ANEXO II

ESPECIFICACIONES TECNICAS SOBRE RADIACIONES

RADIACION IONIZANTE

La radiación ionizante comprende a las partículas radiantes (p.e. partículas alfa y beta emitidas por los materiales radiactivos y neutrones de los reactores y aceleradores nucleares) y a la radiación electromagnética (p.e. los rayos gama emitidos por los materiales radiactivos y rayos-x de los aceleradores de electrones y aparatos de rayos-x) con una energía superior a 12,4 electrón-voltios (eV), correspondiente a longitudes de onda inferiores a aproximadamente 100 nanómetros (nm).

El principio fundamental de la protección contra la radiación es evitar todas las exposiciones radiactivas innecesarias. La International Commission on Radiological Protection (ICRP) ha establecido los principios de protección radiológica siguientes:

• De la justificación para realizar un trabajo: No debe adoptarse ningún uso de la exposición a la radiación ionizante a menos que produzca el beneficio suficiente a los expuestos o a la sociedad para compensar el detrimento que pueda causar.

• De la optimización de ese trabajo: Todas las exposiciones a la radiación deben permanecer tan bajas como razonablemente sea posible (TBCRP) [as low as reasonably achievable (ALARA)], teniendo en cuenta los factores económicos y sociales.

• De los límites de dosis individual: La dosis de radiación de todas las fuentes importantes no debe exceder el límite de dosis prescripto en la Tabla 1.

Las pautas que se indican en la Tabla 1 son los límites de dosis recomendados por la ICRP para las exposiciones profesionales. El principio de TBCRP se recomienda para mantener las dosis de radiación y exposiciones lo más bajas viablemente posible de las pautas indicadas.

TABLA 1

Pautas para la exposición a la radiación ionizante

Tipo de exposición	Dosis límite
Dosis efectiva	
a) en un solo año	50 mSv (milisievert) *
b) media de 5 años	20 mSv por año
Dosis anual equivalente para:	
a) cristalino	150 mSv
b) piel	500 mSv
c) manos y pies	500 mSv
Exposiciones embrio-fetales desde el conocimiento del embarazo	
• Dosis mensual equivalente**	0,5 mSv
• Dosis en la superficie del abdomen (parte más baja del tronco)	2 mSv para el resto del embarazo
• Cantidad admitida de radionúclidos	1/20 del límite anual de la cantidad recibida (LACR)
Productos de desintegración del radón	Nivel de trabajo de 4 meses (NTM/año)

* 10mSv = 1 rem

** Suma de las exposiciones interna y externa, excluyendo las dosis de las fuentes naturales recomendadas por el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP).

LASERES

Estos valores límite (TLV) son para la exposición a la radiación láser en condiciones a las que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores sin efectos adversos para la salud. Dichos valores límite deben ser usados como guía en el control de las exposiciones, no debiendo considerárselos como límites definidos de la separación entre los niveles seguros y los peligrosos.

Clasificación de los láseres

La mayoría de los láseres llevan una etiqueta pegada del fabricante indicando la clase de riesgo. Generalmente, no es necesario determinar las irradiancias láser o las exposiciones a la radiación láser para compararlas con los valores límite. Las posibles exposiciones peligrosas pueden minimizarse aplicando las medidas de control adecuadas a la clase de riesgo láser. Las medidas de control son aplicables a todas las clases de láseres excepto para los de la clase 1.

Aberturas Límite

Para comparar con los valores límite, hay que promediar el haz de irradianza láser o la exposición de radiación con la abertura límite correspondiente a la región espectral y la duración de la exposición. Si el diámetro del rayo láser es inferior que el de la abertura límite, la irradiancia del rayo láser eficaz o exposición radiante puede calcularse dividiendo la potencia del rayo láser, o energía, por el área de la abertura límite. Las aberturas límite se dan en la Tabla 1.

TABLA 1

Aberturas límites aplicables a los TLVs del láser

Región Espectral	Duración	Ojo	Piel
180 nm - 400 nm	1 ns a 0,25 s	1 mm	3,5 mm
180 nm - 400 nm	0,25 s a 30 ks	3,5 mm	3,5 mm
* 400 nm - 1400 nm	10^{-4} ns a 0,25 s	7 mm	3,5 mm
400 nm - 1400 nm	0,25 s a 30 ks	7 mm	3,5 mm
*1400 nm - 0,1 mm	10^{-5} ns a 0,25 s	1 mm	3,5 mm
1400 nm - 0,1 mm	0,25 s a 30 ks	3,5 mm	3,5 mm
* 0,1 mm - 1,0 mm	10^{-5} ns a 30 ks	11 mm	11 mm

Tamaño de la fuente y factor de corrección C_E

Las consideraciones siguientes se aplican sólo para las longitudes de onda en la región de riesgo para la retina, 400 - 1400 nanometros (nm). Normalmente, un láser es una fuente pequeña, que se aproxima a una fuente puntual. Sin embargo, cualquier fuente que subtienda un ángulo a, mayor que a_{min}, medido desde el ojo del observador, se trata como una fuente intermedia (a_{min} < 100 miliradianes, mrad) o como una fuente grande (a > 100 mrad). Para la duración de la exposición "t", el ángulo a_{min} se define como:

a_{min} = 1,5 mrad para t $\leq$ 0,7 segundos (s)

a_{min} = 2 x t ¾ mrad para 0,7 s < t $\leq$ 10 s, y

a_{min} = 11 mrad para t > 10 s

Si la fuente es oblonga, a se determina como media aritmética entre las dimensiones más larga y más corta visibles.

Para las fuentes intermedias y mayores, los valores límite de la Tabla 2 se modifican con el factor de corrección C_E, como se indica en las notas de la Tabla 2.

Factores de corrección A, B, C (C_A, C_B, C_C)

Los valores límite para la exposición ocular recogidos en la Tabla 2 hay que usarlos tal como se dan para todos los rangos de longitud de onda. Los valores límite para longitudes de onda comprendidas entre 700 nm y 1400 nm hay que incrementarlos por el factor C_A (para reducir la absorción por la melanina) como se indica en la Figura 1. Para ciertos tiempos de exposición a longitudes de onda entre 550 nm y 700 nm se debe aplicar (para reducir la sensibilidad fotoquímica que lesione la retina) el factor de corrección C_B. El factor de corrección C_C se aplica desde 1150 a 1400 nm para considerar la absorción pre-retinal del medio ocular.

Los valores límite para la exposición de la piel se dan en la Tabla 3. Estos valores se deben incrementar por un factor C_A, como se indica en la Figura 1, para las longitudes de onda entre 700 nm y 1400 nm. Para facilitar la determinación de la duración de las exposiciones que requieran cálculos de potencias fraccionarias, se pueden usar las Figuras 2 y 3.

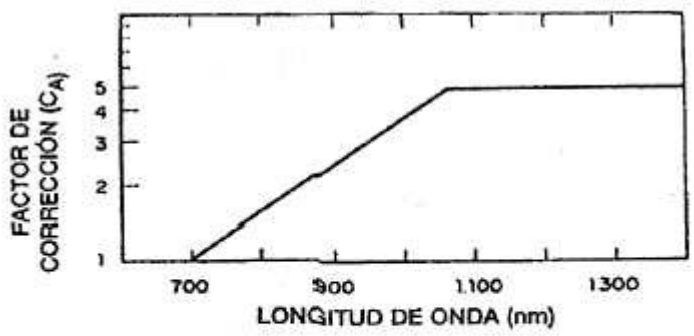


Figura 1. Factor de corrección de los valores TLV para λ = 700-1400 nm*

(* Para λ = 700-1049 nm, $C_A = 10^{[0.002(\lambda-700)]}$
Para λ = 1050-1400 nm, $C_A = 5$)

Exposición a impulsos repetidamente

Tanto los láseres de onda continua con barrido como los impulsos repetidos pueden producir condiciones de exposición a impulsos repetidamente.

