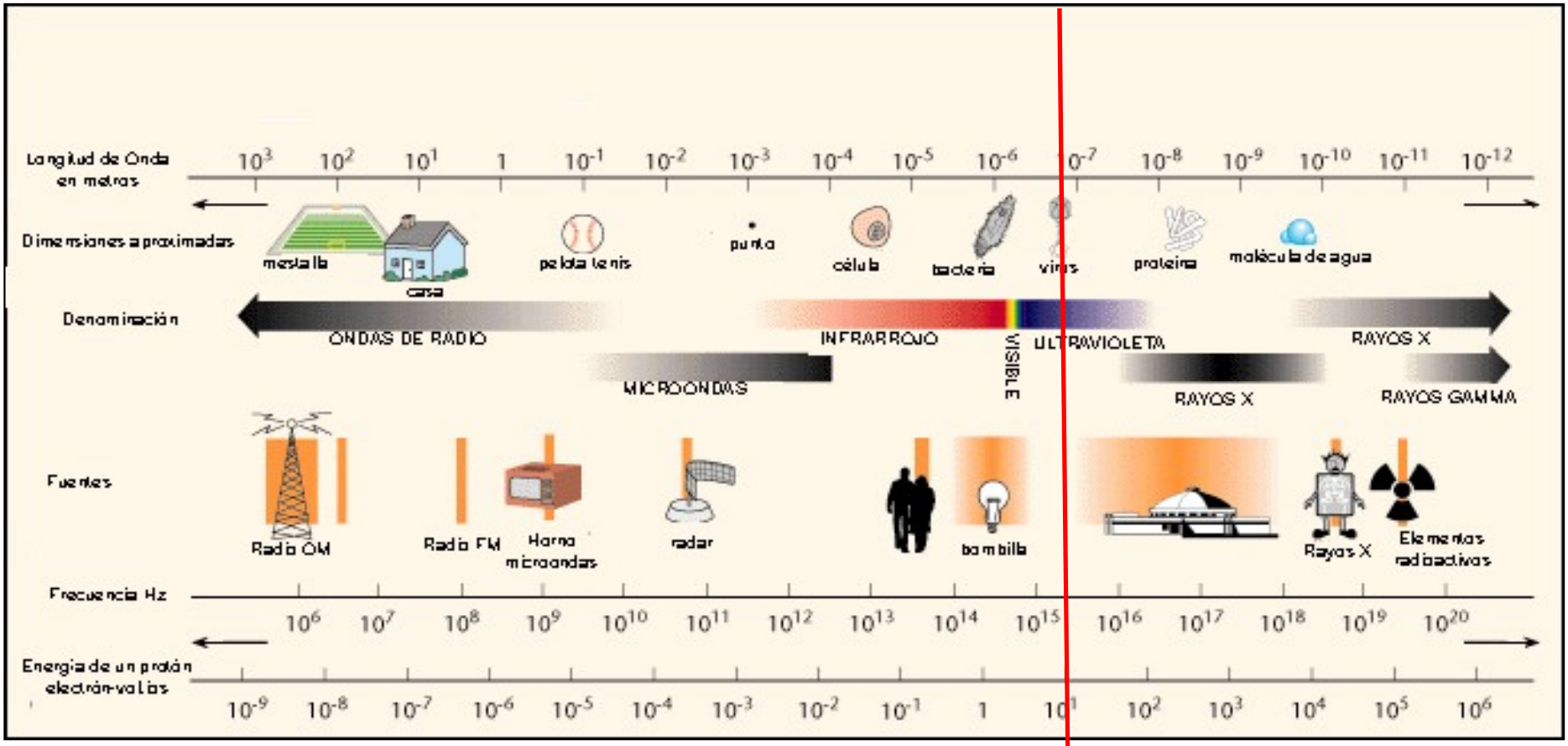
Radiación No Ionizante

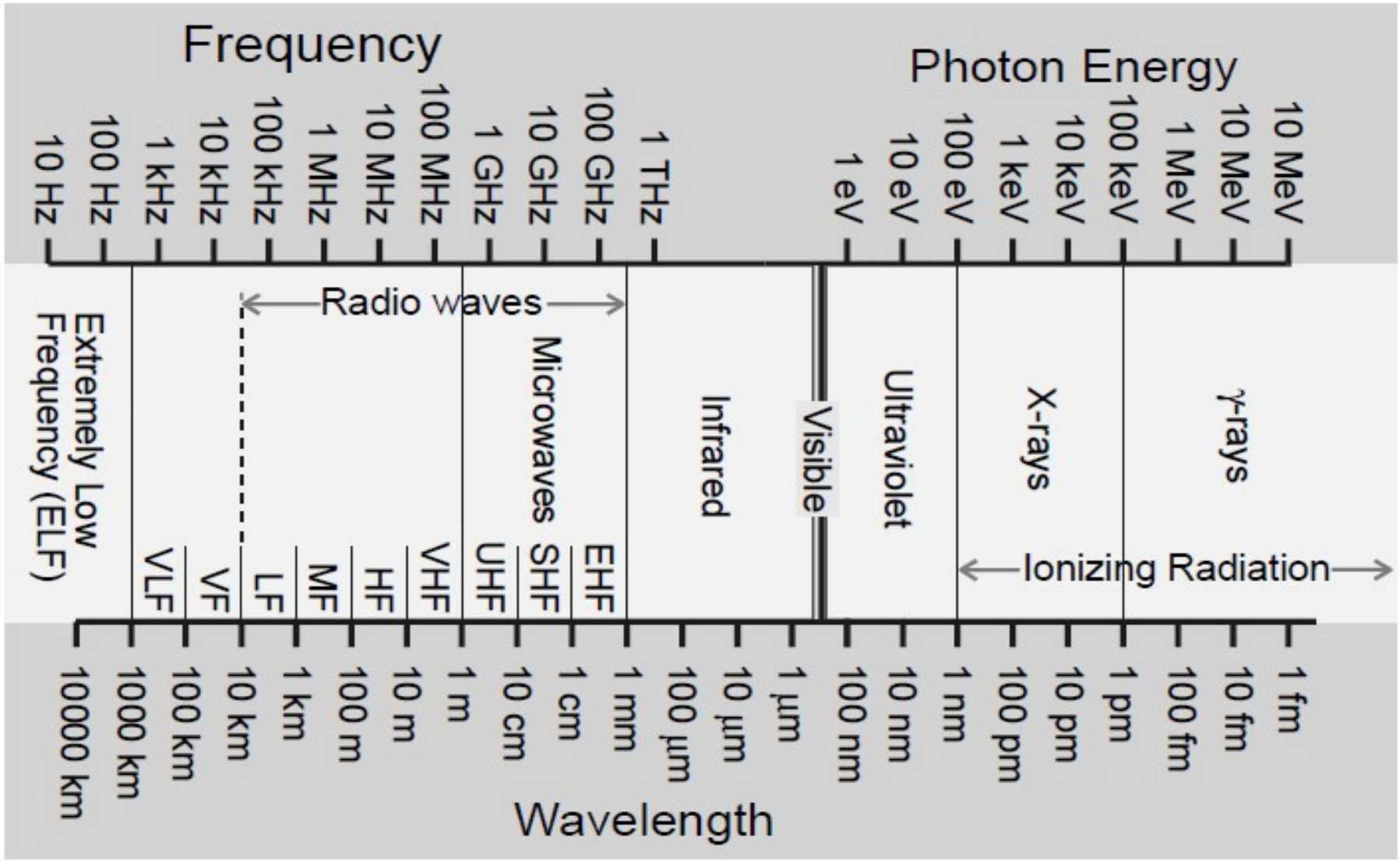
Espectro Electromagnético

- Radiación Ionizante (RI)
- Radiación No Ionizante (RNI)



Radiación No Ionizante | Radiación Ionizante

Espectro Electromagnético



Espectro Electromagnético

Radiación No Ionizante (RNI) **E < 10eV (f < 2,4 x 10^{15} Hz)**

- Energía eléctrica
- Radios AM – FM – TV
- Celulares
- Microondas
- Comunicaciones Satelitales
- Infrarrojo
- Luz visible
- Ultravioleta Cercano

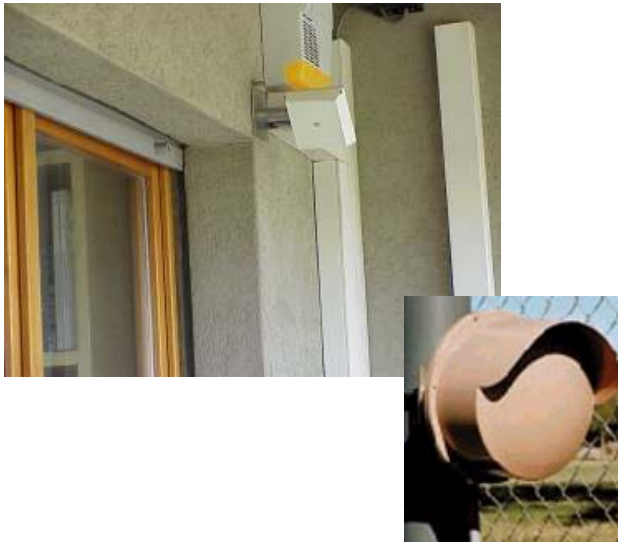
Radiación No Ionizante

Fuentes de Radiación No Ionizante

- *Antenas de Bases Celulares*
- *Antenas de estaciones de FM, AM, TV*
- *Celulares*
- *Enlaces de microondas*

Fuentes de Radiación No Ionizante

- *Hornos a Microondas*
- *Alarmas Perimetrales*
- *Detección Automática en Peajes*
- *Alarmas en Comercios*

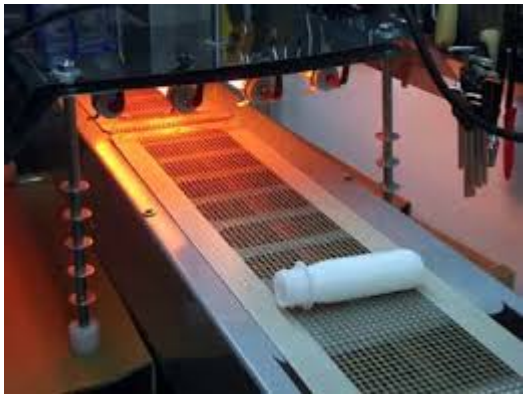


Fuentes de Radiación No Ionizante

- *Soldadoras por Radiofrecuencia*
- *Calentamiento por inducción*
- *Estaciones Transformadoras*
- *Líneas de distribución de energía*
- *Equipos de uso hogareño*

