ», inducido en el interior del organismo como resultado de la exposición al campo eléctrico ambiental.

2. Intensidad de campo magnético (H): magnitud vectorial que, junto con la densidad de flujo magnético, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios dividido por metro (A/m).
3. Densidad de flujo magnético o inducción magnética (B): magnitud vectorial definida en términos de fuerza ejercida sobre cargas en movimiento; se expresa en teslas (T).

En el espacio libre y en la materia biológica, la densidad de flujo magnético y la intensidad de campo magnético se pueden utilizar indiferentemente según la equivalencia:

$$B = \mu_0 H$$

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

4. Densidad de potencia (S): Es el cociente de la potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de esa superficie. Se expresa en vatios dividido por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). Es una magnitud apropiada para expresar la exposición a frecuencias muy altas, donde la profundidad de penetración del campo en el cuerpo es baja.
5. Corriente en las extremidades ( $I_L$ ): corriente en las extremidades de una persona expuesta a campos electromagnéticos dentro del intervalo de frecuencias comprendido entre 10 MHz y 110 MHz como resultado del contacto con un objeto en un campo electromagnético, o el flujo de las corrientes capacitivas inducidas en un cuerpo expuesto. Se expresa en amperios (A).
6. Corriente de contacto ( $I_C$ ): corriente que aparece cuando una persona entra en contacto con un objeto en un campo electromagnético. Se expresa en amperios (A). Se produce una corriente de contacto en estado estacionario cuando una persona está en contacto continuo con un objeto en un campo electromagnético. En el proceso del establecimiento de dicho contacto, puede producirse una descarga en forma de chispas con corrientes transitorias asociadas.
7. Carga eléctrica (Q): magnitud utilizada para medir las descargas en forma de chispa; se expresa en culombios (C).
8. Absorción específica de energía (SA): es la energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico; se expresa en julios dividido por kilogramo (J/kg).

En este real decreto se utiliza para establecer límites para los campos pulsantes en la banda espectral de las microondas.

9. Tasa de absorción específica de energía (SAR) sobre el cuerpo entero o sobre una parte localizada del mismo: es la tasa de energía que es absorbida por unidad de masa de tejido corporal. Se expresa en vatios dividido por kilogramo ( $W/kg$ ). El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a radiofrecuencias. Junto al SAR medio de cuerpo entero, los valores SAR locales son necesarios para evaluar y limitar la excesiva acumulación de energía localizada en pequeñas partes del cuerpo como consecuencia de unas condiciones especiales de exposición. Como ejemplo: la exposición de una persona a radiofrecuencias de pocos MHz (por ejemplo, de calentadores dieléctricos), o de personas expuestas al campo cercano de una antena.

De estas magnitudes, las que pueden medirse directamente son: la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S), la corriente de contacto ( $I_C$ ) y la corriente en las extremidades ( $I_L$ ).

## ANEXO II

### Efectos no térmicos

*Valores límite de exposición y niveles de acción en el intervalo de frecuencias:  
0 Hz -10 MHz*

#### A. Valores límite de exposición (VLE)

A1. Valores límite de exposición de densidad de flujo magnético externo de 0 a 1 Hz.

Son los límites para un campo magnético estático que no resulta afectado por el tejido corporal.

Los VLE relacionados con efectos sensoriales son los valores límite de exposición para condiciones de trabajo normales; están relacionados con los vértigos y otros efectos fisiológicos asociados a alteraciones del equilibrio que aparecen, fundamentalmente, debido al desplazamiento del trabajador dentro de un campo magnético estático.

Los VLE relacionados con efectos para la salud en condiciones de trabajo controladas son aplicables temporalmente durante la jornada laboral cuando así lo justifique la práctica o el proceso, siempre que se hayan adoptado medidas preventivas, como el control de los movimientos y la información a los trabajadores.

**Tabla 1. VLE para la densidad de flujo magnético externo ( $B_0$ ) de 0 Hz a 1 Hz**

VLE relacionados con efectos sensoriales:	
Condiciones de trabajo normales	2 T
Exposición localizada en las extremidades	8 T
VLE relacionados con efectos para la salud:	
Condiciones de trabajo controladas	8 T

A2. VLE relacionados con efectos para la salud para el campo eléctrico «in situ» de 1 Hz a 10 MHz.

Son los límites para los campos eléctricos inducidos en el interior del cuerpo a partir de la exposición a campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo. Están relacionados con la estimulación eléctrica de todos los tejidos, incluida la cabeza, del sistema nervioso central y periférico.

**Tabla 2. VLE relacionados con efectos para la salud para el campo eléctrico  
«in situ» de 1 Hz a 10 MHz**

Intervalo de frecuencias	$E_0$ (V/m)
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	1,1 (pico)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} \times f$ (pico)

Nota 1: «f» es la frecuencia expresada en hercios (Hz).

Nota 2: Los VLE relacionados con efectos para la salud para un campo eléctrico «in situ» son valores pico espaciales en el cuerpo entero de la persona expuesta.

Nota 3: Los valores límite de exposición son valores de pico en el tiempo, que son iguales a los valores cuadráticos medios (RMS) multiplicados por la raíz cuadrada de 2 para los campos sinusoidales. En el caso de los campos no sinusoidales, la evaluación de la exposición efectuada de conformidad con el artículo 6 debe basarse en el método de la ponderación de picos (filtrado en el dominio de tiempo) explicado en las guías prácticas a que se hace referencia en el precitado artículo; no obstante pueden aplicarse otros procedimientos de evaluación de la exposición científicamente probados y validados, siempre que den resultados aproximadamente equivalentes y equiparables.

A3. VLE relacionados con efectos sensoriales para el campo eléctrico «in situ» de 1 Hz a 400 Hz.

Los VLE relacionados con efectos sensoriales (tabla 3) se relacionan con los efectos de un campo eléctrico sobre el sistema nervioso central en la cabeza, como fosfenos retinianos y cambios transitorios de poca importancia en algunas funciones cerebrales.

Tabla 3. VLE relacionados con efectos sensoriales para el campo eléctrico «in situ» de 1Hz a 400 Hz

Intervalo de frecuencias	$E_0$ (V/m)
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f$ (pico)
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	0,07 (pico)
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 \times f$ (pico)

Nota 1: «f» es la frecuencia expresada en hercios (Hz).

Nota 2: Los VLE relacionados con efectos sensoriales para un campo eléctrico «in situ» son valores espaciales máximos en la cabeza de la persona expuesta.

Nota 3: Los valores límite de exposición son valores de pico en el tiempo, que son iguales a los valores cuadráticos medios (RMS) multiplicados por la raíz cuadrada de 2 para los campos sinusoidales. En el caso de campos no sinusoidales, la evaluación de la exposición realizada de conformidad con el artículo 6 se basará en el método de la ponderación de picos (filtrado en el dominio de tiempo) explicado en las guías prácticas a que se hace referencia en el precitado artículo; no obstante, pueden aplicarse otros procedimientos de evaluación de la exposición científicamente probados y validados, siempre que den resultados aproximadamente equivalentes y comparables.

## B. Niveles de acción (NA)

Las tablas siguientes recogen las magnitudes y valores físicos que se utilizan para definir los niveles de acción. Estos niveles se establecen de tal forma que se garantice, mediante una evaluación simplificada, el respeto de los valores límite de exposición o de los valores a partir de los cuales se deben adoptar las medidas de protección o de prevención pertinentes precisadas en el artículo 4:

- La tabla 4 especifica los niveles de acción NA ( $B_0$ ), para la densidad de flujo magnético para campos magnéticos estáticos.
- La tabla 5 indica los niveles de acción NA (E), para el campo eléctrico E, variable en el tiempo.
- La tabla 6 especifica los niveles de acción NA (B), para la densidad de flujo magnético B variable en el tiempo.
- La tabla 7 especifica los niveles de acción NA ( $I_C$ ), para la corriente de contacto.

Los niveles de acción corresponden a intensidades de los campos eléctricos y magnéticos calculados o medidos, en el lugar de trabajo, en ausencia del trabajador.

### B1. Niveles de acción para campos magnéticos estáticos.

Tabla 4. Niveles de acción para campos magnéticos estáticos	
Riesgos	NA ( $B_0$ )
Interferencias con dispositivos médicos activos implantados, por ejemplo marcapasos cardíacos	0,5 mT
Riesgo de atracción y proyección de objetos en la proximidad de campos magnéticos intensos (> 100 mT)	3 mT

### B2. Niveles de acción para el campo eléctrico.

Los niveles de acción inferiores (tabla 5) para los campos eléctricos externos se basan en el mantenimiento del campo eléctrico «in situ» por debajo de los valores límite de exposición (tablas 2 y 3) y en la limitación, en el entorno de trabajo, de las descargas en forma de chispa.

Por debajo de los niveles de acción superiores, el campo eléctrico «in situ» no superará los valores límite de exposición (tablas 2 y 3) y se evitarán las descargas en forma de chispa molestas, siempre que se adopten las medidas de protección previstas en el artículo 4.6.

Tabla 5. Niveles de acción para campo eléctrico (E) de 1 Hz a 10 MHz

Intervalo frecuencias	NA (E) inferior [V/m] (RMS)	NA (E) superior [V/m] (RMS)
$1 \leq f < 25$ Hz	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50$ Hz	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64$ kHz	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Nota 1: «f» es la frecuencia expresada en hercios (Hz).

Nota 2: Los NA (E) inferiores y NA (E) superiores son los valores cuadráticos medios (RMS) de la intensidad del campo eléctrico que son iguales a los valores de pico divididos por la raíz cuadrada de 2 para un campo sinusoidal. En caso de campos no sinusoidales, la evaluación de la exposición realizada de conformidad con el artículo 6 se basará en el método de la ponderación de picos (filtrado en el dominio de tiempo) explicado en las guías prácticas a que se hace referencia en el precitado artículo; no obstante, pueden aplicarse otros procedimientos de evaluación de la exposición científicamente probados y validados, siempre que den resultados aproximadamente equivalentes y comparables.

Nota 3: Los niveles de acción representan los valores máximos calculados o medidos en la posición del cuerpo del trabajador. Esto entraña una evaluación moderada de la exposición y un cumplimiento automático de los valores límite de exposición en todas las condiciones de exposición no uniformes. Con el fin de simplificar la evaluación del cumplimiento de los valores límite de exposición, llevada a cabo de conformidad con el artículo 6, en condiciones no uniformes particulares, se establecerán criterios para la obtención del promedio espacial de los campos medidos basados en una dosimetría bien establecida en la guía mencionada en el precitado artículo. En el caso de una fuente muy localizada situada a una distancia de algunos centímetros del cuerpo, el campo eléctrico inducido se determinará dosimétricamente caso por caso.

### B3. Niveles de acción para el campo magnético.

Los niveles de acción inferiores (tabla 6) son para frecuencias por debajo de los 400 Hz derivadas de los VLE relacionados con efectos sensoriales (tabla 3). Los niveles de acción para frecuencias por encima de los 400 Hz, derivan de los VLE relacionados con efectos para la salud para los campos eléctricos «in situ» (tabla 2).

Los niveles de acción superiores (tabla 6) proceden de los VLE relacionados con efectos para la salud del campo eléctrico «in situ» relacionado con la estimulación eléctrica de los tejidos del sistema nervioso autónomo y periférico en la cabeza y el tronco (tabla 2). El respeto de los niveles de acción superiores garantiza que no se superen los VLE relacionados con efectos para la salud, pero no excluye los efectos relacionados con los fosfenos retinianos y cambios transitorios de poca importancia en la actividad cerebral si la exposición de la cabeza supera los niveles de acción inferiores para exposiciones a frecuencias iguales o inferiores a 400 Hz. En ese caso, será de aplicación el artículo 4.6.

Los niveles de acción para la exposición de las extremidades se derivan de los VLE relacionados con efectos para la salud para los campos eléctricos «in situ» relacionados con la estimulación eléctrica de los tejidos en las extremidades, teniendo en cuenta que el campo magnético se acopla más débilmente a las extremidades que al cuerpo entero.

Tabla 6. Niveles de acción para campo magnético (B) de 1Hz a 10MHz

Intervalo frecuencias	NA (B) inferior [ $\mu$ T] (RMS)	NA (B) superior [ $\mu$ T] (RMS)	NA para exposición de las extremidades a campo magnético localizado [ $\mu$ T] (RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Nota 1: «f» es la frecuencia expresada en hercios (Hz).

Nota 2: Los niveles de acción inferiores y los niveles de acción superiores son los valores cuadráticos medios (RMS) que son iguales a los valores de pico divididos por la raíz cuadrada de 2 para un campo sinusoidal. En el caso de campos no sinusoidales, la evaluación de la exposición realizada de conformidad con el artículo 6 se basará en el método de la ponderación de picos (filtrado en el dominio de tiempo) explicado en las guías prácticas a que se hace referencia en el precitado artículo; no obstante, pueden aplicarse otros procedimientos de evaluación de la exposición científicamente probados y validados, siempre que den resultados aproximadamente equivalentes y equiparables.

Nota 3: Los niveles de acción para la exposición a los campos magnéticos representan valores máximos en la posición del cuerpo del trabajador. Esto entraña una evaluación moderada de la exposición y un cumplimiento automático de los valores límite de exposición en todas las condiciones de exposición no uniformes. Con el fin de simplificar la evaluación del cumplimiento de los valores límite de exposición, llevada a cabo de conformidad con el artículo 6, en condiciones no uniformes particulares, se establecerán criterios para la obtención del promedio espacial de los campos medidos basados en una dosimetría bien establecida en la guía mencionada en el precitado artículo. En el caso de una fuente muy localizada situada a una distancia de algunos centímetros del cuerpo, el campo eléctrico inducido se determinará dosimétricamente caso por caso.

#### B4. Niveles de acción para corrientes de contacto.

Tabla 7. Niveles de acción para la corriente de contacto $I_C$	
Intervalo frecuencias	NA ( $I_C$ ) en estado estacionario [mA] (RMS)
Hasta 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100$ kHz	$0,4 \times f$
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ GHz	40

Nota: «f» es la frecuencia expresada en kHz.

### ANEXO III Efectos térmicos

*Valores límite de exposición y niveles de acción en el intervalo de frecuencias: 100 kHz - 300 GHz*

#### A. Valores límite de exposición (VLE)

A1. VLE relacionados con efectos para la salud para campos electromagnéticos de 100 kHz a 6 GHz.

Son los valores límite de potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal debidas a la exposición a campos eléctricos y magnéticos.

Tabla 8. VLE relacionados con efectos para la salud para campos electromagnéticos de 100 kHz a 6 GHz	
VLE relacionados con efectos para la salud	SAR promediado a lo largo de cualquier período de seis minutos
VLE para el estrés térmico de cuerpo completo, expresado como SAR promediado para cuerpo entero	0,4 W/kg
VLE para el estrés térmico en la cabeza y tronco, expresado como SAR localizado en cabeza y tronco	10 W/kg
VLE para el estrés térmico en las extremidades, expresado como SAR localizado de las extremidades	20 W/kg

Nota: La masa promediada de SAR localizado constituye una porción cualquiera de 10 g de tejido contiguo; el SAR máximo obtenido de esta forma debe ser el valor que se utilice para estimar la exposición. Estos 10 g de tejido deben ser una masa de tejido contiguo con propiedades eléctricas prácticamente homogéneas. Al especificar que se trata de una masa de tejido contiguo, se reconoce que este concepto puede utilizarse en la dosimetría informatizada, aunque puede presentar dificultades a la hora de efectuar mediciones físicas directas. Puede utilizarse una simple masa de tejido de forma geométrica cúbica o esférica.



## A2. VLE relacionados con efectos sensoriales para campos electromagnéticos de 300 MHz a 6 GHz.

Son los valores límite para la absorción específica de energía en una pequeña masa de tejido en la cabeza procedente de la exposición a campos electromagnéticos. Estos valores límite están relacionados con la prevención de los efectos auditivos causados por la exposición de la cabeza a un campo pulsátil cuya frecuencia pertenezca a la banda espectral de las microondas.

Tabla 9. VLE relacionados con efectos sensoriales para campos electromagnéticos de 300 MHz a 6 GHz

Intervalo de frecuencias	Absorción específica de energía localizada (SA)
$0,3 \leq f \leq 6$ GHz	10 mJ/kg

Nota: La masa considerada para evaluar la SA localizada es de 10 g de tejido.

## A3. Los VLE relacionados con efectos para la salud para campos electromagnéticos de 6 a 300 GHz.

Son los valores límite de densidad de potencia de una onda electromagnética incidente sobre la superficie del cuerpo.