El valor límite para la exposición ocular directa aplicable a las longitudes de onda comprendidas entre 400 y 1400 nm y una exposición de impulso único (de una duración de impulso t), se modifica en este caso por un factor de corrección determinado por el número de impulsos comprendidos en la exposición. En primer lugar hay que calcular el número de impulsos (n) que intervienen en la exposición que se espera encontrar; dicho número es la frecuencia de repetición de impulsos (expresada en Hz) multiplicada por la duración de la exposición. Normalmente, las exposiciones reales pueden oscilar de 0,25 segundos (s) para una fuente visible brillante a 10 s para una fuente de infrarrojos. El valor límite corregido sobre la base de cada impulso es:

Valor límite (TLV) = ($n^{-1/4}$) (valor límite para un solo impulso)

Esta aproximación se aplica solamente a las condiciones de lesiones térmicas, es decir a todas las exposiciones a longitudes de onda superiores a 700 nm, y para exposiciones a longitudes de onda más cortas. Para las longitudes de onda inferiores o iguales a 700 nm, el valor límite corregido de la ecuación anterior se aplica si la irradiancia media no sobrepasa el valor límite para exposición continua. La irradiancia media (es decir, la exposición total acumulada correspondiente a nt s) no deberá sobrepasar la exposición radiante que se indica en la Tabla 2 para exposiciones de 10 segundos de duración a T_1.

Figura 2 a. Valor TLV para la exposición ocular directa del rayo láser (400-700 nm).

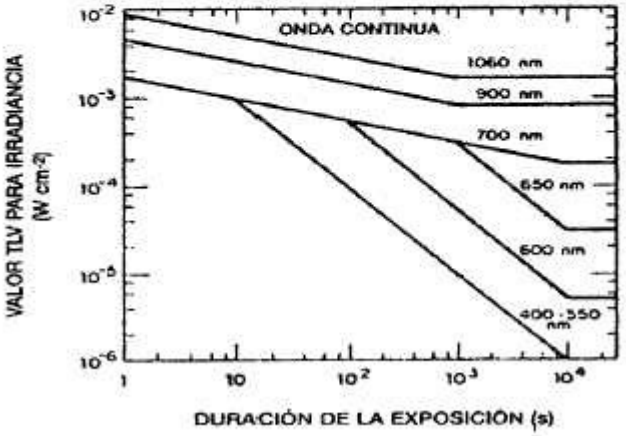


Figura 2 b. Valor TLV para la exposición ocular directa del rayo láser de onda continua (400-1400 nm).

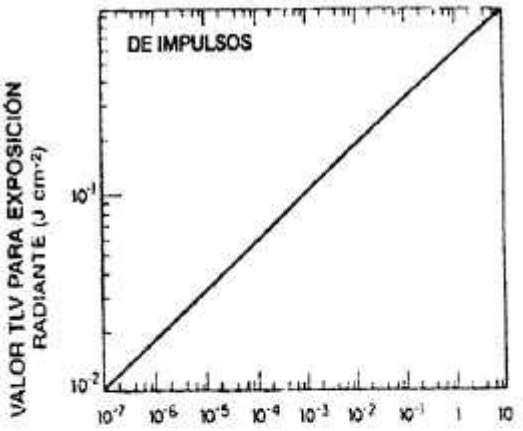


Figura 3 a. Valor TLV para exposición de la piel y los ojos a láser para radiación infrarroja lejana. (Longitudes de onda superiores a 1,4 µm).

Figura 3 b. Valor TLV para exposición de la piel y los ojos a láser de onda continua para radiación infrarroja lejana. (Longitudes de onda superiores a 1,4 µm).

TABLA 2

Valores límite para exposiciones oculares directas (observación del interior del haz) a los rayos láser

Región del espectro	Longitud de onda	Tiempo de exposición (t) segundos	Valor límite	
UVC	de 180 nm a 280 nm*	de 10^{-9} a 3×10^{4}	3mJ/cm²	
UVB	de 280 nm a 302 nm	"	3 "	
	303 nm	"	4 "	
	304 nm	"	6 "	No deberá exceder de $0{,}56\ t^{1/4}$ J/cm² para t≤10s.
	305 nm	"	10 "	
	306 nm	"	16 "	
	307 nm	"	25 "	
	308 nm	"	40 "	
	309 nm	"	63 "	
	310 nm	"	100 "	
	311 nm	"	160 "	
	312 nm	"	250 "	
	313 nm	"	400 "	
	314 nm	"	630 "	
UVA	de 315 nm a 400 nm	de 10^{-9} a 10	$0{,}56\ t^{1/4}$ J/cm²	
	" "	de 10 a 10^{3}	1,0 J/cm²	
	" "	de 10^{3} a 3×10^{4}	1,0 m W/cm²	
Luz visible	de 400 nm a 700 nm	de 10^{-13} a 10^{-11}	$1{,}5 \times 10^{-8}$ J/cm²	
	de 400 nm a 700 nm	de 10^{-11} a 10^{-9}	$2{,}7(t^{1/4}\sqrt{t})$ J/cm²	
	de 400 nm a 700 nm	de 10^{-9} a $1{,}8 \times 10^{-5}$	5×10^{-7} J/cm²	
	de 400 nm a 700 nm	de $1{,}8 \times 10^{-5}$ a 10	$1{,}8\ (t^{1/4}\sqrt{t})$m J/cm²	
	de 400 nm a 549 nm	de 10 a 10^{4}	10 m J/cm²	
	de 550 nm a 700 nm	de 10 a T_1	$1{,}8\ (t^{1/4}\sqrt{t})$m J/cm²	
	de 550 nm a 700 nm	de T_1 a 10^{4}	$10\ C_B$ mJ/cm²	
	de 400 nm a 700 nm	de 10^{4} a 3×10^{4}	C_Bµ W/cm²	
IRA	de 700 nm a 1049 nm	de 10^{-13} a 10^{-11}	$1{,}5\ C_A \times 10^{-8}$ J/cm²	
	de 700 nm a 1049 nm	de 10^{-11} a 10^{-9}	$2{,}7\ C_A\ (t^{1/4}\sqrt{t})$ J/cm²	
	de 700 nm a 1049 nm	de 10^{-9} a $1{,}8 \times 10^{-5}$	$5\ C_A \times 10^{-7}$ J/cm²	
	de 700 nm a 1049 nm	de $1{,}8 \times 10^{-5}$ a 10^{3}	$1{,}8\ C_A\ (t^{1/4}\sqrt{t})$ mJ/cm²	
	de 1050 nm a 1400 nm	de 10^{-13} a 10^{-11}	$1{,}5\ C_C \times 10^{-7}$ J/cm²	
	de 1050 nm a 1400 nm	de 10^{-11} a 10^{-9}	$2{,}7\ C_C\ (t^{1/4}\sqrt{t})$ J/cm²	
	de 1050 nm a 1400 nm	de 10^{-9} a 5×10^{-5}	$5\ C_C \times 10^{-6}$ J/cm²	
	de 1050 nm a 1400 nm	de 5×10^{-5} a 10^{3}	$9\ C_C\ (t^{1/4}\sqrt{t})$ J/cm²	
	de 700 nm a 1400 nm	de 10^{3} a 3×10^{4}	$320\ C_A\ C_C$ µW/cm²	
IRB & C	de 1,401 µm a 1,5 µm	de 10^{-14} a 10^{-3}	0,1 J/cm²	
	de 1,401 µm a 1,5 µm	de 10^{-9} a 10^{-3}	0,1 J/cm²	
	de 1,401 µm a 1,5 µm	de 10^{-3} a 10	$0{,}56\ \sqrt[4]{t}$ J/cm²	
	de 1,501 µm a 1,8 µm	de 10^{-9} a 10	0,1 J/cm²	
	de 1,501 µm a 1,8 µm	de 10^{-14} a 10	0,1 J/cm²	
	de 1,801 µm a 2,6 µm	de 10^{-14} a 10^{-3}	0,1 J/cm²	
	de 1,801 µm a 2,6 µm	de 10^{-9} a 10^{-3}	0,1 J/cm²	
	de 1,801 µm a 2,6 µm	de 10^{-3} a 10	$0{,}56\ \sqrt[4]{t}$ J/cm²	
	de 2,601 µm a 10^{3} µm	de 10^{-14} a 10^{-7}	10 mJ/cm²	
	de 2,601 µm a 10^{3}µm	de 10^{-9} a 10^{-7}	10 mJ/cm²	
	de 2,601 µm a 10^{3}µm	de 10^{-7} a 10	$0{,}56\ \sqrt[4]{t}$ J/cm²	
	de 1,400 µm a 10^{3}µm	de 10 a 3×10^{4}	100 mW/cm²	

* En el aire se produce ozono (O_3) por las fuentes que emiten radiación ultravioleta (UV) a longitudes de onda por debajo de 250 nm. Consultar el valor límite del ozono en la lista de sustancias químicas.