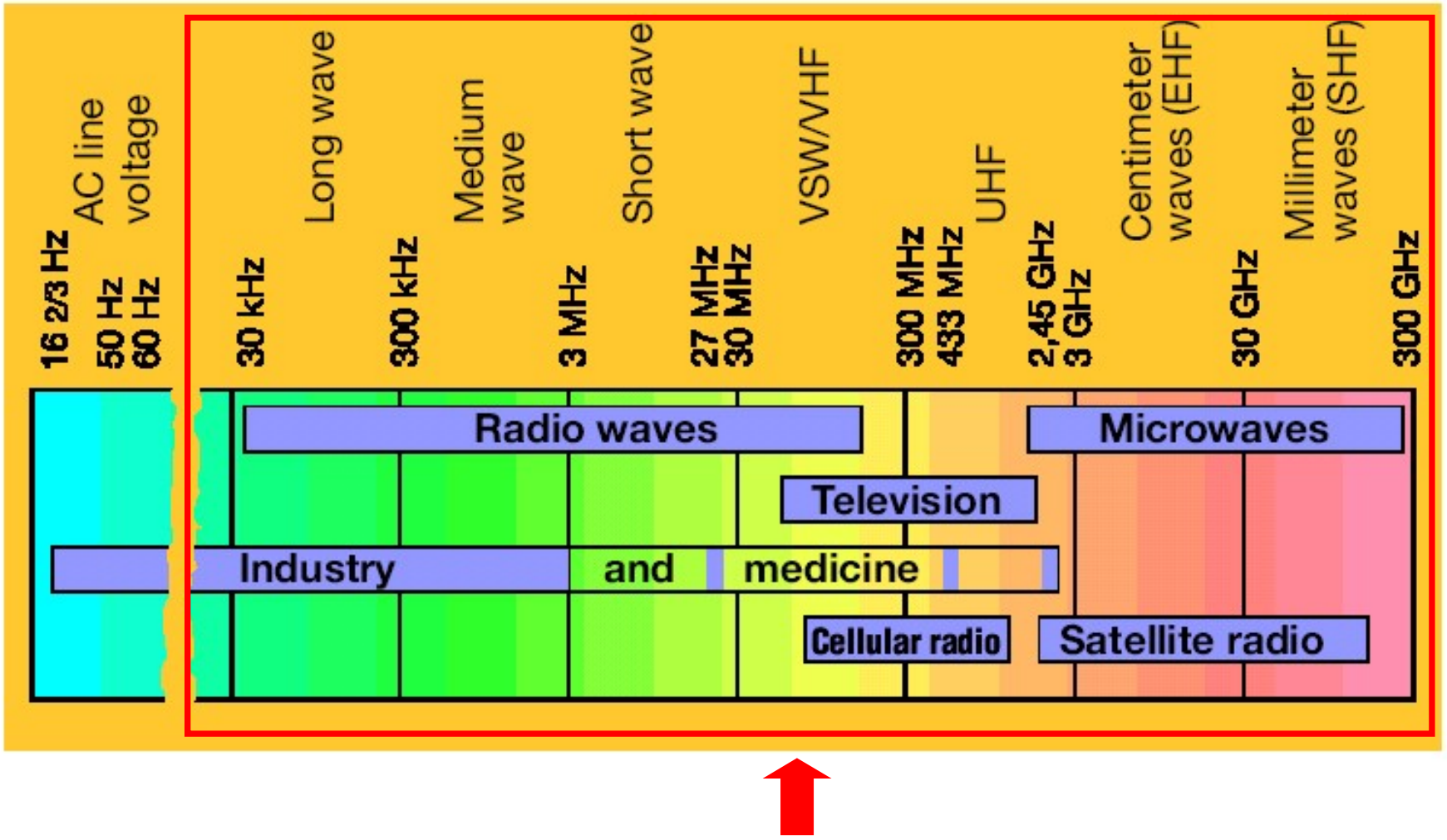
Fuentes de Radiación No Ionizante

- *Lámparas Germicidas*
- *Curado de Tintas*
- *Equipos de Secado*
- *Fotolitografía*
- *Fototerapia*
- *Iluminación*



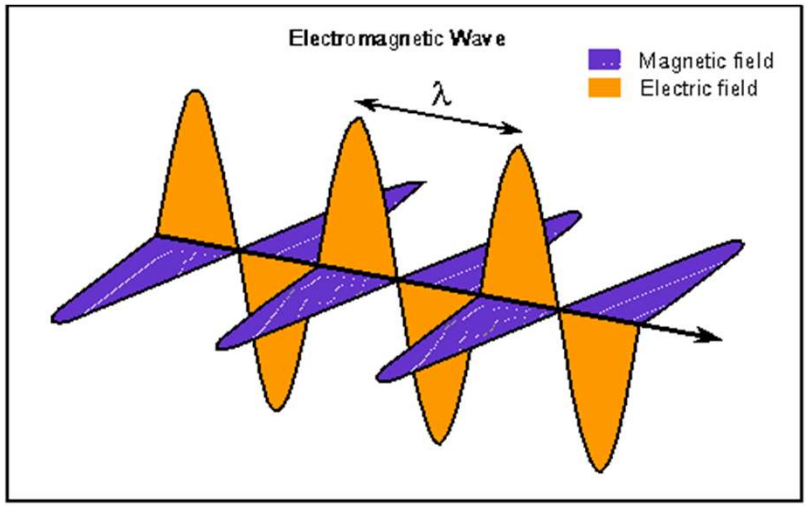
Espectro Electromagnético

Eléctrico y Radioeléctrico



Parámetros que definen los Campos Electromagnéticos

- **Frecuencia**
- **Campo Eléctrico**
- **Campo Magnético**
- **Densidad de Potencia**



Efectos que producen las Radiaciones No Ionizantes

- **No térmicos** *(inducción de corrientes débiles)*
  f < 100 kHz

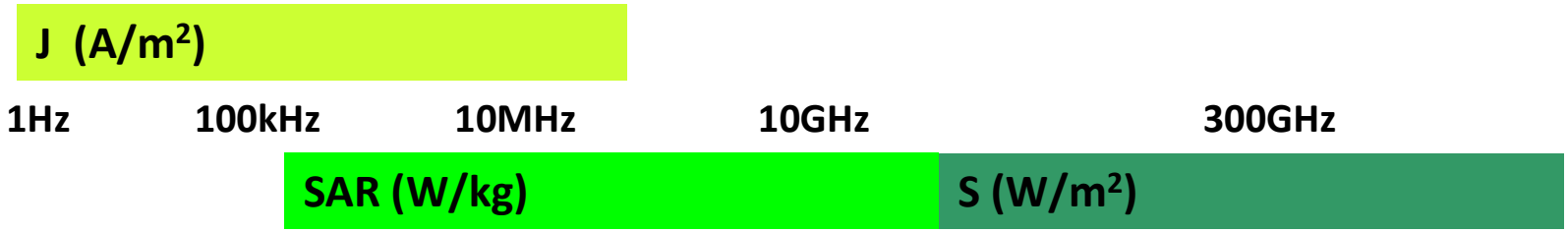
- **Térmicos** *(inducción de corrientes intensas)*
  100 kHz < f < 300 GHz

Magnitudes físicas empleadas para especificar restricciones de los CEM en función de la frecuencia

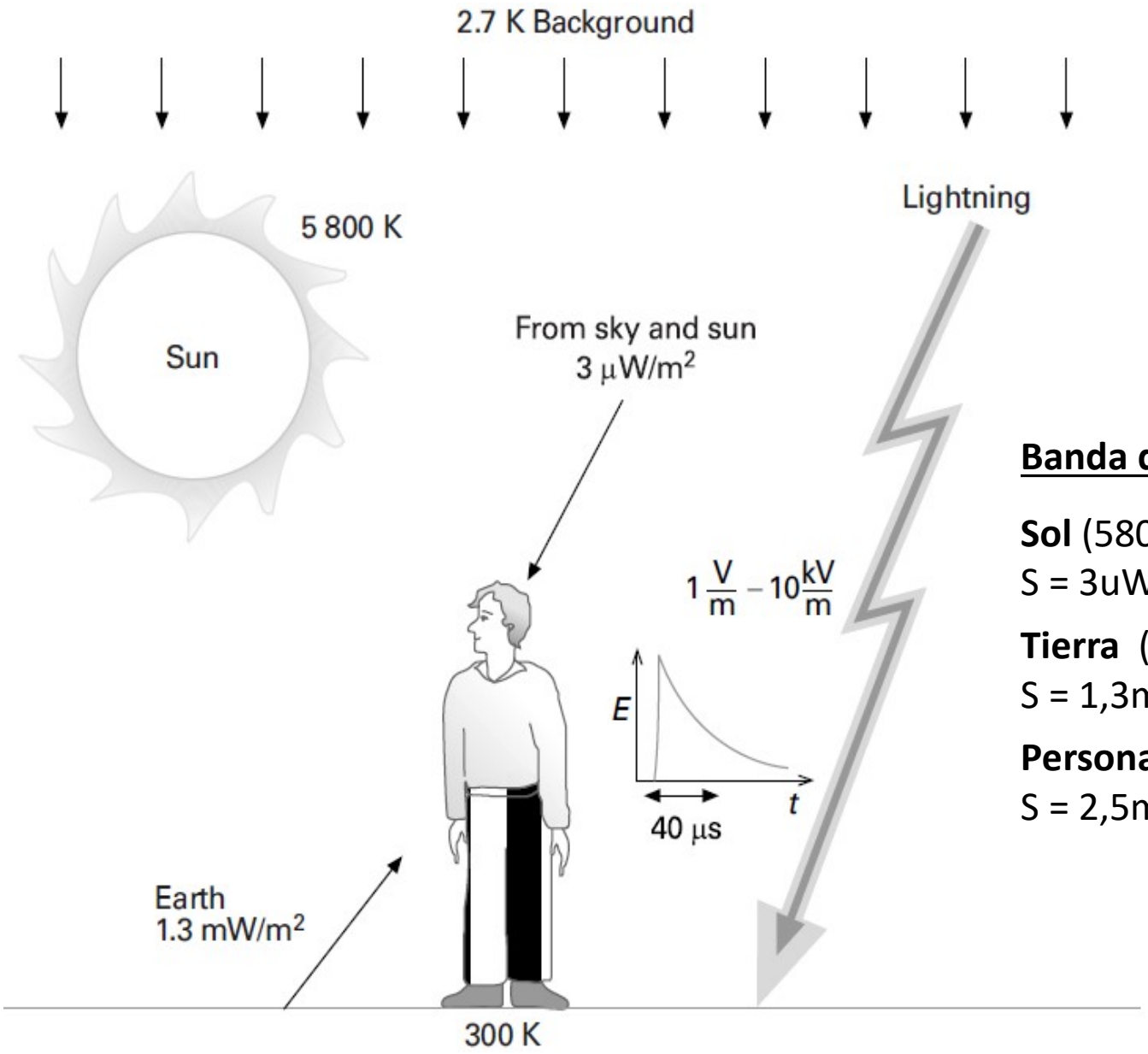
- ***Entre 1 Hz y 10 MHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de corriente J (A/m^2) para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso.***