Tabla 10. VLE relacionados con efectos para la salud para campos electromagnéticos de 6 GHz a 300 GHz

Intervalo de frecuencias	Densidad de potencia (S)
$6 \text{ GHz} \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	50 W/m <sup>2</sup>

Nota: La densidad de potencia media se mide sobre una superficie expuesta cualquiera de 20 cm<sup>2</sup>. Las densidades de potencia máxima espaciales promediadas para 1 cm<sup>2</sup> no deberán ser superiores a 20 veces el valor de 50 W/m<sup>2</sup>. Las densidades de potencia comprendidas entre 6 y 10 GHz deben promediarse para cualquier período de seis minutos. Las densidades de potencia medias para frecuencias superiores a 10 GHz se calcularán un período de tiempo de  $68/f^{1,05}$  minutos (en el que «f» es la frecuencia expresada en GHz) con el fin de compensar una reducción progresiva de la profundidad de penetración a medida que aumenta la frecuencia.

## B. Niveles de acción (NA)

Las tablas siguientes recogen las magnitudes y valores físicos que se utilizan para definir los niveles de acción. Estos niveles se establecen de tal forma que se garantice, mediante una evaluación simplificada, el respeto de los valores límite de exposición pertinentes o de los valores a partir de los cuales deben adoptarse las medidas de protección o de prevención pertinentes precisadas en el artículo 4:

- La tabla 11 indica los niveles de acción para los campos eléctrico, NA (E), y magnético, NA (B) así como para la densidad de potencia NA (S) para campos variables en el tiempo en las extremidades NA (I<sub>L</sub>).
- La tabla 12 especifica los niveles de acción para la corriente de contacto, NA (I<sub>C</sub>), y para la corriente e

Los niveles de acción corresponden a los valores de campo calculados o medidos en ausencia del trabajador, como los valores máximos en la posición del cuerpo o de la parte especificada del mismo.

### B1. Niveles de acción para campos eléctricos y magnéticos.

Los NA (E) y NA (B) se derivan de los SAR o de valores límite de exposición de densidad de potencia (tablas 8 y 10) sobre la base de los niveles relacionados con los efectos térmicos internos causados por la exposición a campos eléctricos y magnéticos externos.

Tabla 11. Niveles de acción para campos eléctricos y magnéticos de 100 kHz a 300 GHz

Intervalo de frecuencias	NA (E) de campo eléctrico [V/m] (RMS)	NA (B) de inducción magnética [ $\mu$ T] (RMS)	NA (S) de densidad de potencia [W/m <sup>2</sup> ]
100 kHz $\leq$ f < 1 MHz	$6,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^6 / f$	-
1 $\leq$ f < 10 MHz	$6,1 \times 10^8 / f$	$2,0 \times 10^6 / f$	-
10 $\leq$ f < 400 MHz	61	0,2	-
400 MHz $\leq$ f < 2 GHz	$3 \times 10^{-3} f^{1/2}$	$1,0 \times 10^{-5} f^{1/2}$	-
2 $\leq$ f < 6 GHz	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	-
6 $\leq$ f $\leq$ 300 GHz	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Nota 1: «f» es la frecuencia expresada en hercios (Hz).

Nota 2: El [NA (E)]<sup>2</sup> y el [NA (B)]<sup>2</sup> medios deben promediarse para un período de seis minutos. Para los impulsos RF, la densidad de potencia de pico media calculada para la duración del impulso no deberá exceder de 1.000 veces el valor NA (S) correspondiente. Para los campos de frecuencias múltiples, el análisis se basa en la suma, tal como se explica en las guías prácticas a que se hace referencia en el artículo 6.

Nota 3: Los NA (E) y los NA (B) representan los valores máximos calculados o medidos en la posición del cuerpo del trabajador. Esto entraña una evaluación moderada de la exposición y un cumplimiento automático de los valores límite de exposición en todas las condiciones de exposición no uniformes. Para simplificar la evaluación del cumplimiento de los valores límite de exposición, llevada a cabo de conformidad con el artículo 6, en condiciones no uniformes particulares, en la guía mencionada en el precitado artículo se establecerán criterios para la obtención del promedio espacial de los valores de los campos medidos basados en una dosimetría sólidamente establecida. En el caso de una fuente muy localizada situada a una distancia de unos pocos centímetros del cuerpo, el cumplimiento de los valores límite de exposición se determinará dosimétricamente caso por caso.

Nota 4: La densidad de potencia se debe promediar sobre una superficie expuesta cualquiera de 20 cm<sup>2</sup>. Las densidades de potencia máxima espacial promediadas para una superficie de 1 cm<sup>2</sup> no deberán ser superiores a 20 veces el valor de 50 W/m<sup>2</sup>. Las densidades de potencia comprendidas entre 6 y 10 GHz deben promediarse para cualquier período de seis minutos. Las densidades de potencia medias superiores a 10 GHz se calcularán para un período de tiempo de  $68/f^{1,05}$  minutos (donde «f» es la frecuencia expresada en GHz), con el fin de compensar una reducción progresiva de la profundidad de penetración a medida que aumenta la frecuencia.

## B2. Niveles de acción para las corrientes de contacto y las corrientes inducidas en las extremidades.

Tabla 12. Niveles de acción para las corrientes de contacto y corrientes inducidas en las extremidades

Intervalo de frecuencias	NA (I <sub>C</sub> ) corrientes de contacto en estado estacionario [mA] (RMS)	NA (I <sub>I</sub> ) corrientes inducidas en extremidades [mA] (RMS)
100 kHz $\leq$ f < 10 MHz	40	-
10 MHz $\leq$ f $\leq$ 110 MHz	40	100

Nota: El [NA (I<sub>I</sub>)]<sup>2</sup> medio debe promediarse para un período de seis minutos.

### III. APÉNDICES

#### APÉNDICE 1. FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Este apéndice aborda los fenómenos físicos que explican la presencia de campos electromagnéticos a los que hace referencia el artículo 2. Así mismo, en algún caso, se amplían las definiciones recogidas en el Anexo I para facilitar la comprensión del real decreto.

##### 1. CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS BÁSICAS

Los campos electromagnéticos están presentes de manera habitual en el mundo que nos rodea. Los más conocidos son los de origen natural como el campo magnético terrestre que lleva siglos usándose en la navegación o los campos eléctricos que se producen en la atmosfera durante una tormenta.

A las fuentes naturales de campos electromagnéticos se suman las fuentes generadas por el ser humano. Por ejemplo: los campos magnéticos estáticos están presentes en algunos ferrocarriles eléctricos o en las resonancias magnéticas.

##### 1.1. Origen de los campos electromagnéticos

###### *Generación de campos eléctricos estáticos*

Toda carga eléctrica crea a su alrededor un campo eléctrico cuya intensidad definimos con el símbolo  $E$ . El campo eléctrico es una magnitud vectorial, es decir, que para determinarla, además de un valor numérico y sus unidades en  $V/m$ , debemos especificar su dirección y sentido.  $E$  es igual a la intensidad de campo eléctrico o, de forma abreviada, campo eléctrico.

Si situamos en el seno de un campo  $E$  una carga  $Q$ , actuará sobre ella una fuerza cuyo valor dependerá de

la intensidad de  $E$ , del valor de la carga y de la distancia a la que se coloca (véase la figura 1).

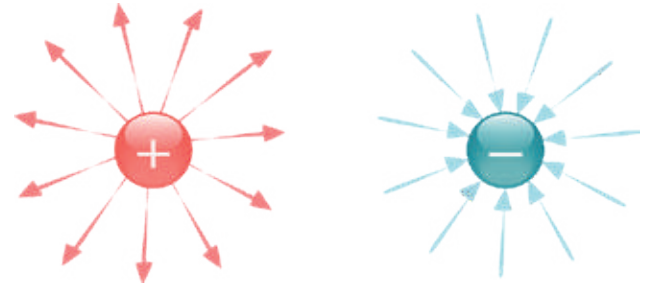


Figura 1. Representación del campo eléctrico  $E$  generado por cargas estáticas.

La intensidad del campo eléctrico creado por una carga en un punto determinado es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el punto y dicha carga, con lo que el campo disminuye rápidamente cuando la distancia aumenta (véase la figura 2).

Los siguientes ejemplos ilustran la creación de un campo eléctrico:

**Ejemplo 1:** Supongamos que dos placas metálicas se conectan a una batería; como consecuencia se produce una acumulación de cargas de distinto signo en las placas, generándose una diferencia de potencial entre ellas. A mayor diferencia de potencial (tensión), mayor intensidad de campo generado. En este caso el campo generado es estático ya que no cambia en el tiempo (véase la figura 3).

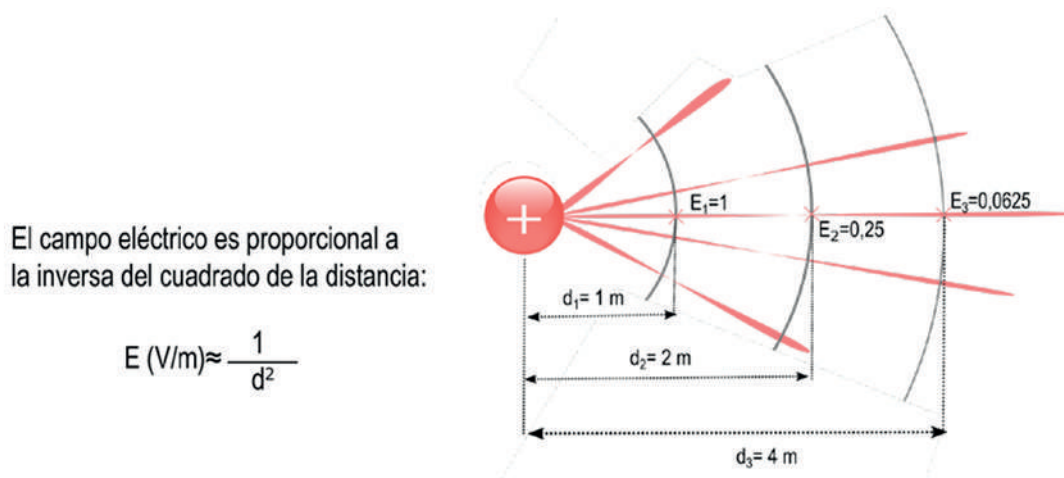


Figura 2. Representación del campo eléctrico  $E$  generado por una carga estática.

**Ejemplo 2:** Cuando se enchufa un cable eléctrico en una toma de corriente, se generan campos eléctricos

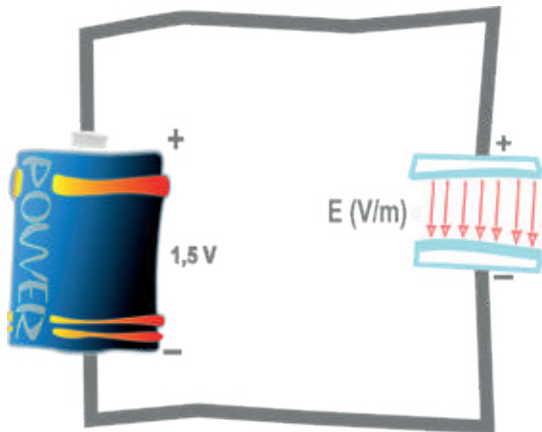


Figura 3. Campo eléctrico estático generado por una batería.

alrededor del cable. No es necesario que la lámpara esté en funcionamiento para que exista un E en su entorno (véase la figura 4).

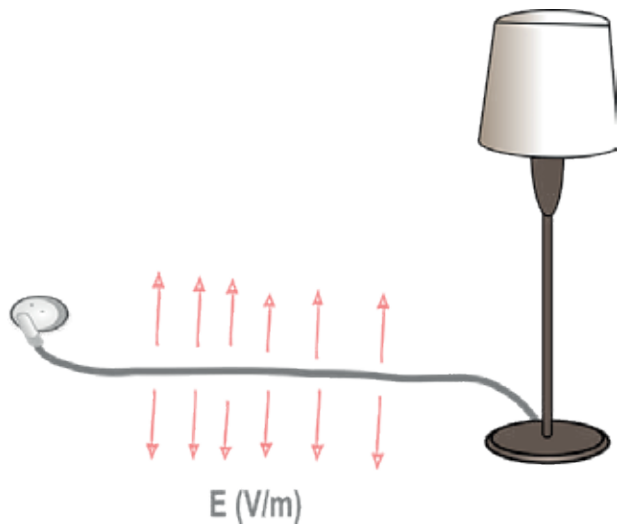


Figura 4. Campo eléctrico generado por una diferencia de potencial.

#### Generación de campos magnéticos estáticos

Los campos magnéticos estáticos son producidos por imanes permanentes o por corrientes eléctricas continuas (DC), es decir, por cargas en movimiento. Se caracterizan por permanecer constantes en el tiempo.

La intensidad del campo magnético (H) en un punto también es una magnitud vectorial que representa la fuerza ejercida sobre un elemento de corriente en dicho punto, su unidad de medida es en A/m.

Al igual que ocurre con el campo eléctrico, el campo magnético también disminuye rápidamente cuando aumenta la distancia.

El campo magnético también puede expresarse a

través de otra magnitud vectorial llamada inducción magnética o densidad de flujo magnético (B), cuya unidad de medida es el tesla (T).

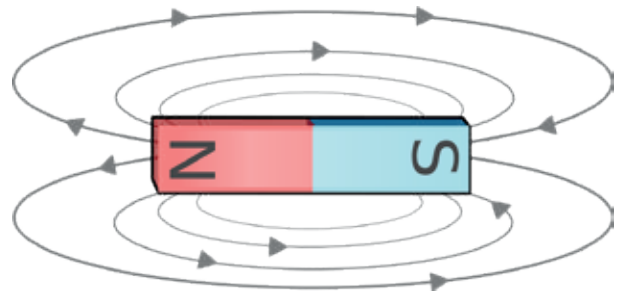


Figura 5. Campo magnético B generado por un imán.

Las magnitudes B y H son directamente proporcionales entre sí. En el vacío y en la materia biológica, la densidad de flujo magnético y la intensidad de campo magnético se pueden utilizar indistintamente según la equivalencia:

$$B = \mu_0 H$$

Siendo  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  henrios por metro (H/m) la permeabilidad en el vacío.

#### Campos electromagnéticos variables en el tiempo y radiación

Siguiendo con el **Ejemplo 1** sobre creación de un campo eléctrico estático, en el que la pila creaba siempre una corriente en el mismo sentido, supongamos ahora que la pila está rotando continuamente, de forma que crea una corriente que va cambiando de sentido. Es lo que se denomina corriente alterna, AC (véase la figura 6).

El número de veces que la corriente cambia su sentido en cada segundo se llama **frecuencia** y se mide en hercios (Hz). La frecuencia de la corriente urbana en

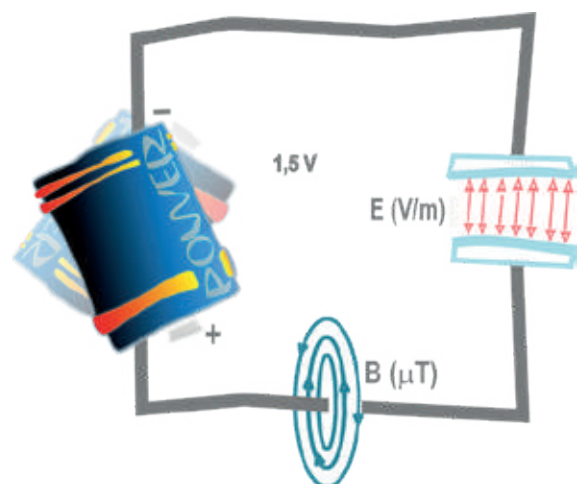


Figura 6. Campo eléctrico generado por una corriente alterna.

Europa es de 50 Hz; en consecuencia, el campo electromagnético asociado cambia de orientación 50 veces cada segundo.

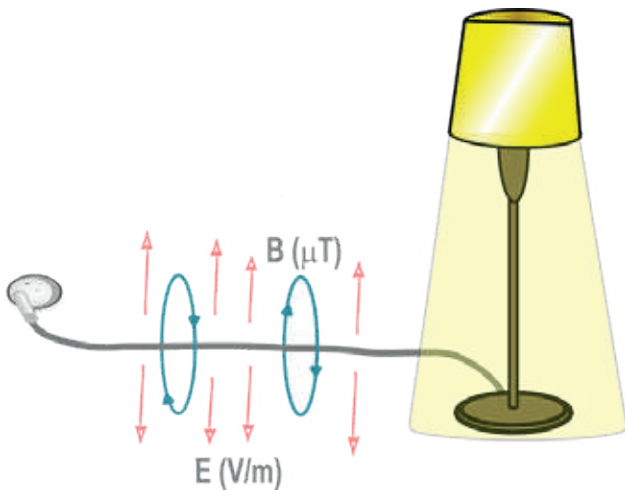


Figura 7. Campos eléctrico y magnético generados por una corriente alterna.