Notas a la Tabla 2:

C_A = Fig. 1; C_B = 1 para λ = 400 a 549 nm; $C_B = 10^{[0{,}015\,(\lambda - 550)]}$ para λ = 550 a 700 nm; C_C = 1,0 desde 700 a 1150 nm; $C_C = 10^{[0{,}0181\,(\lambda - 1150)]}$ para longitudes de onda superiores a 1150 nm e inferiores a 1200

Para fuentes intermedias o grandes (p.e. series de diodos láser) a longitudes de onda entre 400 nm y 1400 nm, los valores límite para la exposición ocular directa pueden incrementarse con el factor de corrección C_E siempre que el ángulo subtendido a de la fuente (medida desde el ojo del observador) sea mayor que a_{min} C_E depende de a de la forma siguiente:

Angulo subtendido	Designación del tamaño de la fuente	Factor actor de Corrección C_E
$a \leq a_{min}$	Pequeña	$C_E = 1$
$a_{min} < a \leq 100$ mrad	Intermedia	$C_E = a / a_{min}$
$a > 100$ mrad	Grande	$C_E = a^2 / (a_{min.}\ 100\ mrad)$

El ángulo de 100 mrad también puede referirse como, a_{max} en cuyo caso los valores límite pueden expresarse como una radiancia constante y las ecuaciones anteriores pueden escribirse en términos de radiancia L.

$L_{TLV} = (8{,}5 \times 10^3) \times (\text{Valor límite}_{\text{pt fuente}})$ J (cm^2. sr) para 0,7 s

$L_{TLV} = (6{,}4 \times 10^3\ t^{-3/4}) \times (\text{Valor límite}_{\text{pt fuente}})$ J (cm^2 . sr) para 0,7 s < t < 10 s

$L_{TLV} = (1{,}2 \times 10^3) \times (\text{Valor límite}_{\text{pt fuente}})$ J (cm^2 . sr) para t > 10 s [o expresado en W (cm^2 . sr) si es de aplicación]

La abertura medida debe emplazarse a una distancia de 100 mm o superior tomada desde la fuente. Para la irradiación de una superficie grande, la reducción del valor límite para la exposición dérmica se aplica de acuerdo con la nota (+) al pie de la Tabla 3.

TABLA 3

Valores límite para la exposición de la piel a los rayos láser

Región del espectro	Longitud de onda	Exposición (t) segundos	Valor límite
UV*	de 180 nm a 400 nm	de 10^{-9} a 3×10^4	Igual que en Tabla 2
Luz visible e IRA	de 400 nm a 1,400 nm	de 10^{-9} a 10^{-7}	$2\ C_A \times 10^{-2}$ J/cm^2
	" "	de 10^{-7} a 10	$1{,}1\ C_A\ 4\sqrt{t}$ J/ cm^2
	" "	de 10 a 3×10^4	$0{,}2\ C_A$ W/ cm^2
IRB & C+	de 1,401 µm a 10^3 µm	de 10^{-9} a 3×10^4	Igual que en Tabla 2

* En el aire se produce ozono (O_3) por las fuentes que emiten radiación ultravioleta (UV) a longitudes de onda por debajo de 250 nm. Consultar el valor límite del ozono en la lista de compuestos químicos.

C_A = 1,0 para l= 400 – 700 nm; Véase la Figura 1 para l = de 700 a 1400 nm.

+ A longitudes de onda superiores a 1400 nm, para áreas transversales de haz que sobrepasen los 100 cm^2 , el valor límite corresponde a exposiciones cuya duración sobrepase los 10 segundos, es:

Valor límite = $(10.000/A_s)$ mW/ cm^2

Siendo As el área de la piel irradiada de 100 a 1000 cm^2. El valor límite para las áreas de la piel irradiada que sobrepasen los 1000 cm^2 es 10 mW/cm^2, mientras que para las áreas de la piel irradiada inferiores a 100 cm^2 es 100 mW/cm^2.

RADIACION NO IONIZANTE Y CAMPOS

Campos Magnéticos estáticos

Estos valores límite se refieren a las densidades de flujo magnético estático a las que se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin causarles efectos adversos para la salud. Estos valores deben usarse como guías en el control de la exposición de los campos magnéticos estáticos y no deben considerárseles como límites definidos entre los niveles de seguridad y de peligro.

Las exposiciones laborales rutinarias no deben exceder de 60 mili-Teslas (mT), equivalente a 600 gauss (G), para el cuerpo entero ó 600 mT (6.000 G) para las extremidades, como media ponderada en el tiempo de 8 horas diarias [1 tesla (T) = 10^4 G]. Los valores techo recomendados son de 2 T para el cuerpo entero y de 5 T para las extremidades.

Debe existir protección para los peligros derivados de las fuerzas mecánicas producidas por el campo magnético sobre las herramientas ferromagnéticas y prótesis médicas. Los que lleven marcapasos y dispositivos electrónicos similares no deben exponerse por encima de 0,5 mT (5G).

Se pueden producir también efectos adversos a densidades de flujo mayores como consecuencia de las fuerzas producidas sobre otros dispositivos médicos como por ejemplo las prótesis.

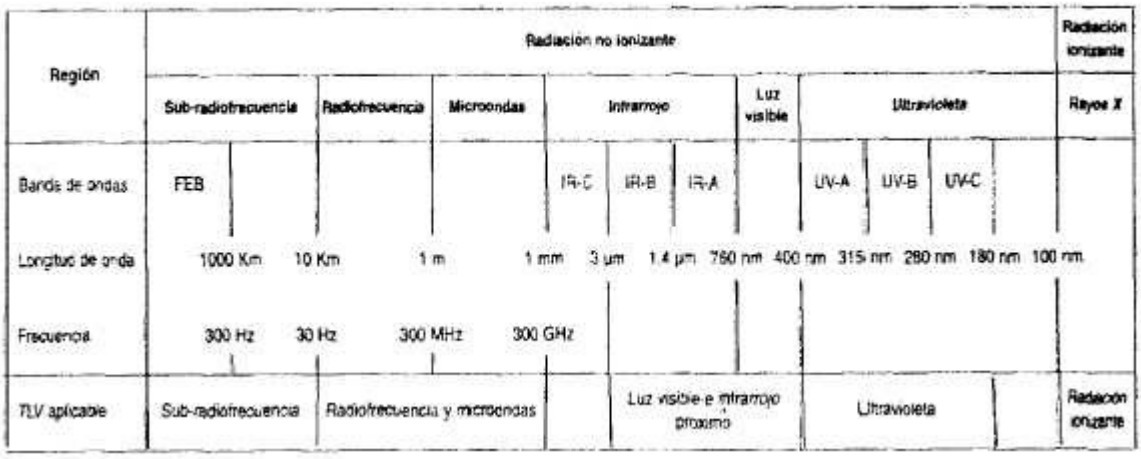
Estos valores límite se resumen en la Tabla 1:

TABLA 1

Valores límite para los campos magnéticos estáticos

	Media Ponderada en el tiempo – 8h	**Techo**
Cuerpo	60 mT	2 T
Extremidades	600 mT	5 T
Personas que lleven dispositivos médicoselectrónicos		0,5 mT

Espectro de radiación electromagnética y TLVs relacionados



Campos magnéticos de sub-radiofrecuencias (30 kHz e inferior)

Estos valores límites se refieren a toda la diversidad de densidad de flujo magnético (B) de los campos magnéticos de radiofrecuencia baja en el rango de 30 kHz e inferiores, a los que se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud. Las fuerzas del campo magnético en estos valores límites son valores cuadráticos medios (v.c.m.). Estos valores deben usarse como guías para el control de la exposición a campos magnéticos de radiofrecuencia baja y no deben considerarse como límites definidos entre los niveles de seguridad y peligro.

Las exposiciones laborales a frecuencias extremadamente bajas (FEB) en el rango de 1 Hz a 300 Hz no deben exceder del valor techo dado por la ecuación.

$$B_{TLV} = \frac{60}{f}$$

en donde f es la frecuencia en Hz y B_{TLV} es la densidad del flujo magnético en militeslas (mT).

