

ANEXO I

MAGNITUDES FÍSICAS RELATIVAS A LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS, VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y NIVELES DE ACCIÓN DEL REAL DECRETO 299/2016.

Se exponen a continuación los anexos I, II y III del Real Decreto 299/2016.

Parte 1: 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 $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7}$, 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).

Parte 2: 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 1 Hz 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 (B₀)
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)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

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

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 dosiméricamente 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.

Parte 3: 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 a 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 ²

Nota: La densidad de potencia media se mide sobre una superficie expuesta cualquiera de 20 cm². Las densidades de potencia máxima espaciales promediadas para 1 cm² no deberán ser superiores a 20 veces el valor de 50 W/m². 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.

– La tabla 12 especifica los niveles de acción para la corriente de contacto, NA (I_c), y para la corriente en las extremidades NA (I_L).

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 [μT] (RMS)	NA (S) de densidad de potencia [W/m ²]
100 kHz ≤ f < 1 MHz	6,1 × 10 ²	2,0 × 10 ⁶ /f	–
1 ≤ f < 10 MHz	6,1 × 10 ⁸ /f	2,0 × 10 ⁶ /f	–
10 ≤ f < 400 MHz	61	0,2	–
400 MHz ≤ f < 2 GHz	3 × 10 ⁻³ f ^{1/2}	1,0 × 10 ⁻⁵ f ^{1/2}	–
2 ≤ f < 6 GHz	1,4 × 10 ²	4,5 × 10 ⁻¹	–
6 ≤ f ≤ 300 GHz	1,4 × 10 ²	4,5 × 10 ⁻¹	50

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

Nota 2: El [NA (E)]² y el [NA (B)]² 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

Trabajo de Fin de Máster en Prevención de Riesgos Laborales.
El riesgo laboral por exposición a campos electromagnéticos.
Víctor Herrero Silvestre

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 cm². Las densidades de potencia máxima espacial promediadas para una superficie de 1 cm² no deberán ser superiores a 20 veces el valor de 50 W/m². 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_C) corrientes de contacto en estado estacionario [mA] (RMS)	NA (I_L) corrientes inducidas en extremidades [mA] (RMS)
$100 \text{ kHz} \leq f < 10 \text{ MHz}$	40	–
$10 \text{ MHz} \leq f \leq 110 \text{ MHz}$	40	100

Nota: El $[NA (I_L)]^2$ medio debe promediarse para un período de seis minutos.

ANEXO II

Parte 1: Lugares de trabajo y equipos conformes a priori

Los siguientes equipos y lugares de trabajo, de acuerdo con la Norma UNE-EN 50499:2009, pueden considerarse conformes a priori con los valores límite establecidos por la Directiva 2004/40/CE.

Tipo de equipo	Observaciones
Cualquiera en lugares de trabajo abiertos al público general cubiertos por el artículo 4.3 de la Directiva 2004/40/CE	Se consideran conformes los lugares de trabajo abiertos al público y conformes con los límites de exposición dados por la Recomendación del Consejo Europeo 1999/519/CE.
Equipo con marcado CE que haya sido evaluado utilizando las normas CEM armonizadas.	El equipo tiene que estar instalado y utilizado de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.
Equipo puesto en el mercado europeo de conformidad con la Recomendación europea 1999/519/CE como se requiere por las directivas pertinentes, en particular de conformidad con sus normas armonizadas listadas en el DOUE.	Algunos equipos puestos en el mercado europeo pueden ser conforme con la Recomendación europea 1999/519/CE, a pesar de no llevar el marcado CE, por ejemplo, si es parte de una instalación.
Equipo de iluminación	Excluyendo equipos específicos de iluminación por radiofrecuencia.
Ordenadores y equipo informático	
Equipo de oficina	Los borradores de cintas magnéticas pueden necesitar una evaluación más detallada.
Teléfonos móviles y teléfonos inalámbricos	
Radios bidireccionales	Únicamente aquellas con una potencia media emitida inferior a 20 mW.
Estaciones de base para telefonía inalámbrica DECT y WLAN (como por ejemplo Wi-Fi)	Limitado al equipo destinado a su utilización por el público general.
Redes y equipo de comunicación no inalámbrico	

