

# La regulación de la protección frente al riesgo por agentes físicos

**Repetto G, del Peso A y Repetto M**

Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Sevilla. Avda Dr Fedriani s/n, 41009- Sevilla. Tel: 954371233 Ext: 231  
Fax: 954370262

Recibido 25 de junio de 2008 / Aceptado 9 de julio de 2008

**Resumen:** Aunque el toxicólogo se preocupa principalmente de los efectos nocivos de las sustancias químicas, no puede inhibirse de considerar las acciones y efectos de los agentes físicos sobre los seres vivos, ya que también son objeto de interés de la Toxicología, tanto por su interacción directa con las biomoléculas como por influir en las acciones de las sustancias químicas sobre los sistemas biológicos. Esta preocupación también llega al legislador que ha elaborado diferentes tipos de normativas que persiguen la protección de la salud humana y el medio ambiente. Los agentes físicos lesivos y tóxicos suelen agruparse según el tipo de energía en que se manifiesten: la energía *mecánica*, en forma de ruido y vibraciones; la energía *calorífica*; la *presión* y la *gravedad*; y la energía *electromagnética*, en la que se distinguen radiaciones ionizantes y no ionizantes. Las radiaciones ionizantes son las más peligrosas, siendo sus principales ámbitos normalizados la protección sanitaria de la población o de los trabajadores, el control de las exposiciones en usos médicos, de los traslados de sustancias radiactivas, de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas y de la contaminación de aguas y alimentos, así como la conservación de alimentos por irradiación. Las regulaciones sobre campos electromagnéticos persiguen la protección del público en general y de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y electromagnético, la armonización del espectro radioeléctrico, la protección del dominio público radioeléctrico y el control de los equipos. La radiación ultravioleta es la más peligrosa de las radiaciones ópticas, por lo que se controla tanto la exposición solar como la de fuentes artificiales, incluyendo los aparatos de bronceado. El ruido, de interés en ototoxicología y salud ambiental, se encuentra regulado tanto en el ámbito ocupacional como en el ambiental. Las vibraciones más peligrosas son las de alta frecuencia, por lo que también a ellas se refieren normativas específicas.

**Palabras clave:** Agentes físicos, legislación, radiación, electromagnéticos, ultravioleta, ruido, vibraciones

**Abstract: The regulation of the protection against the risk by physical agents** Although the toxicologist is concerned mainly with the adverse effects of chemicals, can not be inhibited to consider the actions and effects of physical agents on living organisms. It is also a subject of interest of Toxicology, both for their direct interaction with biomolecules as to influence the action of chemicals on biological systems. This concern has also come to the legislator that has developed different types of regulations to protect human health and the environment. Harmful and toxic physical agents are usually grouped by the type of energy: the mechanical energy in the form of noise and vibration; the heat energy; the pressure and gravity; and the

electromagnetic energy, expressed in ionizing and non-ionising radiations. Ionizing radiation are the most dangerous, and their main regulated areas are the protection of the health of the public and workers, the control of the exposure on medical uses, the transportation of radioactive substances, the sources of high-activity sealed radioactive substances, and the contamination of water and food, as well as food preservation by irradiation. The regulations on electromagnetic fields pursue the protection of the general public and workers against electrical and electromagnetic risks, the harmonisation of radio spectrum and the control of equipment. The ultraviolet radiation is the most dangerous optical radiation, so it should be monitored both solar exposure as artificial sources, including tanning devices. The noise, of interest in ototoxicology and environmental health is regulated at both occupational and environmental levels. As the most dangerous vibrations are those of high frequency, they also have specific regulation.

**Key words:** Physical agents, legislation, radiation, electromagnetic, ultraviolet, noise, vibrations

## Principales agentes físicos

Ordinariamente, se consideran sólo a las sustancias químicas como agentes tóxicos olvidando la lesividad propia de los agentes físicos. Existen muy diversos tipos de agentes físicos capaces de provocar efectos adversos sobre el ser humano y el medio ambiente. Podemos agruparlos según el tipo de energía en que se manifiesten: la energía *mecánica*, en forma de ruido y vibraciones; la energía *calorífica*; la *presión* y la *gravedad*; y la energía *electromagnética*, que a diferencia de las anteriores, no necesita de un medio material para propagarse. Estos agentes físicos no sólo realizan acciones directas en los individuos expuestos sino que influyen sobre la toxicidad de las sustancias químicas [1].

Las ondas electromagnéticas son paquetes de energía o fotones provenientes tanto de fuentes naturales como artificiales. Según su frecuencia y energía o intensidad se dividen en radiaciones ionizantes y radiaciones no-ionizantes. *Las radiaciones ionizantes* son ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente elevada (rayos X y gamma), con energía fotónica suficiente para ionizar moléculas mediante la ruptura de enlaces atómicos. Los núcleos atómicos inestables tienden a emitir partículas además de radiación electromagnética, hasta alcanzar una configuración estable. Las partículas emitidas por estos núcleos, denominados radioactivos, son partículas alfa, partículas beta y neutrones [2]. Los efectos de las radiaciones ionizantes procedentes de compuestos radioactivos,

\*e-mail: guillermo@grepetto.com

aparatos de radiodiagnóstico, etc. son bien conocidos, causando desde dosis bajas lesiones del ADN que provocan mutaciones y cáncer [3], y a dosis superiores el llamado síndrome de irradiación aguda.