- ***Entre 100 kHz y 10 GHz se proporcionan restricciones básicas del SAR (W/kg) para prevenir la fatiga calorífica de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la gama de 100 kHz a 10 MHz se ofrecen restricciones de la densidad de corriente y del SAR***

- ***Entre 10 GHz y 300 GHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de potencia S (W/m^2), con el fin de prevenir el calentamiento de los tejidos en la superficie corporal o cerca de ella.***



Radiación Natural



Banda de RF (30kHz a 300GHz)

Sol (5800°K) **+ Espacio** (2725°K)
S = 3uW/m² = 0,3 x10⁻³ uW/cm²

Tierra (300°K)
S = 1,3mW/m² = 0,13uW/cm²

Personas (310°K)
S = 2,5mW/m² = 0,25uW/cm²

Tasa de Absorción Específica – TAE (SAR)

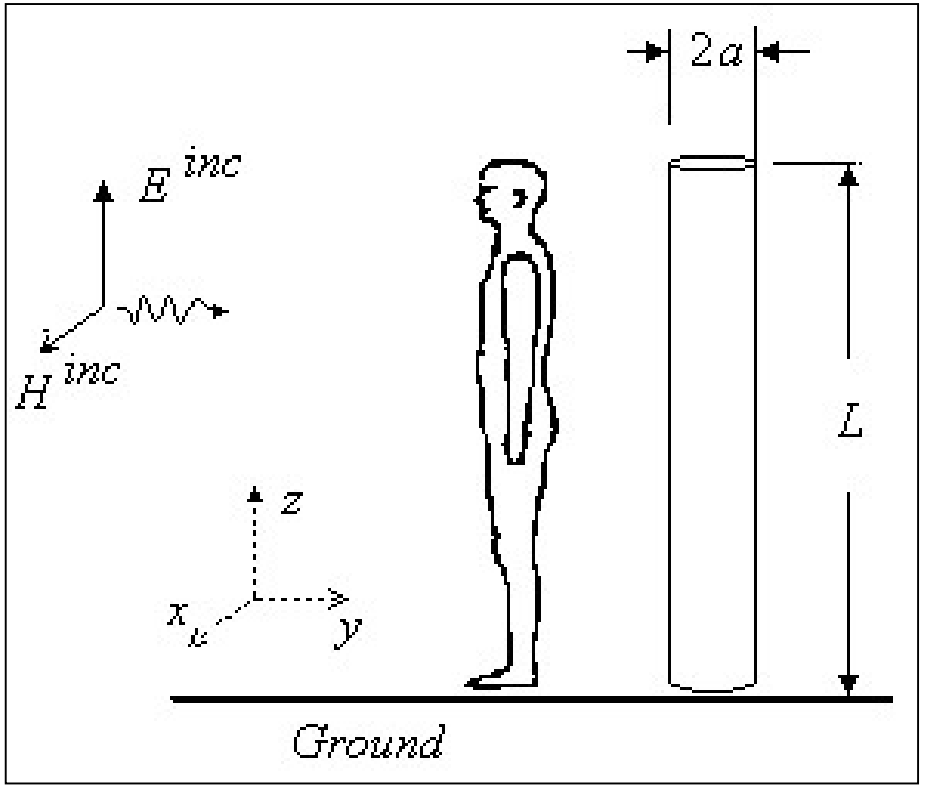
Es una medida de la velocidad de la energía absorbida por unidad de masa. Se expresa en Watts por kilogramo (W/kg).

SAR = d (dQ/dm)/dt

SAR = d (dQ/d(ρV))/dt

SAR = σ [E]² / ρ

SAR = c (dT/dt)



Tasa de Absorción Específica – TAE (SAR)

Es una medida de la velocidad de la energía absorbida por unidad de masa. Se expresa en Watts por kilogramo (W/kg).

$SAR_{máx}$ = 4W/kg para cuerpo entero (30 minutos - 1°C)

Región de aplicación		ICNIRP	Unión Europea	Europa	EEUU
Rango de frecuencia		100 kHz - 10 GHz	10 MHz - 10 GHz	10 kHz - 300 GHz	100 kHz - 6 GHz
SAR (W/kg)	Cuerpo Entero	0,4	0,4	0,4	0,4
	Medio	0,08	0,08	0,08	0,08
	Cabeza y tronco	10	10	10	8
	Localizado	2	2	2	1,6
	Miembros	20	20	20	20
	Localizado	4	4	4	4

Ocupacional

Poblacional

Máxima Exposición Permitida - Poblacional

Valor máximo de intensidad de campo eléctrico, magnético o de densidad de potencia equivalente a la que una persona puede estar expuesto sin efectos perjudiciales y con un factor de seguridad aceptable durante las 24 hs los 365 días (168 hs semanales).

Límites para Exposición Poblacional - ICNIRP

Frecuencia MHz	Densidad de Potencia S mW/cm2	Campo Eléctrico E V/m	Campo Magnético H A/m
0,15 - 1	-	87	0,73/f
1 - 10	-	$87/f^{1/2}$	0,73/f
10 - 400	0,2	28	0,073
400 - 2000	f/2000	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$
2000 - 300K	1	61	0,16

