

**RADIACIONES
NO IONIZANTES**

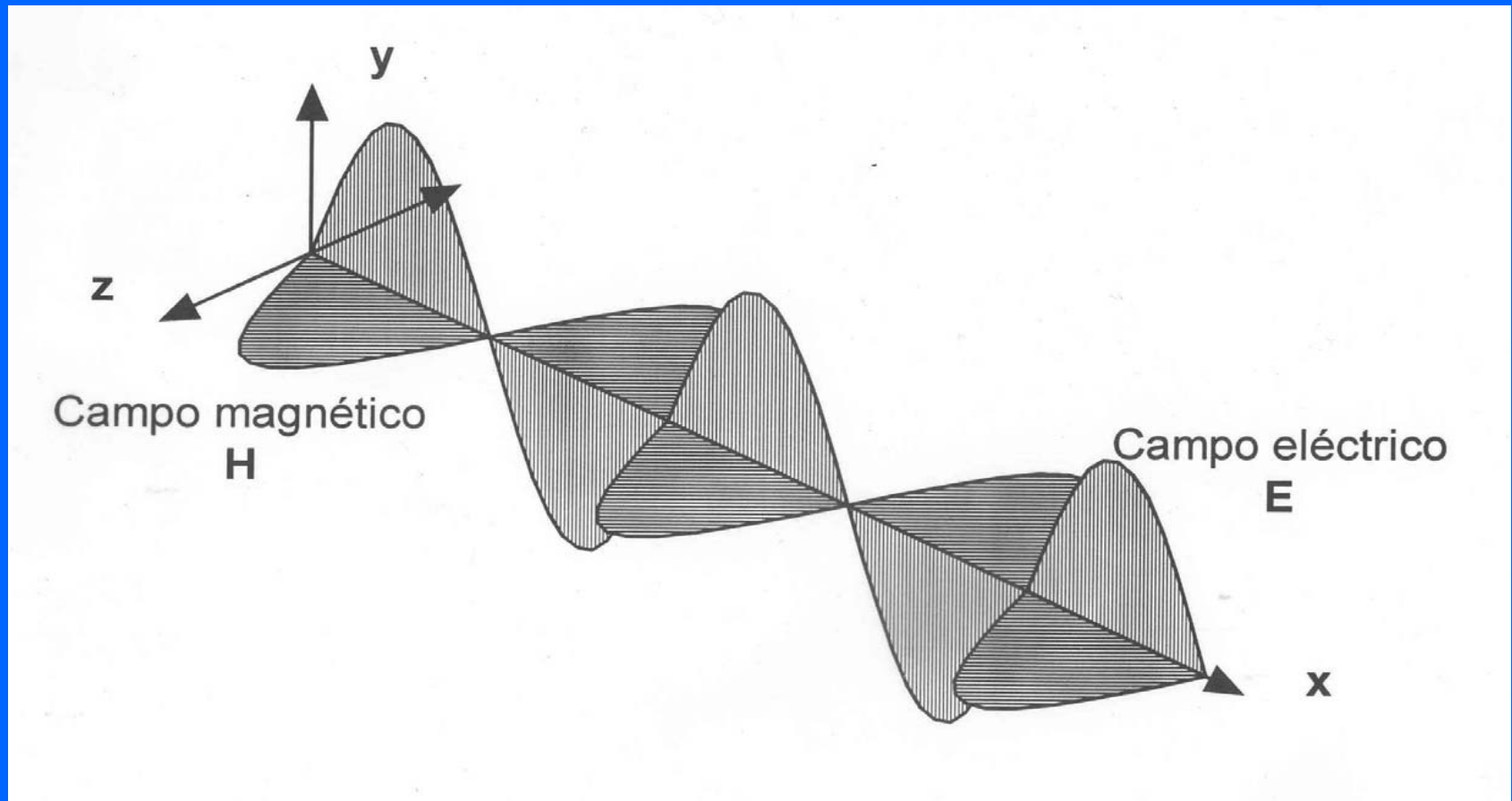
RADIACIONES



RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

- Forma de energía de origen atómico o molecular
- No necesitan soporte material para su propagación
- Se propagan a la velocidad de la luz (3×10^8 m/s)
- Su energía es directamente proporcional a la frecuencia
- La capacidad de alterar la materia depende de la energía de la radiación (ionización)