Para frecuencias en el rango de 300 Hz a 30 kHz [que incluye la banda de frecuencia de la voz (FV) de 300 Hz a 3kHz y la banda de frecuencia muy baja (FMB) de 3kHz a 30kHz], las exposiciones laborales no deben exceder del valor techo de 0,2 mT.

Estos valores techo para frecuencia de 300 Hz a 30kHz son para las exposiciones tanto parciales como del cuerpo entero. Para frecuencias inferiores a 300 Hz, el valor límite para la exposición de las extremidades puede incrementarse por un factor de 10 para las manos y pies y de 5 para los brazos y piernas.

La densidad de flujo magnético de 60 mT/f a 60 Hz corresponde con el valor límite de 1 mT a 30 kHz, el valor límite es 0,2 mT que se corresponde con la intensidad del campo magnético de 160 A/m.

Notas:

1. Este valor límite se basa en la valoración de los datos disponibles de investigación en el laboratorio y de los estudios de exposición en humanos.

2. Para los trabajadores que lleven marcapasos, el valor límite puede no proteger a las interferencias electromagnéticas con respecto a su funcionamiento. Algunos modelos de marcapasos han mostrado ser susceptibles a interferencias de densidades de flujo magnético, para una potencia de frecuencia 50/60 Hz) tan baja como 0,1 mT.

Sub-radiofrecuencias (30 kHz e inferiores) y campos eléctricos estáticos

Estos valores límite se refieren a todos los puestos de trabajo sin protección a los campos de fuerzas de los campos eléctricos de radiofrecuencia baja (30 kHz e inferiores) y a los campos eléctricos estáticos que representan condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud. Las intensidades de los campos eléctricos en estos valores límite son valores cuadráticos medios (v.c.m.). Estos valores deben usarse como guías en el control de la exposición. Las fuerzas de los campos eléctricos establecidos en estos valores límite se refieren a los niveles de campos presentes en el aire, aparte de las superficies de los conductores (donde las chispas eléctricas y corrientes de contacto pueden constituir peligros significativos).

Las exposiciones laborales no deben exceder de una intensidad de campo de 25 kV/m desde 0 Hz (corriente continua, CD) a 100 Hz. Para frecuencias en el rango de 100 Hz a 4 kHz, el valor techo viene dado por:

$$E_{TLV} = \frac{2{,}5 \times 10^6}{f}$$

en donde f es la frecuencia en Hz y E_{TLV} es la intensidad del campo eléctrico en voltios por metro (V/m).

Un valor de 625 V/M es el valor techo para frecuencias desde 4 kHz a 30 kHz.

Estos valores techo para frecuencias de 0 a 30 kHz son para las exposiciones tanto parciales como del cuerpo entero.

Notas:

1. Estos valores límite están basados en las corrientes que se producen en la superficie del cuerpo e inducen a corrientes internas a niveles bajo los cuales se cree producen efectos adversos para la salud. Se han demostrado ciertos efectos biológicos en estudios de laboratorios a intensidades de campos eléctricos por debajo de los permitidos en el valor límite.

2. Las fuerzas de campo mayores de aproximadamente 5-7 kV/m pueden producir una gran variedad de peligros para la seguridad, tales como situaciones de alarma asociadas con descargas de chispas y corrientes de contacto procedentes de los conductores sin conexión a tierra. Además, pueden existir situaciones de peligro para la seguridad asociadas con la combustión, ignición de materiales inflamables y dispositivos eléctricos explosivos cuando existan campos eléctricos de alta intensidad. Deben eliminarse los objetos no conectados a tierra, y cuando haya que manejar estos objetos hay

que conectarlos a tierra o utilizar guantes aislantes. Una medida de prudencia es usar medios de protección (p.e. trajes, guantes y aislamientos) en todos los campos que excedan los 15 kV/m.

3. Para trabajadores que lleven marcapasos el valor límite no protege de las interferencias electromagnéticas cuando éste esté en funcionamiento. Algunos modelos de marcapasos son susceptibles de interferir con campos eléctricos de frecuencia (50/60 Hz) tan baja como 2 kV/m.

* **Radiación de radiofrecuencia y microondas**

Estos valores límite hacen referencia a la radiación de radiofrecuencia (RF) y microondas en el rango de frecuencias comprendidas entre 30 kilohercios (kHz) y 300 gigahercios (GHz) y representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud. En la Tabla 1 y en la Figura 1, se dan los valores límite en función de la frecuencia, f, en megahercios (MHz), en términos de los valores cuadráticos medios (v.c.m.) de las intensidades de los campos eléctricos (E) y magnéticos (H), de las densidades equivalentes de potencia (S) de onda plana en el espacio libre de obstáculos y de las corrientes inducidas (I) en el cuerpo que pueden asociarse con la exposición a esos campos.

A. Los valores límite de la Tabla 1, Parte A, se refieren a los valores de exposición obtenidos haciendo la media espacial sobre un área equivalente a la vertical de la sección transversal del cuerpo (área proyectada). En el caso de una exposición parcial del cuerpo los valores límite pueden ser menos restrictivos. En campos no uniformes, los valores pico en el espacio de la intensidad del campo, pueden exceder los valores límite, si los valores medios espaciales permanecen dentro de los límites especificados. Con los cálculos o medidas adecuadas los valores límite también pueden resultar menos restrictivos en relación con los límites de la Tasa de Absorción Específicas (TAE).

B. Debe restringirse el acceso a esta radiación para limitar los v.c.m. de la corriente corporal y potencial frente a la electroestimulación (shock por debajo de 0,1 MHz) o al calentamiento perceptible (a, o por encima de 0,1 MHz) de las RF de la forma siguiente (véase Tabla 1, Parte B):

1. Para los individuos que no estén en contacto con objetos metálicos, la corriente inducida de RF en el cuerpo humano, medida a través de cada pie, no debe exceder de los valores siguientes:

$I = 1000\ f$ mA para $(0{,}03 < f < 0{,}1$ MHz) promediados en 1 segundo

$I = 100$ mA para $(0{,}1 < f < 100$ MHz) promediados en 6 minutos, sujeto a un valor techo de 500 mA.

en donde mA = miliamperios

2. Para las condiciones de posible contacto con cuerpos metálicos, la corriente de RF máxima, a través de una impedancia equivalente a la del cuerpo humano en condiciones de contacto de agarre, medida con un medidor de corriente de contacto, no debe exceder de los valores siguientes:

$I = 1000\ f$ mA para $(0{,}03 < f < 0{,}1$ MHz) promediados en 1 segundo

$I = 100$ mA para $(0{,}1 < f < 100$ MHz) promediados en 6 minutos, sujeto a un valor techo de 500 mA.

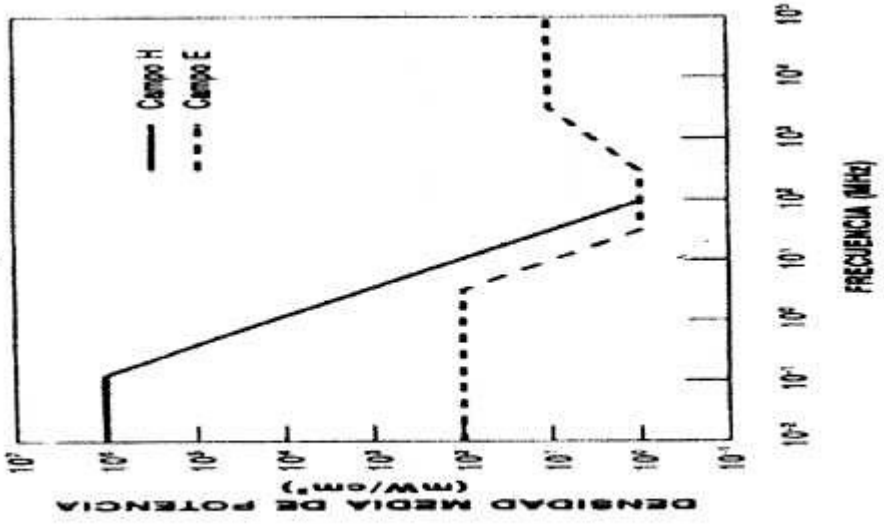


Figura 1. Valores TLV para la radiación de radiofrecuencia/microondas en el puesto de trabajo (TAE para el cuerpo entero =0,4 W/Kg.)