Como continuación al ejemplo 2, cuando una lámpara se enciende, una corriente eléctrica circula por el circuito y se crea un campo magnético, además del correspondiente campo eléctrico. Las líneas de campo magnético son círculos concéntricos alrededor del cable (véase la figura 7).

Adicionalmente, cuando por un circuito eléctrico cerrado se hace circular un flujo de campo magnético variable en el tiempo, se induce en el circuito una diferencia de potencial, también llamada fuerza electromotriz y, por tanto, se genera un campo eléctrico. Este fenómeno se conoce como ley de Faraday o inducción electromagnética y demuestra que, bajo las condiciones indicadas, los campos eléctrico y magnético están interrelacionados.

En base al fenómeno de inducción electromagnética, se explica que, si a un sistema de cargas se le imprime un movimiento acelerado, se produce un campo magnético variable en el tiempo, el cual a su vez genera campos eléctricos. Pero, si estos campos eléctricos se producen, tuvieron que partir de cero; de forma que tal variación del campo eléctrico genera a su vez un campo magnético y así repetidamente. Esta sucesión oscilante de campos eléctricos y magnéticos viajando por el espacio se denomina onda electromagnética (véase la figura 9) y permite la radiación de energía desde el punto de generación.

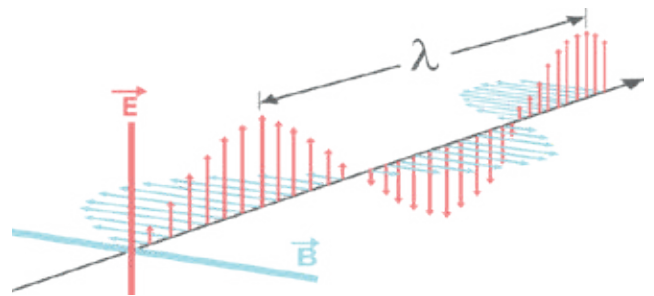


Figura 9. Propagación de una onda plana.

## 1.2. El espectro electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que se propagan a través del espacio en forma de ondas. Para su estudio resulta útil dividirlo en bandas espectrales: rayos X, radiación ultravioleta, luz, ondas de radio, etc. (Véase la figura 8).

Todas las radiaciones se pueden caracterizar por su frecuencia, su energía o su longitud de onda. Estos tres parámetros están relacionados entre sí a través de las siguientes expresiones:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$E = h \cdot \nu$$



Figura 8. Espectro electromagnético.



En donde:

$c$  es la velocidad de la luz.

$\nu$  es la frecuencia expresada en Hz.

$\lambda$  es la longitud de onda en metros.

$E$  es la energía en electronvoltios (eV).

$h$  es la constante de Planck.

A muy altas frecuencias, la energía transportada es suficiente para ionizar la materia. A esa parte del espectro electromagnético se le denomina radiación ionizante. Por convenio, se consideran ionizantes las radiaciones de frecuencia superior a  $3 \cdot 10^{15}$  Hz (equivalente a 100 nm y a 12,4 eV) que es la frontera entre la radiación ultravioleta y los rayos X.

Por tanto los CEM son radiaciones no ionizantes, que se dividen a su vez en varias regiones tal y como muestra la figura 8.

En la tabla 1 se muestran las frecuencias típicas para algunas aplicaciones donde se generan CEM.

Las ondas electromagnéticas en el vacío son ondas planas que se caracterizan porque el campo eléctrico (E) y el magnético (H) son perpendiculares entre sí y, además, vibran en un plano perpendicular a la dirección de propagación, eje X, como muestra la figura 9.

Frecuencia	Aplicaciones	Longitud de onda
50 Hz	Red eléctrica	6.000 km
40 kHz	Soldadura	7,5 km
27 MHz	Diatermia clínica	11,1 m
100 MHz	Radio FM	3 m
433 MHz	Aplicaciones industriales	0,7 m
900 MHz	Telefonía móvil	0,33 m
2,45 GHz	Microondas, industria	0,12 m
6 GHz	Radio digital	0,05 m
20 GHz	Transmisión satélite	0,0015 m

Tabla 1. Frecuencias típicas de algunas aplicaciones que utilizan CEM.

En una onda plana, la relación entre el valor de la intensidad del campo eléctrico y el de la intensidad del campo magnético, que es constante, se denomina impedancia característica (Z):

$$Z = \frac{E}{H} = \mu_0 \cdot \frac{E}{B}$$

En donde:

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  permitividad magnética en el vacío

$Z = 377 \Omega$  impedancia en el vacío

En los restantes casos, distintos del vacío, Z dependerá de la permitividad y permeabilidad del material a través del cual viaja la onda.

No todas las condiciones de exposición que se dan en la práctica pueden representarse por ondas planas.

A distancias próximas a las fuentes de radiación de radiofrecuencia, las relaciones características de las ondas planas no se satisfacen. El campo electromagnético puede dividirse en varias zonas o regiones, desde el punto de vista preventivo son de interés:

- Zona de campo próximo o cercano: es la zona próxima a la fuente donde el campo electromagnético no tiene características de onda plana. La relación entre los campos eléctrico y magnético no es constante. Los campos en esta zona disminuyen de manera inversamente proporcional al cuadrado o a potencias superiores de la distancia a la fuente, por lo que su efecto desaparece rápidamente al separarse de la misma. Los campos eléctrico y magnético en esta zona son independientes entre sí, en consecuencia habrá que caracterizarlos de manera separada.
- Zona de campo lejano: es una zona alejada de la fuente en la que los campos eléctrico y magnético se relacionan entre sí mediante la expresión de la onda plana. En esta zona los campos propagan o radian energía y por ello se llaman campos de radiación y a la zona se la llama zona de radiación.

Una forma intuitiva de entender el significado del campo próximo es pensar en un barco a motor haciendo las veces de una fuente de campo electromagnético. Al avanzar por el agua, la hélice de barco genera en sus proximidades unas ondas en el agua totalmente irregulares mezcla de muchas perturbaciones; esto es análogo al campo cercano. Pero a medida que observamos la perturbación en el agua cada vez más lejos del barco, las ondas se vuelven más uniformes y espaciadas de forma regular.

La separación entre la zona campo próximo y campo lejano no es una "línea" exacta. Los campos van transformándose gradualmente y no de forma abrupta. En el apéndice 4 "Evaluación de la exposición" se profundiza en este concepto y en las implicaciones que tiene para la medida y evaluación de este riesgo.

## 2. MAGNITUDES Y UNIDADES

Los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos dependen fundamentalmente de:

- La frecuencia.
- La intensidad del campo.

Para evaluar el riesgo que representan los campos electromagnéticos, es necesario caracterizarlos en términos de magnitudes físicas fácilmente medibles. Sin embargo, es importante señalar que, salvo en la tabla 1 recogida en el Anexo II del real decreto, los VLE vienen expresados en función de magnitudes físicas medidas en el interior del cuerpo humano inducidas por la exposición a campos externos y, por tanto, no son fácilmente medibles.



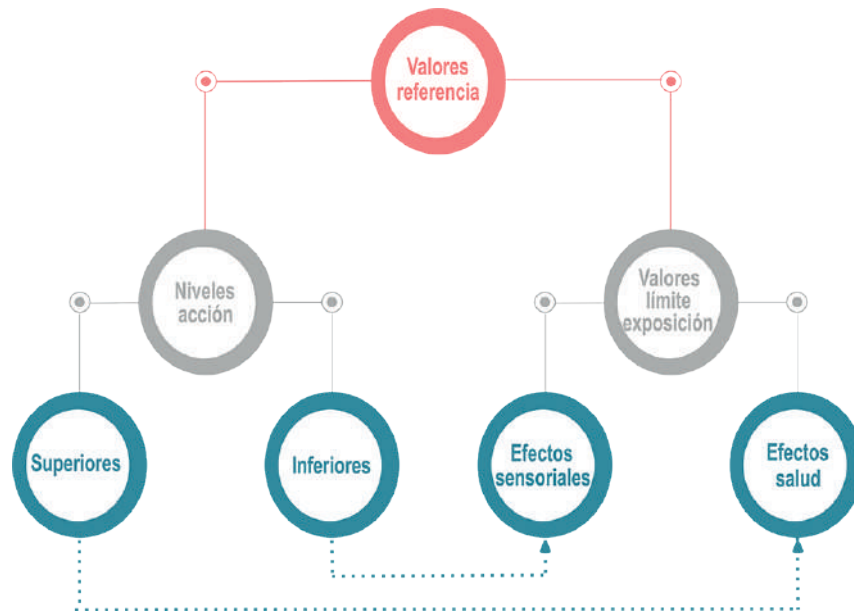


Figura 10. Relación entre los niveles de acción y los valores límite de exposición.

Para facilitar la demostración del cumplimiento de los VLE, se utilizan los niveles de acción que se establecen en función de magnitudes ambientales que por lo general se pueden medir con la sonda apropiada.

*Por tanto, en la práctica, para determinar la exposición habrá que realizar las mediciones de las magnitudes ambientales apropiadas en función del rango espectral y a continuación comparar los valores obtenidos con los NA.*

Los niveles de acción establecidos para los campos eléctricos son los valores de referencia a partir de los cuales se deberían adoptar medidas específicas de protección o prevención. Para los campos magnéticos se establecen niveles de acción inferiores correspondientes a valores límite de exposición relacionados con efectos sensoriales y niveles de acción superiores correspondientes a valores límite de exposición relacionados con efectos para la salud (véase la figura 10).

Las magnitudes que se utilizan como niveles de acción son la intensidad de campo eléctrico, intensidad de campo magnético y densidad de flujo magnético, cuyas definiciones ya se han visto en el apartado anterior.

Por otro lado, los niveles de acción asociados a los efectos indirectos relacionados con la exposición a CEM se establecen en función de las siguientes magnitudes que también son fácilmente medibles:

#### *Corriente de contacto ( $I_C$ )*

Es aquella que se genera por el contacto con objetos conductores, no conectados a tierra, que se han cargado eléctricamente por la presencia de un campo eléctrico. Puede producir choques eléctricos o un calentamiento localizado. Para más información respecto al riesgo asociado a las corrientes de contacto y las medidas pre-

ventivas a adoptar, consultar el apéndice 3 “Medidas técnicas y organizativas para control de los riesgos”. La corriente de contacto se expresa en amperios (A).

#### *Corriente en las extremidades ( $I_L$ )*

La corriente inducida en las extremidades es la corriente eléctrica que descarga a tierra una persona afectada por un campo eléctrico. La corriente de extremidades se expresa en amperios (A).

El subíndice  $L$  hace referencia al término *limbs* (extremidades en inglés).

Por último se define los siguientes conceptos que también aparecen referenciados en el real decreto:

#### *Tasa de absorción específica de energía (SAR)*

La tasa de absorción específica de energía (SAR-*Specific Absorption Rate*) es una forma de cuantificar el ritmo al que una unidad de masa de un tejido del cuerpo absorbe la energía de la radiación electromagnética. Dicho de otra manera, la SAR indica la velocidad a la que se calienta un cuerpo. Se relaciona con los efectos térmicos de los CEM.

La posibilidad de calentamiento de tejidos y, en consecuencia, de efectos adversos en la salud aumenta conforme se eleva la SAR.

Cuando los tejidos del cuerpo absorben energía, les lleva tiempo alcanzar el equilibrio térmico. Por este motivo, tanto la SAR referida a todo el cuerpo como la relativa a zonas localizadas se promedian a lo largo de un período de seis minutos.

La tasa de absorción específica de energía se cuantifica en vatios por kilogramo (W/kg).

*Absorción específica de energía (SA)*

La absorción específica de energía (*SA-Specific Absorption*) se define como la energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico y se expresa en julios por kilogramo (J/kg). La energía es absorbida como energía rotacional o vibratoria de las moléculas produciendo el calentamiento de los tejidos.

*Densidad de potencia (S)*

La densidad de potencia se define como la potencia radiada, medida en vatios, que incide en una superficie, medida en metros cuadrados.

A frecuencias por encima de 6 GHz, la penetración del campo en el cuerpo es baja, los VLE y los NA se presentan en términos de densidad de potencia, que es una magnitud fácilmente medible. La distribución del campo es superficial lo que implica que se produce un calentamiento de la superficie del organismo o cerca de ella. Se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

*Campo eléctrico "in situ" (E<sub>0</sub>)*

El campo eléctrico "in situ" (E<sub>0</sub>) hace referencia al campo eléctrico presente en el interior del cuerpo humano como consecuencia de la exposición al campo E exterior. Los VLE se establecen en función del campo eléctrico "in situ".

En la tabla 2, se muestra un resumen de las principales magnitudes relacionadas con la exposición a campos electromagnéticos y sus unidades en el Sistema Internacional.

En el estudio de los CEM es habitual utilizar los factores de escala que se muestra en la tabla 3, para expresar distintas magnitudes.

La tabla 4 muestra para las diferentes frecuencias los efectos que se pueden producir, en función de qué magnitudes se establecen para los VLE y los NA correspondientes, así como si es necesario tomar medidas de protección específicas.

Magnitud	Símbolo	Unidad	Símbolo	Medible con sonda
Campo eléctrico <i>in situ</i>	E <sub>0</sub>	voltios por metro	V/m	
Campo eléctrico	E	voltios por metro	V/m	X
Campo magnético	H	amperios por metro	A/m	X
Inducción magnética	B	teslas	T	X
Densidad de potencia	S	vatios por metro cuadrado	W/m <sup>2</sup>	X
Corriente de contacto	I <sub>C</sub>	amperios	A	
Corriente en las extremidades	I <sub>L</sub>	amperios	A	
Tasa de absorción específica de energía	SAR	vatios por kilogramo	W/kg	
Absorción específica	SA	julios por kilogramo	J/kg	

Tabla 2. Principales magnitudes relacionadas con la exposición a CEM.

Prefijo	Símbolo	Factor de escala	
Tera	T	10 <sup>12</sup>	1 000 000 000 000
Giga	G	10 <sup>9</sup>	1 000 000 000
Mega	M	10 <sup>6</sup>	1 000 000
Kilo	k	10 <sup>3</sup>	1 000
Mili	m	10 <sup>-3</sup>	0,001
Micro	μ	10 <sup>-6</sup>	0,000 001
Nano	n	10 <sup>-9</sup>	0,000 000 001

Tabla 3. Principales prefijos utilizados en el SI.

Frecuencia	VLE	Corriente contacto/ extremidades	NA (Magnitudes medibles)
0 - 1 Hz	Corriente eléctrica inducida (VLE <sub>sensoriales</sub> y VLE <sub>salud</sub> en base a B <sub>0</sub> )		NA (B) <sub>0</sub>
1 Hz - 10 MHz	Corriente eléctrica inducida (VLE <sub>sensoriales</sub> y VLE <sub>salud</sub> en base a E <sub>0</sub> )		NA (E) <sub>inf</sub> NA (E) <sub>sup</sub> (requiere medidas de protección)
			NA (B) <sub>inf</sub> para no superar VLE <sub>sensoriales</sub> NA (B) <sub>sup</sub> para no superar VLE <sub>salud</sub> NA (B) <sub>extremidades</sub>
≤ 10 GHz		Corrientes contacto	I <sub>C</sub>
100 kHz - 110 MHz		Corrientes contacto / extremidades	I <sub>C</sub> , I <sub>L</sub>
100 kHz - 300 GHz	Absorción de calor (VLE <sub>salud</sub> en base SAR, SA o S)		NA (E) NA (B) NA (S)

Nota: Los efectos térmicos están indicados en color rojizo y los efectos no térmicos en azulado.

Tabla 4. VLE y NA aplicables en función de la frecuencia del CEM.

## APÉNDICE 2. EFECTOS BIOLÓGICOS Y LÍMITES DE EXPOSICIÓN

El objetivo de este apéndice es explicar, de forma sencilla, los criterios de referencia aplicables a los CEM. Por ello, no se tratarán los desarrollos teóricos que permiten demostrar la correlación entre valores límite y niveles de acción, sino que se centrará, básicamente, en aquella información que es relevante para la evaluación de riesgos.

Los valores límite de exposición y niveles de acción que se describen, de forma pormenorizada, en los anexos II y III del real decreto constituyen la parte técnica de la norma y conocer su significado es de vital importancia para la correcta aplicación del articulado.