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS



RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

$$v = c/\lambda$$

v : frecuencia (Hz)

c : velocidad de la luz (3×10^8 m/s)

λ : longitud de onda (m)

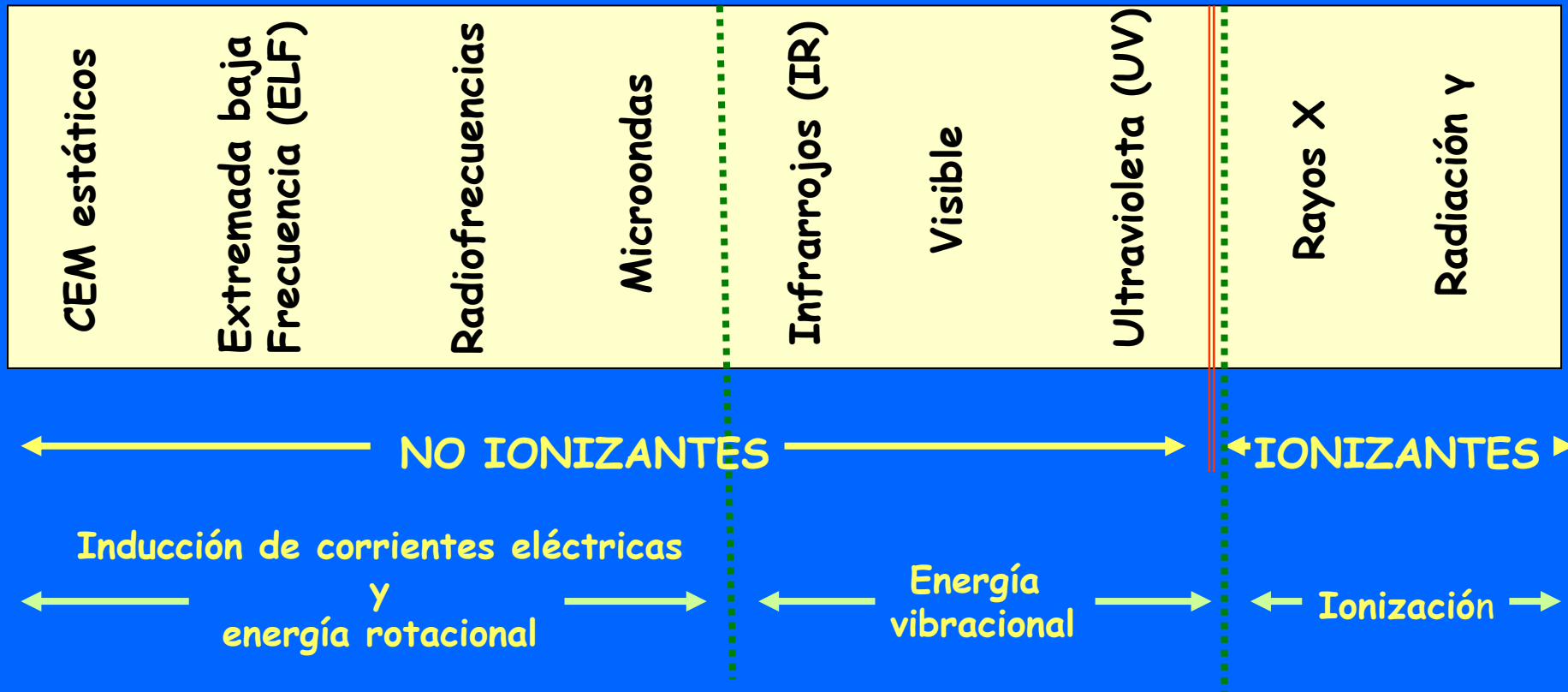
$$E = h \times v$$

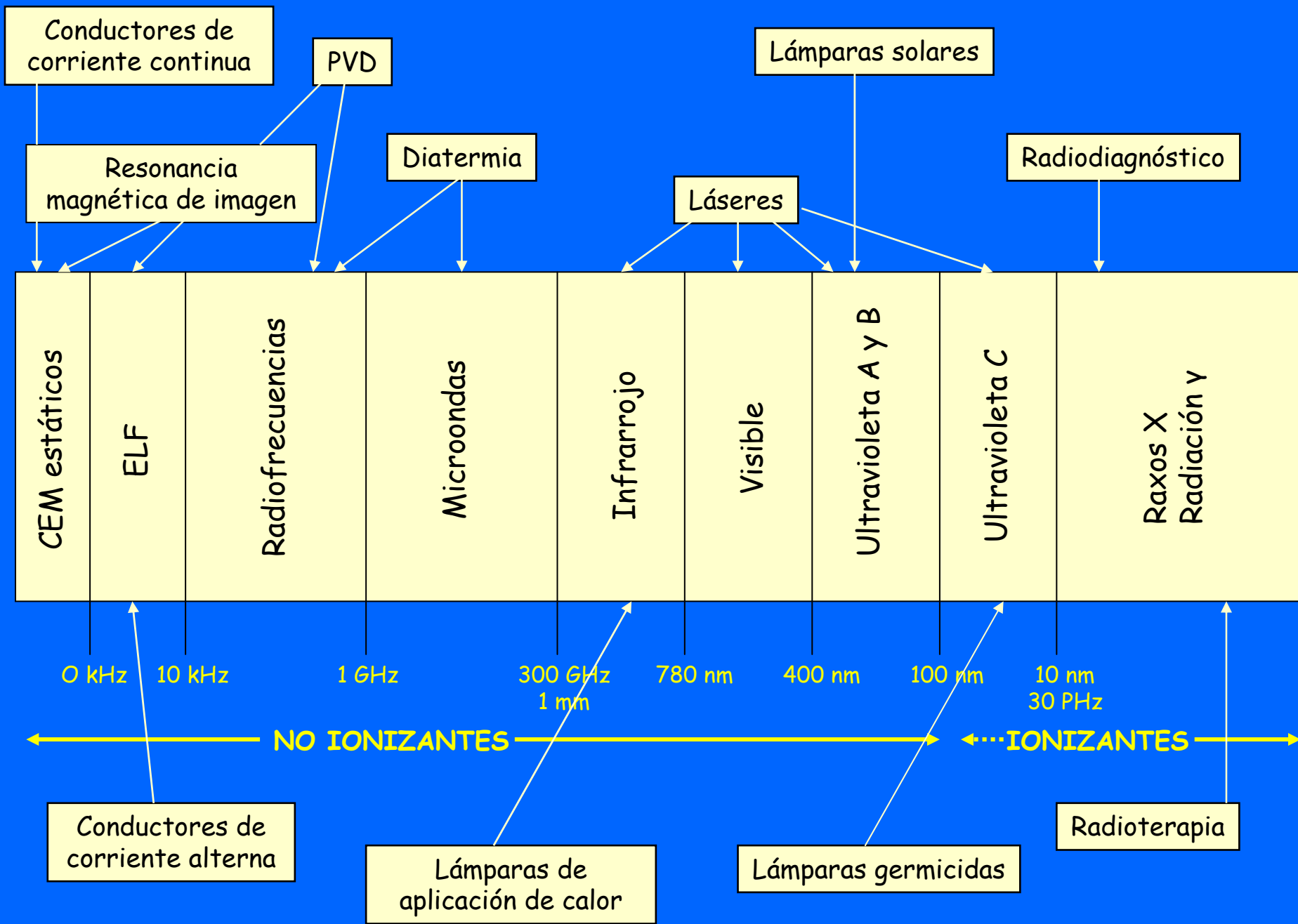
E : energía

h : constante de Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J/s)

v : frecuencia (Hz)

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO





Radiaciones de extremada baja frecuencia y subradiofrecuencias (0 -10 kHz)

Efectos comprobados

Inducción de corrientes eléctricas:

- Efectos sistema cardiovascular
- Efectos sistema nervioso central
- Afectación de marcapasos y prótesis metálicas

Campos electromagnéticos (CEM) de bajas frecuencias Otros posibles efectos (I)

"...la evidencia experimental publicada hasta el presente sobre la posible influencia de los CEM en el proceso carcinogénico no es concluyente. Los estudios epidemiológicos sobre exposición residencial no han mostrado un aumento de la incidencia de cáncer en los adultos expuestos"