3. El usuario de los valores límite puede determinar adecuadamente el grado de cumplimiento con los límites de esta corriente. La utilización de guantes protectores, la prohibición de objetos metálicos o el entrenamiento del personal, puede ser suficiente para asegurar el cumplimiento con los valores límite en este aspecto. La evaluación de la magnitud de las corrientes inducidas requiere normalmente la medida directa. Sin embargo, no son necesarias las medidas de la corriente inducida y de contacto si el límite de la media espacial de la fuerza del campo eléctrico dado en la Sección A no supera el valor límite a las frecuencias entre 0,1 y 0,45 MHz y no excede los límites que se muestran en la Figura 2 a frecuencias superiores a 0,45 MHz.

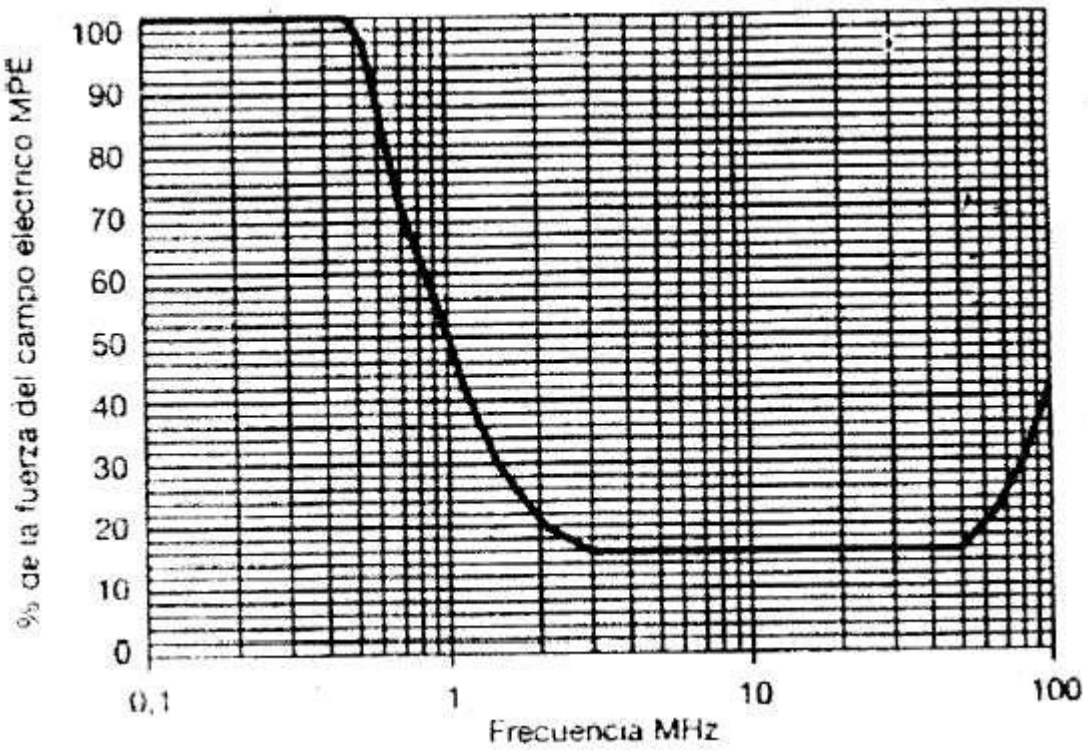


Figura 2. Valores límite para el porcentaje de la fuerza del campo eléctrico por debajo de los cuales no se requieren límites de la corriente inducida y de contacto desde 0,1 a 100 MHz.

C. Para exposiciones a campos próximos a frecuencias inferiores a 300 MHz, el valor límite aplicable, en términos de los v.c.m. de las fuerzas del campo eléctrico y magnético, se dan en la Tabla 1, Parte A. La densidad equivalente de potencia (S, en mW/cm^2) de onda plana puede calcularse a partir de los datos de la medida de la intensidad del campo como sigue:

$$S = \frac{E^2}{3.770}$$

donde: E^2 está en voltios al cuadrado (V^2) por metro cuadrado (m^2), y

$S = 37,7\ H^2$

en donde H^2 está en amperios al cuadrado (A^2) por metro cuadrado (m^2).

El diagrama de la Figura 3 puede ayudar al usuario de los valores límite en las medidas de E, H y de la corriente, en el orden correcto de prioridad.

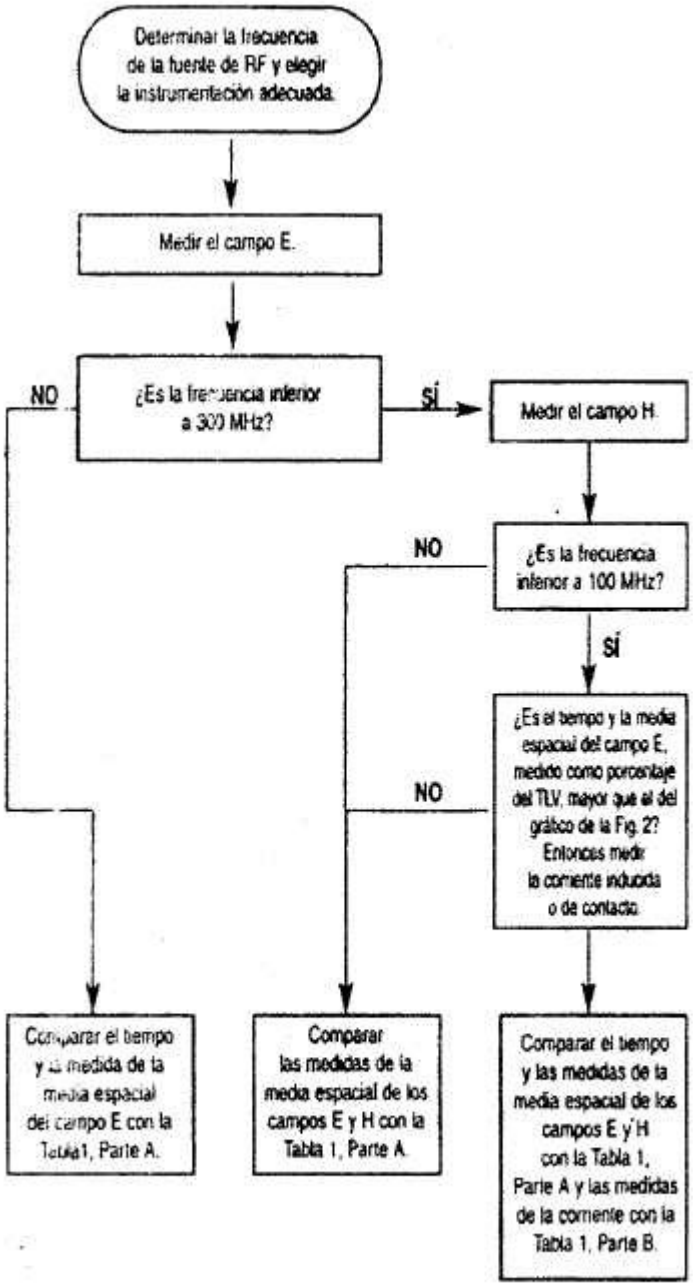


Figura 3. Diagrama para medir E, H y la corriente en el orden correcto de prioridad.

D. Para exposiciones a campos de RF pulsantes con duración del pulso inferior a 100 milisegundos (mseg) y frecuencias en el rango de 100 kHz a 300 GHz, el valor límite en términos de pico de densidad de potencia para un único pulso, viene dado por el valor límite de la Tabla 1, Parte A, multiplicado por el tiempo medio en segundos y dividido por cinco veces la anchura del pulso en segundos, esto es:

$$\text{Valor pico} = \frac{\text{Valor límite x tiempo medio (seg)}}{\text{5 x anchura del pulso (seg)}}$$

Se permite un máximo de cinco pulsos de este tipo durante cualquier período igual al tiempo medio. Si hay más de cinco pulsos durante cualquier período igual al tiempo medio, entonces el valor límite pico está limitado por el proceso normal del valor medio en el tiempo. Para duraciones de pulso mayores de 100 mseg, se aplican los cálculos normales del valor medio en el tiempo.