Las radiaciones no ionizantes poseen una energía fotónica demasiado débil para romper los enlaces atómicos. Entre ellas se incluyen las radiaciones ópticas (ultravioleta, visible, infrarrojo y láser), los campos magnéticos y eléctricos (estáticos y variables), las radiaciones de radiofrecuencia (incluyendo las microondas) y los ultrasonidos. Entre las fuentes de campos eléctricos y magnéticos, destacan los usados en trenes de levitación magnética, sistemas de resonancia magnética para diagnóstico médico, sistemas electrolíticos, equipos de generación, transporte o utilización de la energía, radiodifusión, radar, teléfonos móviles, hornos microondas, cocinas, etc.

Aunque desde finales del siglo XIX se sabe que estamos expuestos a un conjunto complejo de campos eléctricos y magnéticos, y sus posibles efectos adversos han causado preocupación, aun en la actualidad se dispone de un conocimiento incompleto y con grandes lagunas. Sin embargo, sus efectos sobre los sistemas vivos son innegables, porque magnéticas o eléctricas son las fuerzas que atraen o mantienen unidos a los átomos para formar moléculas, las que ejecutan las señales intracelulares, la transmisión nerviosa, etc., y pueden ser afectadas por los mismos. Por inducción de corrientes eléctricas y vibraciones atómicas en células y tejidos, producen calentamiento, quemaduras, aumento de la velocidad de las reacciones químicas, alteraciones en el sistema nervioso, efectos fotoquímicos, etc.

En cuanto a la energía mecánica, el ruido y las vibraciones no sólo provocan molestias, sino que causan efectos adversos objetivos. Los cambios de presión y temperatura exigen al organismo un gran esfuerzo de adaptación, que una vez excedido provoca patologías. Dado que las diferentes legislaciones tratan de establecer marcos armonizados de control para cada tipo de agente, parece oportuno comparárlas entre sí, comentando sólo someramente sus principales efectos. En la Tabla 1 se recogen las principales normativas sobre los agentes físicos.

## Las Radiaciones ionizantes

En relación con las radiaciones, suelen distinguirse los términos *contaminación* y *exposición externa*; con el primero se entiende el depósito superficial o la absorción de isótopos, y por el segundo la penetración de rayos X o partículas.

Desde el punto de vista cuantitativo, el radón gaseoso que existe en las zonas habitadas supone una exposición importante. La segunda fuente en orden de importancia es la radiación natural de fondo y la tercera el uso médico de la radiación. La *dosis equivalente* en un tejido se mide en Sievert (Sv) y se calcula multiplicando la dosis absorbida por un factor de ponderación de la radiación proporcional a la magnitud de efecto biológico de cada radiación.

Las radiaciones ionizantes, en una fase de tipo químico, realizan la radiolisis del agua, con liberación de  $H_2O^+$  y formación de especies reactivas de oxígeno, que pueden afectar a membranas, citoplasma y orgánulos celulares; esta acción es tanto mayor cuanto más oxígeno haya en el medio; como consecuencia se produce apoptosis y necrosis e interrupción del ciclo celular; unas células y tejidos son más sensibles que otras, destacando por su sensibilidad las células de gran

actividad metabólica y reproductora, como las del bulbo piloso y epitelio intestinal, linfocitos y médula ósea.

En esta fase biológica, el tipo y la magnitud del daño dependen de la clase de radiación, de su energía, de la dosis absorbida, de la zona afectada y del tiempo de exposición. También pueden distinguirse daños *somáticos* o corporales, y *genéticos*, cuando afectan a las células germinales y provocan efectos en la descendencia, o *teratógenos*, caso de que afecten directamente al feto durante la gestación.

Los efectos *agudos* pueden ser locales o generales. Los locales incluyen eritema, quemaduras y úlceras o necrosis de la piel, caída del cabello, necrosis de tejidos internos, esterilidad temporal o permanente, reproducción anormal de tejidos como el epitelio del tracto gastrointestinal, funcionamiento anormal de los órganos hematopoyéticos (médula ósea roja y bazo), o alteraciones funcionales del sistema nervioso y de otros sistemas. El *Síndrome de irradiación aguda* consiste en náuseas, vómitos, anorexia, pérdida de peso, fiebre y hemorragia nasal e intestinal, etc., y responde a lo que se denominan subsíndromes hematopoyético (3-5 Gy), cutáneo, gastrointestinal (5-15 Gy) o neurovascular (>15 Gy).

Los efectos *diferidos* pueden deberse a una sola exposición intensa o a una exposición continuada durante un tiempo, e incluyen cicatrices atróficas locales o procesos distróficos de órganos y tejidos fuertemente irradiados, cataratas, cánceres óseos, cáncer pulmonar, anemias y leucemia por radiolesiones de la médula ósea.

Si el número de células de un tejido que mueren o se inutilizan para el funcionamiento normal es elevado, habrá una pérdida de función del órgano, efecto que se conoce como *determinista*, que tiene umbral y es dosis-dependiente. Si la célula no muere pero se modifica, se habla de *efectos estocásticos*, que no parecen presentar umbral a dosis bajas. El desarrollo de cáncer y los defectos hereditarios son los efectos biológicos estocásticos más relevantes atribuibles a la radiación.

Para proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos perjudiciales de la radiación, se creó en 1928 un comité internacional para la protección radiológica conocido desde 1950 con el nombre de Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Proporciona recomendaciones para utilizar de forma segura las radiaciones ionizantes. Establece límites de dosis, de forma que cualquier exposición prolongada que supere dichos límites supondría riesgos adicionales que se podrían considerar como razonablemente "inacceptables".

El Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM) dispone que la Comunidad deberá establecer normas uniformes de protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos las radiaciones ionizantes, dirigidas a señalar las dosis máximas admisibles que sean compatibles con una seguridad adecuada, los niveles de contaminación máximos admisibles y los principios fundamentales de la vigilancia sanitaria de los trabajadores, aspectos también incluidos en el Convenio 115 de la Organización Internacional del Trabajo.

La protección sanitaria de los *trabajadores y de la población* contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes se realiza de acuerdo con la Directiva 96/29/Euratom [4], que se incorpora a la legislación española con el RD 783/2001 sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes [5] y al RD 35/2008, por el que se modificó el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas aprobado por RD 1836/1999 [6], de acuerdo con la Ley 25/1964, RP e

incluyen como dosis efectiva a la suma de las dosis procedentes de la exposición externa durante el período especificado y de la dosis comprometida en 50 años (hasta los 70 años para los niños) por incorporaciones durante ese mismo período, siendo para exposición ocupacional de 20 mSv/año promediada a lo largo de períodos de 5 años y para exposición del público de 1 mSv en un año.

La protección operacional de los *trabajadores exteriores* con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada se regula por la Directiva 90/641/EURATOM [8] y es incorporada por el RD 413/1997 [9].

La protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en *exposiciones médicas* se incluye en la Directiva 97/43/Euratom [10], incorporada por el RD 1841/1997 sobre medicina nuclear [11], el RD 1566/1998 sobre radioterapia [12], el RD 1976/1999 sobre radiodiagnóstico [13] y el RD 815/2001 sobre justificación del uso de radiaciones ionizantes para la protección radiológica en otras exposiciones médicas [14].

Los traslados de sustancias radiactivas entre los Estados miembros están regidos por el Reglamento (Euratom) n° 1493/93 [15]. El control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas se lleva a cabo gracias a la Directiva 2003/122/Euratom del Consejo [16], que ha sido transpuesto mediante el RD 229/2006 [17].

En relación con la *contaminación de alimentos*, tras el accidente de la central nuclear de Chernobil en 1986, se promulgó el Reglamento (Euratom) n° 3954/87 por el que se establecen tolerancias máximas de contaminación radiactiva de los productos alimenticios y los piensos tras un accidente nuclear o cualquier otro caso de emergencia radiológica [18]. Este reglamento fue modificado por el Reglamento (Euratom) n° 2218/89 relativo a las condiciones particulares de exportación de productos alimenticios y piensos después de un accidente nuclear o en cualquier otra situación de emergencia radiológica [19]. Los alimentos procedentes de Chernobil se controlaron con la Regulación del Consejo (EEC) 737/90, con sus modificaciones posteriores [20]. De acuerdo con la Directiva 98/83/CE [21] y el RD 140/2003 [22], en todas las *aguas destinadas al consumo humano* que estén distribuidas por las redes privadas y públicas o utilizadas por la industria agroalimentaria debe determinarse la actividad en tritio y realizar la evaluación anual de su Dosis Indicativa Total (DTI).

La *conservación de alimentos por irradiación* ha evolucionado mucho desde el primer informe favorable emitido en 1980 por el Comité Mixto FAO/OMS/OIEA de Expertos sobre la Comestibilidad de los Alimentos Irradiados [23]. La Comisión Mixta FAO/OMS del *Codex Alimentarius*, ha adoptado, en cooperación con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), una “Norma General del Codex Alimentarius para alimentos irradiados” [24] y un “Código internacional recomendado de prácticas, para el funcionamiento de instalaciones de irradiación utilizadas para el tratamiento de alimentos” [25]. La UE permite este tipo de tratamiento en los productos alimenticios, teniendo en cuenta los límites requeridos para la protección de la salud humana y siempre que no sea utilizado como sustituto de las medidas higiénicas o sanitarias o de las prácticas correctas de elaboración o de cultivo. La armonización incluye una Directiva marco, de aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en lo que se refiere al tratamiento por radiaciones ionizantes de alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes (Directiva 1999/2/CE) [26]; y una Directiva de aplicación, que regula los productos alimenticios que

los Estados miembros en lo que se refiere al tratamiento por radiaciones ionizantes de alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes (Directiva 1999/2/CE) [26]; y una Directiva de aplicación, que regula los productos alimenticios que pueden tratarse con radiaciones ionizantes y fija las dosis máximas autorizadas, la Directiva 1999/3/CE, relativa al establecimiento de una lista comunitaria de alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes [27]. En lo que se refiere a las instalaciones radiactivas, los requisitos de autorización se encuentran establecidos en el RD 1836/1999, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas [28], modificado por el RD 35/2008 [29]. En el mismo, se actualizan las actividades de radionucleidos exentos de control administrativo. El RD 348/2001 regula los principios generales para la elaboración, comercialización e importación de productos alimenticios e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes estableciendo la instrumentación de su control y una lista de productos alimenticios que pueden tratarse con radiaciones ionizantes, fijando las fuentes de radiación y las dosis máximas autorizadas [30].