Máxima Exposición Permitida - ICNIRP

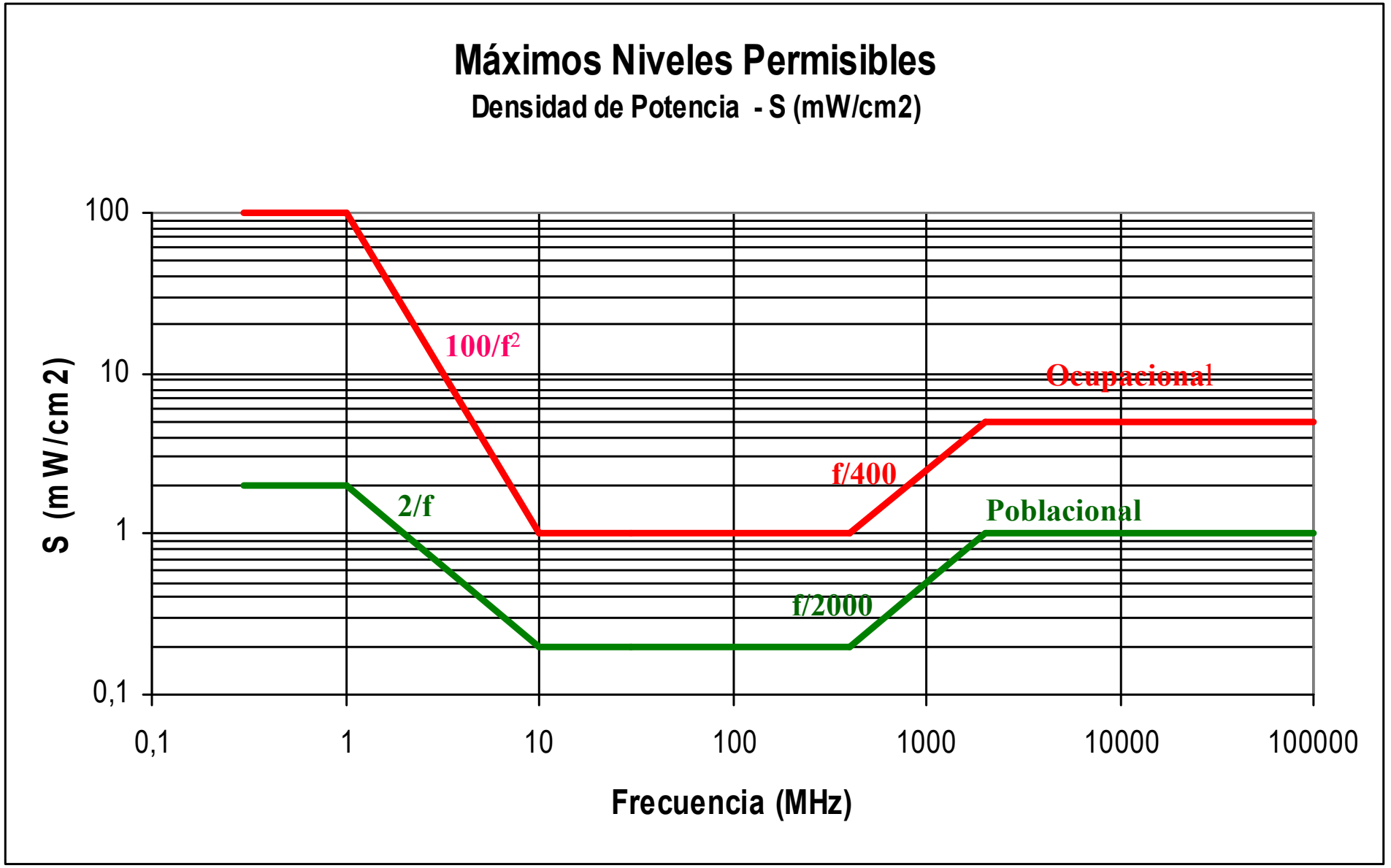
Ocupacional

Poblacional

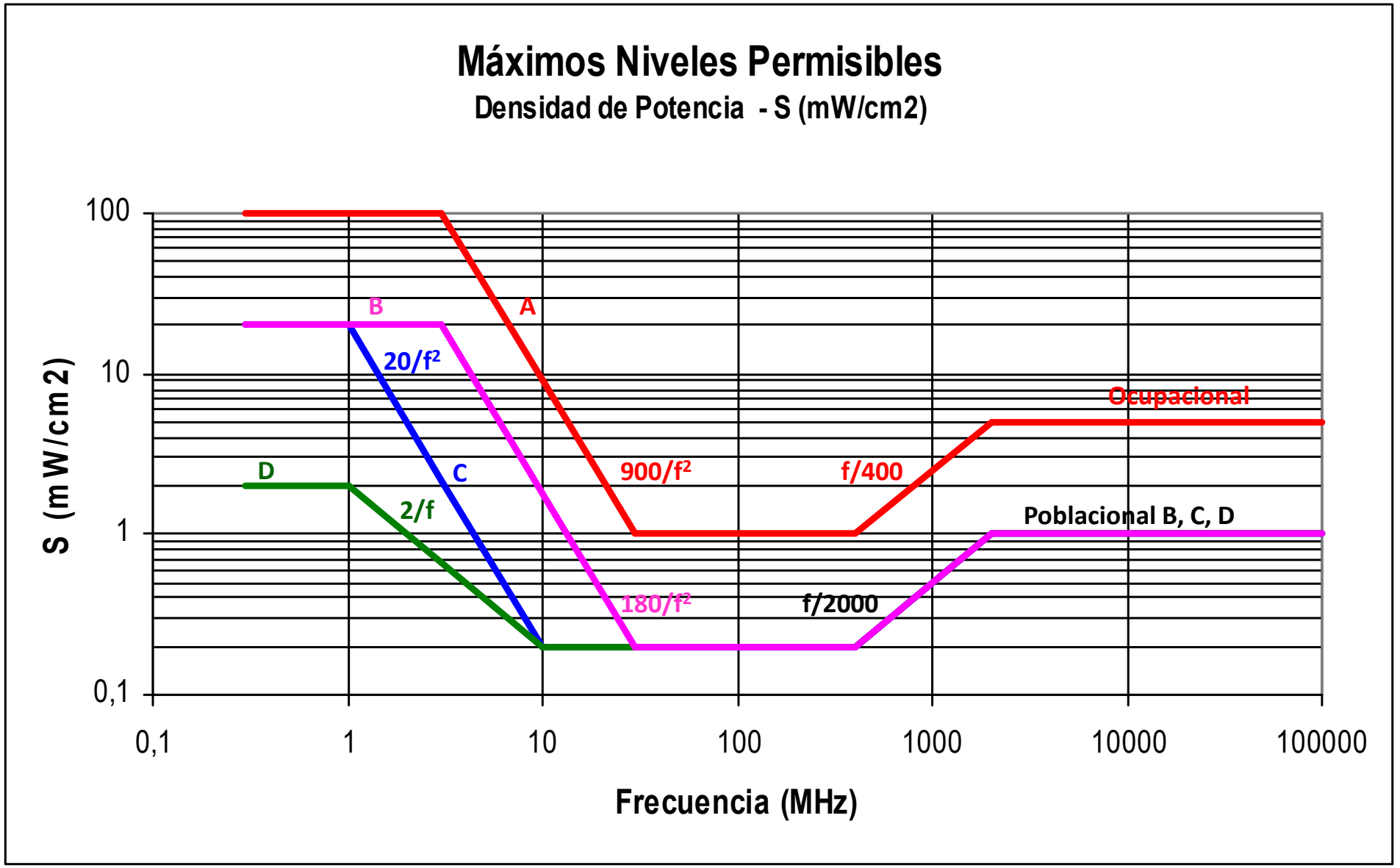
Frecuencia MHz	Densidad de Potencia S mW/cm2	Campo Eléctrico E V/m	Campo Magnético H A/m
0,15 - 1	-	610	1,6/f
1 - 10	-	610/f	1,6/f
10 - 400	1	61	0,16
400 - 2000	f/400	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$
2000 - 300K	5	137	0,36

Frecuencia MHz	Densidad de Potencia S mW/cm2	Campo Eléctrico E V/m	Campo Magnético H A/m
0,15 - 1	-	87	0,73/f
1 - 10	-	$87/f^{1/2}$	0,73/f
10 - 400	0,2	28	0,073
400 - 2000	f/2000	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$
2000 - 300K	1	61	0,16

OMS / ICNIRP - Límites

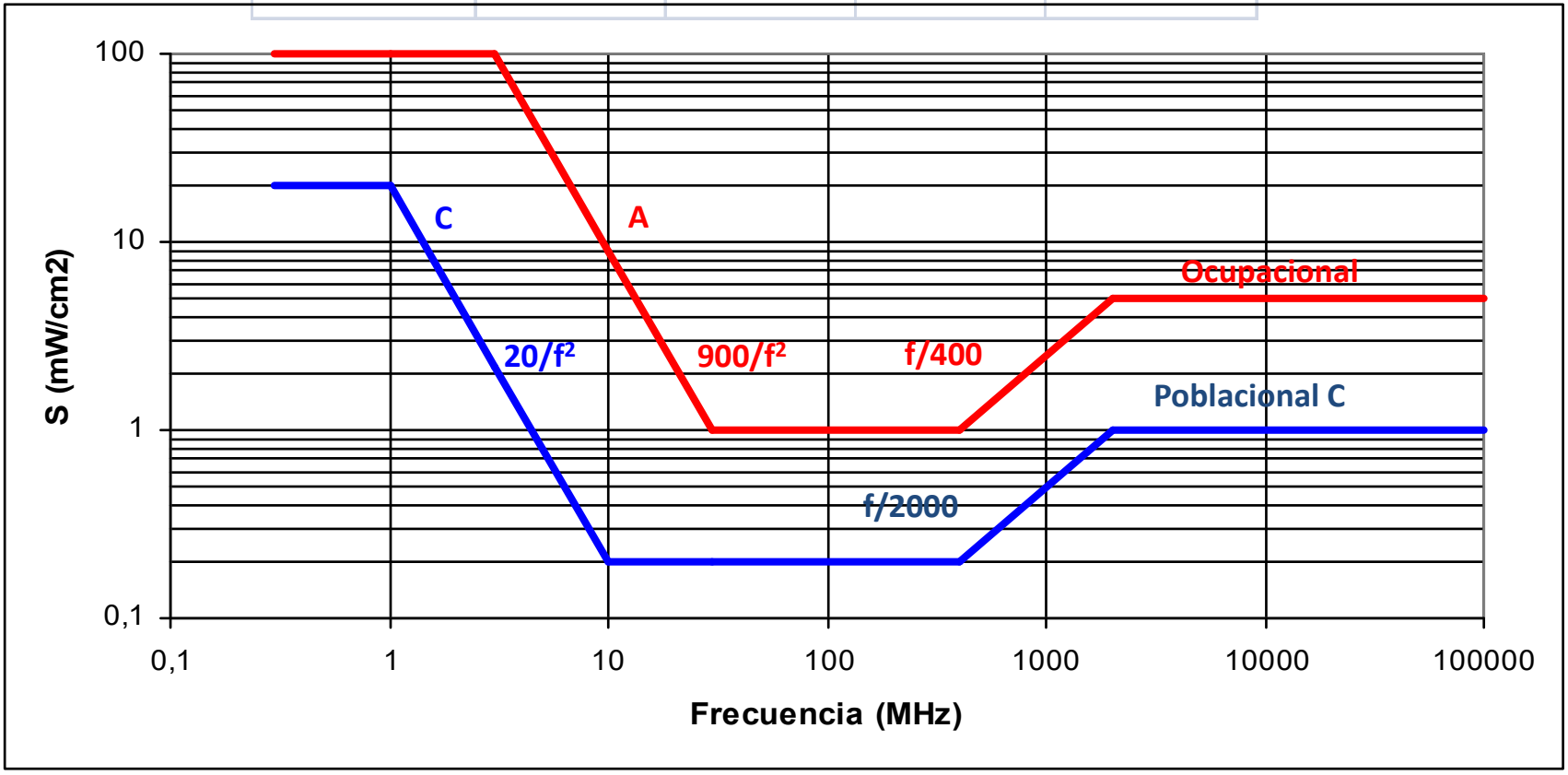


Manual de Estándares de Seguridad para la Exposición a Radiofrecuencias 100KHz - 300GHz (A. Portela y otros)