Tipo de equipo	Observaciones
Herramientas eléctricas manuales y portátiles	
Herramientas de calentamiento portátiles	Por ejemplo, pistolas de pegamento o pistolas de calentamiento. Se excluyen las herramientas de calentamiento por inducción y las herramientas de calentamiento dieléctrico.
Cargadores de baterías	Cubiertos por el campo de aplicación de la Norma EN 60335-2-29. Incluye cargadores domésticos de uso normal y previstos para su utilización en garajes, tiendas, industria ligera y granjas.
Aparatos eléctricos de jardinería	
Equipo de audio y vídeo	Los equipos particulares que usan radios transmisores y que se utilizan típicamente en la industria de radiodifusión pueden necesitar una evaluación más detallada.
Equipo alimentado por baterías portátiles que no contiene transmisores de radio frecuencia	
Equipo para el calentamiento eléctrico de locales	Se excluyen de esta tabla los calentadores de microondas
Todo el equipo no eléctrico	
<p>Redes de suministro eléctrico (50 Hz) en el lugar de trabajo y circuitos de distribución y transmisión de electricidad que pasan a través o sobre el lugar de trabajo. La exposición a campo eléctrico y magnético se consideran por separado. Para exposiciones a campo magnético son conformes las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier instalación eléctrica con corriente de fase nominal de 100 A o menores; • Cualquier circuito individual dentro de una instalación, con una corriente de fase nominal de 100 A o menor; • Cualquier circuito donde los conductores están muy próximos entre sí y tienen una corriente neta de 100 A o menor; 	<p>Los criterios aquí expuestos para demostrar la conformidad con los límites de exposición del lugar de trabajo se basan en demostrar que las exposiciones son inferiores a los límites más bajos de la Recomendación CE (1999) para exposiciones a CEM para el público general. Estos criterios son suficientes para demostrar la conformidad en la mayoría de los lugares de trabajo.</p>

Tipo de equipo	Observaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los componentes de las redes que satisfacen los criterios anteriores están también cubiertos (incluyendo el cableado, la aparamenta de conexión, los transformadores, etc.) • Cualquier conductor aéreo desnudo. <p>Para exposiciones a campo eléctrico los siguientes son conformes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier circuito de cables subterráneo o aislado, cualquiera que sea la tensión nominal. • Cualquier circuito aéreo desnudo con tensión nominal de hasta 100 kV; o línea aérea de hasta 125 kV, que pase por encima del lugar de trabajo; o cualquier tensión cuando el lugar de trabajo es interior. 	
Instrumentación, equipo de medida y control	
Aparatos electrodomésticos	<p>Los aparatos profesionales como cocinas, lavadoras, hornos microondas, etc. Utilizados en restaurantes, tiendas, etc. Se incluyen también en esta tabla. Se excluye el equipo profesional de calentamiento por inducción que necesita de una evaluación más detallada.</p>
Ordenadores y terminales con comunicaciones inalámbricas	<p>Ejemplos: WLAN (por ejemplo, Wi-Fi), WMAN (por ejemplo, WiMAX), Bluetooth y tecnologías similares. Limitado al equipo destinado para su utilización por el público general.</p>
Transmisores alimentados por batería	Limitado al equipo destinado para su utilización por el público general.
Antes de estaciones base	Únicamente resulta pertinente una evaluación más detallada si los trabajadores pueden estar más cerca de la antena que la distancia de seguridad definida con relación a los límites de exposición al público general
En lugares de trabajo sanitarios, todo equipo médico que no utiliza	

Tipo de equipo	Observaciones
intencionadamente una radiación que da lugar a una exposición electromagnética o la aplicación de corrientes.	

Parte 2: Equipos de trabajo que probablemente requieran de una evaluación más detallada.

Los siguientes equipos y lugares de trabajo, de acuerdo con la Norma UNE-EN 50499:2009, **no** pueden considerarse conformes a priori con los valores límite establecidos por la Directiva 2004/40/CE.