## Los Campos electromagnéticos

Existe una gran preocupación pública por los posibles efectos perniciosos de los campos electromagnéticos. La *Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC)* clasifica desde 2002 como posibles carcinógenos humanos (Grupo 2B) a los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia, mientras que los campos magnéticos estáticos y los campos eléctricos, tanto estáticos como de extremadamente baja frecuencia, se consideran como no clasificables respecto a la carcinogenicidad humana (Grupo 3). De hecho, la mayoría de los estudios epidemiológicos y experimentales contrastados sólo consiguen demostrar el denominado *efecto térmico*, es decir, la generación de calor debida a la absorción de energía por parte de estos tejidos y a la redistribución de cargas eléctricas, sin observar efectos adversos a las dosis de exposición en usos habituales, como confirman recientes informes de expertos sobre campos eléctricos débiles [31], estudios epidemiológicos sobre los efectos de la radiofrecuencia [32], protección de los pacientes tratados con resonancia magnética [33], sobre los sistemas de alarma con campos electromagnéticos [34] o los efectos de los campos magnéticos estáticos sobre la salud humana [35].

La *Comisión Internacional de Protección frente a la Radiación no Ionizante (ICNIRP)* publicó en 1998 los límites de exposición recomendados de radiaciones no ionizantes para el público en general [36]. Basándose en ellos, el Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea publicó en 1999 la recomendación 1999/519/CE relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 a 300 GHz, cuyo cumplimiento garantiza la protección sanitaria de los ciudadanos [37]. En esta recomendación se incluye una serie de restricciones básicas y niveles de referencia, persiguiendo que el público no esté expuesto a niveles superiores a 100 microT, que es el doble que el campo magnético terrestre. Otras normativas complementarias, como la Decisión 2008/432/CE de la Comisión, persiguen la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance [38].

España aprobó el RD 1066/2001 con el Reglamento que establece las condiciones de *protección del dominio público radioeléctrico*, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección



sanitaria frente a emisiones radioeléctricas [39]. A pesar de que la recomendación europea contempla todo el rango de frecuencias entre 0 y 300 GHz, este Reglamento sólo se refiere a las emisiones radioeléctricas (emisiones de energía en forma de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y que son producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones), por lo que quedan excluidas las de baja frecuencia (50 Hz) de las redes de distribución eléctrica de alta tensión.

Aunque la mayoría de las comunidades autónomas han asumido la legislación estatal, alguna de ellas y varios ayuntamientos han establecido límites de exposición inferiores a los del RD 1066/2001. Ante la dispersión legislativa, el Ministerio de Sanidad y Consumo emitió un informe en 2005 [40], a la vista de la información disponible, de acuerdo con la opinión del Comité de Expertos, con la Organización Mundial de la Salud y con otros Comités internacionales, concluyendo que la evidencia experimental y epidemiológica actual sobre los efectos de los campos electromagnéticos no justifica, por el momento, la modificación de los límites de exposición establecidos por el RD 1066/2001.

Por otra parte, en los informes recientes de la ICNIRP no se encuentran razones científicas para reducir los límites, aunque se muestra la preocupación por la exposición a una gran variedad de tecnologías inalámbricas que emiten radiaciones no ionizantes, como los sistemas WLAN como Wi-Fi o Bluetooth, WiMAX, DECT, RFID, UWB, DVD, radar GPR, hornos de inducción, equipos de resonancia magnética, trenes electrificados, transporte inalámbrico de energía y teléfonos móviles. Aunque es probable que en el futuro estos sistemas emitan con menos energía, probablemente aumente el periodo de exposición global a los mismos [41].

La Directiva 1999/5/CE sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad establece los requisitos que deben cumplir los transmisores radioeléctricos para ser comercializados y utilizados; asimismo, se prevé que los Estados miembros puedan restringir su funcionamiento por motivos de salud, por ejemplo, imponiendo distancias mínimas entre el transmisor y el público [42]. Sin embargo, las antenas repetidoras suponen un riesgo mucho menor que los propios móviles, ya que transmiten con poca potencia y se encuentran a mucha más distancia del ser humano, por lo que el nivel de exposición es mucho menor, siendo a tres metros inferior al nivel de referencia. Por otra parte, la potencia de emisión de los teléfonos móviles aumenta automáticamente en forma inversamente proporcional a la señal con que recibe al repetidor. Por lo tanto, la exposición por el teléfono móvil de quien habla disminuye al acercarse al repetidor, o en términos generales, con el número de antenas repetidoras, que pueden además reducir su potencia de emisión.

En el *ámbito ocupacional*, los riesgos electromagnéticos se regulan por la Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los campos electromagnéticos [43]. Se considera necesario establecer medidas que protejan a los trabajadores de los riesgos asociados a los campos electromagnéticos, debido a sus efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores. Sin embargo, la propia Directiva indica que “no se abordan los efectos a largo plazo, incluidos los posibles efectos carcinógenos de la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, sobre los cuales no hay pruebas científicas concluyentes que establezcan una relación de

causalidad”. Establece unos requisitos mínimos, lo que permite a los Estados miembros la opción de mantener o adoptar disposiciones más estrictas para la protección de los trabajadores, en particular fijando, para los campos electromagnéticos, valores inferiores para los valores que dan lugar a una acción o los valores límites de exposición. La aplicación de la Directiva no debe servir para justificar retroceso alguno en relación con la situación existente en cada Estado miembro. Esta directiva pretende aplicar en la esfera laboral los mismos criterios utilizados para el público en general. Sin embargo, se ha detectado que en determinadas aplicaciones de campos de frecuencia estática o extremadamente bajos, como la resonancia magnética nuclear en investigación, diagnóstico y tratamiento, en condiciones normales de trabajo pueden sobrepasarse los límites fijados. Para poder estudiar la situación, la implementación de la directiva se pospuso hasta 2012 mediante la Directiva 2008/46/CE [44].