Con independencia de que, en el caso de los CEM, los valores límite suelen expresarse en magnitudes físicas inducidas en el interior del organismo y los niveles de acción en magnitudes físicas ambientales, **ambos criterios de referencia (VLE y NA) están definidos para evitar la aparición de los efectos adversos de los CEM y, por tanto, su cumplimiento garantizará la salud de los trabajadores.**

En consecuencia, al evaluar este riesgo se debe aplicar la filosofía tradicional de la Higiene industrial que considera que los niveles de acción son aquellos valores de exposición a partir de los cuales es necesario adoptar medidas preventivas.

Los valores límite de exposición y los niveles de acción están basados en las recomendaciones de la ICNIRP. Para obtener más información sobre la justificación y los estudios epidemiológicos que los fundamentan se recomienda consultar su página web.

### 1. EFECTOS NO TÉRMICOS (0 HZ - 10 MHZ)

#### 1.1. Intervalo de frecuencia: 0 Hz - 1 Hz

Este rango espectral hace referencia a los campos magnéticos estáticos (CME), donde tanto los VLE como los NA se expresan en términos de inducción magnética ( $B_0$ ) que es fácilmente medible en el puesto de trabajo si se dispone del instrumental adecuado.

A estas frecuencias los efectos se asocian al movimiento del trabajador dentro del campo estático y comprenden una serie de sensaciones como mareos o náuseas mientras la persona camina o mueve la cabeza rápidamente. Asimismo, se han descrito en la bibliografía sensaciones gustativas como el sabor metálico en la boca. Para evitar estos efectos se han establecido los  $VLE_{\text{sensoriales}}$ .

Cuando las personas están en reposo, los campos magnéticos estáticos no tienen consecuencias, salvo que la intensidad del campo sea muy elevada, esto es, por encima de 8T. En este caso se podrían producir alteraciones de la función cardíaca o cerebral. También se han descrito alteraciones de la circulación sanguínea en las extremidades, que producen una sensación de hormigueo similar a cuando se nos duerme la mano o el pie.

Cabe destacar que, en este intervalo espectral, se distingue entre condiciones de trabajo normales y controladas. Habitualmente se considerará que aplican las condiciones normales cuyo  $VLE_{\text{sensorial}}$  es lo suficientemente elevado como para que pueda cumplirse en la mayoría de puestos de trabajo.

Sin embargo, existen algunas aplicaciones de los campos estáticos en las que los trabajadores deben permanecer o acceder, total o parcialmente, cerca del núcleo de imanes de gran potencia. Para estos casos se han establecido otros límites que aplican solo a la exposición de las extremidades o en condiciones de trabajo controladas.

Se debe entender por **condiciones controladas** aquellas condiciones de trabajo en las que:

- La intensidad del campo sea conocida y estable, esto es que  $B_0$  no pueda sufrir fluctuaciones imprevistas.
- Se hayan tomado las correspondientes medidas preventivas para el control de los movimientos (véase el apéndice 3).
- Los trabajadores hayan sido informados y formados para trabajar en condiciones de seguridad.

VLE	Condición de exposición	$B_0$	Efecto adverso a prevenir
$VLE_{\text{salud}}$	Condiciones de trabajo controladas	8 T	Alteraciones de la circulación sanguínea en las extremidades, de las funciones cerebrales y la función cardíaca.
$VLE_{\text{sensoriales}}$	Exposición localizada en las extremidades	8 T	Hormigueos en las extremidades.
	Condiciones de trabajo normales	2 T	Náuseas, vértigos o sabor metálico en la boca.

Tabla 1. VLE de 0 Hz - 1 Hz.

Los niveles de acción para CME sirven para evitar, por un lado, las interferencias con dispositivos médicos implantados (DMI) y, por el otro, para impedir el llamado "efecto misil" que consiste en la atracción de objetos de naturaleza ferromagnética por imanes cuya potencia sea superior a 100 mT.

Todos los VLE y NA son niveles máximos, es decir, valores techo, que no deben sobrepasarse en ningún momento de la jornada laboral.

NA	$B_0$	Efecto adverso a prevenir
Nivel de acción	0,5 mT	Interferencias con DMI
	3 mT	Atracción de objetos ferromagnéticos

Tabla 2. NA de 0 Hz - 1 Hz.

## 1.2. Intervalo de frecuencia: 1 Hz - 10 MHz

Los campos electromagnéticos generan campos eléctricos *in situ* ( $E_0$ ), es decir, dentro del organismo.

La componente eléctrica provoca que la superficie del cuerpo se cargue eléctricamente, lo que puede conllevar una sensación de pinchazos u hormigueo en la piel producida por la vibración del vello al rozar la ropa.

La componente magnética puede causar la estimulación de los órganos sensoriales. El efecto más común son los fosfenos, que consisten en sensaciones visuales vagas y centelleantes en la periferia de la visión, lo cual no tiene consecuencias para la salud, no obstante puede ser molesto o distraer a los trabajadores.

Cuando el campo electromagnético externo es lo suficientemente intenso se inducen corrientes de naturaleza circular en el interior del organismo, que producen la estimulación de nervios y músculos así como una sensación molesta que puede, incluso, llegar a ser dolorosa.

Para prevenir estos efectos se establecen los diferentes límites: unos  $VLE_{\text{salud}}$  para cuerpo entero (véase la tabla 3) y unos  $VLE_{\text{sensoriales}}$  localizados en la cabeza, que solo aplican entre 1 Hz- 400 Hz (véase la tabla 4).

Intervalo de frecuencias	$E_0$ (V/m)	Efecto adverso a prevenir
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	1,1 (pico)	Electro-estimulación de tejidos
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} \times f$ (pico)	

Nota: Donde 'f' es la frecuencia en Hz y  $E_0$  el campo eléctrico 'in situ' en el cuerpo entero.

Tabla 3.  $VLE_{\text{salud}}$  de 1 Hz a 10 MHz.

Intervalo de frecuencias	$E_0$ (V/m)	Efecto adverso a prevenir
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f$ (pico)	Fosfenos retinianos
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	0,07 (pico)	
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 \times f$ (pico)	

Nota: Donde 'f' es la frecuencia en Hz y  $E_0$  el campo eléctrico 'in situ' en la cabeza.

Tabla 4.  $VLE_{\text{sensoriales}}$  de 1Hz a 400 Hz.

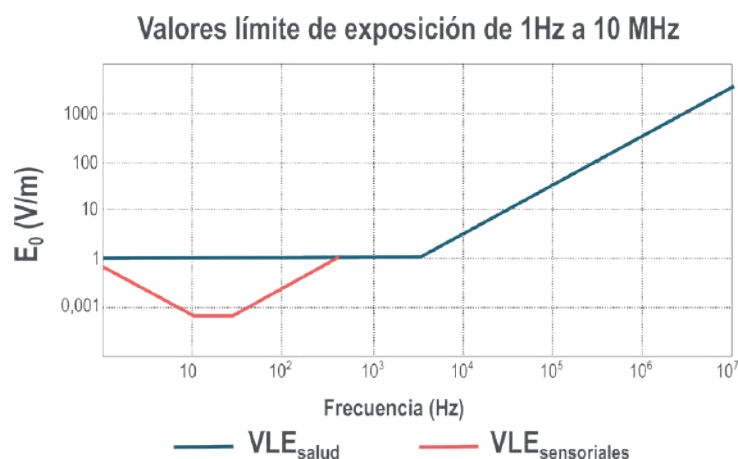


Figura 1. Gráfica de los valores límite de exposición de 1 Hz a 10 MHz.

Intervalo de frecuencias	NA (E) <sub>inf</sub> [V/m] (RMS)	NA (E) <sub>sup</sub> [V/m] (RMS)
1 ≤ f < 25 Hz	2,0 × 10 <sup>4</sup>	2,0 × 10 <sup>4</sup>
25 ≤ f < 50 Hz	5,0 × 10 <sup>5</sup> /f	2,0 × 10 <sup>4</sup>
50 Hz ≤ f < 1,64 kHz	5,0 × 10 <sup>5</sup> /f	1,0 × 10 <sup>6</sup> /f
1,64 ≤ f < 3 kHz	5,0 × 10 <sup>5</sup> /f	6,1 × 10 <sup>2</sup>
3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz	1,7 × 10 <sup>2</sup>	6,1 × 10 <sup>2</sup>

Nota 1: 'f' es la frecuencia en Hz.

Nota 2: representan los valores máximos, calculados o medidos, en la posición del cuerpo del trabajador.

Tabla 5. Niveles de acción para campo eléctrico (E) de 1Hz a 10MHz.

Intervalo frecuencias	NA (B) <sub>inf</sub> [μT] (RMS)	NA (B) <sub>sup</sub> [μT] (RMS)	NA <sub>extremidades</sub> [μT] (RMS)
1 ≤ f < 8 Hz	2,0 × 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
8 ≤ f < 25 Hz	2,5 × 10 <sup>4</sup> /f	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
25 ≤ f < 300 Hz	1,0 × 10 <sup>3</sup>	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
300 Hz ≤ f < 3 kHz	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz	1,0 × 10 <sup>2</sup>	1,0 × 10 <sup>2</sup>	3,0 × 10 <sup>2</sup>

Nota 1: 'f' es la frecuencia en Hz.

Nota 2: representan los valores máximos, calculados o medidos, en la posición del cuerpo del trabajador.

Tabla 6. Niveles de acción para campo magnético (B) de 1Hz a 10MHz.

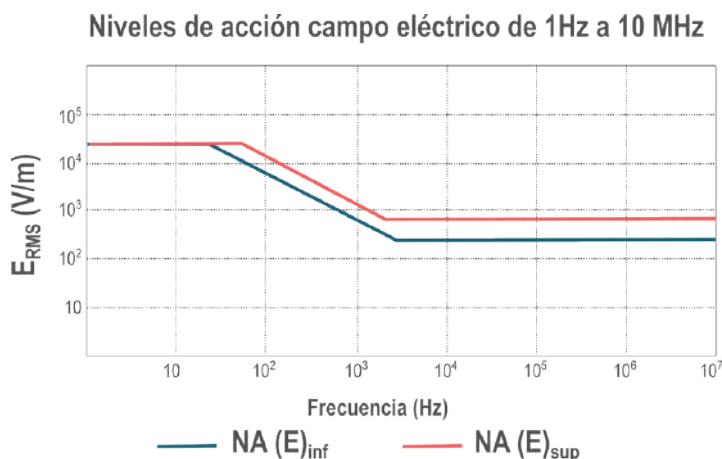


Figura 2. Gráfica de los niveles de acción para el campo eléctrico de 1 Hz a 10 MHz.

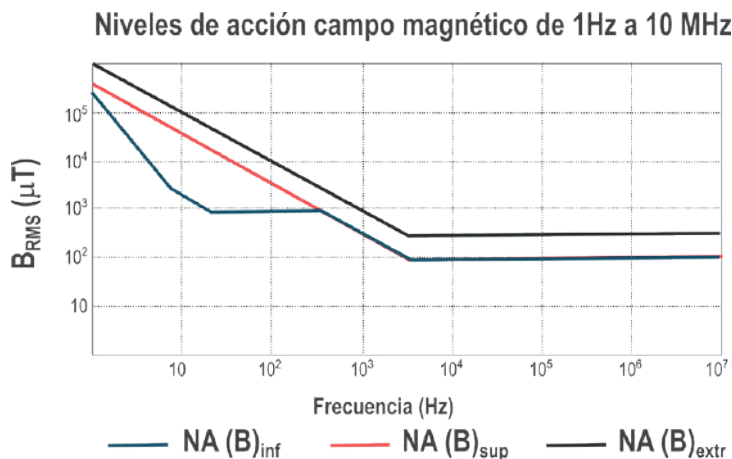


Figura 3. Gráfica de los niveles de acción para el campo magnético de 1 Hz a 10 MHz.



Ambos VLE se establecen como campo eléctrico *in situ* y su valor es función de la frecuencia. Gráficamente esta dependencia puede observarse más claramente a través de un diagrama de coordenadas como el representado en la figura 1.

Como ya se ha explicado,  $E_0$  no puede medirse en el puesto de trabajo, por lo que para facilitar la demostración del cumplimiento de los valores límite, se utilizan los niveles de acción, que se establecen en función de magnitudes físicas ambientales (véanse las tablas 5 y 6 y sus correspondientes gráficas representadas por las figuras 2 y 3).

Los niveles de acción pueden ser inferiores y superiores, lo que hace que puedan darse tres situaciones diferentes (véase la figura 4):

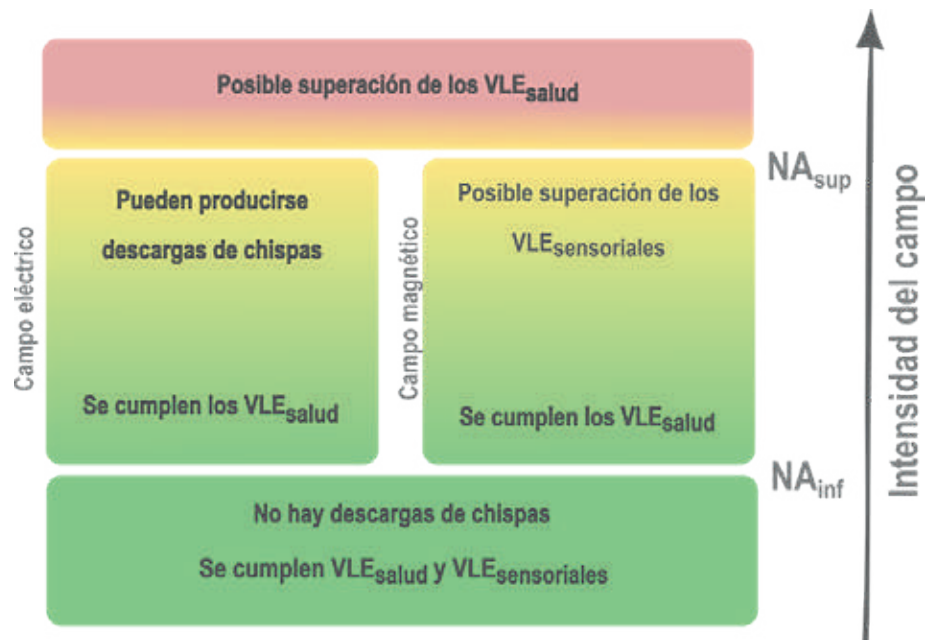


Figura 4. Resumen de los valores límite de exposición y niveles de acción.

- **Si se cumplen los  $NA_{inf}$** , tanto para la componente eléctrica como para la magnética, se garantiza el cumplimiento de los  $VLE_{salud}$ ,  $VLE_{sensoriales}$ , así como que no se van a producir descargas en forma de chispa.
- **Si se cumple el  $NA(E)_{sup}$** , se garantiza la ausencia de efectos para la salud pero es posible que se produzcan descargas superficiales molestas y, por tanto, habrá que establecer medidas de control.
- **Si se cumple el  $NA(B)_{sup}$** , se garantiza la ausencia de efectos adversos para la salud, pero pueden aparecer alteraciones de la percepción como, por ejemplo, los fosfenos. En consecuencia, en este caso, también habrá que planificar las correspondientes medias preventivas.

## 2. EFECTOS TÉRMICOS (100 KHZ - 300 GHZ)

La exposición de las personas a campos de frecuencia superior a 100 kHz causa calentamiento a través de la absorción de energía.

Nuestro organismo necesita mantener la temperatura interna dentro de un estrecho margen de oscilación, entre 36 y 37°C, para garantizar el correcto funcionamiento de las funciones vitales. Un adulto sano suele ser capaz de mantener un equilibrio térmico frente a ganancias y pérdidas de calor, gracias a los mecanismos fisiológicos de termorregulación. Sin embargo, si el ritmo al que se absorbe la energía es demasiado alto, estos mecanismos podrían ser insuficientes, lo que daría lugar a un aumento de la temperatura corporal. Este incremento de la temperatura

corporal se distribuye irregularmente en el interior del organismo, estableciéndose gradientes térmicos.

Cuando la exposición no es uniforme, la energía solo se absorberá en ciertas zonas del cuerpo, como las manos y las muñecas. En estas situaciones, la energía absorbida queda concentrada en una masa de tejido mucho menor. Además, si los órganos afectados cuentan con una vascularización pobre, como los ojos y los testículos, serán más susceptibles al daño térmico. Por ello, las lesiones más importantes se localizan en el cristalino y consisten en opacidades y cataratas.

Una característica específica de las quemaduras ocasionadas por exposición a CEM es el patrón de gradiente térmico interno, esto es: el calor se transmite desde el interior del cuerpo hacia la superficie. Esta particularidad permite distinguir las quemaduras

producidas por radiofrecuencias y microondas de las originadas por otros métodos de calentamiento.

Los valores límite de exposición para este intervalo tienen precisamente por objeto evitar que se produzca este calentamiento que puede ser: superficial, localizado en una parte del cuerpo o generalizado en todo el organismo.