Tipo de equipo	Observaciones
Electrolisis industrial	Ambos tipos, corriente alterna y continua.
Soldadura y fusión eléctricas	
Calentamiento por inducción	
Calentamiento dieléctrico	
Soldadura dieléctrica	
Magnetizadores/Desmagnetizadores industriales	Incluyendo borradores de cintas magnéticas masivos.
Iluminación radiofrecuencia específica	
Dispositivos de plasma de radiofrecuencia	Se incluye la deposición por vacío y deposición catódica (sputtering).
Diatermia	Todo equipo de tratamiento sanitario que utiliza fuentes de emisión de radiofrecuencia de alta potencia promediadas en el tiempo ($> 100 \text{ mW}$).
Sistema eléctrico para la detección de fisuras	
Radares	Típicamente el control del tráfico aéreo, militar, radares meteorológicos y radares de larga distancia. Típicamente más de 100 mW RMS ($> 20 \text{ W pico}$).
Transportes con tracción eléctrica: trenes y tranvías	
Todo equipo médico que use intencionadamente una radiación que da	

Trabajo de Fin de Máster en Prevención de Riesgos Laborales.
El riesgo laboral por exposición a campos electromagnéticos.
Víctor Herrero Silvestre

Tipo de equipo	Observaciones
lugar a una exposición electromagnética o a la aplicación de corrientes.	
Calentadores y secadores industriales por microondas	
Antenas de estaciones base	Únicamente resulta pertinente una evaluación más detallada si los trabajadores pueden estar más cerca de la antena que la distancia de seguridad definida con relación a los límites de exposición al público en general.
Redes de suministro eléctrico en el lugar de trabajo y circuitos de distribución y transmisión eléctrica que pasan por encima del lugar de trabajo y no satisfacen los criterios dados en la tabla de la Parte 1.	

ANEXO III

Requisitos relativos a las evaluaciones sobre CEM específicas con respecto a actividades, equipos y lugares de trabajo comunes.

Se expone a continuación el cuadro incluido en la Guía no vinculante de buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE sobre campos electromagnéticos. Volumen 1: Guía práctica.

Tipo de equipo o de lugar de trabajo	Evaluación necesaria en relación con		
	Trabajadores que no presentan riesgos particulares * (1)	Trabajadores con riesgos particulares (salvo los que lleven implantes activos) ** (2)	Trabajadores con implantes activos *** (3)
Comunicaciones inalámbricas			
Teléfonos inalámbricos [incluidas las bases de teléfonos inalámbricos (DECT)]: utilización de	No	No	Sí
Teléfonos inalámbricos [incluidas las bases de teléfonos inalámbricos (DECT)]: lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Teléfonos móviles: utilización de	No	No	Sí
Teléfonos móviles: lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Dispositivos de comunicación inalámbrica (p. ej., Wi-Fi o Bluetooth), incluidos puntos de acceso para redes WLAN: utilización de	No	No	Sí
Dispositivos de comunicación inalámbrica (p. ej., Wi-Fi o Bluetooth), incluidos puntos de acceso para redes WLAN: lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Oficina			
Equipos audiovisuales (p. ej., televisores, reproductores de DVD)	No	No	No
Equipos audiovisuales que contienen transmisores de radiofrecuencia	No	No	Sí

Trabajo de Fin de Máster en Prevención de Riesgos Laborales.
El riesgo laboral por exposición a campos electromagnéticos.
Víctor Herrero Silvestre