Las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico en los lugares de trabajo, incluyendo las líneas de alta tensión, se establecen en el RD 614/2001 [45]. El RD 842/2002 aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión que requiere las condiciones técnicas y garantías de las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes [46].

## Las Radiaciones ópticas

Por radiación óptica se entiende toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. El espectro de la radiación óptica se divide en radiación ultravioleta, radiación visible y radiación infrarroja. Cuando cualquiera de ellas están en forma de un haz de láser, presenta una radiación coherente, es decir, que no tiende a difundirse a lo largo de su trayectoria, siendo mucho más peligrosos ya que su energía no disminuye con el cuadrado de la distancia.

Catorce años después de que la Comisión lanzara una iniciativa relativa a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2006/25/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de las radiaciones ópticas artificiales [47], que es el último de los cuatro capítulos de la propuesta inicial de la Comisión. La Directiva impone a los empresarios una serie de obligaciones, entre otras, evaluar los riesgos, reducir la exposición, vigilar la salud e informar y formar a los trabajadores expuestos profesionalmente a dichos riesgos.

Se establecen medidas que protegen a los trabajadores de los riesgos asociados a las radiaciones ópticas, debido a sus efectos en la salud y la seguridad, en particular las lesiones en los ojos y en la piel. Uno de sus objetivos es la detección precoz de estos efectos. La Directiva establece unas disposiciones mínimas, lo que permite a los Estados miembros adoptar disposiciones más estrictas para la protección de los trabajadores.

La *radiación ultravioleta* es la radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm. Esta región se divide en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm). La propia directiva indica que provoca fotoqueratitis, conjuntivitis, cataratas, eritema, elastosis y cáncer de piel, estando los tres tipos clasificados desde 1992 como probables carcinógenos (Grupo 2a) en humanos por el IARC.

Recientemente el IRNTP ha revisado las medidas de protección de los *trabajadores* a la exposición aguda y crónica a la luz UV, enfatizando la exposición solar [48]. Aumentan las evidencias que asocian la irradiación en la niñez y adolescencia, por ser acumulativa, con el desarrollo de carcinoma melanocítico y del carcinoma de células basales (basotelioma), además del directo en las células espinosas. Se aclaran mecanismos moleculares de fotocarcinogénesis, incluyendo mutaciones puntuales del p53. Sin embargo debe investigarse más la modulación por el sistema inmunitario, el desarrollo de carcinoma melanocítico por UVA, o el desarrollo de cataratas.

La venta y utilización de *aparatos de bronceado mediante radiaciones ultravioletas* se regula por el RD 1002/2002 [49]. Tanto las lámparas ultravioletas en general como las de bronceado se clasifican por el IARC como probables carcinógenos (Grupo 2A). El bronceado artificial se ha relacionado con una serie de efectos perjudiciales para la salud, unos propios de la exposición a la radiación, y otros consecuencia de la interacción fototóxica de esa radiación con agentes químicos exógenos (medicamentos, cosméticos, etc.) o endógenos (porfirias), además de la posible inducción de ciertas enfermedades (fotodermatitis) o exacerbación de otras patologías preexistentes. Por ello se prohíbe su aplicación a menores de 18 años y embarazadas y se obliga a informar de los riesgos a los clientes. El ICNIRP indica que aunque no exista evidencia directa de que el bronceado mediante aparatos UV cause cáncer de piel, cualquiera de sus aplicaciones probablemente incrementa el riesgo de padecerlo, que es mucho mayor en personas con fototipos I y II y en niños [50].

La *radiación visible* es la radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm y es la que provoca menor preocupación, aunque debe mantenerse en los límites de intensidad adecuados.

La *radiación infrarroja* es la radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 780 nm y 1 mm. Esta región se divide en IRA (780-1 400 nm), IRB (1400-3000 nm) e IRC (3000 nm-1 mm). De 300 a 1400 se produce cataractogénesis, fotorretinitis y quemadura de la retina. De 380-3000, quemadura dérmica. Están bien caracterizadas las emisiones IR-A e IR-B, que por ejemplo, causan eritema dérmico y cataratas por calor en exposición industrial [51]. Por el contrario, se está investigando la posible contribución de la IR-C, sobre todo por nuevas aplicaciones como las cabinas de calentamiento por infrarrojos en saunas. Esta radiación es absorbida totalmente en el estrato córneo y la epidermis superficial, produciendo calentamiento por transferencia térmica. Se desaconseja utilizar estas cabinas en días en que se tomen baños de sol, o por personas con reducida sensación de dolor, incluyendo aquellas bajo la influencia de alcohol o tranquilizantes [52].

## El Ruido

Las principales fuentes de contaminación sónica son el tráfico rodado, de ferrocarril y tráfico aéreo, la construcción, el llamado "ruido de ocio", etc. A las anteriores, en el interior de los locales, hay que añadir el producido por electrodomésticos, radio, televisión, conversaciones altas, etc.