Notas:

1. Se cree que los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente a campos con estos valores límites sin efectos adversos para la salud. No obstante, los trabajadores no deben estar expuestos innecesariamente a niveles superiores de radiación de radiofrecuencia próximas a los valores límite, cuando pueden prevenirse con medidas sencillas.

2. Para mezclas de campos o campos de banda ancha con frecuencias diferentes para las que hay distintos valores del valor límite, debe determinarse la fracción del valor límite (en términos de E^2, H^2 , o S) para cada intervalo de frecuencia, teniendo en cuenta que la suma de todas las fracciones no debe exceder de la unidad.

3. El valor límite se refiere a los valores medios para cualquier período de 6 minutos (0,1 horas) para frecuencias inferiores a 15 GHz y para períodos más cortos por debajo de 10 segundos a frecuencias superiores a 300 GHz como se indica en la Tabla 1.

4. El valor límite puede sobrepasarse a frecuencias entre 100 kHz y 1,5 GHz, si:

- La potencia radiada es < 7 W para frecuencias desde 100 kHz a 450 MHz.
- La potencia radiada es < 7 (450/ f) para frecuencias de 450 MHz hasta 1.500 MHz.

Esta exclusión no se aplica a los dispositivos que están colocados en el cuerpo de forma continua. La potencia radiada significa la radiada por la antena en el espacio libre en ausencia de objetos próximos.

5. El valor límite para intensidades del campo electromagnético a frecuencias entre 100 kHz y 6 GHz puede excederse si: a) las condiciones de la exposición pueden ponerse de manifiesto por medio de técnicas apropiadas para dar valores TAE inferiores a 0,4 W/Kg como media en todo el cuerpo y valores pico TAE espaciales que no excedan de 8W/Kg como media en un gramo de tejido (definido como volumen de tejido en forma de cubo), excepto para las manos, las muñecas, los pies y los tobillos, donde los picos TAE espaciales no deberían exceder de los 20 W/Kg como media en 10 gramos de tejido (definido como volumen de tejido en forma de cubo) y b) las corrientes inducidas en el cuerpo están de acuerdo con la guía de la Tabla 1. Los TAE son valores medios para cualquier período de tiempo de 6 minutos. Por encima de 6 GHz puede permitirse que el valor límite sea menos restrictivo en condiciones de exposición parcial del cuerpo.

Deben identificarse las regiones del cuerpo con espacios vacíos (espacios con aire) en donde volúmenes de 1 ó 10 centímetros cúbicos pueden contener una masa significativamente inferior a 1 ó 10 gramos, respectivamente. Para estas regiones la potencia absorbida debe dividirse por la masa real con ese volumen para obtener los pico TAE espaciales.

La regla de exclusión para los valores TAE citada anteriormente no se aplica para frecuencias entre 0,03 y 0,1 MHz. Sin embargo, todavía puede excederse el valor límite si se demuestra que los valores v.c.m. de la densidad de corriente pico, como media para 1 cm^2 en cualquier área de tejido y 1 segundo, no excede de 35 f mA/cm^2, en donde f es la frecuencia en MHz.

6. La medida de la fuerza del campo de RF depende de varios factores incluyendo las dimensiones de la sonda y su distancia a la fuente.

7. Todas las exposiciones deben limitarse a un máximo de intensidad (pico) de campo eléctrico de 100 kV/m.

TABLA 1

Valores límites para la radiación de radiofrecuencias y microondas

Parte A. Campos electromagnéticosA

f= frecuencia en MHz

Frecuencia	Densidad de potencia (mW/cm^2)	Intensidad del campo Eléctrico E (V/m)	Intensidad del campo Magnético H (A/m)	Tiempo medio E^2, H^2 ó S (minutos)
30 kHz - 100 kHz	-	614	163	6
100 kHz - 3 MHz	-	614	16,3 / f	6
3 MHz – 30 MHz	-	1842/f	16,3 / f	6
30 MHz – 100 MHz	-	61,4	16,3 / f	6
100 MHz- 300 MHz	1	61,4	0,163	6
300 MHz - 3 GHz	f/300	-	-	6
3 GHz - 15 GHz	10	-	-	6
15 GHz - 300 GHz	10	-	-	$616.000/f^{1,2}$

A. Los valores de exposición en términos de intensidades de los campos eléctricos y magnéticos, son los valores obtenidos haciendo la media espacial sobre un área equivalente a la vertical de la sección transversal del cuerpo (área proyectada).

Parte B. Corrientes de radiofrecuencias inducida y de contacto[B]

Corriente máxima (mA)

Frecuencia	A través de ambos pies	A través de cada pie	Contacto	Tiempo medio
30 kHz - 100 kHz	2000 f	1000 f	1000 f	1 segundo[c]

100 kHz - 100 MHz	200	100	100	6 minutos[D]

B. Debe tenerse en cuenta que los límites de corriente dados pueden no proteger adecuadamente frente a reacciones de sobrecogimiento y quemaduras causadas por las descargas transitorias en el contacto con un objeto activado.

C. La I está promediada en el período de 1 segundo.

D. La I^2 está promediada en el período de 6 minutos (p.e., para el contacto para cada pie o mano, $I^2 t \leq$ 60.000 mA^2 - minutos, sujeto a un valor techo de 500 mA).

Radiación luminosa y del infrarrojo próximo

Estos valores límite se refieren a los valores para la radiación visible e infrarroja próxima en la región de longitudes de onda de 385 nm a 3000 nm y representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos sin efectos adversos para la salud. Estos valores se basan en la mejor información disponible de estudios experimentales y solamente deben usarse como guía para el control de la exposición a la luz y no se los debe considerar como límites definidos entre los niveles seguros y los peligrosos. Al objeto de especificar estos valores límite la radiación del espectro óptico se ha dividido en las regiones que se dan en el cuadro de "Espectro de radiación electromagnética y valores límite relacionados".

Valores recomendados

Los valores límite para la exposición laboral de los ojos a la radiación luminosa de banda ancha e infrarroja próxima, se aplican a la exposición en cualquier jornada de trabajo de 8 horas y hay que conocer la radiancia espectral (LI) y la irradiancia total (E) de la fuente medida en los ojos del trabajador. Generalmente, datos espectrales tan detallados de una fuente de luz blanca sólo son necesarios si la luminancia de la fuente sobrepasa el valor de 1 cd/ cm^2. A luminancias inferiores a ese valor, no se sobrepasará el valor límite.

Los valores límite son:

1. Para proteger la retina contra la lesión térmica producida por una fuente de luz visible no se debe sobrepasar la radiancia espectral de la lámpara, comparada con la función R (l) cuyos valores se dan en la Tabla 1:

$$\sum_{385}^{1400} L_\lambda . R(\lambda). \Delta\lambda \leq \frac{5}{\alpha t^{1/4}} \qquad (1)\ \Delta$$

en la que L_l viene expresada en W/ (cm^2 **.** sr^* **.** nm) y t es la duración de la visión (o duración del impulso, si la lámpara es pulsante) expresada en segundos, pero limitada a duraciones de 10 microsegundos (ms) a 10 segundos (s), y a es la subtensa angular de la fuente en radianes (rad). Si la lámpara es oblonga, a se refiere a la medida aritmética de las dimensiones más larga y más corta que puedan verse. Por ejemplo, a una distancia de observación r = 100 cm con respecto a una lámpara tubular de longitud l = 50 cm, el ángulo de visión a es:

a = 1/r = 50/100 = 0,5 radianes (2)

(*) Estéreoradian

Para duraciones de pulso inferiores a 10 ms, el valor límite es el mismo que para 10 ms. Como el riesgo térmico para la retina frente a las fuentes pulsantes se deriva asumiendo una pupila de 7 mm de diámetro, pupila adaptada a la oscuridad, estos límites de exposición pueden modificarse para las condiciones de luz de día, a menos que las duraciones de la exposición sean superiores a 0,5 segundos.