(Evaluación actualizada de los campos electromagnéticos en relación con la salud pública. Informe técnico elaborado por el Comité de Expertos. Septiembre 2003. M^o. De Sanidad y Consumo)

Campos electromagnéticos (CEM) de bajas frecuencias Otros posibles efectos (II)

"...los CEM de baja frecuencia, a los niveles habituales que se encuentran en la exposición residencial **no causan cáncer**. Sin embargo, algunos estudios epidemiológicos indican un posible ligero incremento del riesgo de leucemia en los niños (frecuencia: 50/60 Hz) a niveles de campo magnético promediados en el tiempo $\geq 0,4\mu\text{T}$ "

[Comisión Internacional sobre Protección de la Radiación No-Ionizante (ICNIRP)]

Radiofrecuencias y microondas (10 kHz - 300 GHz) Efectos comprobados

Inducción de corrientes eléctricas y absorción como energía rotacional (efecto térmico):

- Efectos funciones del sistema nervioso central
- Síndrome neurasténico (dolor de cabeza, insomnio, excitabilidad nerviosa, etc.)
- Fatiga calorífica de cuerpo entero (hipertermia, descenso en la producción de espermatozoides, etc.)
- Calentamiento local excesivo en tejidos (quemaduras localizadas y cataratas térmicas)

Radiofrecuencias y Microondas

Otros posibles efectos (I)

"Para radiofrecuencias y microondas....no se ha obtenido evidencia de efectos cancerígenos en niños o adultos a partir de los estudios epidemiológicos. Otras observaciones, relativamente amplias, tampoco han proporcionado evidencias de citotoxicidad extrapolables a la población humana"

(Comité Científico de la UE)

Radiofrecuencias y Microondas

Otros posibles efectos (II)

“Ningún estudio permite concluir que la exposición a CEM de radiofrecuencias emitidas por los teléfonos móviles o sus estaciones base tengan algún peligro para la salud”

*[“Champs électromagnétiques et santé publique”.
Organización Mundial de la Salud (OMS). Comunicado de
23/1/02]*

CEM

MAGNITUDES FÍSICAS (I)

CAMPO ELÉCTRICO

- Intensidad de campo eléctrico "E" (V/m): cantidad vectorial que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento

CAMPO MAGNÉTICO

- Intensidad de campo magnético "H" (A/m): cantidad vectorial que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético
- Densidad de flujo magnético o inducción magnética "B" (T): cantidad magnética que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento

CEM

MAGNITUDES FÍSICAS (II)

Densidad de potencia "S" (W/m²):
potencia radiante que incide
perpendicular a una superficie, dividida
por el área de la superficie.

*Cantidad muy adecuada para frecuencias muy altas
($f \geq 10$ Mhz), cuya profundidad de penetración en el
cuerpo es baja.*

CEM

MAGNITUDES FÍSICAS (III)

RESTRICCIONES BÁSICAS

- Corriente de contacto " I_c " (A): corriente entre una persona y un objeto
- Densidad de corriente " J " (A/m^2): corriente que fluye por una sección perpendicular a la dirección de la misma
- Índice de absorción específica de energía " SAR " (W/kg): índice de energía absorbida por unidad de masa corporal, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN CRITERIOS DE VALORACIÓN (0 Hz a 300 GHz)

Exposición laboral: Directiva 2004/40/CE (L 184; DOCE 24/5/2004), sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos).
(*Límite de transposición: 30/4/2008*) (*)

Público en general:

España: RD 1066/01, que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las exposiciones radioeléctricas

UE: Recomendación 1999/519/CE, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0Hz a 300 GHz)

() Prorrogada hasta 2012*

Directiva 2004/40/CE

Valores límites de exposición (*exposición laboral*)
(han de cumplirse todas las condiciones)
(0 Hz - 300 GHz)

Restricciones básicas

Frecuencia	Densidad de corriente (mA/m ²)	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (extremidades) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m ²)
<1 Hz	40	-	-	--	
1-4 Hz	40/f (*)	-	-	--	
0,004-1 kHz	10	-	-	--	
1-100 kHz	f/100 (*)	-	-	--	
0,1-10MHz	f/100	0,4	10	20	
0,01-10 GHz	-	0,4	10	20	
10-300 GHz	-	-	-		50