Equipos y redes de comunicaciones conectados por cable	No	No	No
Ordenadores y equipos informáticos	No	No	No
Generadores de aire caliente eléctricos	No	No	No
Ventiladores eléctricos	No	No	No
Equipo de oficina (p. ej., fotocopiadoras, trituradores de documentos, grapadoras eléctricas)	No	No	No
Teléfonos (fijos) y aparatos de fax	No	No	No
Infraestructuras (edificios y terrenos)			
Sistemas de alarma	No	No	No
Antenas de estaciones de base, dentro de una zona de exclusión designada para operarios	Sí	Sí	Sí
Antenas de estaciones de base, fuera de zona de exclusión designada para operarios	No	No	No
Maquinaria de jardín (eléctrica): utilización de	No	No	Sí
Maquinaria de jardín (eléctrica): lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Equipos de calefacción (eléctricos) para interiores	No	No	No
Aparatos eléctricos domésticos y profesionales, p. ej., frigorífico, lavadora, secadora, lavavajillas, horno, tostadora, horno microondas, plancha, en tanto no contengan equipos de transmisión tales como WLAN, Bluetooth o teléfonos móviles	No	No	No
Equipo de iluminación, p. ej., alumbrado de zona y lámparas de escritorio	No	No	No
Equipo de iluminación activado por RF o microondas	Sí	Sí	Sí
Lugares de trabajo accesibles al público general que cumplen los niveles de referencia especificados en la Recomendación 1999/519/CE del Consejo	No	No	No
Seguridad			
Sistemas de vigilancia de artículos y RFID (identificación por radiofrecuencia)	No	No	Sí
Borradores de cinta o disco duro	No	No	Sí
Detectores de metales	No	No	Sí
Alimentación eléctrica			
Circuito eléctrico cuyos conductores están próximos entre sí con una intensidad neta de 100 A o menos; incluidos cableado, aparataje, transformadores, etc.: exposición a campos magnéticos	No	No	No
Circuitos eléctricos cuyos conductores están próximos entre sí con una intensidad neta	Sí	Sí	Sí

Trabajo de Fin de Máster en Prevención de Riesgos Laborales.
 El riesgo laboral por exposición a campos electromagnéticos.
 Víctor Herrero Silvestre

superior a 100 A, incluidos cableados, aparata, transformadores, etc.: exposición a campos magnéticos			
Circuitos eléctricos dentro de una instalación, con una intensidad de fase nominal de 100 A o menos para cada circuito; incluidos cableados, aparata, transformadores, etc.: exposición a campos magnéticos	No	No	No
Circuitos eléctricos dentro de una instalación, con una intensidad de fase nominal superior a 100 A para cada circuito; incluidos cableados, aparata, transformadores, etc.: exposición a campos magnéticos	Sí	Sí	Sí
Instalaciones eléctricas con una intensidad de fase nominal superior a 100 A; incluidos cableados, aparata, transformadores, etc.: exposición a campos magnéticos	Sí	Sí	Sí
Instalaciones eléctricas con una intensidad de fase nominal de 100 A o menos; incluidos cableados, aparata, transformadores, etc.: exposición a campos magnéticos	No	No	No
Generadores y generadores de emergencia: trabajo en	No	No	Sí
Inversores, incluidos los de sistemas fotovoltaicos	No	No	Sí
Conductores desnudos aéreos con una tensión nominal de hasta 100 kV o líneas aéreas de hasta 150 kV, por encima del lugar de trabajo: exposición a campos eléctricos	No	No	No
Conductores desnudos aéreos con una tensión nominal superior a 100 kV o líneas aéreas de más de 150 kV (1), por encima del lugar de trabajo: exposición a campos eléctricos	Sí	Sí	Sí
Conductores desnudos aéreos de cualquier tensión: exposición a campos magnéticos	No	No	No
Circuito de cable subterráneo o aislado, de cualquier tensión nominal: exposición a campos eléctricos	No	No	No
Turbinas eólicas: trabajo en	No	Sí	Sí
Industria ligera			
Procesos de soldadura eléctrica por arco, manual (incluidos MIG, MAG, TIG) con arreglo a buenas prácticas y sin apoyar cables en el cuerpo	No	No	Sí
Cargadores de batería, industriales	No	No	Sí
Cargadores de batería, profesionales de gran tamaño	No	No	Sí
Equipo de revestimiento y pintura	No	No	No

Trabajo de Fin de Máster en Prevención de Riesgos Laborales.
 El riesgo laboral por exposición a campos electromagnéticos.
 Víctor Herrero Silvestre