2 Para proteger la retina contra las lesiones fotoquímicas producidas por la exposición crónica a la luz azul (305 < l < 700 nm), no se debe sobrepasar la radiancia espectral integrada de una fuente luminosa, comparada con la función de riesgo de la luz azul, B (l), cuyos valores se dan en la Tabla 1:

$$\sum_{305}^{700} L_\lambda \,.\, t\, B\,(\lambda)\,.\,\Delta\lambda \le 100\ \text{J/ (cm}^2\,.\,\text{sr)}\ (t \le 10^4\ \text{s}) \qquad (3\ a)$$

$$\sum_{305}^{700} L_\lambda \,.\, B\,(\lambda)\,.\,\Delta\lambda \le 10^{-2}\ \text{W/ (cm}^2\,.\,\text{sr)}\ (t > 10^4\ \text{s}) \qquad (3\ b)$$

Al producto ponderado de Ll por B (l) se le denomina L_{azul}. Para una fuente de radiancia L, ponderada con la función de riesgo de la luz azul (L_{azul}) que sobrepasa los 10 mW/ (cm^2.sr) en la región espectral azul, la duración permisible de la exposición, t_{max}, expresada en segundos es simplemente:

$$t_{max} \le \frac{100\ \text{J/ (cm}^2\,.\,\text{sr)}}{L_{azul}} \quad (\text{para } t \text{ £ } 10^4\ \text{s}) \qquad (4)$$

Estos últimos límites son mayores que el valor límite para la radiación láser de 440 nm (véanse los valores límite para láser), por la precaución necesaria relacionada con los efectos de la banda espectral estrecha en el caso de los valores límite para láser. Para una fuente luminosa que subtienda un ángulo menor de 11 mrd (0,011 radianes), los límites antes indicados se mitigan de modo que la irradiancia espectral (El) ponderada con la función de riesgo de la luz azul B (l) no sobrepase E_{azul}.

$$\sum_{305}^{700} E_\lambda \,.\, t\,.\, B\,(\lambda)\,.\,\Delta\lambda \le 10\ \text{mJ/ cm}^2\ (t \le 10^4\ \text{s}) \qquad (5\ a)$$

$$\sum_{305}^{700} E_\lambda \,.\, B\,(\lambda)\,.\,\Delta\lambda \le 1{,}0\ \mu\text{W / cm}^2\ (t > 10^4\ \text{s}) \qquad (5\ b)$$

Para una fuente cuya irradiancia ponderada de la luz azul, E_{azul}, sobrepase el valor de 1 mW/cm^2, la duración máxima permisible de la exposición, t_{max}, en segundos es:

$$t_{max} \leq \frac{10\ mJ/cm^2}{E_{azul}} \quad (\text{para } t \leq 10^4\ s) \qquad (6)$$

3 .Para proteger a los trabajadores que se les ha quitado el cristalino (operación de cataratas) frente a las lesiones fotoquímicas en la retina a la exposición crónica, la función B (l) puede no dar la indicación adecuada del aumento de riesgo de la luz azul. Aunque a estos trabajadores se les haya colocado quirúrgicamente en el ojo una lente intra-ocular que absorba la radiación ultravioleta (UV) se debe usar la función B(l) de ajuste en las ecuaciones 3a, 3b, 5a y 5b y extender el sumatorio desde 305 < l< 700 nm. Esta función alternativa B(l) se la denomina función de Riesgo Afáquico, A(l) (Tabla 1)

4. Radiación infrarroja (IR):

a) Para proteger la córnea y el cristalino: para evitar lesiones térmicas en la córnea y posibles efectos retardados en el cristalino (cataractogénesis), la exposición a la radiación infrarroja (770 nm < l< 3mm) en ambientes calurosos debe limitarse para períodos largos ($\geq$1000 s) a 10 mW/cm^2, y a:

$$\sum_{700}^{3000} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \leq 1{,}8\ t^{-3/4}\ W/cm2 \ (\text{para } t < 1000\ s) \qquad (7)$$

b) Para proteger a la retina: para una lámpara calorífica de rayos infrarrojos o cualquier fuente del IR-próximo en la que no existe un fuerte estímulo visual (luminancia inferior a 10^{-2} cd/m^2), la radiancia del IR-A o IR-próximo (770 nm < l< 1400 nm) contemplada por el ojo debe limitarse a:

$$\sum_{770}^{1400} L_\lambda \cdot \Delta\lambda \leq \frac{0{,}6}{\alpha} \qquad (8)\ \Delta$$

para períodos superiores a 10 segundos. Para períodos inferiores a 10 segundos, aplicar la ecuación 1 sumada a la del rango de longitud de onda de 770 a 1400 nm. Este límite está basado en una pupila de 7 mm de diámetro (ya que puede no existir la respuesta de rechazo debido a la ausencia de luz) y un detector de visión de campo de 11 mrad.

D Las ecuaciones (1) y (8) son empíricas y, en sentido estricto, no son dimensionalmente correctas. Para conseguir que estas fórmulas fueran dimensionalmente correctas, habría que introducir un factor de corrección dimensional, k, a la derecha del numerador de cada ecuación. Para la ecuación (1) sería k_1 = 1 W. Rad.s$^{1/4}$ (cm^2.sr), y para la ecuación (8), k_2 = 1W.rad/ (cm^2 . sr)

TABLA 1

Funciones espectrales ponderadas para el riesgo de la UVR en la retina

Longitud de onda (nm)	Riesgo afáquico función A(λ)	Riesgo a la luz azul función B(λ)	Riesgo térmico para la retina función R(λ)
306-335	6,00	0,01	-
340	5,88	0,01	-
345	5,71	0,01	-
350	5,46	0,01	-
355	5,22	0,01	-
360	4,62	0,01	-
365	4,29	0,01	-
370	3,75	0,01	-
375	3,56	0,01	-
380	3,19	0,01	-
385	2,31	0,0125	0,125
390	1,88	0,025	0,25
395	1,58	0,050	0,5
400	1,43	0,100	1,0
405	1,30	0,200	2,0
410	1,25	0,400	4,0
415	1,20	0,800	8,0
420	1,15	0,900	9,0
425	1,11	0,950	9,5
430	1,07	0,980	9,8
435	1,03	1,000	10,0
440	1,000	1,000	10,0
445	0,970	0,970	9,7
450	0,940	0,940	9,4
455	0,900	0,900	9,0
460	0,800	0,800	8,0
465	0,700	0,700	7,00
470	0,620	0,620	6,2
475	0,550	0,550	5,5
480	0,450	0,450	4,5
485	0,400	0,400	4,0
490	0,220	0,220	2,2
495	0,160	0,160	1,6
500	0,100	0,100	1,0

Longitud de onda (nm)	Riesgo afáquico función A(λ)	Riesgo a la luz azul función B(λ)	Riesgo térmico para la retina función R(λ)
505	0,079	0,079	1,0
510	0,063	0,063	1,0
515	0,050	0,050	1,0
520	0,040	0,040	1,0
525	0,032	0,032	1,0
530	0,025	0,025	1,0
535	0,020	0,020	
540	0,016	0,016	1,0
545	0,013	0,013	1,0
550	0,010	0,010	1,0
555	0,008	0,008	1,0
560	0,006	0,006	1,0
565	0,005	0,005	1,0
570	0,004	0,004	1,0
575	0,003	0,003	1,0
580	0,002	0,002	1,0
585	0,002	0,002	1,0

* Radiación Ultravioleta

Estos valores límite hacen referencia a la radiación ultravioleta (UV) con longitudes de onda en el aire comprendidas entre 180 y 400 nm y representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores sanos pueden estar expuestos repetidamente sin efectos agudos adversos para la salud tales como eritema y fotoqueratitis. Estos valores para la exposición del ojo o de la piel se aplican a la radiación ultravioleta originada por arcos, descargas de gases o vapores, fuentes fluorescentes o incandescentes y la radiación solar, pero no a los láseres ultravioletas (véanse los valores límite para láser). Estos valores no se aplican a la exposición a radiaciones ultravioletas de individuos sensibles a la luz o de individuos expuestos simultáneamente a agentes fotosensibilizantes (véase la Nota 3). Estos valores no se aplican a los ojos afáquicos (personas a las que se les ha extirpado el cristalino en una intervención quirúrgica por cataratas) [véanse los valores límite para la radiación luminosa y del infrarrojo próximo]. Estos valores deben servir de orientación para el control de la exposición a fuentes continuas cuando la duración de la exposición sea igual o superior a 0,1 segundos.