(*) f: frecuencia expresada en Hz

RD 1066/01 y Recomendación 1999/519/CE

Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz) para público en general

Frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²)	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m ²)
0 Hz	40	-	-	-	-	
>0 - 1 Hz	-	8	-	-	-	
1 - 4 Hz	-	8/f ⁽¹⁾	-	-	-	
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	
1000 Hz - 100 kHz	-	f ⁽¹⁾ /500	-	-	-	
100 kHz - 10 MHz	-	f ⁽¹⁾ /500	0,08	2	4	
10 MHz - 10 GHz	-	-	0,08	2	4	
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

(1) f: frecuencia expresada en Hz

Directiva 2004/40/CE

Valores que dan lugar a una acción (0Hz - 300 GHz) Exposición laboral

Rango de frecuencia	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)	S (W/m^2)	IC (mA) (Corriente contacto)	IL (mA) (Corriente inducida)
< 1Hz	-	$1,63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	-	1,0	-
1-8 Hz	20000	$1,63 \cdot 10^5 / f^2$ (*)	$2 \cdot 10^5 / f^2$ (*)	-	1,0	-
8-25 Hz	20000	$2 \cdot 10^4 / f$ (*)	$2,5 \cdot 10^4 / f$ (*)	-	1,0	-
0,025–0,82 kHz	$500 / f$ (*)	$20 / f$ (*)	$25 / f$ (*)	-	1,0	-
0,82-2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-
2,5-65 kHz	610	$1,6 / f$ (*)	$2 / f$ (*)	-	0,4 f	-

(*) f: según se indica en la columna de gama de frecuencia

Directiva 2004/40/CE

Valores que dan lugar a una acción (0Hz - 300 GHz) Exposición laboral

Rango de frecuencia	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)	S (W/m^2)	IC (mA) (Corriente contacto)	IL (mA) (Corriente inducida)
65-100 kHz	610	1600/f (*)	2000/f	-	0,4 f	-
0,1-1 MHz	610	1,6/f (*)	2/f (*)	-	40	-
1-10 MHz	610/f	1,6/f (*)	2/f (*)	-	40	-
10-110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110-400 MHz	61	0,16	0,2	10	-	-
400-2000 MHz	3 f ^{1/2} (*)	0,008 f ^{1/2} (*)	0,01 f ^{1/2} (*)	f/40	-	-
2-300 GHz	137	0,36	0,45	50	-	-

(*) f: según se indica en la columna de gama de frecuencia

Para **f** entre 100 kHz y 10 GHz son valores promedio para periodos de **6 minutos**

Para **f > 10 GHz** son valores promedio para periodos de **68/f^{1.05} minutos** (f en GHz)

RD 1066/01, Recomendación 1999/519/CE e ICNIRP (1998)

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 3 kHz) para **público en general**

Frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μ T)
0 - 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4
1 - 8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4/f^2$ (*)	$4 \times 10^4/f^2$ (*)
8 - 25 Hz	10000	$4000/f$ (*)	$5000/f$ (*)
0,025 - 0,8 kHz	$250/f$ (*)	$4/f$ (*)	$5/f$ (*)
0,8 - 3 kHz	$250/f$ (*)	5	6,25

(*) f: frecuencia según se indica en la columna de gama de frecuencias

RD 1066/01, Recomendación 1999/519/CE e ICNIRP (1998)

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (3 kHz - 300 GHz) para **público en general**

Frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μ T)	Densidad de potencia (W/m)
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73/f (*)	0,92/f (*)	-
1 - 10 MHz	87/f ^{1/2} (*)	0,73/f (*)	0,92/f (*)	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2000 MHz	1,375 f ^{1/2} (*)	0,0037 f ^{1/2} (*)	0,0046 f ^{1/2} (*)	f/200 (*)
2 - -300 GHz	61	0,16	0,20	10

(*) f: según se indica en la columna de gama de frecuencia

Para f entre 100 kHz y 10 GHz son valores promedio para periodos de 6 minutos

Para f > 10 GHz son valores promedio para periodos de $68/f^{1,05}$ minutos (f en GHz)