Equipo de control que no contiene radiotransmisores	No	No	No
Equipo de tratamiento de superficie corona	No	No	Sí
Calentamiento dieléctrico	Sí	Sí	Sí
Soldadura dieléctrica	Sí	Sí	Sí
Equipo de pintura electrostática	No	Sí	Sí
Hornos de calentamiento resistivo	No	No	Sí
Pistolas encoladoras (portátiles): lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Pistolas encoladoras: uso de	No	No	Sí
Pistolas de calor (portátiles): lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Pistolas de calor: uso de	No	No	Sí
Rampas hidráulicas	No	No	No
Calentamiento por inducción	Sí	Sí	Sí
Sistemas de calentamiento por inducción, automatizados, detección de averías y reparación que conllevan proximidad inmediata a la fuente de CEM	No	Sí	Sí
Equipo de sellado por inducción	No	No	Sí
Soldadura por inducción	Sí	Sí	Sí
Máquinas herramientas (por ejemplo, taladradoras de pie, amoladoras, tornos, fresadoras, sierras)	No	No	Sí
Inspección de partículas magnéticas (detección de fisuras)	Sí	Sí	Sí
Magnetizadores/desmagnetizadores, industriales (incluidos borradores de cinta)	Sí	Sí	Sí
Equipo e instrumental de medición que no contienen radiotransmisores	No	No	No
Calentamiento y secado por microondas en industrias madereras (secado, modelado y pegado de madera)	Sí	Sí	Sí
Aparatos de plasma de RF, incluidas deposición y pulverización en vacío	Sí	Sí	Sí
Herramientas (eléctricas manuales y transportables, p. ej., taladros, lijadoras, sierras radiales y amoladoras de ángulo): uso de	No	No	Sí
Herramientas (eléctricas manuales y transportables): lugares de trabajo que contienen	No	No	No
Sistemas de soldadura, automatizados, detección de averías, reparación y formación que conllevan proximidad inmediata a la fuente de CEM	No	Sí	Sí
Soldadura, resistencia manual (soldadura por puntos, soldadura en cordón)	Sí	Sí	Sí

Industria pesada			
Electrólisis industrial	Sí	Sí	Sí
Hornos de fundición por arco	Sí	Sí	Sí
Hornos de fundición por inducción (los hornos de menor tamaño suelen presentar campos accesibles más elevados que los de mayor tamaño)	Sí	Sí	Sí
Construcción			
Maquinaria de construcción (p. ej., hormigoneras, vibradores, grúas, etc.): trabajo a corta distancia	No	No	Sí
Secado por microondas en el sector de la construcción	Sí	Sí	Sí
Medicina			
Equipos médicos que no emplean CEM para el diagnóstico o el tratamiento	No	No	No
Equipos médicos que emplean CEM para el diagnóstico o el tratamiento (por ejemplo, diatermia de onda corta, estimulación magnética transcraneal)	Sí	Sí	Sí
Transporte			
Vehículos y equipos de motor: trabajo a corta distancia de motores de arranque, alternadores y sistemas de encendido	No	No	Sí
Radar para control del tráfico aéreo, militar, meteorológico y de largo alcance	Sí	Sí	Sí
Trenes y tranvías de propulsión eléctrica	Sí	Sí	Sí
Varios			
Cargadores de batería de acoplamiento inductivo o de proximidad	No	No	Sí
Cargadores de batería de acoplamiento no inductivo concebido para el uso doméstico	No	No	No
Sistemas y aparatos de radiodifusión (radio y TV: LF, MF, HF, VHF, UHF)	Sí	Sí	Sí
Equipos que generan campos magnéticos estáticos > 0,5 militeslas, bien eléctricamente o bien a través de imanes permanentes (por ejemplo, mandriles magnéticos, tablas y cintas transportadoras, imanes elevadores, abrazaderas magnéticas, placas de identidad, insignias)	No	No	Sí
Equipos comercializados en el mercado europeo que cumplen la Recomendación 1999/519/CE del Consejo o normas armonizadas en materia de CEM	No	No	No
Auriculares que producen fuertes campos magnéticos	No	No	Sí
Equipos de cocina por inducción profesionales	No	No	Sí

Equipos no eléctricos de todos los tipos, salvo los que contienen imanes permanentes	No	No	No
Equipos portátiles (alimentados por baterías) que no contienen transmisores de radiofrecuencia	No	No	No
Radios bidireccionales (por ejemplo, emisores-receptores, autorradios)	No	No	Sí
Transmisores alimentados por baterías	No	No	Sí

Nota:

* Se precisa evaluación con arreglo a los NA o los VLE aplicables.