Resolución 202/1995 - MS y AS

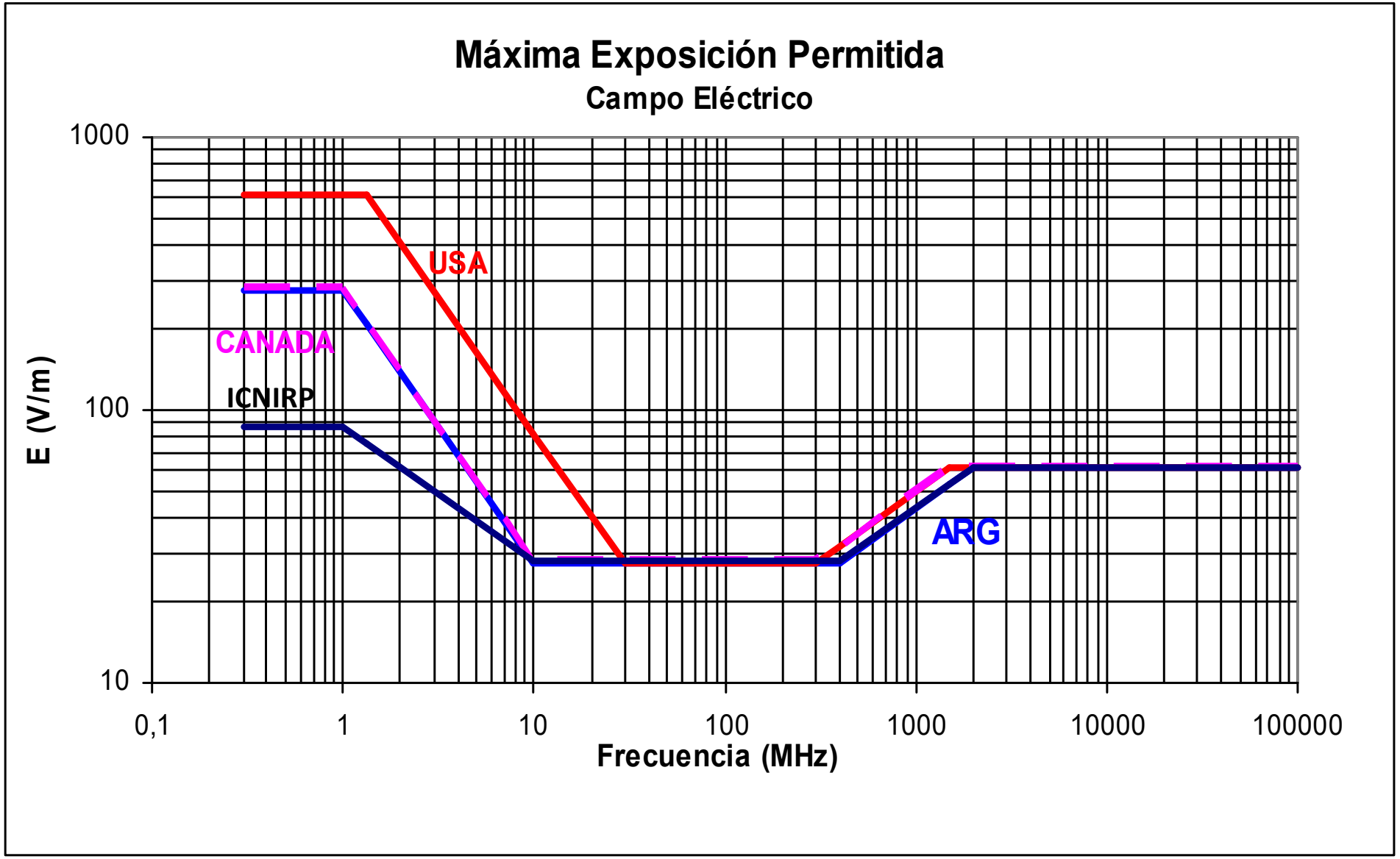
Frecuencia MHz	S mW/cm2	E V/m	H A/m	T minutos
0,3 -1	20	275	0,73	6
1 - 10	$20/f^2$	275/f	0,73/f	6
10 - 400	0,2	27,5	0,073	6
400 - 2000	f /2000	$1,375/f^{1/2}$		6
2000 - 300000	1	61,4		6



Comparación de Normas

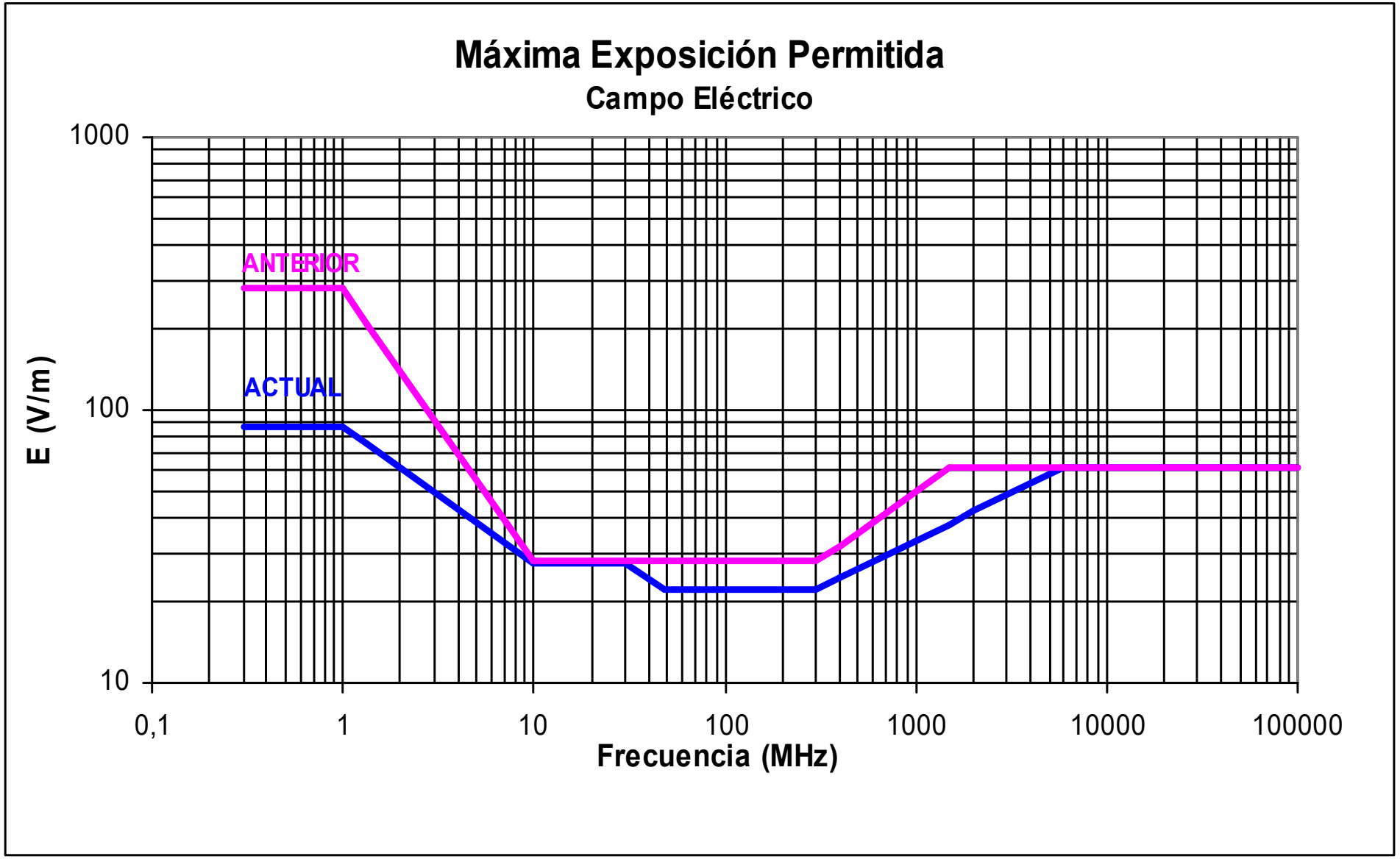
ICNIRP - Estados Unidos - Canadá – Argentina