Los VLE se expresan en términos de:

Tasa de absorción específica (SAR) W/kg: para campos de 100 kHz a 6 GHz.

- Absorción específica (SA) J/kg: para campos pulsátiles de 300 MHz a 6 GHz.
- Densidad de potencia (S) en W/m<sup>2</sup>: para campos de 6 GHz a 300 GHz.

De estas tres magnitudes, únicamente la densidad de potencia (S) es medible en el puesto de trabajo, por lo tanto vuelve a ser necesario recurrir a los niveles de acción NA para garantizar el cumplimiento de los VLE.

### 2.1. Intervalo de frecuencia: 100 kHz - 6 GHz

Los campos de estas frecuencias son capaces de calentar todo el tejido expuesto, pudiendo llegar a producir quemaduras en determinadas partes del cuerpo o en todo el organismo.

Para evitar que se produzca este efecto se establecen los siguientes VLE<sub>Salud</sub> (véase la tabla 7).

El SAR es una medida de la velocidad a la que un tejido absorbe energía y, por tanto, se calienta. Se define para un periodo de 6 minutos, lo que significa que en ningún periodo de seis minutos a lo largo de la jornada laboral podrán superarse estos valores.

Además del calentamiento, existe otro efecto asociado a las microondas que consiste en la percepción por parte del oído interno de los campos pulsátiles de frecuencias entre 300 MHz y 6 GHz. Es conocido como "oir el radar" y es una falsa sensación auditiva que puede resultar molesta. Para evitarla se establece una limitación a la SA en forma de VLE<sub>sensorial</sub> (véase la tabla 8).

En este rango de frecuencias el cumplimiento de estos límites estará garantizado siempre que no se superen sus correspondientes niveles de acción (véase la tabla 9).

### 2.2. Intervalo de frecuencia: 6 GHz - 300 GHz

El calentamiento producido por las microondas de frecuencia más alta es únicamente superficial, por ello para describir este fenómeno se utiliza la densidad de potencia (S). La principal ventaja de esta magnitud es que representa directamente la exposición del trabajador y por tanto VLE<sub>Salud</sub> y NA coinciden.

$$VLE_{Salud} = NA (S) = 50 \text{ W/m}^2$$

Parte del cuerpo	SAR (W/kg)	Efecto adverso a prevenir
Cuerpo entero	0,4	Calentamiento generalizado en todo el cuerpo
Cabeza y tronco	10	Calentamiento localizado
Extremidades	20	Calentamiento localizado

Tabla 7. VLE<sub>Salud</sub> de 100 kHz a 6 GHz.

Absorción específica de energía (SA)	Efecto adverso a prevenir
10 mJ/kg	Efectos auditivos (zumbidos)

Tabla 8. VLE<sub>sensorial</sub> de 300 MHz a 6 GHz.

Intervalo de frecuencias	NA (E) [V/m] (RMS)	NA (B) [μT] (RMS)
100 kHz ≤ f < 1 MHz	6,1 × 10 <sup>2</sup>	2,0 × 10 <sup>6</sup> /f
1 ≤ f < 10 MHz	6,1 × 10 <sup>8</sup> /f	2,0 × 10 <sup>6</sup> /f
10 ≤ f < 400 MHz	61	0,2
400 MHz ≤ f < 2 GHz	3 × 10 <sup>-3</sup> f <sup>1/2</sup>	1,0 × 10 <sup>-5</sup> f <sup>1/2</sup>
2 ≤ f < 6 GHz	1,4 × 10 <sup>2</sup>	4,5 × 10 <sup>-1</sup>

Nota 1: 'f' es la frecuencia en Hz.

Nota 2: el [NA (E)]<sup>2</sup> y el [NA (B)]<sup>2</sup> medios se promedian para 6 minutos.

Tabla 9. Niveles de acción de 100 kHz a 6 GHz.

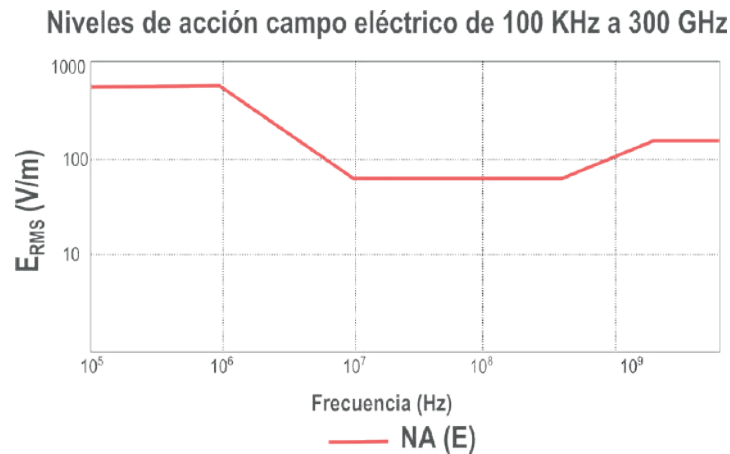


Figura 5. Gráfica de los niveles de acción para el campo eléctrico de 100 kHz a 300 GHz.

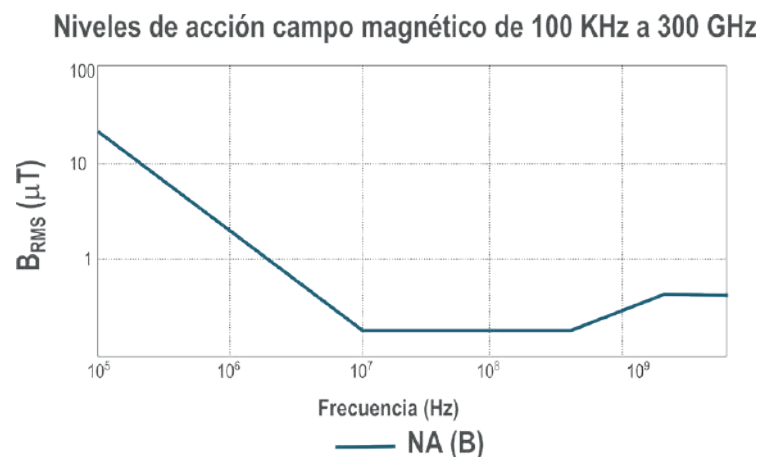


Figura 6. Gráfica de los niveles de acción para el campo magnético de 100kHz a 300 GHz.

Además de la densidad de potencia, también se han establecido NA para el campo eléctrico y magnético (véase la tabla 10).

NA (E) [V/m] (RMS)	NA (B) [μT] (RMS)	NA (S) [W/m <sup>2</sup> ]
$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Nota 1: entre 6 y 10 GHz S deben promediarse para cualquier período de 6 minutos.

Nota 2: a partir de 10 GHz S se calculará para un período de tiempo de  $68/f^{1,05}$  minutos (donde 'f' se expresa en GHz).

Tabla 10. Niveles de acción de 6 GHz a 300 GHz.

### 3. CORRIENTES DE CONTACTO

Para finalizar, el último efecto asociado a los CEM son las corrientes de contacto y corrientes inducidas en las extremidades. Para prevenirlas, los niveles de acción medibles en el puesto de trabajo se recogen en las tablas 11 y 12.

Intervalo frecuencias	NA ( $I_C$ ) [mA] (RMS)
Hasta 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100$ kHz	$0,4 \times f$
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ GHz	40

Nota: 'f' es la frecuencia expresada en kHz.

Tabla 11. Niveles de acción para la corriente de contacto  $I_C$ .

Intervalo de frecuencias	NA ( $I_L$ ) extremidades [mA] (RMS)
$10 \text{ MHz} \leq f \leq 110$ MHz	100

Nota: el  $[NA (I_L)]^2$  medio se promedia a seis minutos.

Tabla 12. Nivel de acción para la corriente en extremidades  $I_L$ .

#### 4. RESUMEN Y APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS VLE Y NA

Para resumir todos los conceptos recogidos en este apéndice –efectos térmicos y no térmicos, valores límite y niveles de acción superiores e inferiores– puede ser de ayuda utilizar el esquema de la figura 7. En él

se muestra qué efectos predominan en cada rango espectral y qué tablas de este apéndice aplican según el intervalo de frecuencias considerado.

Por ejemplo, para la frecuencia de 50 Hz, típica de la red eléctrica, los límites aplicables serían los que aparecen en la tabla 13.

Frecuencia = 50 Hz		
VLE <sub>sensorial</sub>	Tabla 4	$E_0 = 0,0028 \times 50 = 0,14 \text{ V/m}$
VLE <sub>salud</sub>	Tabla 3	$VLE_{salud} (E_0) = 1,1 \text{ V/m (pico)}$
NA (B) <sub>inf</sub>	Tabla 6	$B = 1,0 \times 10^3 = 1.000 \text{ } \mu\text{T}$
NA (B) <sub>sup</sub>	Tabla 6	$B = 3,0 \times 10^5 / 50 = 6.000 \text{ } \mu\text{T}$
NA (B) <sub>extremidades</sub>	Tabla 6	$B = 9,0 \times 10^5 / 50 = 18.000 \text{ } \mu\text{T}$
NA (E) <sub>inf</sub>	Tabla 5	$E = 5,0 \times 10^5 / 50 = 10.000 \text{ V/m}$
NA (E) <sub>sup</sub>	Tabla 5	$E = 1,0 \times 10^6 / 50 = 20.000 \text{ V/m}$

Tabla 13. Ejemplo de aplicación de los VLE y NA para la frecuencia de 50 Hz.

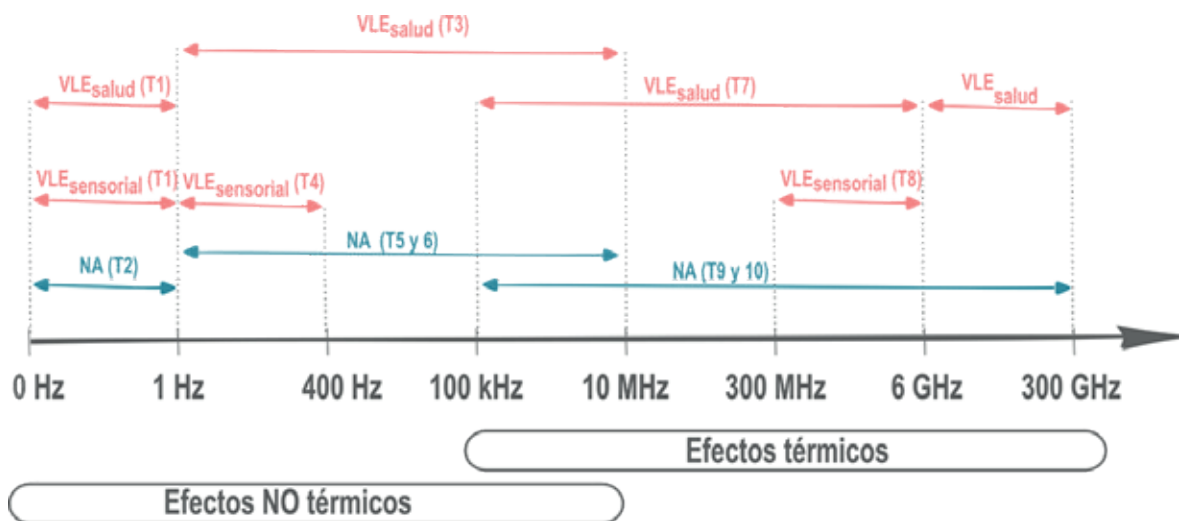


Figura 7. Resumen de los VLE y NA referenciados a las tablas del apéndice.

## APÉNDICE 3. MEDIDAS TÉCNICAS Y ORGANIZATIVAS PARA EL CONTROL DE LOS RIESGOS

Este apéndice detalla las medidas técnicas y organizativas que se pueden adoptar para eliminar o controlar el riesgo de exposición a campos electromagnéticos.

Tal como se establece en el artículo 4 del Real Decreto 299/2016, el empresario, en caso de no haber podido eliminar o reducir el riesgo de exposición a campos electromagnéticos a niveles por debajo de los niveles de acción conforme a lo establecido en el artículo 5, deberá adoptar medidas de control del riesgo para reducir la exposición de los trabajadores.

Para ello, deberá diseñar un plan de acción, que incluya medidas técnicas en función de los resultados de la evaluación de riesgos y de los medios disponibles según el estado de la técnica.

A la hora de diseñar este plan se debe seguir el siguiente orden de prioridad:

- Eliminación del riesgo.

Ello se puede conseguir, siempre que sea técnicamente posible, mediante la automatización o cambiando el proceso de fabricación. En este caso se debe valorar la posible generación de nuevos riesgos. Por ejemplo: la sustitución de soldaduras de resistencia eléctrica por un sistema de soldadura mediante láser u otros métodos de unión mecánica como el remachado o el roscado.

- Sustitución por procesos o equipos menos peligrosos.

Un método eficaz de reducir los riesgos derivados de la exposición a los CEM consiste en sustituir los procesos o equipos existentes por otros que reduzcan la exposición.

Un ejemplo es la adquisición de equipos de soldadura dieléctrica de plásticos que incorporen un apantallamiento que limite la intensidad de los campos, o bien a través de automatismos que garanticen que los paneles de mando estén a una distancia que minimice la exposición del trabajador (véase la figura 4).

En caso de que los riesgos no puedan reducirse por eliminación o sustitución, será necesario introducir medidas técnicas y organizativas adicionales como las que se desarrollan a continuación, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos suele ser suficiente la adopción de medidas organizativas para reducir el riesgo de exposición a niveles aceptables.

Habitualmente en los lugares de trabajo no hay presencia de CEM intensos que pueden provocar la aparición de efectos adversos en los trabajadores. Solo

en algunas actividades o instalaciones puede resultar necesario combinar medidas organizativas con alguna medida técnica específica para garantizar que el trabajador permanezca lo suficientemente alejado de la fuente de emisión.

### 1. MEDIDAS TÉCNICAS

#### 1.1. Apantallamiento: actuación en el origen

El apantallamiento es una medida técnica muy empleada para reducir los campos electromagnéticos y que a menudo el fabricante incorpora desde la fase de diseño, como, por ejemplo, en los hornos microondas.

A la hora de diseñar un apantallamiento se debe caracterizar el campo electromagnético, es decir, identificar las fuentes emisoras, sus intensidades y sus espectros de frecuencia.

Los apantallamientos pueden ser de dos tipos: pasivos y activos.

Los apantallamientos pasivos consisten en encerrar la fuente emisora mediante una cubierta de material metálico.

La eficacia de apantallamiento dependerá del material empleado en su construcción. Para apantallar campos estáticos o de baja frecuencia es necesario utilizar metales ferromagnéticos, como el hierro. Sin embargo, para campos electromagnéticos de frecuencias altas, se comportan mejor los metales no ferromagnéticos, como el cobre o el aluminio.

El apantallamiento para campos eléctricos se basa en el fenómeno conocido como **jaula de Faraday**, que consiste en encerrar la fuente dentro de una superficie conductora. A la hora de diseñar un apantallamiento es fundamental conseguir que el cerramiento sea totalmente efectivo, evitando cualquier hueco por el que los campos puedan fugarse. Por ello, el hueco de la malla debe ser menor que la longitud de onda del campo electromagnético.

Volviendo al ejemplo de los hornos microondas, estos disponen de una ventanilla provista de una malla conectada a la carcasa metálica del horno, impidiendo que los campos salgan hacia el exterior.

En el caso de los campos magnéticos el apantallamiento es mucho más complicado. Se puede recurrir a aleaciones especiales de alta permeabilidad electromagnética, es decir, elevada capacidad de absorción, como  $\mu$ -metal<sup>4</sup>. Sin embargo, para este tipo de campos resulta más eficaz el apantallamiento activo.



Los apantallamientos activos consisten en la generación de un campo magnético opuesto al original con la finalidad de anularlo, de forma que la densidad de flujo magnético se reduzca drásticamente (véase la figura 1).

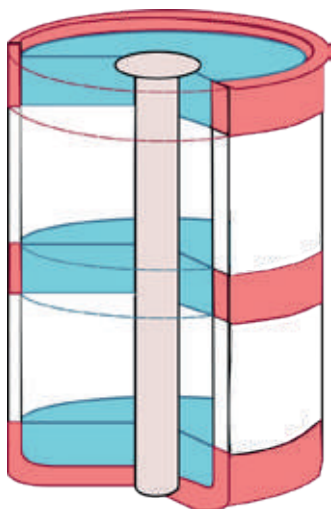


Figura 1. Apantallamiento activo.

La bobina interior (principal) y la bobina externa (bobina de blindado) crean un campo magnético en el centro del imán que prácticamente se anula en el exterior.