** Evaluación con arreglo a los niveles de referencia de la Recomendación del Consejo.

*** La exposición personal localizada puede superar los niveles de referencia de la Recomendación del Consejo: ello habrá de tenerse en cuenta en la evaluación de riesgos, que se basará en la información suministrada por el equipo médico responsable de la implantación del aparato y/o de la atención posterior.

ANEXO IV

Tríptico de información sobre la exposición laboral a campos electromagnéticos entre 0 Hz y 300 GHz.

Método de lectura

5	6	1
----------	----------	----------

2	3	4
----------	----------	----------

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Métodos de evaluación anteriores.
- Información de la Organización Mundial de la Salud en <http://www.who.int/peh-emf/es/>
- Información de la Comisión internacional de protección frente a la radiación no ionizante en <http://www.icnirp.org/>

MEDIDAS PREVENTIVAS

- **Medidas organizativas:**
 - Eliminación de las fuentes o sustitución por fuentes de menor intensidad.
 - Diseño adecuado del lugar de trabajo.
 - Señalización, delimitación y limitación de acceso a las zonas de exposición.
 - Instrucciones y procedimientos de trabajo seguros.
 - Formación e información a los trabajadores.
- **Medidas técnicas:**
 - Instalación de jaulas de Faraday.
 - Dispositivos de desconexión automática.
 - Frente campos magnéticos estáticos, generación de campos de sentido inverso.



EL RIESGO LABORAL POR EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

QUÉ ES
RIESGOS
CÓMO EVALUARLO
SU PREVENCIÓN

QUÉ ES

- **Campos electromagnéticos:**
 - Campo eléctrico: generado por cargas eléctricas.
 - Campo magnético: generado por corrientes eléctricas.
 - Ambos pueden inducirse mutuamente, este es su método de propagación sin necesidad de soporte material.
- **Aplicaciones de exposición laboral:**
 - Cualquier equipo eléctrico.
 - Antenas de telecomunicaciones.
 - Radar.
 - Calentamiento en horno microondas.

MARCO NORMATIVO

- Directiva 2004/40/CE primera norma que reguló este riesgo en particular.
- Derogada y sustituida por la **Directiva 2013/35/UE**.
- La anterior es la primera norma transpuesta en España mediante **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.

RIESGOS

- **Efectos sensoriales:**
 - Vértigos y otras alteraciones del equilibrio.
 - Estimulación eléctrica de músculos y sistema nervioso.
 - Audición de zumbidos o pitidos.
 - Fosfenos oculares (centelleos y puntos de luz).
- **Efectos térmicos:**
 - Disipación en forma de calor de los campos en el interior del organismo.
 - Más grave cuanto más localizado: especialmente en cabeza y extremidades.
- Los efectos a largo plazo no se consideran probados científicamente y no suponen riesgos a evaluar según la normativa.

TRABAJADORES SENSIBLES

- Debe evaluarse este riesgo específicamente para estos trabajadores.
 - **Embarazadas**, tienen algunas limitaciones de exposición.
 - **Trabajadores con implantes médicos**, requieren de una mayor limitación de la exposición.

CÓMO EVALUARLO

- Guía pendiente de elaboración por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Guías publicadas por la Comisión Europea de aplicación de la Directiva 2013/35/UE.
- Norma técnica UNE-EN 50499:2009, a pesar de que aún no ha sido adaptada a la Directiva del 2013.

MÉTODOS PROPUESTOS

- **Comparación con listas de equipos seguros** proporcionadas por las metodologías publicadas.
- Evaluación a partir de la **información proporcionada por el fabricante**.
- **Medición y cálculo** de la exposición de cada puesto de trabajo.