Medidor de ELF



Medidor de CEM



Medidas de CEM



Medidor de RF y MW



Fuentes de RF y MW



EXPOSICIÓN A CAMPOS ELCTROMAGNÉTICOS

MEDIDAS DE PROTECCIÓN

- Reducción de la densidad de potencia recibida:
 - Elección de la potencia de funcionamiento más baja posible
 - Aumento de la distancia
 - Blindaje

- Reducción del tiempo de exposición

- Señalización

- Formación e Información

RADIACIONES ÓPTICAS (INCOHERENTES)

Son radiaciones electromagnéticas con las características siguientes:

- Longitudes de onda (λ) comprendidas entre 1mm y 10nm, y frecuencias entre (ν) 300 GHz y 3PHz
- Energía por fotón mucho mayor que las radiofrecuencias y microondas
- Capacidad de penetración muy pequeña

INCOHERENTE: radiación óptica distinta de una radiación láser

RADIACIONES ÓPTICAS

REGIONES ESPECTRALES

Radiación	Longitud de onda (λ)
IR-C	3000 – 1000000 nm
IR-B	1400 – 3000 nm
IR-A	780 – 1400 nm
Visible	400 – 780 nm
UV-A	315 – 400 nm
UV-B	280 – 315 nm
UV-C	< 280 nm

RADIACIONES ÓPTICAS

EFFECTOS

- Los efectos son en ojos y piel
- Mecanismo de interacción:
 - Para $\lambda \geq 400\text{nm}$: principalmente térmico
 - Para $\lambda \leq 400\text{nm}$: principalmente fotoquímico

EFFECTOS DE LAS RADIACIONES ÓPTICAS EN OJOS Y PIEL

Región espectral	Ojo	Piel
Ultravioleta C $\lambda = 180 - 280 \text{ nm}$	Fotoqueratitis (córnea)	Eritema. Envejecimiento acelerado de la piel. Aumento de la pigmentación de la piel
Ultravioleta B $\lambda: = 280 - 315 \text{ nm}$	Fotoqueratitis (córnea)	Eritema. Envejecimiento acelerado de la piel Aumento de la pigmentación de la piel
Ultravioleta A $\lambda: = 315 - 400 \text{ nm}$	Catarata fotoquímica (cristalino)	Oscurecimiento de los pigmentos. Reacciones de fotosensibilización. Quemaduras de la piel
Visible $\lambda: = 400 - 780 \text{ nm}$	Lesiones fotoquímicas y térmicas en la retina	Oscurecimiento de los pigmentos. Reacciones de fotosensibilización. Quemaduras de la piel
Infrarrojos A $\lambda: = 780 - 1400 \text{ nm}$	Cataratas, quemaduras retinianas	Quemaduras de la piel
Infrarrojos B $\lambda: = 1400 - 3000 \text{ nm}$	Catarata, quemadura corneal	Quemaduras de la piel
Infrarrojos C $\lambda: 3 \mu\text{m} - 1\text{mm}$	Quemadura corneal	Quemaduras de la piel

Fuentes de exposición laboral a R.O.

- a. Lámparas de descarga de una cierta intensidad (de alta y baja presión)
- b. Soldadura al arco
- c. Fuentes incandescentes (no lámparas)
- d. Láseres de clases 3B y 4 de camino óptico abierto
- e. Sol (en trabajos al aire libre)

RADIACIÓN INFRARROJA Y VISIBLE

Evaluación de la exposición:

Los criterios disponibles (ACGIH) están en función de la frecuencia y se basan en (*):

- La protección de la retina frente a lesiones térmicas y reacciones fotoquímicas
- La protección frente a efectos retardados sobre el cristalino

Control de la exposición:

- Señalización
- Apantallamientos
- EPI (piel y ojos)

(*) Directiva 2006/25/CE (radiaciones ópticas artificiales). L 114, DOCE 27.4.2006.
Plazo transposición: 27.5.2010

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV)

- Son las radiaciones ópticas más peligrosas por:
 - No ser visibles ni detectables
 - Ser las más energéticas
- Se dividen en:
 - UVA: 315-400nm
 - UVB: 280-315nm
 - UVC: 180-280nm
- Mayor sensibilidad de la piel: 295nm
- Mayor sensibilidad del ojo: 270nm
- Ultravioleta actínico: 200 - 315nm (más peligroso)

RADIACIÓN UV

Efectos biológicos

Efectos no estocásticos:

- Oscurecimiento de la piel
- Eritema (ampollas y edemas por aumento de al permeabilidad) ($\lambda > 300\text{nm}$)
- Daños en la córnea ($270\text{nm} < \lambda \leq 260\text{nm}$)

Efectos estocásticos:

- Cáncer de piel

RADIACIONES UV

Criterios de valoración

Los criterios existentes, establecen valores de exposición radiante (J/m^2) en función de la longitud de onda (λ) (*).

$$H (J/m^2) = E (W/m^2) \times t (s)$$

Exposición radiante

Irradiancia

Tiempo de exposición

Los radiómetros miden, normalmente, la irradiancia (E)

(*) Directiva 2006/25/CE (radiaciones ópticas artificiales). L 114, DOCE 27.4.2006.
Plazo transposición: 27.5.2010

**Directiva 2006/25/CE del
Parlamento Europeo y del Consejo sobre
las disposiciones mínimas de seguridad y
salud relativas a la exposición de los
trabajadores a riesgos derivados de los
agentes físicos (radiaciones ópticas
artificiales)**

Metodología de evaluación INSHT



RADIACIONES UV

Medidas de protección

FOCO

- Diseño de la instalación
- Encerramiento
- Apantallamiento
- Dispositivos de desconexión

MEDIO

- Recubrimiento de paredes
- Señalización (limitación de acceso)
- Ventilación (ozono)

RECEPTOR

- Tiempo de exposición
- Información y formación
- EPI (oculares y piel)



LÁSER

Radiación electromagnética, en la zona de frecuencias de las radiaciones ópticas:

- Monocromática (una longitud de onda)
- Coherente (ondas coincidentes en fase)
- Direccional (no dispersa)

EMISIÓN LASER

Características

- Longitud de onda (nm)
- Tiempo de emisión
- Potencia o energía
- Divergencia

CLASIFICACIÓN DE LÁSERES UNE-EN-60825/A2:2002 (I)

CLASE 1

- Intrínsecamente seguros, incluyendo instrumentos ópticos de visión directa

CLASE 1M

- Seguros para longitudes de onda (λ): 302,5 -4000 nm
- Peligrosos con instrumentos ópticos de visión directa

CLASE 2

- Longitud de onda (λ): 400 -700 (visible)
- Protección ocular por respuestas de aversión (incluso con instrumentos ópticos)

CLASE 2M

- Longitud de onda (λ): 400 -700 (visible)
- Visión peligrosa del haz con instrumentos ópticos

CLASIFICACIÓN DE LÁSERES

UNE-EN-60825-1/A2: 2002 (II)

CLASE 3R

- Longitud de onda (λ): 302,5 - 10⁶ nm
- Visión directa del haz potencialmente peligrosa (<3B)
- Límite de emisión accesible (LEA) < 5 veces LEA de láseres de Clase 2 (λ :400 -700 nm) y < 5 veces LEA de láseres de Clase 1 (otras λ)

CLASE 3B

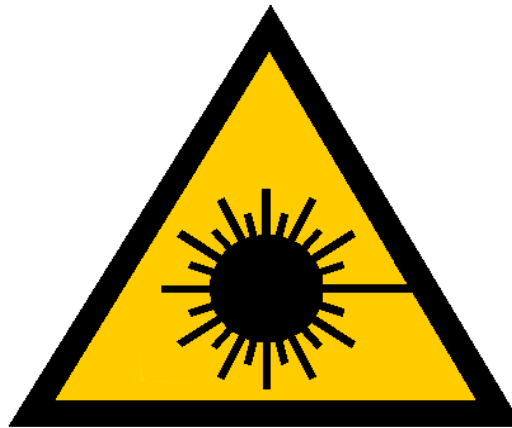
- Visión directa del haz siempre peligrosa
- Visión de reflexiones difusas normalmente segura

CLASE 4

- Reflexiones difusas peligrosas
- Pueden causar daños sobre la piel
- Peligro de incendio

- Utilización con máxima precaución -

UNE-EN-60825-1/A2: 2002 ETIQUETADO



Radiación Láser

CLASE 3B

**PRODUCTO LASER 3B
RADIACIÓN LASER. EVITE LA EXPOSICIÓN AL HAZ**