Poblacional



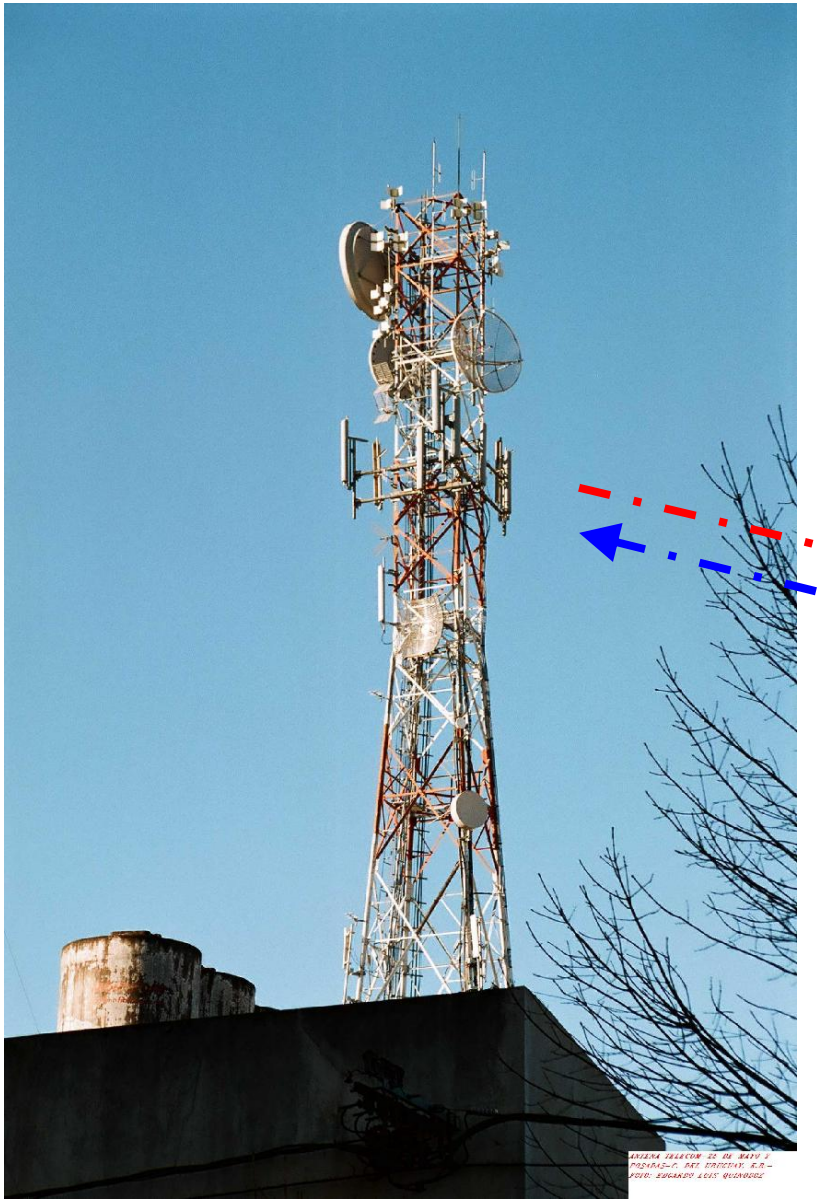
CANADA

Poblacional



Exposición

Componentes del Sistema de Telefonía Celular



TxB

TxC

Celular

Estación Base

Componentes del Sistema de Telefonía Celular

Potencia del Transmisor

10W a 100W

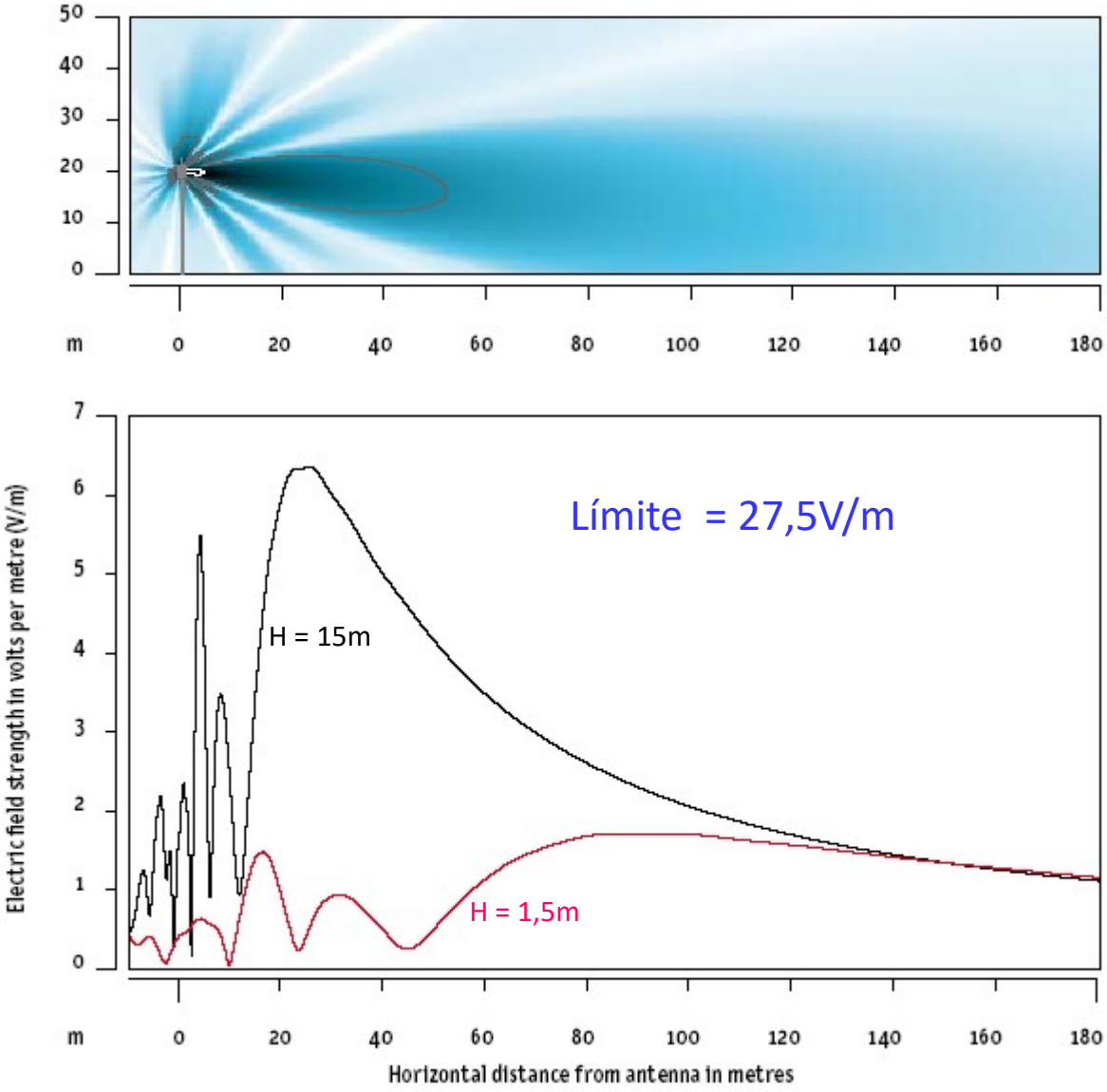
10W

TxB

100W

Celular

Estación Base



Radiation in the vicinity of a base station antenna with an equivalent radiated power of 1,000 watts in the 900 MHz frequency range (GSM900). The antenna is located on a 20-metre mast and has a slight downward orientation. The significance of the solid lines is indicated in the colour scale below.

Estación Base

GSM900

TxB = 100W

PIRE = 1000W

Mástil = 20m

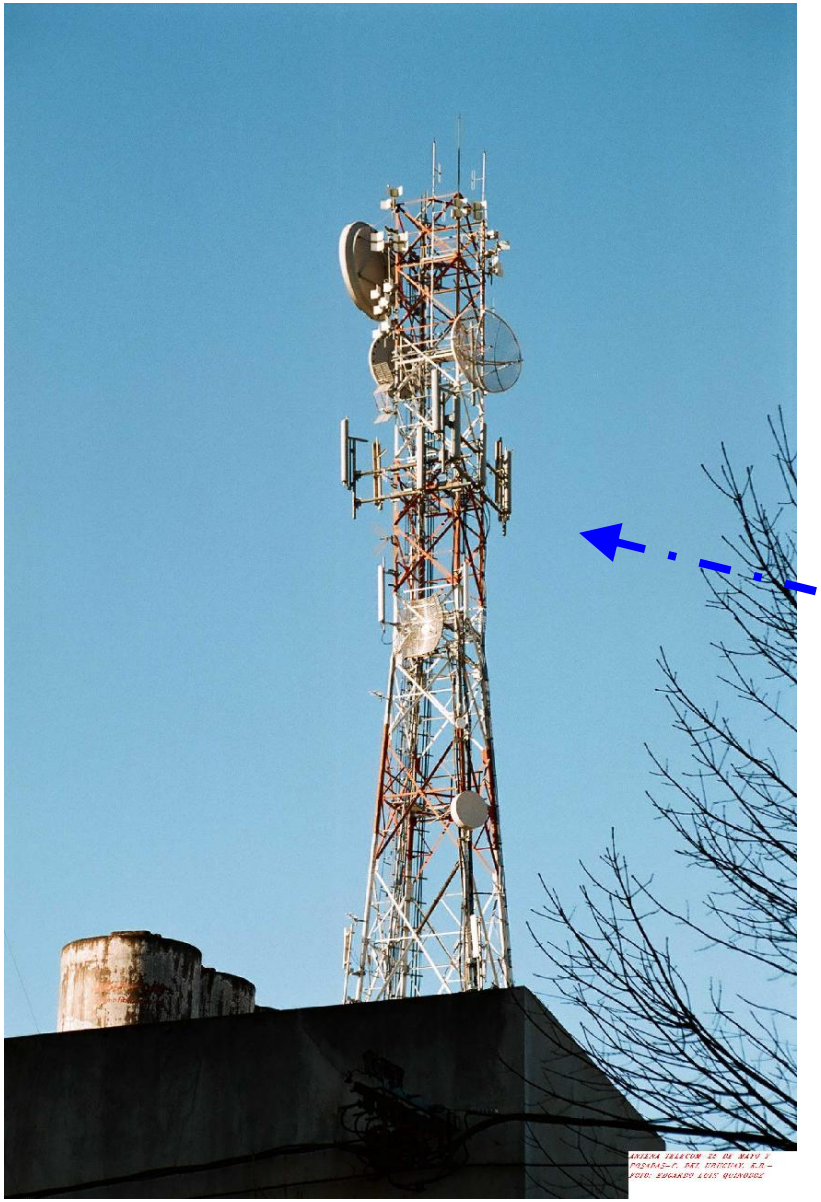
100W

a 30m $\leq$ 6,5V/m

a 140m $\leq$ 2V/m

Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL

Componentes del Sistema de Telefonía Celular



Potencia del Transmisor

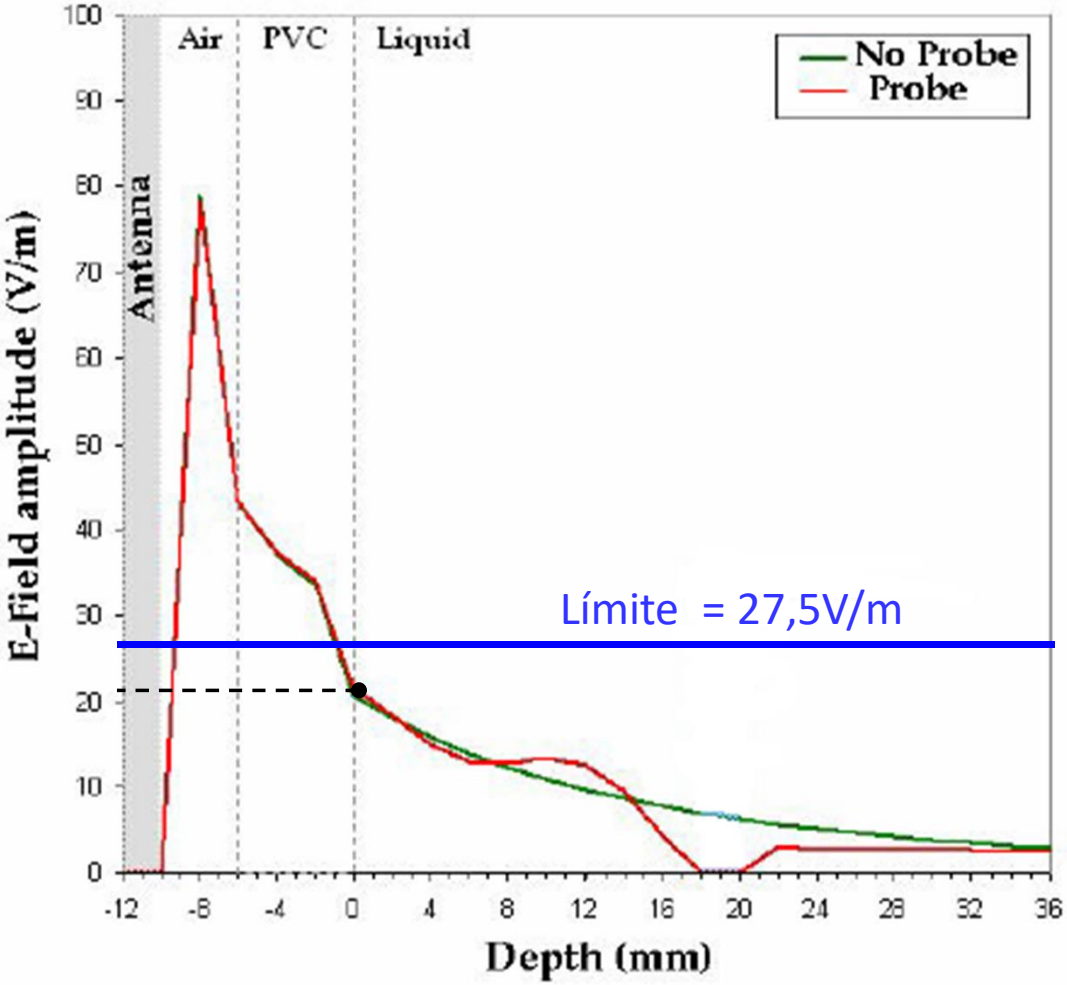
0,6W a 1W

1W

TxC

Celular

Estación Base



Example of the calculation of radiation exposure of the head when using a mobile phone: the model concerned has an SAR of 0.61 W/kg. The highest exposure is in the white/yellow zone in the outer layers. The exposure diminishes rapidly towards the interior. In the black zone it is 100,000 times weaker than in the outer layers.
(Original image from IT'IS Foundation, Federal Institute of Technology, Zurich)

Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL

Comparación de la Emisiones de Radiofrecuencia

Equipos Transmisores

Bases Celulares: menores de 100W

FM radiodifusión: de 500W a 50.000W

Base Celular

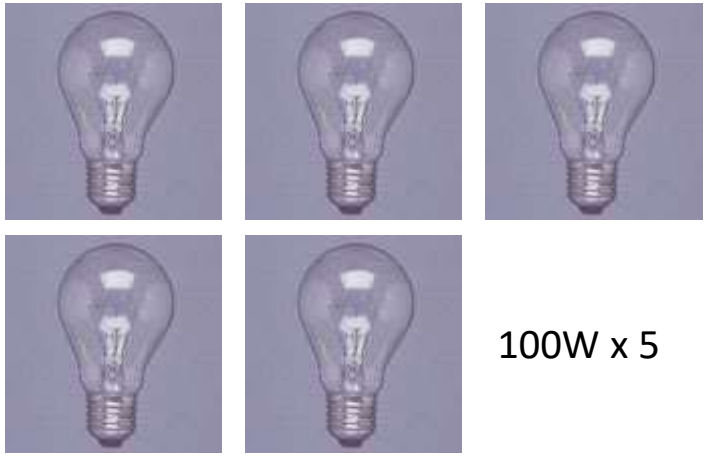
Potencia Transmisor - 100W

Lámparas de 100W

100W x 1

Estación de FM

Potencia Transmisor - 500W



100W x 5

Comparación de la Emisiones de Radiofrecuencia

Equipos Transmisores

AM radiodifusión: de 1.000W a 50.000W

Televisión: de 1000W a 10.000W

Estación de AM

Potencia Transmisor - 1000W

Lámparas de 100W

100W x 10

Estación de TV

Potencia Transmisor - 1000W

100W x 10

Instrumentos de Medición

Instrumentos de Medición

- **Banda Ancha**

  Medidor + Sondas de E ó H

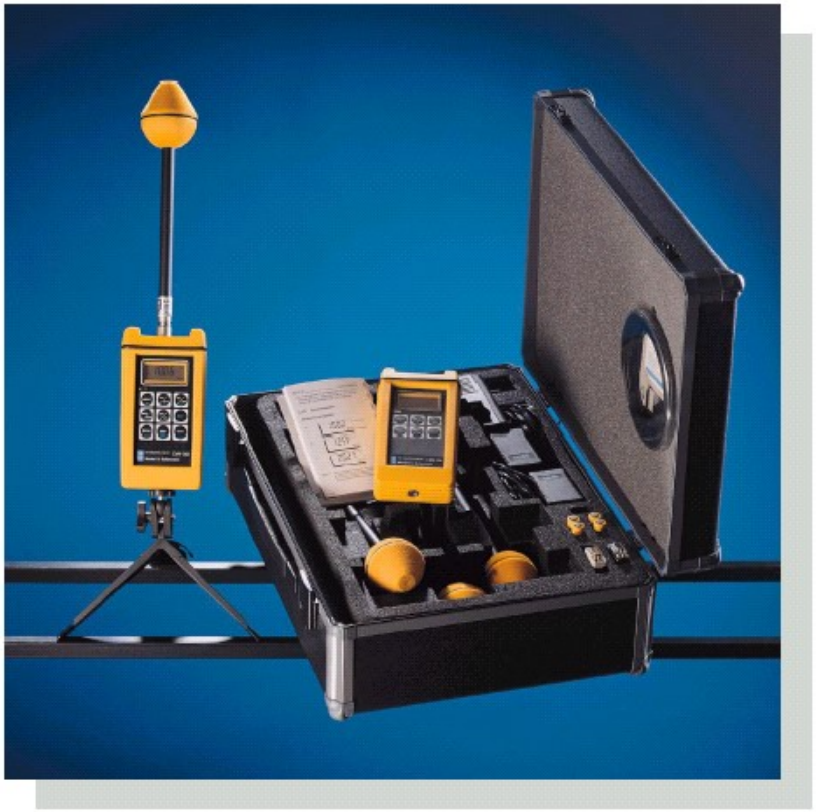
- **Banda Angosta**

  Medidores de Campo + Antenas Calibradas

  Analizadores de Espectro + Antenas Calibradas

Instrumentos de Banda Ancha

Campos de alta frecuencia



Instrumentos de Banda Ancha

Campos de alta frecuencia

Modelo	*Campo*	*Rango-frec.*	*Rango*	*Linealidad dB*	*Anisotrop dB*	*Resp.-frec. dB*	*Banda*	*Error total dB*	*Error c/Instr dB*
Typ 8	E	100KHz-3GHz	1-800V/m	1,00	0,50	1,00	100K-100M	2,50	3,00
				1,00	0,50	2,40	100M-3G	3,90	4,40
8762D	E	300KHz-3GHz	0,1-200mW/cm2	-	0,75	2,00	300K-1G	2,75	3,25
Typ 9	E	3MHz-18GHz	1,2-1000V/m	1,00	0,50	1,50	10M-100M	3,00	3,50
				1,00	1,50	2,40	100M-8G	4,90	5,40
				1,00	2,00	3,00	8G-18G	6,00	6,50
8741D	E	300KHz-50GHz	13-274V/m	-	0,75	3,00/-1,50	300K-40G	3,75	4,25
Typ 12H	H	300KHz-30MHz	0,03-17A/m	1,00	0,50	0,20/-0,50	800K-30M	2,00	2,50
8752D	H	300KHz-10MHz	0,05-2,31A/m	-	0,50	0,75		1,25	1,75

Error en %

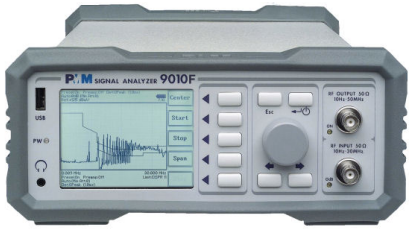
Typ 8 - 4,40 db = > + 65,9 %

Typ 9 - 6,50 dB = > + 111,3 %

8741D - 4,25 dB = > + 63,1 %

Instrumentos de Banda Angosta

Campos de alta frecuencia



Principio de Precaución

El principio de precaución es un concepto que respalda la adopción de medidas protectoras cuando no existe certeza científica de las consecuencias de una acción determinada.

Cuando una actividad es potencialmente amenazadora para el ambiente o la salud humana se deben tomar medidas precautorias aún si las relaciones causa-efecto no están científicamente establecidas.

Norma Suiza

- ## Límites de exposición

Establece los límites sugeridos por el ICNIRP para el grupo poblacional, debiéndose respetar los mismos en todos los lugares accesibles por el público en general.

- ## Valor Límite de la Instalación (ILV)

Dado el incompleto conocimiento sobre los efectos a la salud a largo plazo, se hace imprescindible la aplicación del Principio de Precaución.

Este principio se focaliza en aquellas situaciones donde las personas se encuentren expuestas por períodos prolongados.

Se entiende como exposición prolongada si una fuente emite al menos 800 horas al año y si su emisión incide sobre un lugar donde las personas pueden permanecer durante largos periodos (lugares sensibles).

Norma Suiza

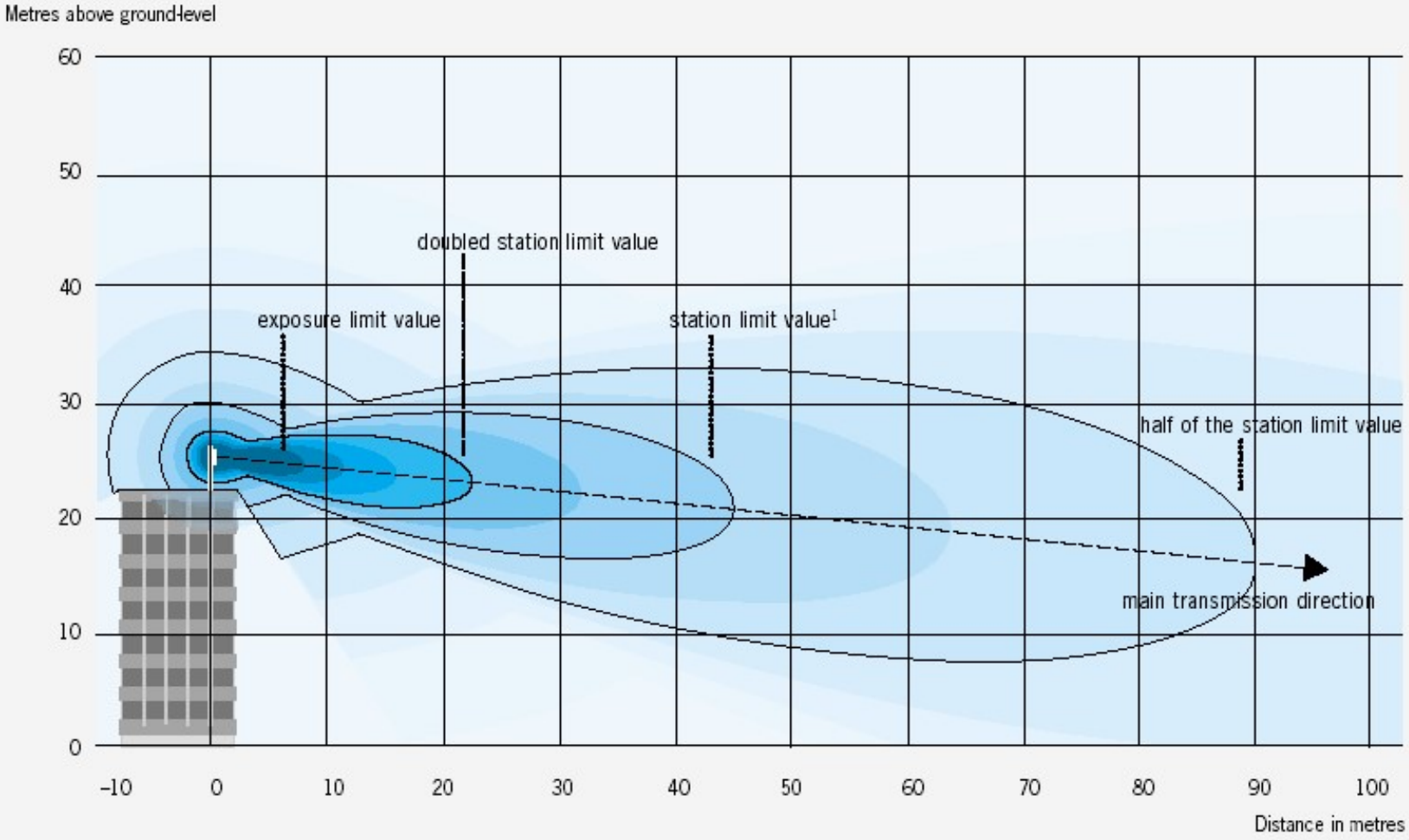
- **El ILV (Valor Límite de la Instalación) se refiere a la radiación producida por una única instalación.**