## 1.2. Resguardos y sistemas de protección

El principio básico de protección colectiva frente a los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos es impedir el acceso a los mismos. Sin embargo, este principio suele ser incompatible con los condicionantes de la funcionalidad de los equipos y necesidades del proceso productivo. Es habitual que se tenga que acceder a las zonas peligrosas, por lo que, ante la imposibilidad de evitar el acceso, este se limita o restringe mediante resguardos y dispositivos de protección, como, por ejemplo, sistemas de enclavamiento.

Los resguardos se basan en la interposición de barreras o impedimentos entre la fuente y el trabajador, impidiendo el acceso a la zona de influencia de los campos mientras esté activa la función peligrosa. De esta forma se garantiza la distancia de seguridad mientras permanece el riesgo.

Los dispositivos de protección son elementos que solos o asociados a un resguardo reducen el riesgo.

El tipo de resguardo, fijo o móvil asociado a un dispositivo de enclavamiento, o cualquier otro tipo de dispositivo de protección, que se diseñe para el equipo, dependerá de las necesidades de acceso a la zona peligrosa en términos de frecuencia y de condiciones de acceso.

No se trata de sistemas de protección mejores o peores, sino de seleccionar aquel que sea más apropiado en función del riesgo del que se pretende proteger y de las condiciones funcionales del equipo y operativas del proceso productivo.

A continuación, se indican los tipos de resguardos y sus diferentes dispositivos de protección.

- Tipos de resguardos:
  - Resguardos fijos.
  - Resguardos móviles asociados a algún dispositivo de protección.
- Dispositivos de protección:
  - Dispositivo de enclavamiento, con o sin bloqueo.
  - Dispositivo sensible.
  - Dispositivo de mando a dos manos.

Para obtener más información sobre estos sistemas de protección, consúltese la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo.

## 1.3. Delimitación y control de acceso

No siempre es posible restringir el acceso a zonas de exposición a campos electromagnéticos mediante medidas técnicas que impidan físicamente tal acceso, por ejemplo, con resguardos que dispongan de dispositivos de enclavamiento, con o sin bloqueo, como se ha visto anteriormente en este apéndice.

En estos casos se pueden adoptar medidas mediante barreras que actúen a modo de advertencia para que los trabajadores no accedan o sólo lo hagan bajo determinadas premisas. Habitualmente estas barreras, con función disuasoria, van acompañadas de otras medidas organizativas como la señalización. Se pueden ver algunos ejemplos en las figuras 2 y 3.

<sup>4</sup> Mu-metal es una aleación metálica con base de Hierro y Níquel y presenta una elevada permeabilidad magnética, del orden de 6 veces superior a la permeabilidad de aceros no aleados. La permeabilidad magnética del material le confiere una calidad de baja resistencia magnética por lo que se favorece que el flujo magnético discorra por el apantallamiento sin atravesarlo.





Figura 2. Ejemplo de barrera móvil simple para restringir el acceso a un campo magnético intenso.

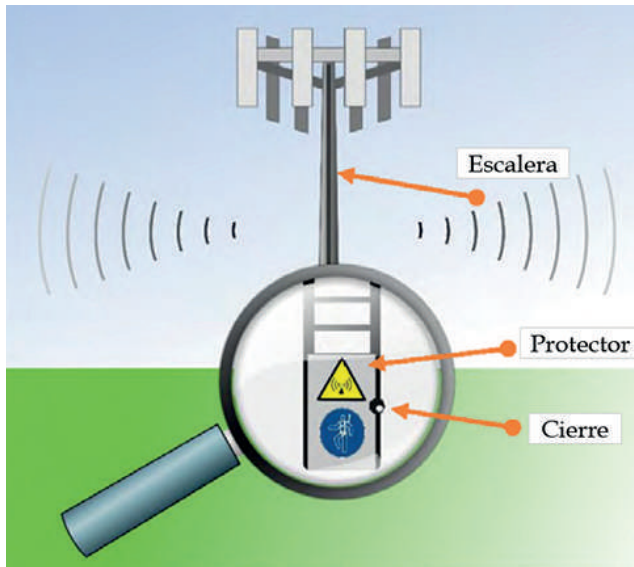


Figura 3. Protector de escala que impide el acceso a la parte superior de una antena de telefonía.

#### 1.4. Otras medidas técnicas para evitar efectos indirectos de la exposición a campos electromagnéticos

Las medidas específicas reflejadas, en el supuesto de aplicación del artículo 5.3. a), se deben adoptar, fundamentalmente, frente a los efectos indirectos, debido a que los campos electromagnéticos pueden generar riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores a través de la interacción de objetos presentes en dicho campo.

##### 1.4.1. Medidas técnicas para evitar descargas de chispas

La presencia de campos eléctricos intensos puede llevar a la acumulación de carga electrostática en objetos y personas que se encuentren en su proximidad (inducción). En estos casos se puede llegar a producir una descarga de chispas si una persona toca un objeto conductor con respecto al que existe una diferencia de potencial, por ejemplo, si uno de ellos mantiene contacto con tierra y el otro no. En estos casos, con una adecuada conexión a tierra o una conexión equipotencial se minimizará el riesgo de acumulación de carga por inducción. Para más información sobre este aspecto consúltese el documento divulgativo "Riesgos debidos a la electricidad estática".

Este fenómeno es importante cuando se trabaja en zonas en las que se pueden formar atmósferas potencialmente explosivas, ya que una descarga de chispas puede originar un incendio o explosión. Para evitar la acumulación de cargas y favorecer su disipación a tierra, se debe dotar a los trabajadores de EPI frente al riesgo electrostático que se utilizarán en combinación con un suelo de conductividad adecuada que no impida la disipación de carga.

No obstante, en ocasiones los EPI incluyen elementos conductores aislados, de modo que, aunque el trabajador esté puesto a tierra o conectado equipotencialmente, existe una alta probabilidad de carga de estos elementos que, sumado a la clasificación de la zona y de la EMI (Energía mínima de inflamación) de la atmósfera, requiere un especial cuidado en la selección del EPI. El informe técnico CL/TR 16832 *Selection, use, care and maintenance of personal protective equipment for preventing electrostatic risks in hazardous areas (explosion risks)* puede servir de ayuda en la elección y uso de estos equipos de protección.

##### 1.4.2. Medidas técnicas para evitar corrientes de contacto

Cuando una persona entra en contacto con un objeto conductor en presencia de un campo eléctrico y solo la persona o el objeto están conectados a tierra, se puede producir una descarga eléctrica que dé lugar a una corriente que atraviese el organismo de la persona. Para evitarlo se pueden aplicar, entre otras, las siguientes medidas:

- Reducir la intensidad de los CEM.
- Mejorar el aislamiento y la puesta a tierra de los equipos conductores.
- Retirar los objetos conductores innecesarios, sobre todo los de gran tamaño.
- Utilizar EPI frente al choque eléctrico.

En la tabla 7 del anexo II del real decreto se establecen los NA para las corrientes de contacto que están destinados a evitar que se produzcan choques eléctricos. No obstante, es posible que se pueda percibir el paso de la corriente incluso por debajo de los NA establecidos. Este efecto en general no será dañino aunque sí podría ser molesto. En cualquier caso, se puede considerar que no existe riesgo para los trabajadores con riesgos particulares si los valores de las corrientes de contacto que se pueden dar se encuentran por debajo de la Recomendación 1999/519/CE del Consejo, de 12 de julio.

Se puede encontrar información adicional en relación con las medidas preventivas a adoptar para proteger a los trabajadores frente a los efectos indirectos de los campos electromagnéticos en la Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico y

la Guía técnica para la evaluación y prevención de las atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

## 2. MEDIDAS ORGANIZATIVAS

### 2.1. Diseño del lugar y puesto de trabajo

Una de las medidas organizativas más eficaces para reducir el riesgo de exposición es la correcta concepción y disposición del lugar y puesto de trabajo. Con ello, el empresario tiene la posibilidad de, por un lado, minimizar el número de personas expuestas y, por otro, reducir la exposición al nivel más bajo posible.

Algunos criterios que pueden emplearse a la hora de diseñar el lugar y puesto de trabajo son los que se indican a continuación:

- Colocar los equipos que emitan campos intensos lejos de pasos y áreas comunes, por ejemplo, en las zonas menos frecuentadas del centro de trabajo.
- Ubicar el equipo de forma que se pueda restringir con facilidad el acceso a la zona de influencia de los campos electromagnéticos.
- Adoptar medidas que permitan que el trabajador pueda permanecer lo más alejado posible de la fuente, por ejemplo, monitorizando el accionamiento de los equipos desde salas de control y reduciendo la presencia del trabajador en la zona de influencia de campos intensos al mínimo imprescindible. Si no fuera posible accionar remotamente el equipo, se puede disponer el panel de mando a una distancia de seguridad, tal como muestra la figura 4.

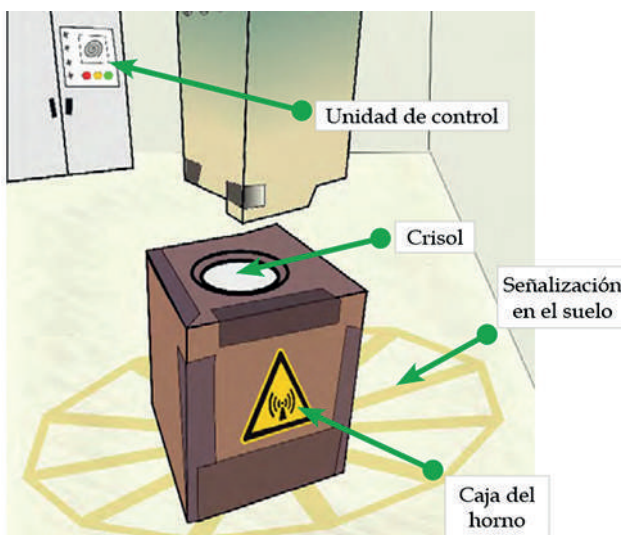


Figura 4. Horno de inducción para producción de aleaciones.

- Evitar la localización de puestos de trabajo ajenos al equipo emisor de CEM en la zona de influencia de los campos. Es importante, además, tener presente que los tabiques no atenúan los campos electromagnéticos.

- Evitar que en los lugares y puestos de trabajo existan, de forma innecesaria, elementos ferromagnéticos que puedan dar lugar a proyecciones de dichos elementos.

### 2.2. Señalización

Como se indicaba en los comentarios al artículo 4.5, la señalización no reduce por sí sola el riesgo de exposición a CEM, sino que se considera complementaria a otras medidas técnicas y organizativas.

La señalización solo es eficaz si los signos y avisos son claros e inequívocos. Se deben colocar de forma que se potencie al máximo su visibilidad. En general, es apropiado añadir un texto explicativo para facilitar su comprensión.

Los símbolos y señales que se utilizan habitualmente en relación a los campos electromagnéticos se muestran en la figura 5.



Figura 5. Pictogramas normalizados en relación con los CEM.

### 2.3. Delimitación de acceso y procedimientos de trabajo

Aparte de las medidas de delimitación y control de acceso mencionadas en el apartado 1.3 se pueden adoptar medidas organizativas como marcas en el suelo para señalar las zonas en las que se pueden superar los niveles de acción complementados con los pictogramas normalizados relativos a CEM (véanse las figuras 4 y 5).

Dichas medidas pueden apoyarse en procedimientos de trabajo, en los que formalmente se autorice sólo a determinados trabajadores el acceso a las zonas de influencia de campos electromagnéticos. La primera consecuencia es la reducción del número de trabajadores expuestos a CEM, permitiendo, a su vez, adoptar medidas de control sobre aquellos trabajadores, como la información y formación específica sobre el riesgo de exposición a campos electromagnéticos, incluyendo prácticas de trabajo seguras.

En la tabla 1 se muestran algunos ejemplos empleados de control de acceso y de otras medidas organiza-

tivas para limitar la exposición de los trabajadores a dichos campos.

Criterios	Control de acceso
Superación de $VLE_{salud}$ Superación del $NA_{sup}$ Superación del $NA_{extremidades}$	Acceso prohibido mientras haya campos presentes.
Superación temporal de $VLE_{sensoriales}$ Superación temporal de $NA_{inf}$	Acceso restringido a trabajadores autorizados y con formación específica.
Riesgos de proyección de objetos en campos magnéticos estáticos intensos	Prohibición de introducir materiales ferromagnéticos en la zona de influencia de CEM.
Riesgos para trabajadores con riesgos particulares	Restricciones del acceso a zonas, aunque no se superen los NA, pero estén por encima de los valores del público en general. Información para el acceso al sitio.
Riesgos de descarga de chispas debidas a la presencia de campos eléctricos intensos	Acceso restringido a trabajadores autorizados y con formación específica.
Riesgo de corrientes de contacto	Acceso restringido a trabajadores autorizados y con formación específica. Prohibición de introducir objetos conductores innecesarios en la zona.

Tabla 1. Ejemplos de restricciones de acceso.

## 2.4. Programas de mantenimiento preventivo

El artículo 3.5 del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, recoge que todos los equipos de trabajo deben someterse a un programa de mantenimiento preventivo de manera que se conserve en estado óptimo durante toda su vida útil.

Así mismo, las medidas técnicas encaminadas a limitar las emisiones o restringir el acceso a los campos deben someterse a un mantenimiento adecuado.

La frecuencia de tales actividades de mantenimiento e inspección dependerá de la naturaleza de los equipos, de cómo se utilicen y del entorno en que se ubiquen. En general, los fabricantes recomiendan, en el manual de instrucciones, los intervalos de mantenimiento adecuados.

## 2.5. Formación e información

Adicionalmente a las medidas técnicas y organizativas adoptadas, puede ser necesario prever medidas que incluyan la información a personas ajenas a la empresa sobre las áreas donde puedan superarse los niveles de exposición para el público en general. Esta información se debería facilitar en el momento de acceder a las instalaciones. (Véanse los comentarios del artículo 8).

## 3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

En la actualidad no existen equipos de protección individual certificados para protección frente a campos electromagnéticos.

No obstante, en función de la frecuencia encontramos:

- Baja frecuencia (50 o 60 Hz): existe ropa de protección conductora, certificada según la norma UNE - EN 60895, utilizada para la ejecución de trabajos en tensión por el método a potencial, cuya idoneidad se comprueba a través de su eficacia de apantallamiento del campo eléctrico y por la resistencia eléctrica del material o de los accesorios que la componen. Según la citada norma, esta ropa también puede proteger frente a los campos eléctricos existentes en la proximidad de las instalaciones hasta 800 kV en corriente alterna y de  $\pm 600$  kV en corriente continua.
- Alta frecuencia (de 80 MHz a 1 GHz): para este rango de frecuencia se encuentra la norma alemana DIN 32780-100, que es la única norma técnica desarrollada en Europa relativa a ropa de protección contra los campos electromagnéticos para alta frecuencia.

## APÉNDICE 4. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

El objetivo de este apéndice es facilitar la evaluación de la exposición en aquellos casos en los que pueda existir un potencial riesgo por exposición a CEM.

Para ello se deberá tener en cuenta que algunas instalaciones y equipos de trabajo están obligados a cumplir normativas específicas- industriales o sanitarias- que limitan sus emisiones a niveles por debajo de los establecidos en el real decreto. (Véase la tabla 3 incluida en los comentarios del artículo 6).

*Siempre que se demuestre el cumplimiento de los valores de exposición a campos electromagnéticos para el público general (Real Decreto 1066/2001), o que el lugar de trabajo se encuentre entre los descritos en la tabla 3 antes mencionada, no será necesaria la realización de una evaluación de este riesgo.*

En consecuencia, la evaluación de la exposición debería centrarse únicamente en aquellos puestos de trabajo donde pueda haber dudas razonables acerca del cumplimiento de los valores límite o de los niveles de acción. Con carácter general, esta evaluación conllevará la realización de mediciones, aunque, en algunos casos particulares, la información suministrada por los fabricantes podría ser suficiente para determinar si se cumplen o no los valores límite de exposición.

El esquema propuesto en la Figura 1 está inspirado en los procedimientos de evaluación propuestos en las normas técnicas<sup>5</sup> y en la Guía europea. Cada una de sus seis etapas se analizará con mayor profundidad en los siguientes apartados de este apéndice.