Estos valores sirven para el control de la exposición a las fuentes de ultravioleta, no debiendo considerárseles como un límite definido entre los niveles seguros y peligrosos.

Valores límite umbral

Los valores límite para la exposición laboral a la radiación ultravioleta incidente sobre la piel o los ojos son los siguientes:

Radiación ultravioleta (180 a 400 nm)

1. La exposición UV radiante incidente sobre la piel o los ojos sin proteger, no debe sobrepasar los valores indicados en la Tabla 1 en un período de 8 horas. Los valores se dan en julios por metro cuadrado (J/m^2) y en milijulios por centímetro cuadrado (mJ/cm^2) [Nota: 1 mJ/cm^2 = 10 J/m^2].

2. El tiempo de exposición en segundos (t_{max}) para alcanzar el valor límite de la radiación ultravioleta (UV) que incide sobre la piel o los ojos sin proteger, se puede calcular dividiendo 0,003 J/cm^2 por la irradiancia efectiva (E_{eff}) en watios por centímetro cuadrado (W/cm^2).

$$t_{max} = \frac{0{,}003\ (J/cm^2)}{E_{eff}\ (W/cm2)}$$

En donde: t_{max} = tiempo máximo de exposición en segundos

. E_{eff} = irradiancia efectiva de la fuente monocromática a 270 nm en W/cm2.

Nota: 1 W = 1 J/S

3.- Para determinar la E_{eff} de una fuente de banda ancha ponderada frente al pico de la curva de efectividad espectral (270 nm), se debe emplear la fórmula siguiente:

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_\lambda \, S(\lambda) \, \Delta\lambda$$ en la que:

E_{eff} = irradiancia efectiva relativa a una fuente monocromática a 270 nm en W/cm^2.

E_λ = irradiancia espectral en $W/(cm^2 . nm)$

$S(\lambda)$ = efectividad espectral relativa (adimensional)

$\Delta\lambda$ = anchura de banda en nm

La E_{eff} también puede medirse directamente con un medidor de radiaciones ultravioletas UV que lleve incorporado lectura espectral directa que refleje los valores relativos de la eficacia espectral de la Tabla 1. En cualquier caso, estos valores pueden compararse con los de la Tabla 2.

Región espectral UV- A (315 a 400 nm)

Además del TLV anteriormente propuesto, la exposición de los ojos sin proteger a la radiación UV-A no debe exceder de los valores sin ponderar siguientes:

1. Una exposición radiante de 1,0 J/cm^2 para períodos de una duración inferior a 1000 segundos.

2. Una irradiancia de 1,0 mW/cm^2 para períodos de una duración de 1000 segundos o superiores.

Todos los límites anteriores para la radiación UV se aplican a las fuentes que subtienden un ángulo menor de 80° en el detector. Las fuentes que subtienden un ángulo mayor deben medirse sólo sobre un ángulo de 80°.

Notas:

1. La probabilidad de desarrollar cáncer de piel, depende de una serie de factores tales como la pigmentación de la misma, historial con ampollas producidas por la exposición solar y la dosis UV acumulada.

2. Los trabajadores a la intemperie en latitudes a menos de 40 grados del ecuador, pueden estar expuestos a niveles superiores a los valores límite durante unos 5 minutos hacia el mediodía en el verano.

3. La exposición a la radiación ultravioleta simultánea con una exposición tópica o sistémica a una serie de compuestos químicos, incluyendo algunos medicamentos, puede dar lugar a un eritema dérmico a exposiciones por debajo del valor límite.

Debe sospecharse de hipersensibilidad si los trabajadores presentan reacciones dérmicas expuestos a dosis inferiores a las del valor límite o cuando expuestos a niveles que no causaron eritemas perceptibles en los mismos individuos en el pasado.

Entre los cientos de agentes que pueden causar hipersensibilidad a la radiación ultravioleta, están ciertas plantas y compuestos tales como algunos antibióticos (p.e tetraciclina y sulfatiazol), algunos antidepresivos (p.e. imipramina y sinecuan) así como algunos diuréticos, cosméticos, fármacos antipsicóticos, destilados del alquitrán de hulla, algunos colorantes o el aceite de lima.

4.- En el aire se produce ozono por las fuentes que emiten radiación UV a longitudes de onda por debajo de 250 nm. Consúltese el valor límite del ozono en la lista de compuestos químicos.

TABLA 1

Valor límite para la radiación ultravioleta y la efectividad espectral relativa

Longitud de onda (nm)	Valor límite (J/m^2)Δ	Valor límite (mJ/cm^2)Δ	Efectividad espectral Relativa S (λ)
180	2500	250	0,012
190	1600	160	0,019
200	1000	100	0,030
205	590	59	0,051
210	400	40	0,075
215	320	32	0,095
220	250	25	0,120
225	200	20	0,150
230	160	16	0,190
235	130	13	0,240
Longitud de onda (nm)	**Valor límite (J/m^2)Δ**	**Valor límite (mJ/cm^2)Δ**	**Efectividad espectral Relativa S (λ)**
240	100	10	0,300
245	83	8,3	0,360
250	70	7,0	0,430
254#	60	6,0	0,500
255	58	5,8	0,520
260	46	4,6	0,650
265	37	3,7	0,810
270	30	3,0	1,000
275	31	3,1	0,960
280#	34	3,4	0,880

Longitud de onda (nm)	Valor límite (J/m^2)Δ	Valor límite (mJ/cm^2)Δ	Efectividad espectral Relativa S (λ)
285	39	3,9	0,770
290	47	4,7	0,640
295	56	5,6	0,540
297#	65	6,5	0,460
300	100	10	0,300
303#	250	25	0,120
305	500	50	0,060
308	1200	120	0,026
310	2000	200	0,015
313#	5000	500	0,006
315	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	0,003
316	$1,3 \times 10^4$	$1,3 \times 10^3$	0,0024
317	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	0,0020
318	$1,9 \times 10^4$	$1,9 \times 10^3$	0,0016
319	$2,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$	0,0012
320	$2,9 \times 10^4$	$2,9 \times 10^3$	0,0010
322	$4,5 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$	0,00067
323	$5,6 \times 10^4$	$5,6 \times 10^3$	0,00054
325	$6,0 \times 10^4$	$6,0 \times 10^3$	0,00050
328	$6,8 \times 10^4$	$6,8 \times 10^3$	0,00044
330	$7,3 \times 10^4$	$7,3 \times 10^3$	0,00041
333	$8,1 \times 10^4$	$8,1 \times 10^3$	0,00037
335	$8,8 \times 10^4$	$8,8 \times 10^3$	0,00034
340	$1,1 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	0,00028
345	$1,3 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	0,00024
350	$1,5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^4$	0,00020
355	$1,9 \times 10^5$	$1,9 \times 10^4$	0,00016
360	$2,3 \times 10^5$	$2,3 \times 10^4$	0,00013
365#	$2,7 \times 10^5$	$2,7 \times 10^4$	0,00011
370	$3,2 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$	0,000093
375	$3,9 \times 10^5$	$3,9 \times 10^4$	0,000077
Longitud de onda (nm)	**Valor límite (J/m^2)Δ**	**Valor límite (mJ/cm^2)Δ**	**Efectividad espectral Relativa S (λ)**
380	$4,7 \times 10^5$	$4,7 \times 10^4$	0,000064
385	$5,7 \times 10^5$	$5,7 \times 10^4$	0,000053
390	$6,8 \times 10^5$	$6,8 \times 10^4$	0,000044
395	$8,3 \times 10^5$	$8,3 \times 10^4$	0,000036
400	$1,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^5$	0,000030

Los valores intermedios deben obtenerse por interpolación

Líneas de emisión para el espectro de descarga del mercurio.

Δ 1 mJ/cm^2 = 10 J/m^2

TABLA 2

Duración de la exposición en determinadas irradiancias efectivas de radiación UV actínica

Duración de la exposición por día	Irradiancia efectiva Eeff ($\mu W/cm^2$)
8 horas	0,1
4 horas	0,2
2 horas	0,4
1 hora	0,8
30 minutos	1,7
15 minutos	3,3
10 minutos	5
5 minutos	10
1 minuto	50
30 segundos	100
10 segundos	300
1 segundo	3000
0,5 segundos	6000
0,1 segundos	30000