La exposición prolongada a niveles elevados de ruido continuo causa, frecuentemente, lesiones auditivas progresivas, que pueden llegar a la sordera. Podría afectar también al sistema circulatorio (taquicardia, hipertensión arterial), disminuir la actividad digestiva y acelerar el metabolismo y el ritmo respiratorio, provocar trastornos del sueño,

irritabilidad, fatiga psíquica, reducción de rendimiento, dificultad de aprendizaje, etc. Todos estos trastornos disminuyen la capacidad de alerta del individuo y pueden ser, en consecuencia, causa de accidentes. Por si fuera poco, el ruido dificulta la comunicación e impide percibir las señales y avisos de peligro, hecho que puede ser también causa de accidentes. Los ruidos de impacto o ruidos de corta duración pero de muy alta intensidad (golpes, detonaciones, explosiones, etc.), pueden causar lesiones auditivas graves, como la rotura del tímpano. Por otra parte, se sabe que el ruido incrementa los efectos dañinos de los productos ototóxicos.

De acuerdo con la Guía sobre el ruido urbano de la Organización Mundial de la Salud [53], para proteger a la mayoría de las personas de ruidos muy molestos durante el día, el nivel de sonido exterior proveniente del ruido continuo no debe exceder 55 dB LAeq en balcones, terrazas y áreas exteriores.

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del *ruido ambiental* tiene por objeto prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños para la salud humana, los bienes y el medio ambiente [54]. Con anterioridad, la reglamentación comunitaria se había centrado en las fuentes del ruido, pero se ha hecho necesario un nuevo enfoque para considerar al ruido ambiental como un producto derivado de múltiples emisiones que generan niveles de contaminación acústica inadecuados desde el punto de vista ambiental y sanitario. Se define el ruido ambiental como el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales.

La Ley 37/2003, del Ruido, que incorpora parcialmente al derecho interno las previsiones de la citada Directiva, regula la contaminación acústica con un alcance y un contenido más amplio que el de la propia Directiva, ya que, además de establecer los parámetros y las medidas para la evaluación y gestión del ruido ambiental, incluye el ruido y las vibraciones en el espacio interior de determinadas edificaciones [55]. Se define la contaminación acústica como la presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que implique molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

Posteriormente, el RD 1513/2005 completó la transposición de la Directiva en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental y precisó los conceptos de ruido ambiental y sus efectos sobre la población, junto a una serie de medidas, como la elaboración de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción o las obligaciones de suministro de información [56]. El RD 1367/2007 desarrolla la Ley del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas [57]. Se definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruidos y vibraciones.

En el *ámbito ocupacional*, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2003/10/CE, sobre las disposiciones mínimas

de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados del ruido [58], que se traspuso mediante el RD 286/2006 [59]. Protege en particular los riesgos para la audición; regula la obligación empresarial de reducir la exposición cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción; determina los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción; y especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición.

## Las Vibraciones

Las vibraciones pueden ser de *muy baja frecuencia*, por ejemplo las que genera el balanceo de trenes y barcos, que producen mareos; de *baja frecuencia*, como las de los vehículos en movimiento, carretillas elevadoras, tractores, etc., que provocan efectos sobre el oído interno y retardan los tiempos de reacción; y de *alta frecuencia*, como las que producen las motosierras, los martillos neumáticos, etc., que tienen consecuencias más graves como son los problemas articulares, ciertos traumatismos, trastornos vasomotores y lesiones en brazos y piernas. Se afecta la espalda, nuca o cuerpo entero, como por ejemplo en conductores de máquinas excavadoras y de vehículos pesados, o por máquinas portátiles que impactan el sistema articular de la mano y brazo, como martillos neumáticos, taladradores, remachadores, pulidoras tronadoras y otras.

El Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2002/44/CE, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de las vibraciones [60], que se traspuso mediante el RD 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas [61]. Especifican los valores límite de exposición diaria y

los valores de exposición diaria que dan lugar a una acción, tanto para la vibración transmitida al sistema mano-brazo como para la vibración transmitida al cuerpo entero, así como la posibilidad, de excepcionar determinadas circunstancias; prevé la evaluación de los riesgos, y establece la obligación de que el empresario efectúe una evaluación de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores, que incluirá, en caso necesario, una medición; regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de forma que las vibraciones se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible.

## Otros

Otras alteraciones por agentes físicos, son, por ejemplo, los efectos de los cambios en la presión atmosférica, ya que pueden producirse efectos como el mal de montaña al reducirse la presión, por descompresión explosiva o por de descompresión al abandonar túneles a presión o mares profundos; los cambios de presión atmosférica también afectan a la toxicocinética y toxicodinámica de las sustancias químicas. En cuanto a los cambios de temperatura, que asimismo influyen en la toxicidad, las normativas contemplan que el estrés térmico se prevenga acondicionando los locales para conseguir unos niveles adecuados de temperatura y humedad y asegurando una adecuada ventilación y renovación del aire y la reposición de la pérdida de agua. Cuando no se pueda reducir la temperatura ambiente, es preciso establecer periodos de descanso en recintos climatizados. En los puestos de trabajo en los que existen focos de calor radiante muy intenso o baja temperatura, deberá utilizarse ropa esencial de protección. Para valorar el riesgo de estrés térmico se calcula el índice de termómetros de globo y de bulbo seco y húmedo (WBGT) y el índice de sobrecarga calórica (ISC).

Tabla 1. Principales normativas europeas y españolas sobre agentes físicos

AMBITO	UNIÓN EUROPEA	ESPAÑA
<b>RADIACIONES IONIZANTES:</b>		
Protección sanitaria de trabajadores y población	<u>Dir 96/29/Euratom</u>	RD 783/2001; RD 1836/1999; Ley 25/1964 (Energía Nuclear)
Trabajadores exteriores	Dir 90/641/Euratom	RD 413/1997; Res 16-7-1997; Ins 31-5-2001 (carné radiológico)
Exposiciones médicas	Dir 97/43/Euratom	RD 1841/1997 (Medicina nuclear) RD 1566/1998 (Radioterapia) RD 1976/1999 (Radiodiagnóstico) RD 815/2001 (otras)
Transporte sustancias radioactivas	CR 1493/93 Euratom	
Fuentes radioactivas selladas y huérfanas	Dir 2003/122/Euratom	RD 229/2006
Sustancias radioactivas transporte de residuos	Dir 92/3/EURATOM	RD 2088/1994
Contaminación radioactiva de alimentos y piensos	Reglamentos 3954/87, 2218/89, 2219/89, 770/90, 944/89...	
Contaminación radioactiva de alimentos en Chernobil	Regulaciones del Consejo 737/90 y 616/2000, Regulaciones de la Com. 1661/1999 y 1609/2000	
Aguas de consumo humano	Dir 98/83/CE	RD 140/2003
Irradiación de productos alimenticios	Dir 1999/2/CE, Dir 1999/3/CE	RD 1836/1999, RD 348/2001
Emergencias radiológicas	Dir 89/618 EURATOM, CD2001/792, Decisión del Consejo 87/600/Euratom	RD 1546/2004 (Plan Básico de Emergencia Nuclear)
Energía nuclear		Ley 25/1964 (Energía Nuclear), Ley 15/1980 (Consejo de Seguridad Nuclear), RD 1546/2004 (Emergencia Nuclear), RD 1836/1999 y RD 35/2008 (Instalaciones Radiactivas)
<b>RADIACIONES NO IONIZANTES:</b>		
Campos electromagnéticos (Público en general)	Recomendación del Consejo RCMSUE 1999/519/CE; Decisión 2008/432/CE	RD 1066/2001, O CTE/23/2002
Armonización del espectro radioeléctrico: dispositivos de corto alcance	Decisión 2008/432/CE	
Equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación	Directiva 1999/5/CE	
Campos electromagnéticos (Trabajadores)	Dir 2004/40/CE postpuesta hasta 2012 por Dir 2008/46/CE	
Riesgo eléctrico en el trabajo (alta tensión)		RD 614/2001
Reglamento electrotécnico para baja tensión		RD 842/2002
Radiaciones ópticas artificiales (Trabajadores)	Dir 2006/25/CE	
Aparatos de bronceado mediante radiaciones ultravioletas		RD 1002/2002
<b>ENERGÍA MECÁNICA:</b>		
Ruido ambiental	Dir 2002/49/CE	Ley 37/2003 (del ruido), RD 1513/2005, RD 1367/2007
Ruido (trabajadores)	Dir 2003/10/CE	RD 286/2006
Vibraciones (trabajadores)	Dir 2002/44/CE	RD 1311/2005



## Bibliografía

1. Repetto M, Repetto G (2008) Toxicología Fundamental. 4ª ed. Editorial Diaz de Santos. Madrid. En prensa.
2. Morcillo Alonso MA, Real Gallego A (2008) Evaluación del Riesgo de los Agentes Físicos: Radiaciones Ionizantes y Campos Electromagnéticos. M19 Cap 6. En: Repetto M (ed). Postgrado de Toxicología. Ilustre Colegio Oficial de Químicos. Sevilla. CD-ROM. 58-77.
3. Alcaraz M, Martínez C, Navarro JL, Yáñez J, Vicente V, Canteras M (2003) Efecto genotóxico de la radiación ionizante empleada en diferentes procedimientos médicos. Rev Toxicol 20: 115.
4. Directiva 96/29/Euratom del Consejo de 13 de mayo de 1996 por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. DO L 159 de 29.6.1996 1-114.
5. RD 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE nº 26-Jul-01.
6. RD 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre. BOE nº 42, 18-Feb-2008 y BOE nº 313, 31-Dic-1999.
7. Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear. BOE nº 107, 4-May-1964.
8. Directiva 90/641/Euratom del Consejo, de 4 de diciembre de 1990, relativa a la protección operacional de los trabajadores exteriores con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada. DO L 349 de 13.12.1990. 21-25.
9. Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada. BOE nº 91, 16-Abr-1997.
10. Directiva 97/43/Euratom del Consejo de 30 de junio de 1997 relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, por la que se deroga la Directiva 84/466/Euratom. DO L 180 de 9.7.1997. 22-27.
11. Real Decreto 1841/1997, de 5 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear. BOE nº 303, 19-Dic-1997.
12. Real Decreto 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia. BOE nº 206, 28-Ago-1998.
13. Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. BOE nº 311, 29-dic-1999.
14. Real Decreto 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. BOE nº 168, 14-Jul-2001.
15. Reglamento (Euratom) nº 1493/93 del Consejo, de 8 de junio de 1993, relativo a los traslados de sustancias radiactivas entre los Estados miembros. DO L 148 de 19.6.1993. 1-7.
16. Directiva 2003/122/Euratom del Consejo, de 22 de diciembre de 2003, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas. DO L 346 de 31.12.2003. 57-64.
17. Real Decreto 229/2006, de 24 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas. BOE nº 50, 28-Feb-2006.
18. Reglamento (Euratom) nº 3954/87 del Consejo de 22 de diciembre de 1987 por el que se establecen tolerancias máximas de contaminación radiactiva de los productos alimenticios y los piensos tras un accidente nuclear o cualquier otro caso de emergencia radiológica. DO L 371 de 30.12.1987. 11-13.
19. Reglamento (Euratom) nº 2218/89 del Consejo de 18 de julio de 1989 por el que se modifica el Reglamento (Euratom) nº 3954/87 por el que se establecen tolerancias máximas de contaminación radiactiva de los productos alimenticios y los piensos tras un accidente nuclear o cualquier otro caso de emergencia radiológica. DO L 211 de 22.7.1989. 1-3.
20. Reglamento (CEE) nº 737/90 del Consejo, de 22 de marzo de 1990, relativo a las condiciones de importación de productos agrícolas originarios de países terceros como consecuencia del accidente ocurrido en la central nuclear de Chernobil. DO L 82 de 29.3.1990. 1-6.
21. Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano DOCE 330/L, de 05-12-98.
22. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE nº 45. 21- feb- 2003.
23. Informe de un Comité mixto FAO/OIEA/OMS de expertos (1981) Comestibilidad de los alimentos irradiados. Serie de Informes Técnicos, Nº 659, OMS, Ginebra.
24. Codex Alimentarius (2003) Norma general del codex para los alimentos irradiados. CODEX STAN 106-1983, REV. 1-2003 1.
25. Codex Alimentarius (2003) Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Tratamiento de los Alimentos por Irradiación CAC/RCP 19-1979, Rev. 1-2003.
26. Directiva 1999/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de febrero de 1999 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. *DOL 66 de 13.3.1999. 16-23.*
27. Directiva 1999/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de febrero de 1999 relativa al establecimiento de una lista comunitaria de alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. *DOL 66 de 13.3.1999. 24-25.*
28. Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. BOE nº 313, 31-Dic-1999.
29. Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre. BOE nº 42, 18-Feb-2008
30. Real Decreto 348/2001, de 4 de abril, por el que se regula la