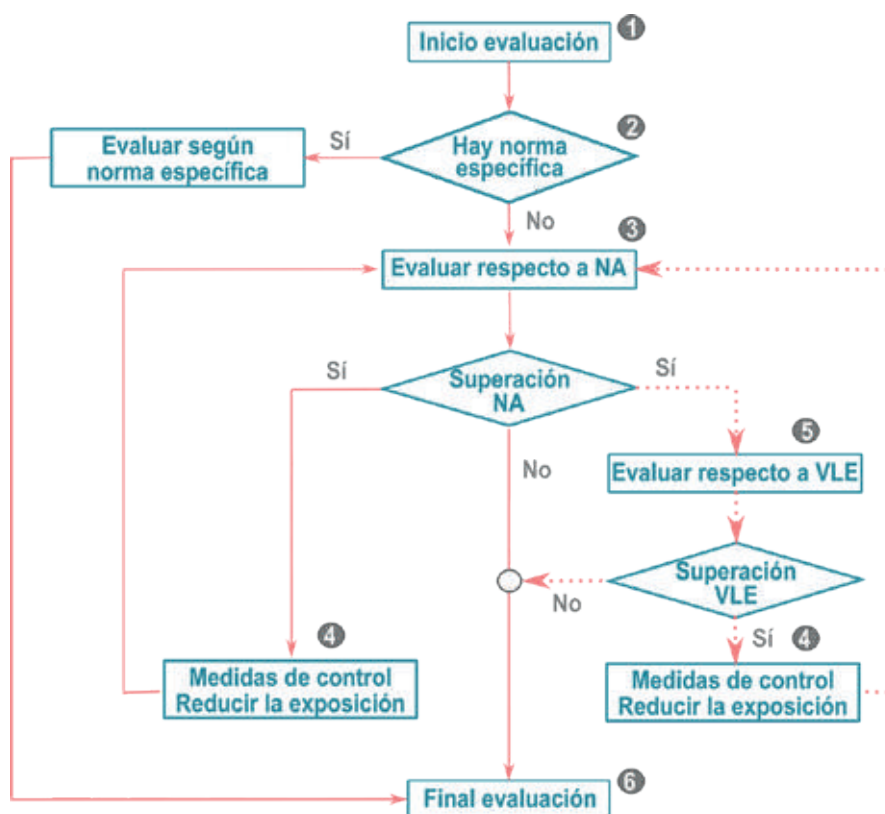


Figura 1. Metodología general para la evaluación de la exposición a CEM.

<sup>5</sup> La norma UNE EN 50499-“Procedimiento para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos” está, en el momento de elaboración de esta guía, en proceso de revisión para armonizarla con la Directiva 2013/35/UE.



## 1. INICIO DE LA EVALUACIÓN

Tanto en la norma UNE EN 50499 como en la Guía europea se propone un listado no exhaustivo de equi-

pos en los que se requieren mediciones para garantizar el cumplimiento de los valores límite (Véase la tabla 1).

Tipo de equipo	Observaciones
Electrolisis industrial	Ambos tipos de corriente: alterna (AC) y continua (DC)
Soldadura y fusión eléctricas	
Calentamiento por inducción	
Calentamiento dieléctrico	
Soldadura dieléctrica	
Soldadura por inducción	
Soldadura por resistencia manual	Por puntos o en cordón
Hornos de fundición por arco	
Hornos de fundición por inducción	
Magnetizadores y desmagnetizadores industriales	Se incluyen los borradores de cintas masivos
Sistemas de iluminación activados por RF y microondas	
Dispositivos de plasma de RF	Se incluye la deposición por vacío y deposición catódica ( <i>sputtering</i> )
Diatermia clínica	Equipos que utilicen fuentes de emisión RF de alta potencia (> 100 mW) promediadas en el tiempo.
Sistema eléctrico para la detección de fisuras	
Radares	Para potencias superiores a 100 mW RMS (> 20 W pico) Por ejemplo: para uso militar, control de tráfico aéreo, meteorológico o largas distancias.
Transportes con tracción eléctrica: trenes y tranvías	
Equipos médicos que usen intencionadamente la aplicación de corrientes o que emitan una radiación que dé lugar a una exposición electromagnética	
Calentadores y secadores industriales por microondas	
Antenas de estaciones base	Solo si los trabajadores acceden al interior del perímetro de seguridad definido con respecto a los límites para el público general.
Emplazamientos y emisoras de radio y TV: LF, MF, VHF, UHF	Solo si los trabajadores acceden al interior del perímetro de seguridad definido con respecto a los límites para el público general.
Distribución y transmisión de electricidad (50 Hz) <sup>6</sup>	Resulta pertinente la evaluación del campo magnético: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toda instalación eléctrica (incluidos cableados, aparataje, transformadores, etc.) con una intensidad de fase nominal mayor de 100 A.</li> <li>• Todo circuito individual dentro de una instalación (incluidos cableados, aparataje, transformadores, etc.), con una corriente de fase nominal mayor de 100 A.</li> <li>• Todo circuito, (incluidos cableados, aparataje, transformadores, etc.), donde los conductores estén muy próximos entre sí y cuya corriente neta sea mayor de 100 A.</li> </ul> Resulta pertinente la evaluación del campo eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualquier conductor aéreo desnudo con una tensión nominal<sup>7</sup> superior a 100 kV o líneas aéreas de más de 150 kV.</li> </ul>

<sup>6</sup> Conforme a la Norma UNE EN 50647, los equipos que intervienen en la producción, transporte y distribución de electricidad están altamente estandarizados y algunas evaluaciones representativas pueden englobar otras instalaciones con similares equipos y posiciones de trabajo. Por lo tanto, una evaluación sistemática en cada instalación que contenga estos equipos no es necesaria, siendo suficiente realizar una por tipo.

<sup>7</sup> En el caso de las líneas aéreas de más de 150 kV, la intensidad de campo eléctrico será generalmente, aunque no siempre, inferior al nivel de referencia para el público en general (Recomendación 1999/519/CE del Consejo).

## 2. EVALUACIÓN SEGÚN NORMAS ESPECÍFICAS

Una vez vista la necesidad de evaluar este riesgo, el siguiente paso será verificar si existe alguna norma técnica o legislación específica que establezca un procedimiento para ese puesto de trabajo.

Como ejemplos de normas técnicas se pueden citar:

- UNE-EN 50496 “Determinación de la exposición de los trabajadores a campos electromagnéticos y evaluación de riesgos en un emplazamiento de radiodifusión”.
- UNE-EN 50647 “Norma básica para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos eléctricos y magnéticos de equipos e instalaciones para la generación, transmisión y distribución de electricidad”.

Dado que el catálogo de UNE se actualiza continuamente, es aconsejable consultarlo siempre al inicio de la evaluación.

## 3. EVALUACIÓN CON RESPECTO A LOS NIVELES DE ACCIÓN (NA)

Como en cualquier otro ámbito de la Higiene industrial, la evaluación de este riesgo exige la realización de un estudio previo para recabar datos acerca de: la fuente emisora, el medio o entorno de trabajo y las características particulares de los trabajadores expuestos.

En función de la información obtenida, se planificarán las mediciones cuyos resultados se compararán con los niveles de acción del real decreto.

El volumen 2 de la Guía europea está dedicado íntegramente al análisis de casos prácticos en diferentes sectores como: la automoción, la metalurgia, la investigación, etc.

### 3.1. Análisis de la tarea

Debería incluir factores como:

- Número y ubicación de las fuentes emisoras de CEM.

Es muy útil dibujar un croquis de las instalaciones en el que se acoten las ubicaciones de las fuentes de emisión, de los puestos de trabajo fijos, de las zonas de paso, etc.

- Intervalo espectral.

El rango de emisión es el dato fundamental e imprescindible para realizar la evaluación. De la frecuencia dependen: el tipo de efecto biológico, la magnitud que hay que medir, el instrumental adecuado y el promedio temporal de la medida. (Véase la figura 2).

En general, conocer la frecuencia de una fuente es relativamente sencillo ya que los fabricantes incluyen este dato en las especificaciones técnicas y en los manuales de uso de sus equipos.

A veces en una misma dependencia hay varias fuentes de emisión, con distintas frecuencias. Por ejemplo: en un servicio médico de rehabilitación hay equipos de onda corta (27,12 MHz) y microondas (2,45 GHz). En estos casos, la complejidad de la evaluación aumenta porque habrá que considerar las posibles interferencias entre ambas frecuencias. Para obtener más información se aconseja consultar la Guía europea así como otros documentos donde se abordan más en profundidad los distintos métodos para evaluar la exposición simultánea a multifrecuencias.

- Tipo de emisión (continua / pulsante) y tipo de puesto de trabajo (fijo / móvil).

Determinan que la exposición sea uniforme a lo largo del tiempo o que, por el contrario, fluctúe. En este último caso, la evaluación será más compleja porque habrá que averiguar cuáles son las condiciones más desfavorables para el trabajador y realizar la medición bajo esas circunstancias.

- Parte del cuerpo expuesta: cuerpo entero, cabeza o extremidades.
- Características individuales: trabajadores con riesgos particulares.

### 3.2. Medida de la exposición<sup>8</sup>

Una vez analizadas las condiciones en las que se produce la exposición, antes de iniciar la fase de medidas habrá que responder a las tres cuestiones representadas en la figura 2.

<sup>8</sup> Dado que para los campos magnéticos estáticos los NA y los VLE se expresan en la misma unidad, los detalles relativos a este tipo de exposición se desarrollan en el apartado 5.



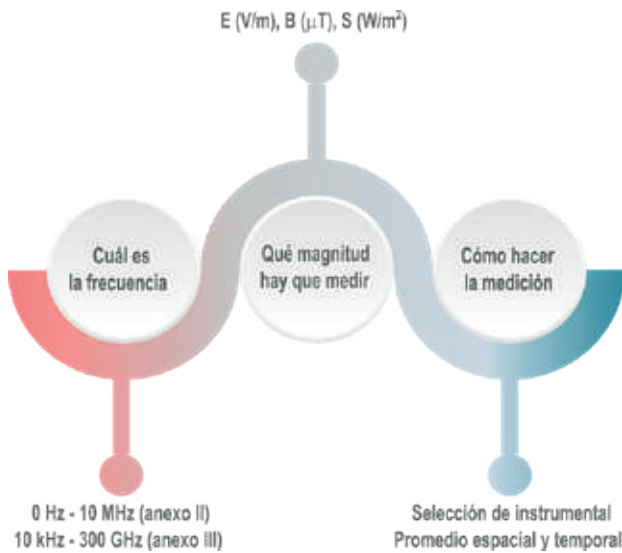


Figura 2. Consideraciones previas a la medición.

Los niveles de acción se definen como valores eficaces (RMS) al igual que en el ruido. Como consecuencia, los equipos de medición ya vienen programados para registrar directamente este valor.

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T E^2(t)} \quad B_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T B^2(t)}$$

Siendo T el tiempo de integración para el que están referidos los NA puede ser:

T = 1 segundo ( $\nu < 10$  MHz), para efectos no térmicos.

T = 6 minutos ( $100 \text{ kHz} < \nu < 10 \text{ GHz}$ ), para efectos térmicos.

T =  $68/\nu^{1.05}$  minutos ( $\nu_{\text{GHz}} > 10 \text{ GHz}$ ), para efectos térmicos.

En el caso más común, el de los campos sinusoidales (véase la figura 3), estas expresiones se pueden simplificar y calcularse a partir de los valores de pico del campo eléctrico y magnético:

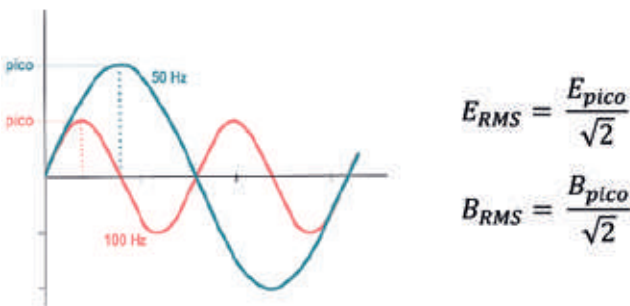


Figura 3. Valores eficaces de E y B para una onda sinusoidal.

Para campos no sinusoidales, como las señales pulsantes de los radares, habrá que utilizar otros tipos de ponderación. La Guía europea explica en detalle cómo realizar el método de ponderación de picos en su apéndice D.

### 3.2.1. Campos eléctricos y magnéticos de frecuencia de 1 Hz -10 MHz

Con carácter general, el campo eléctrico y el magnético tendrán que medirse de forma independiente pues no existe una relación entre ambos. No obstante, en ocasiones, uno de los campos puede estar lo bastante apantallado como para que resulte innecesario medirlo; por ejemplo, cuando la fuente esté encerrada dentro de una estructura metálica que impida la propagación del campo eléctrico debido al efecto de jaula de Faraday, tal y como se explicó en el apéndice 3. En estos casos, el informe final debe recoger de forma clara y precisa los motivos que justifican dicho apantallamiento.

El procedimiento habitual de medición consiste en efectuar medidas instantáneas (1 s) puntuales alrededor de la fuente emisora y en los puestos de trabajo cercanos. Se debe observar la postura adoptada por los trabajadores para determinar cuál es la situación más desfavorable en función de la parte de cuerpo que está expuesta. Será bajo esas condiciones donde se registren las intensidades de los campos eléctrico y magnético.

En el caso de que pueda determinarse cuáles son las condiciones más desfavorables para el trabajador, bastará con realizar una medida bajo dichas circunstancias. En caso contrario y para asegurar que las medidas son estables y reflejan fielmente la exposición del trabajador se pueden seguir varias estrategias, por ejemplo:

- Repetir las mediciones en distintos momentos de la jornada laboral.
- Configurar el equipo de medición para registrar una medida por segundo durante un tiempo predefinido.

Un aspecto importante a tener en cuenta son las posibles alteraciones que puede sufrir el campo debido a la presencia del cuerpo humano o de objetos metálicos. Dado que los NA están expresados como *valores imperturbados*, es decir, sin distorsionar, las mediciones se deberán tomar en ausencia del trabajador y utilizando sistemas que alejen al técnico de prevención del punto de medida, como, por ejemplo, trípodes de madera o de plástico.

### 3.2.2. Campos eléctricos y magnéticos de frecuencia de 100 kHz -300 GHz

En el apéndice 1 sobre fundamentos físicos se introdujeron dos conceptos, "campo cercano" y "campo

lejano", con importantes repercusiones en la evaluación de los CEM de alta frecuencia:

- En campo cercano hay que realizar mediciones separadas del campo eléctrico y del campo magnético.
- En campo lejano bastará con medir una sola componente, E o B. La otra se calcula fácilmente a través de la siguiente expresión:

$$Z = \frac{E}{H} = \mu_0 \cdot \frac{E}{B}$$

donde:

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  permitividad magnética del vacío

$Z = 377 \Omega$  impedancia espacio libre

El espacio que rodea a cualquier emisor de campos electromagnéticos se divide en estas dos regiones. Como ya se explicó en el apéndice 1 esta frontera no es una línea exacta y de hecho existen diferentes criterios para establecerla.

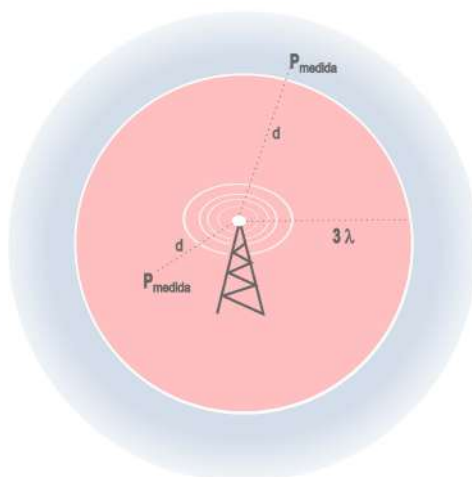
La Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, recomienda una forma sencilla y práctica para determinar en qué zona está el punto de medición (véase la figura 4).

#### Campo cercano:

$$d \leq 3 \lambda$$

E y B **no** en fase

Medir ambos campos (E y B)



#### Campo lejano:

$$d \geq 3 \lambda$$

E y B **en** fase

Medir un solo campo (E o B)

Figura 4. Conceptos de campo cercano y campo lejano.

Donde  $d$  es la distancia entre la fuente y el punto de medida ( $P_{\text{medida}}$ ) y  $\lambda$  es la longitud de onda de emisión.

Una vez definida la magnitud o magnitudes necesarias para la evaluación, hay que decidir cuándo se van a registrar las medidas, teniendo en cuenta que los NA están referenciados para tiempos muy inferiores a 8 horas.

Del mismo modo que en bajas frecuencias, las medidas se tomarán en el momento en que se den las con-

diciones más adversas para el trabajador. Por ejemplo: para una exposición a microondas de 2,50 GHz se medirá la intensidad del campo (en RMS) durante los 6 minutos más desfavorables de toda la jornada laboral y el valor obtenido se comparará con su NA correspondiente.