Table 1: Installation limit values (ILV) for various installations

Installation	**ILV (RMS value)**	**Reference operational state**
Electric power lines; transformer stations; substations	1 μT	Maximum rated current
Electric railways	1 μT	24 hour average, at operation according to schedule
Cellular phone base stations 900 MHz ≥1800 MHz mixed frequency	 4 V/m 6 V/m 5 V/m	Maximum rated emitted power
Long- and mediumwave broadcasting	8.5 V/m	Maximum rated emitted power
Radar	5.5 V/m	Average over a complete survey scan, at maximum rated power
All other radio transmitters	3 V/m	Maximum rated emitted power

Norma Suiza

Radiation in the vicinity of a mobile telephony base station Fig. **2.9.2d**



[1] No places of sensitive use (schools, dwellings, hospitals, etc.) should be placed within the area where the limit value for individual installation is exceeded. The limit value is fixed depending on the type of installation (transmitters for radio, TV, radar, mobile telephony and cordless communication).

Source: Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape 2000, p.33

Table 1: Exposure limits for the general public for electromagnetic fields in inhabited areas in member states of the European Union and selected industrial nations outside the European Union (situation April 2011)

Country:	50 Hz (ELF)		900 MHz (GSM)			1800 MHz (GSM)			2100 MHz (UMTS)		
	electric field strength	magnetic flux density	electric field strength	magnetic flux density	equivalent plain wave power density	electric field strength	magnetic flux density	equivalent plain wave power density	electric field strength	magnetic flux density	equivalent plain wave power density
	(V/m)	(μT)	(V/m)	(μT)	(W/m²)	(V/m)	(μT)	(W/m²)	(V/m)	(μT)	(W/m²)
Recommendation 1999/519/EC	**5000**	**100**	**41**	**0.14**	**4.5**	**58**	**0.20**	**9**	**61**	**0.20**	**10**
Austria	[5000]	[100]	[41]	[0.14]	[4.5]	[58]	[0.20]	[9]	[61]	[0.20]	[10]
Belgium (Flanders)	–	*10*	*21* [1]	–	–	*29* [1]	–	–	*31* [1]	–	–
Bulgaria	- [2]	- [2]	–	–	*0.1*	–	–	*0.1*	–	–	*0.1*
Cyprus	[5000]	[100]	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Czech Republic	5000	100	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Denmark	- [3]	- [3]	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Estonia	5000	100	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Finland	[5000]	[100]	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
France	5000 [4]	100 [4]	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Germany	*5000*	*100*	*41*	*0.14*	*4.5*	*58*	*0.20*	*9*	*61*	*0.20*	*10*
Greece	5000	100	32 [5]	0.11 [5]	2.7 [5]	45 [5]	0.15 [5]	5.4 [5]	47 [5]	0.16 [5]	6 [5]
Hungary	5000	100	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Ireland	[5000]	[100]	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Italy	- [6]	*3* [6]	*6* [7]	*0.02* [7]	*0.1* [7]	*6* [7]	*0.02* [7]	*0.1* [7]	*6* [7]	*0.02* [7]	*0.1* [7]
Latvia	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lithuania	*500* [8]	–	–	–	*0.1*	–	–	*0.1*	–	–	*0.1*
Luxembourg	5000 [9]	100 [9]	41 [10]	0.14	4.5	58 [10]	0.2	9	61 [10]	0.20	10
Malta	[5000]	[100]	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Netherlands	- [11]	- [11]	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Poland	*1000*	*75*	*7*	–	*0.1*	*7*	–	*0.1*	*7*	–	*0.1*
Portugal	5000	100	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Romania	5000	100	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Slovakia	*5000*	*100*	*41*	*0.14*	*4.5*	*58*	*0.20*	*9*	*61*	*0.20*	*10*

Table 1: Exposure limits for the general public for electromagnetic fields in inhabited areas in member states of the European Union and selected industrial nations outside the European Union (situation April 2011)

Country:	50 Hz (ELF)		900 MHz (GSM)			1800 MHz (GSM)			2100 MHz (UMTS)		
	electric field strength	magnetic flux density	electric field strength	magnetic flux density	equivalent plain wave power density	electric field strength	magnetic flux density	equivalent plain wave power density	electric field strength	magnetic flux density	equivalent plain wave power density
	(V/m)	(μT)	(V/m)	(μT)	(W/m²)	(V/m)	(μT)	(W/m²)	(V/m)	(μT)	(W/m²)
Slovenia	*500* [12]	*10* [12]	*13* [12]	*0.04* [12]	*0.45* [12]	*18* [12]	*0.06* [12]	*0.9* [12]	*19* [12]	*0.06* [12]	*1* [12]
Spain	—	—	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Sweden	- [13]	- [13]	[41]	[0.14]	[4.5]	[58]	[0.20]	[9]	[61]	[0.20]	[10]
United Kingdom	—	—	[41]	[0.14]	[4.5]	[58]	[0.20]	[9]	[61]	[0.20]	[10]
Australia	[5000] [14]	[100] [14]	41	0.14	4.5	58	0.20	9	61	0.20	10
Russia	*500*	*10*	—	—	*0.1*	—	—	*0.1*	—	—	*0.1*
Switzerland	—	*1* [15]	*4* [16]	—	—	*6* [16]	—	—	*6* [16]	—	—
U.S.A.	- [17]	- [17]	—	—	*6*	—	—	*10*	—	—	*10*

All limits are given as root mean square (rms) value. Where necessary magnetic flux density was calculated from magnetic field strength using a magnetic permeability of $4\pi \times 10^{-7}$ H/m. Normal typeface: reference level for the external field in the meaning of Recommendation 1999/519/EC, derived from basic restriction. Application is mandatory unless value is in square brackets. *Italic typeface:* mandatory exposure limit in terms of the external field outside the body.

Notes:
1) Regional regulation; maximum per antenna in Flanders or per site in Brussels: 3.0 V/m at 900 MHz, 4.2 V/m at 1800 MHz, 4.5 V/m at 2100 MHz; maximum per antenna in Wallonia: 3 V/m
2) Minimal distances to power lines and to electrical distribution systems, differentiated by voltage; separate regulation for video display units
3) For new developments: agreement between local government and electricity sector to examine measures to reduce magnetic fields if average yearly exposure above 0.4 μT
4) For new or modified installations, technical conditions for electricity distribution
5) For antenna stations closer than 300 m to "sensitive" locations (schools, kindergartens, hospitals, care homes); elsewhere 35 V/m, 0.11 μT, 3.1 W/m² at 900 MHz; 49 V/m, 0.16 μT, 6.3 W/m² at 1800 MHz; 51 V/m, 0.17 μT, 7 W/m² at 2100 MHz
6) For new installations near homes, schools, playgrounds; 10 μT for existing installations near homes, schools, playgrounds; 1999/519/EC for all other places
7) Near homes and their outdoor annexes, in schools and playgrounds, in places with stay greater than 4 hours; elsewhere 20 V/m, 0.06 μT, 1 W/m²
8) Limit inside homes; outside homes 1000 V/m; suburban green zone, roads 10000 V/m; uninhabited 15000 V/m
9) Security conditions for electricity lines; there are also voluntary minimal distances to power lines for new developments
10) Limit per antenna 3.0 V/m
11) Recommendation to local government: create no new situations of long-term stay of children in magnetic flux density greater than 0.4 μT around power lines
12) Applies to homes, hospitals, health resorts, public buildings, tourism buildings, schools, nurseries, playgrounds, parks, recreational areas; otherwise limit for external electric and magnetic field strength equal to reference level in 1999/519/EC; for power frequency limits apply to new or reconstructed sources only
13) Reduce exposure radically deviating from natural background when possible at reasonable expense with reasonable consequences
14) For continuous exposure; for few hours per day 10000 V/m and 1 mT; for few minutes per day more than 10000 V/m or 1 mT, provided basic restriction is met
15) For new installations at places of sensitive use (buildings in which persons stay for longer periods, playgrounds); for existing installations limit for external electric field strength and magnetic flux density as reference level in 1999/519/EC, but optimise order of phases at places of sensitive use
16) Limit per location for new and existing antenna installations at places of sensitive use (buildings in which persons stay for longer periods, playgrounds); limit for aggregate exposure from multiple antenna locations equal to reference level in 1999/519/EC
17) No federal regulation; limits are set in some states, other states have prudent avoidance policy (measures to reduce exposure of the population at reasonable cost)

Radiación de Electrodomésticos

Electrodoméstico	Intensidad del campo eléctrico (V/m)
Receptor estereofónico	180
Plancha	120
Frigorífico	120
Batidora	100
Tostadora	80
Secador de pelo	80
Televisor de color	60
Cafetera eléctrica	60
Aspiradora	50
Horno eléctrico	8
Bombilla	5
Valor límite recomendado	5000

Aparato eléctrico	A una distancia de 3 cm (µT)	A una distancia de 30 cm (µT)	A una distancia de 1 m (µT)
Secador de pelo	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Máquina de afeitar eléctrica	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspiradora	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Luz fluorescente	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Horno de microondas	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio portátil	16 – 56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Lavadora	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Plancha	8 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
>Lavavajillas	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Computadora	0,5 – 30	< 0,01	
Frigorífico	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Televisor de color	2,5 - 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15

Gracias por su atención

Ing. Oscar J. Campastro

Comisión de RNI

www.copitec.org.ar/comisiones/rni/rni.htm

Email: ojc@copitec.org.ar