- elaboración, comercialización e importación de productos alimenticios e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. BOE nº 82, 5-Abr-2001.
31. McKinlay AF, Repacholi MH, Eds (2003) Weak Electric Field Effects in the Body. Proceedings of an International Workshop, NRPB, Chilton, UK, March 24-25, 2003. Nuclear Technology Publishing, Radiation Protection Dosimetry, 106.
  32. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection Standing Committee on Epidemiology (2004) Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A. Review of the Epidemiologic Literature on RF and Health. *Environ Health Perspec* 112: 1741-1754.
  33. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection (2004) Statement on Medical Magnetic Resonance (MR) Procedures: Protection Of Patients. *Health Physics* 87: 197-216.
  34. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection (2004) Statement related to the Use of Security and Similar Devices utilizing Electromagnetic Fields. *Health Physics* 87: 187-196.
  35. Noble D, McKinlay AF, Repacholi MH, eds. (2005) Effects of Static Magnetic Fields Relevant to Human Health. Proceedings of an International Workshop, NRPB, Chilton, UK. *Journal Progress in Biophysics & Molecular Biology* February/April.
  36. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74: 494-522.
  37. Recomendación del Consejo 1999/519/CE, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz). DO nº L 199 de 30/07/1999 59-70
  38. Decisión de la Comisión 2008/432/CE, de 23 de mayo de 2008, por la que se modifica la Decisión 2006/771/CE, sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance. DOL 151 de 11.6.2008. 49-54
  39. 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. BOE nº 234, 29-Sep-2001.
  40. MSC (2005) Informe del Ministerio de Sanidad y Consumo sobre la aplicación 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. MSC. Madrid.
  41. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2008) Statement on EMF Emitting New Technologies. *Health Physics* 94:376-392.
  42. Directiva 1999/5/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 1999, sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad. DOL 91 de 7.4.1999. 10-28
  43. Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimotava Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) DOL 159 de 30.4.2004. 1-26.
  44. Directiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimotava Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE). DO L 114 de 26.4.2008. 88-89
  45. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. BOE nº 148, 21-Jun-2001.
  46. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE nº 224, 18-Sep-2002.
  47. Directiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales) (decimonovena Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE). DO L 114 de 27.4.2006. 38-59.
  48. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Vecchia P, Hietanen M, Stuck BE, van Deventer E, Niu S. (2007) Protecting Workers from Ultraviolet Radiation. International Labour Organization, World Health Organization, ICNIRP 14.
  49. Real Decreto 1002/2002, de 27 de septiembre, por el que se regula la venta y utilización de aparatos de bronceado mediante radiaciones ultravioletas. BOE nº 243, 10-Oct-2002.
  50. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2003) Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances used for Cosmetic Purposes. *Health Physics* 84: 119-127.
  51. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1997) Guidelines of limits of exposure to broadband incoherent optical radiation (0.38 to 3 m). *Health Phys* 73:539-554.
  52. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (2006) ICNIRP statement on far infrared radiation exposure. *Health Physics* 91: 630-647.
  53. Berglund B, Lindvall T, Schwela DH (1999) Guías para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS.
  54. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental - Declaración de la Comisión ante el Comité de Conciliación de la Directiva sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. DOL 189 de 18.7.2002. 12-25.
  55. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. BOE nº 276, 18-Nov-2003.

56. Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. BOE nº 301, 17-Dic-2005.
57. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. BOE nº 254, 23-Oct-2007.
58. Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE). DO L 42 de 15.2.2003. 38-44.
59. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE nº 60, 11-Mar-2006.
60. Directiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) (decimosexta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) - Declaración conjunta del Parlamento Europeo y del Consejo. DO L 177 de 6.7.2002. 13-20.
61. Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. BOE nº 265, 5-Nov-2005.