Frecuencia (GHz)	
Tiempo de promedio de la medida (RMS)	
Hasta 10	6 minutos
20	3 minutos
30	2 minutos
40-100	1 minuto
100-300	< 1 minuto

Tabla 2. Promedio RMS para la medida según  $t = 68/v^{1,05}$ .

### 3.3. Equipos de medida

En el mercado hay una gran variedad de equipos de medición de campos electromagnéticos, por lo que antes de realizar las mediciones será preciso seleccionar el equipo con las prestaciones más adecuadas a cada situación concreta. Básicamente los equipos constan de dos partes:

- La unidad de medida, donde se programan y registran las mediciones.

- La sonda, donde se encuentran los distintos sensores en función de la naturaleza del campo a medir.

Los equipos que se comercializan hoy en día ya tienen en cuenta los requerimientos exigidos por la normativa: valores RMS promediados a los intervalos de tiempo especificados en el real decreto, valores máximos e incluso permiten una comparación directa en % con el NA aplicable. Además, utilizan sondas isotrópicas capaces de medir simultáneamente en los tres ejes del espacio (X, Y, Z).

En función de sus características pueden clasificarse en: equipos de banda ancha y equipos selectivos de frecuencia.

Los **medidores de banda ancha** permiten medir el campo eléctrico o el campo magnético en un rango determinado, lo que implica que hay que conocer previamente la frecuencia de la fuente para seleccionar la sonda más adecuada.

Un caso particular de equipos de banda ancha son los monitores personales. Son equipos de pequeño tamaño que pueden ser llevados por el trabajador durante la jornada laboral. De esta manera, es posible monitorizar la exposición durante el periodo de tiempo que se considere de interés.



Figura 5. Equipos de medida de CEM.

Los **equipos selectivos de frecuencia** permiten realizar un análisis espectral del campo electromagnético. Estos equipos tienen mayor sensibilidad por lo que son capaces de medir con más precisión, pero en contrapartida necesitan de un mayor tiempo para realizar la medida. Están especialmente indicados para las situaciones en que se desconoce la frecuencia de emisión de la fuente, lo que suele ser poco probable.

### 3.4. Comparación con los niveles de acción

El siguiente paso del procedimiento de evaluación es la comparación con los niveles de acción correspondientes en función de la frecuencia o frecuencias de los CEM. (Véase el apéndice 2).

Cuando las mediciones de los CEM estén por debajo de los NA establecidos, estará garantizado el cumplimiento de los VLE y, por consiguiente, el riesgo estará controlado. Bastará con elaborar el informe correspondiente para documentar los pasos que se han seguido en la evaluación. Adicionalmente, y dado que las condiciones de trabajo pueden verse alteradas con el paso del tiempo, se debería dar formación específica a los trabajadores según lo establecido en el artículo 8 de este real decreto.

Sin embargo, cuando la exposición esté por encima de los NA, la metodología propone dos caminos alternativos: la adopción de medidas de control que reduzcan la exposición (trazo continuo) y la evaluación con respecto a los VLE (trazo punteado).

Varias veces a lo largo de esta guía se han explicado las dificultades que plantea la medición de los VLE. En consecuencia, cuando se excedan los NA, se recomienda poner en marcha un plan de acción con medidas técnicas y organizativas para controlar la exposición.

## 4. ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN

Están descritas tanto en el artículo 4 del real decreto como en el apéndice 3 sobre medidas técnicas y organizativas para el control de los riesgos.

La figura 6 es un resumen de las principales medidas que se utilizan para controlar los riesgos por exposición a CEM.



Figura 6. Resumen de las medidas para controlar la exposición a CEM.

## 5. EVALUACIÓN CON RESPECTO A LOS VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

### 5.1. Campos estáticos

La exposición a campos magnéticos estáticos es fácilmente medible en el puesto de trabajo y tiene la ventaja, con respecto a los campos variables, de que los niveles de acción y los valores límite de exposición se expresan en la misma magnitud física: la densidad de flujo magnético ( $B_0$ ).

Los equipos de medida de campo estático, magnetómetros, constan también de dos partes diferenciadas:

- La unidad de medida, donde se registran y visualizan los resultados.

$$B_0 = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

- La sonda, en uno o varios ejes. Las sondas isotrópicas ofrecen ya el resultado de la medida de forma integrada:

Al igual que en los campos de frecuencia variable, para cuantificar  $B_0$  se realizarán las mediciones alrededor de la fuente de emisión así como en los puestos de trabajo.

No obstante, en la mayoría de ocasiones no será necesario realizar mediciones para evaluar la exposición al campo magnético estático porque normalmente la intensidad del campo ( $B_0$ ) viene especificada en los manuales de instrucciones y puede compararse directamente con los niveles de acción y valores límite.

### 5.2. Campos variables

La evaluación de la exposición mediante la comparación con los VLE requiere el empleo de técnicas dosimétricas que utilizan simulaciones numéricas para correlacionar los valores de campo electromagnético medidos con los valores límite (expresados en forma de magnitudes inducidas en el organismo).

Existen diversos métodos numéricos pero casi todos ellos tienen serias limitaciones cuando intentan modelizar el cuerpo humano. Esto es debido, sobre todo, a la complejidad anatómica de los órganos y a las diferentes propiedades eléctricas de los tejidos del organismo humano (adiposo, muscular, nervioso...).

Entre los métodos empleados para la dosimetría de campos electromagnéticos de alta resolución están: el de diferencias finitas (FD), el de diferencias finitas en

el dominio del tiempo (FDTD), el del elemento finito (FEM) y el de integración finita (FIT).

La Guía europea y otros textos especializados en dosimetría proporcionan información adicional sobre la aplicación de estos métodos complejos.

## 6. FINAL DE LA EVALUACIÓN

El informe debe ser comprensible por sus destinatarios por lo que debe redactarse de forma clara y utilizando un lenguaje lo más sencillo posible. Además del contenido mínimo establecido en el artículo 7 del RSP, es aconsejable que incluya la siguiente información:

- Objeto y motivo del informe.
- Información general.

En ella se incluirán: los datos generales de la empresa (nombre, dirección, sector de actividad, etc.), la fecha de la evaluación, el nombre y la capacitación de los técnicos de prevención responsables, la identificación de los trabajadores expuestos y del resto de personas entrevistadas o que acompañan en la visita como, por ejemplo, los delegados de prevención.

- Descripción de las instalaciones y de los puestos de trabajo.

Se describirán en detalle los factores estudiados en el análisis de la tarea como: el número de fuentes de emisión, su frecuencia y ubicación, el tipo de emisión, la parte del cuerpo expuesta o la existencia de trabajadores con riesgos particulares.

- Método de evaluación empleado.

En concreto, si se ha seguido el procedimiento general de evaluación o la metodología descrita en alguna norma específica para los puestos de trabajo objeto del informe.

- Descripción de los equipos y las sondas empleadas en la medida.

Se indicará si son de banda ancha o selectivos de frecuencia, el rango espectral, la magnitud de medida, la incertidumbre de las sondas y la fecha de la última calibración.

- Resultado de las mediciones así como la comparación con los NA o VLE, en el caso de que sean medibles.

En particular, se describirá cómo se han tomado las mediciones: puntuales o repetidas en distintos momentos de la jornada, promediadas a un determinado tiempo, registradas a la altura de una determinada parte del cuerpo del trabajador (cabeza, tronco o extremidades), etc.

- Estimaciones y modelos dosimétricos utilizados para comparar con los VLE (si procede).
- Recomendaciones, en caso de ser necesarias, y conclusiones del informe.

Es evidente que cuando se superen los VLE habrá que establecer un plan de acción que incluya todas aquellas medidas técnicas y organizativas que, a juicio del técnico de prevención, resulten apropiadas para reducir la exposición.

También será aconsejable implantar este plan de acción en el caso de que se superen los NA como alternativa a la utilización de técnicas dosimétricas.

Sin embargo, incluso cuando el riesgo esté controlado, puede resultar oportuno utilizar este apartado para dar instrucciones sobre buenas prácticas de trabajo y fomentar así su difusión entre los trabajadores.



#### IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

La Normativa citada en la presente Guía técnica es la existente en el momento de publicación de la misma. No obstante, hasta una nueva revisión puede ser publicada otra normativa que deberá ser tenida en cuenta.

Por otro lado, para las Normas Técnicas UNE, EN, ISO, etc., que se citan en esta guía, debe considerarse la última edición, salvo en los casos en que se especifique la fecha de publicación.

#### NORMATIVA LEGAL RELACIONADA

La legislación referida a lo largo de esta Guía puede consultarse a través de internet en el sitio web del INSST- <http://www.insst.es> -donde, además, se puede acceder a diversa documentación elaborada por el propio INSST así como a enlaces de instituciones y organismos europeos e internacionales.

- Constitución Española.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Recomendación 1999/519/CE del Consejo, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).
- 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.
- 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.

- Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- 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.
- Reglamento UE 2016/425 del Parlamento europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016 relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- 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.
- Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

#### Normas técnicas

- UNE 215001 Procedimientos normalizados para la medida de los CEM a frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de Alta Tensión.
- UNE-EN 50384 Norma de producto para demostrar la conformidad de las estaciones base de radio y estaciones terminales fijas para sistemas de telecomunicación inalámbricos con las restricciones básicas o los niveles de referencia relativos a la exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (110 MHz - 40 GHz). Trabajadores.
- UNE-EN 50413 Norma básica para procedimientos de medición y cálculo de la exposición humana a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz).
- UNE-EN 50444 Norma básica para la evaluación de la exposición humana a los campos electromagnéticos de los equipos de soldadura por arco y procesos afines.
- UNE-EN 50445 Norma de familia de producto para demostrar el cumplimiento del equipo de soldadura por resistencia, soldadura por arco y técnicas afines con las restricciones básicas relativas a la exposición humana a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz).



- UNE-EN 50492 Norma básica para la medición *in-situ* de la fuerza del campo electromagnético relacionado con la exposición humana en la proximidad de las estaciones base.
- UNE-EN 50496 Determinación de la exposición de los trabajadores a campos electromagnéticos y evaluación de riesgos en un emplazamiento de radiodifusión.
- UNE-EN 50499 Procedimiento para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos.
- UNE-EN 50505 Norma básica para la evaluación de la exposición humana a los campos electromagnéticos de los equipos de soldadura por resistencia y procesos afines.
- UNE-EN 50527-1 Procedimiento para la evaluación de la exposición humana a campos electromagnéticos en trabajadores con dispositivos médicos implantables activos. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 50527-2-1 Procedimiento para la evaluación de la exposición humana a campos electromagnéticos en trabajadores con dispositivos médicos implantables activos. Parte 2-1: Evaluación específica para los trabajadores con marcapasos cardíacos.
- UNE-EN 50527-2-2 Procedimiento para la evaluación de la exposición humana a campos electromagnéticos de trabajadores con dispositivos médicos implantables activos. Parte 2-2: Evaluación específica para los trabajadores con desfibriladores cardioversores.
- UNE-EN 50647 Norma básica para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos eléctricos y magnéticos de equipos e instalaciones para la generación, transmisión y distribución de electricidad.
- UNE-EN 50664 Norma genérica para demostrar la conformidad de los equipos destinados al uso exclusivo de trabajadores con los límites de la exposición a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz) cuando se ponen en servicio o *in situ*.
- UNE-EN 62110 Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general.
- UNE-EN 62226-1 Métodos de cálculo de la densidad de corriente y de los campos eléctricos inducidos en el cuerpo humano por los campos eléctricos y magnéticos en el rango de frecuencias bajas e intermedias. Parte 1: Campo de aplicación, términos y definiciones.
- UNE-EN 62226-2-1 Exposición a los campos eléctricos y magnéticos en el rango de frecuencias bajas e intermedias. Método de cálculo de la densidad de corriente y de los campos eléctricos internos inducidos en el cuerpo humano. Parte 2-1: Exposición a los campos magnéticos. Modelos 2D.
- UNE-EN 62226-3-1 Exposición a los campos eléctricos y magnéticos en el rango de frecuencias bajas e intermedias. Método de cálculo de la densidad de corriente y de los campos eléctricos internos inducidos en el cuerpo humano. Parte 3-1: Exposición a los campos magnéticos. Modelos analíticos y numéricos 2D.
- UNE-EN 62311 Evaluación de los equipos eléctricos y electrónicos respecto de las restricciones relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz).
- UNE-EN 62479 Evaluación de la conformidad de los equipos eléctricos y electrónicos de baja potencia con las restricciones básicas relativa a la exposición humana a los campos electromagnéticos (10 MHz - 300 GHz).
- UNE-EN 60895 Trabajos en tensión. Ropa conductora para trabajos en tensión hasta 800 kV de tensión nominal en corriente alterna y  $\pm 600$  kV en corriente continua.
- UNE 215002 IN Guía para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos en relación con la Directiva 2004/40/CE.
- CL/TR 16832 Selection, use, care and maintenance of personal protective equipment for preventing electrostatic risks in hazardous areas (explosion risks).
- DIN 32780-100 Protective clothing - Part 100: Protection against electromagnetic fields in the frequency range from 80 MHz to 1 GHz; Requirements and test methods.
- IEEE Std C95.1-2345TM-2014: Military workplaces-force health protection regarding personnel exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz.

#### Publicaciones del INSST

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo.
- Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa.
- Guía técnica de simplificación documental.

- Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Documento divulgativo DD.037: La exposición laboral a campos eléctricos y magnéticos estáticos. Panadero, G y Rupérez, MJ. 2004.
- Seguridad y Salud en el Trabajo: Estudio de la exposición laboral a campos electromagnéticos en servicios de fisioterapia. Berlana, T, Diego, B y Rupérez, MJ. 2009.
- NTP 894: Campos electromagnéticos: evaluación de la exposición laboral. 2011.
- Documento divulgativo DD.076: Riesgos debidos a la electricidad estática. Cantalejo, M. 2015.
- NTP 1063: Imagen mediante Resonancia Magnética (I): técnica, riesgos y medidas preventivas. 2015.
- Seguridad y Salud en el Trabajo: Análisis e interpretación del Real Decreto 299/2016 sobre campos electromagnéticos. Cavia, S. 2017.
- NTP 1103: Imagen mediante Resonancia Magnética (II): efectos para la salud y Real Decreto 299/2016. 2018.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). 2010.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Fact Sheet on the ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz). Health Physics 99(6): 818-836. 2010.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Note on the Interphone Study. 2010.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to static magnetic field. 2009.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 97(3):257-259. 2009.

## BIBLIOGRAFÍA

- COMISIÓN EUROPEA (CE). Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE sobre campos electromagnéticos. Guía para pymes. 2014.
- COMISIÓN EUROPEA (CE). Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE sobre campos electromagnéticos. Volumen 1: Guía práctica. 2014.
- COMISIÓN EUROPEA (CE). Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE sobre campos electromagnéticos Volumen 2: Casos prácticos. 2014.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz. 2014.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP) y WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). NIR in Medicine. Medical Physics 40, 117001. 2013
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Review on Mobile Phones, Brain Tumours and the Interphone Study: Where Are We Now? Environ Health Perspect 119(11): 1534-1538. 2011.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Note Regarding the IARC Classification of Radiofrequency Fields. 2011.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz) - Review of the Scientific Evidence and Health Consequences. 2009.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Fact Sheet on the ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Physics 96(4):504-514. 2009.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Statement on EMF Emitting New Technologies. Health Physics 94(4):376-392. 2008.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Environmental Health Criteria 238: Extremely Low Frequency Fields. 2007.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Environmental Health Criteria 232: Static Fields. 2006.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health. Environment Health Perspect 109(6): 911-934. 2001.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). 1998.

## ENLACES DE INTERÉS

<http://www.insst.es>

En esta página se encuentran todas las disposiciones normativas de ámbito nacional y otros documentos de interés, publicados por el INSST, relacionados con las condiciones de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

<http://www.icnirp.org>

En esta página se encuentran las recomendaciones sobre las que se basan los valores límite de exposición así como información adicional relacionada con las radiaciones no ionizantes.

<https://www.une.org/>

Página de la Asociación Española de Normalización.

<https://www.who.int/peh-emf/es/>

Página web de la Organización Mundial de la Salud sobre campos electromagnéticos.

<http://cost-emf-med.eu/>

Página web del proyecto COST European network for innovative uses of EMFs in biomedical applications (EMF-MED).

<http://www.emfweld.eu>

Página web del proyecto EMFWELD financiado por la Unión Europea para el desarrollo de un software para comprobar el cumplimiento de límites de la Directiva 2013/35/UE en los procesos de soldadura.

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía técnica, puede dirigirse al:

**Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.**

C/Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tlf. 91 363 41 00



[www.insst.es](http://www.insst.es)



GT. 126.1.19

ISBN 978-84-7425-830-1

9 788474 258301



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL

**insst**  
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo