

Junio 2002

### TÍTULO

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**

**Parte 2: Entorno**

**Sección 7: Campos magnéticos de baja frecuencia en entornos diversos**

*Electromagnetic compatibility (EMC). Part 2: Environment. Section 7: Low frequency magnetic fields in various environments.*

*Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 2: Environnement. Section 7: Champs magnétiques basse fréquence en environnements divers.*

### CORRESPONDENCIA

Este informe es equivalente al Informe Técnico CEI 61000-2-7:1998.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

Este informe ha sido elaborado por el comité técnico AEN/CTN 208 *Compatibilidad Electromagnética* cuya Secretaría desempeña UNESA.



## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulos</b>	
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA .....</b>	<b>5</b>
<b>3 UNIDADES .....</b>	<b>5</b>
<b>4 FENÓMENOS NATURALES .....</b>	<b>6</b>
<b>5 ENTORNOS DE REDES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA. CAMPOS MAGNÉTICOS A FRECUENCIA INDUSTRIAL .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1 Líneas aéreas .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1.1 Líneas trifásicas de corriente alterna .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1.2 Líneas de alta tensión de corriente continua .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2 Cables subterráneos.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2.1 Cables de un conductor .....</b>	<b>15</b>
<b>5.2.2 Cables multiconductores .....</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Locales de alta y media tensión de compañías de electricidad.....</b>	<b>17</b>
<b>5.4 Locales de baja tensión de compañías de electricidad.....</b>	<b>18</b>
<b>6 ENTORNO DE REDES DE TRACCIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>7 ENTORNO INDUSTRIAL .....</b>	<b>21</b>
<b>7.1 Equipo de soldadura.....</b>	<b>21</b>
<b>7.2 Hornos de acero .....</b>	<b>22</b>
<b>7.3 Equipo industrial de uso general.....</b>	<b>23</b>
<b>8 ENTORNO DE OFICINAS COMERCIALES .....</b>	<b>24</b>
<b>9 ENTORNO RESIDENCIAL. APARATOS DOMÉSTICOS.....</b>	<b>25</b>
<b>9.1. Cableado interior de inmuebles residenciales .....</b>	<b>25</b>
<b>9.2 Aparatos domésticos .....</b>	<b>25</b>
<b>10 ENTORNO DE HOSPITALES .....</b>	<b>27</b>
<b>10.1 Generalidades.....</b>	<b>27</b>
<b>10.2 Tratamiento de enfermos .....</b>	<b>27</b>
<b>10.3 Zonas de servicios de los hospitales .....</b>	<b>28</b>
<b>11 RESUMEN Y COMPARACIONES DE CAMPOS MAGNÉTICOS GENERADOS POR DIFERENTES FUENTES .....</b>	<b>28</b>
<b>12 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>31</b>

## INTRODUCCIÓN

Esta norma forma parte de la serie CEI 61000 cuya estructura es la siguiente:

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)  
Definiciones, terminología

Parte 2: Entorno

Descripción del entorno  
Clasificación del entorno  
Niveles de compatibilidad

Parte 3: Límites

Límites de emisión  
Límites de inmunidad (en la medida en que no están bajo la responsabilidad de los comités de producto)

Parte 4: Técnicas de ensayo y medida

Técnicas de medida  
Técnicas de ensayo

Parte 5: Guías de instalación y atenuación

Guías de instalación  
Métodos y dispositivos de atenuación

Parte 6: Normas genéricas

Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez subdividida en secciones que son publicadas como normas internacionales o como informes técnicos.

Estas normas e informes serán publicados por orden cronológico y numerados en consecuencia.

Esta parte constituye un informe técnico de tipo 3.

## Compatibilidad electromagnética (CEM)

### Parte 2: Entorno

#### Sección 7: Campos magnéticos de baja frecuencia en entornos diversos

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

Los campos magnéticos han sido objeto de un renovado interés en el curso de estos últimos años debido a los efectos fisiológicos que pueden tener sobre los seres humanos y los animales y a los efectos desfavorables que tienen sobre el funcionamiento de algunos equipos eléctricos, especialmente las pantallas de visualización. Los resultados de las investigaciones se presentan en este informe como valores de referencia.

NOTA 1 – La Directiva CEM de la Comisión Europea ha promovido la realización de mediciones de campos magnéticos, especialmente en entornos de oficinas comerciales cerca de subestaciones que pertenecen a compañías de electricidad así como en entornos de redes de distribución de electricidad dentro de edificios. Los distribuidores de electricidad han soportado financieramente la mayor parte de los trabajos y los resultados se sitúan generalmente en la gama de frecuencia que va de 50 Hz a 2 kHz y se presentan como valores eficaces. Es necesario, no obstante, conocer algo sobre los campos magnéticos hasta 150 kHz porque interfieren con algunos tipos de aparatos.

NOTA 2 – La mayor parte de los valores de campos magnéticos indicados en este informe corresponden a fuentes de corriente sinusoidal y se les puede considerar como valores eficaces salvo indicaciones en contrario.

Las redes de alimentación de tensiones inferiores o iguales a 1 000 V se consideran como redes de baja tensión, las explotadas a tensiones superiores a 1 000 V que van hasta 35 kV como redes de media tensión, y por último las explotadas a tensiones superiores a 35 kV como redes de alta tensión.

### 2 NORMAS PARA CONSULTA

La norma que a continuación se relaciona contiene disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación, la edición indicada estaba en vigor. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de la norma indicada a continuación. Los miembros de CEI y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

CEI 60050(161):1990 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*

### 3 UNIDADES

Los valores indicados en este informe corresponden bien a intensidades de campo magnético expresados en amperios por metro, A/m, o a inducciones magnéticas expresadas en microtesla,  $\mu\text{T}$ . Cuando ha aparecido la unidad antigua de inducción magnética miligauss, mG, en los documentos de referencia, se ha convertido a  $\mu\text{T}$  según la relación siguiente:

$$1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG} \approx 0,796 \text{ A/m}$$

En este informe se aplican las unidades siguientes:

Intensidad de campo magnético:  $H$  en A/m

Inducción magnética:  $B = \mu \times H$  en T (Tesla)

donde la permeabilidad  $\mu = \mu_r \times \mu_0$  con  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$  (Wb/Am)

en el aire la permeabilidad relativa  $\mu_r = 1$  y  $B$  ( $\mu\text{T}$ ) = 1,256  $H$  (A/m)

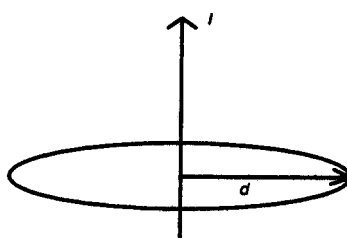
NOTA – 1 T = 1 Wb/m<sup>2</sup> = 10<sup>4</sup> G y  $B = 1,256 \cdot 10^{-9}$  G (en el aire)

**Ejemplo:** Campo magnético de un conductor simple

La relación entre la intensidad de campo magnético y la inducción magnética a una distancia  $d$  de un conductor simple recorrido por una corriente  $I$  se expresa de la manera siguiente:

$$H = \frac{I}{2\pi d} \text{ (A/m)}$$

$$B = 1,256 \frac{I}{2\pi d} \text{ (\mu T)}$$



Una corriente alterna genera un campo magnético alterno y, en el caso de un cable de varias fases o de una línea aérea, el campo magnético alterno efectúa una rotación porque resulta de la suma vectorial de los campos producidos por las diferentes corrientes de fase.

Un campo magnético alterno inducirá una fuerza electromotriz en cualquier conductor eléctrico al que esté expuesto. Este efecto, se utiliza por los contadores que contengan bobinas exploradoras. Tales contadores se utilizan normalmente.

Otros tipos de contadores destinados a efectuar mediciones en baja frecuencia utilizan el efecto Hall. Estos contadores no son realmente apropiados para medir campos a partir de fuentes del entorno, pero son muy útiles para medir puntos en el espacio y campos magnéticos estáticos.

#### 4 FENOMENOS NATURALES

Se deben tomar en consideración tres tipos de campos magnéticos naturales:

- el campo magnético terrestre (campo estático);
- los campos magnéticos producidos por tormentas y actividad solar (variable en el tiempo con muy bajas frecuencias);
- los campos magnéticos que tienen su origen en rayos (impulsos).

Las primeras mediciones y la utilización de campos magnéticos para la navegación, así como el estudio profundizado de campos magnéticos terrestres, han permitido realizar una cartografía de campos magnéticos cuyo ejemplo se da en la figura 1 [1]\*. Todo conductor desprovisto de pantalla desplazándose en el campo magnético terrestre genera una tensión en sus extremos cuya amplitud está en función de la velocidad y de la dirección de su movimiento. Tal tensión puede perturbar los circuitos sensibles de dispositivos electrónicos. El equipo eléctrico estático normalmente no está afectado por el campo terrestre.

En la lectura de las mediciones realizadas en el lugar, el campo magnético terrestre está casi siempre presente en forma de ruido de fondo permanente de 0 Hz. Cerca de los polos, los valores de la inducción magnética alcanzan 60  $\mu$ T mientras que sólo son de 30  $\mu$ T en el ecuador.

\* Las cifras entre corchetes se refieren a la bibliografía.

El valor que se toma en cuenta generalmente para efectuar los cálculos es de  $50 \mu\text{T}$  [1]. Véase la figura 1.

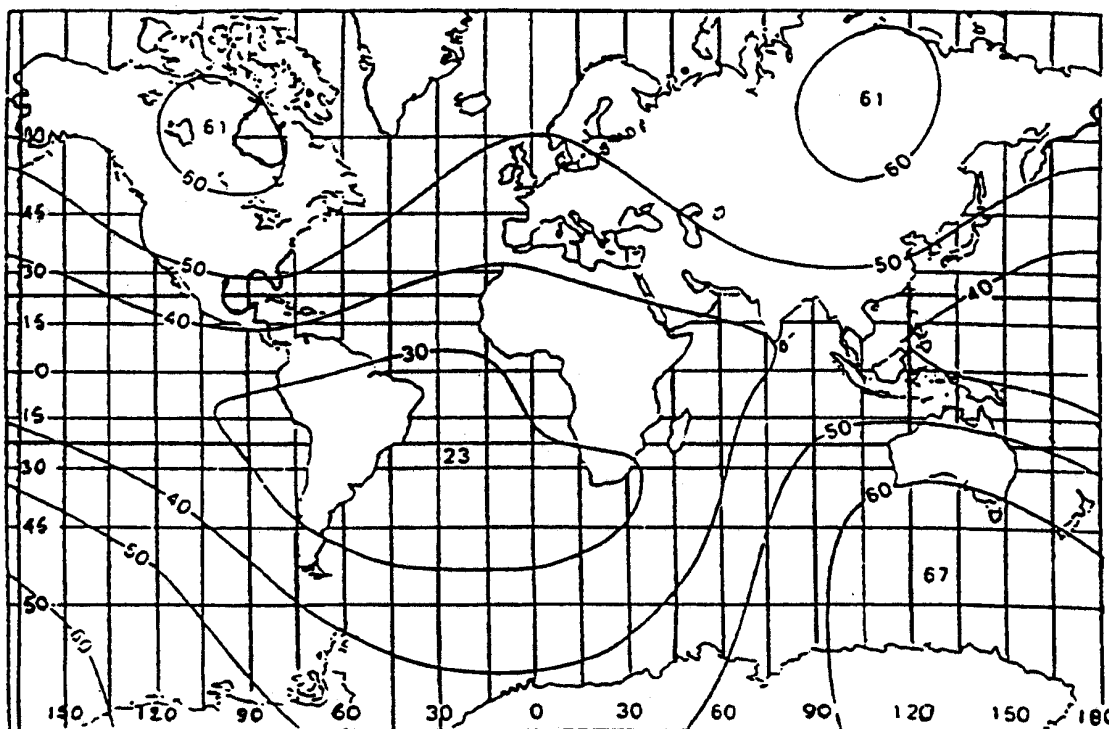
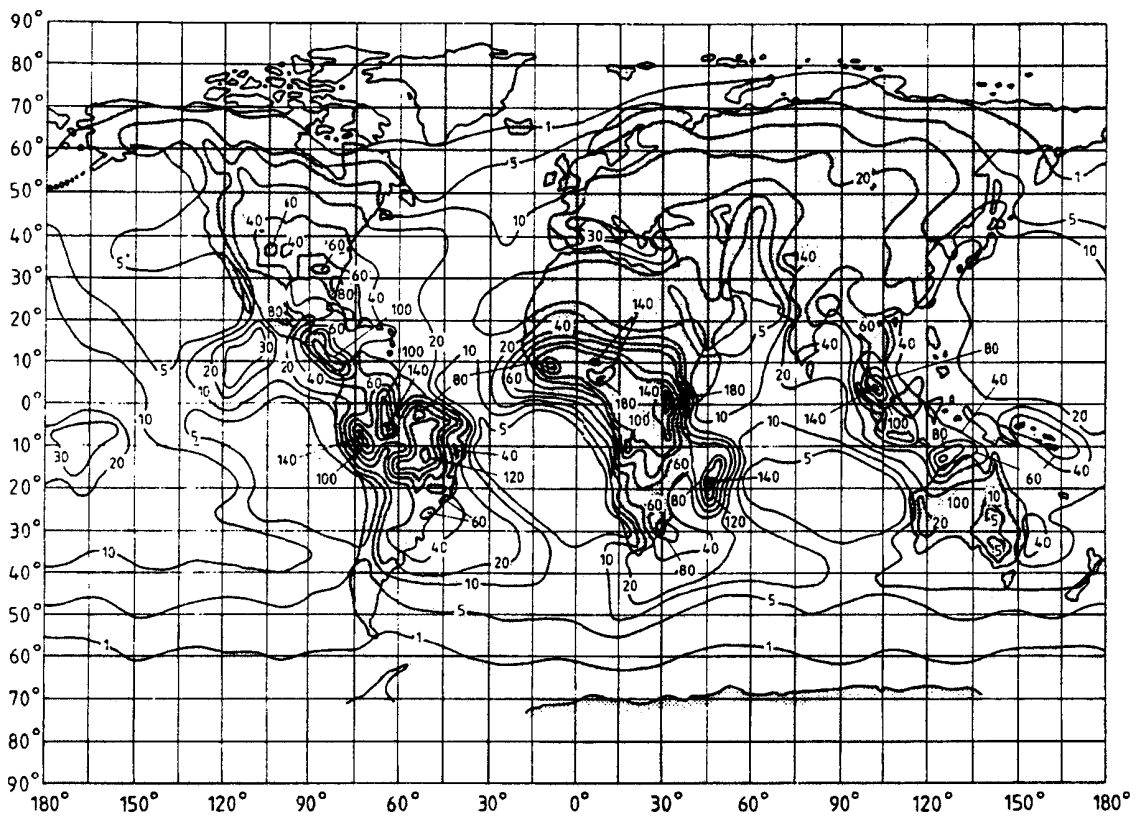


Fig. 1 – Campo magnético terrestre total en la superficie de la tierra en  $\mu\text{T}$

Los fenómenos naturales como las tormentas y la actividad solar producen campos magnéticos que varían en el tiempo en la gama de muy bajas frecuencias. Estos campos son generalmente de valor bajo, alrededor de  $0,01 \mu\text{T}$  ( $8 \text{ mA/m}$ ), aunque durante tormentas magnéticas intensas, pueden alcanzar intensidades de alrededor de  $0,5 \mu\text{T}$  ( $0,4 \text{ A/m}$ ).

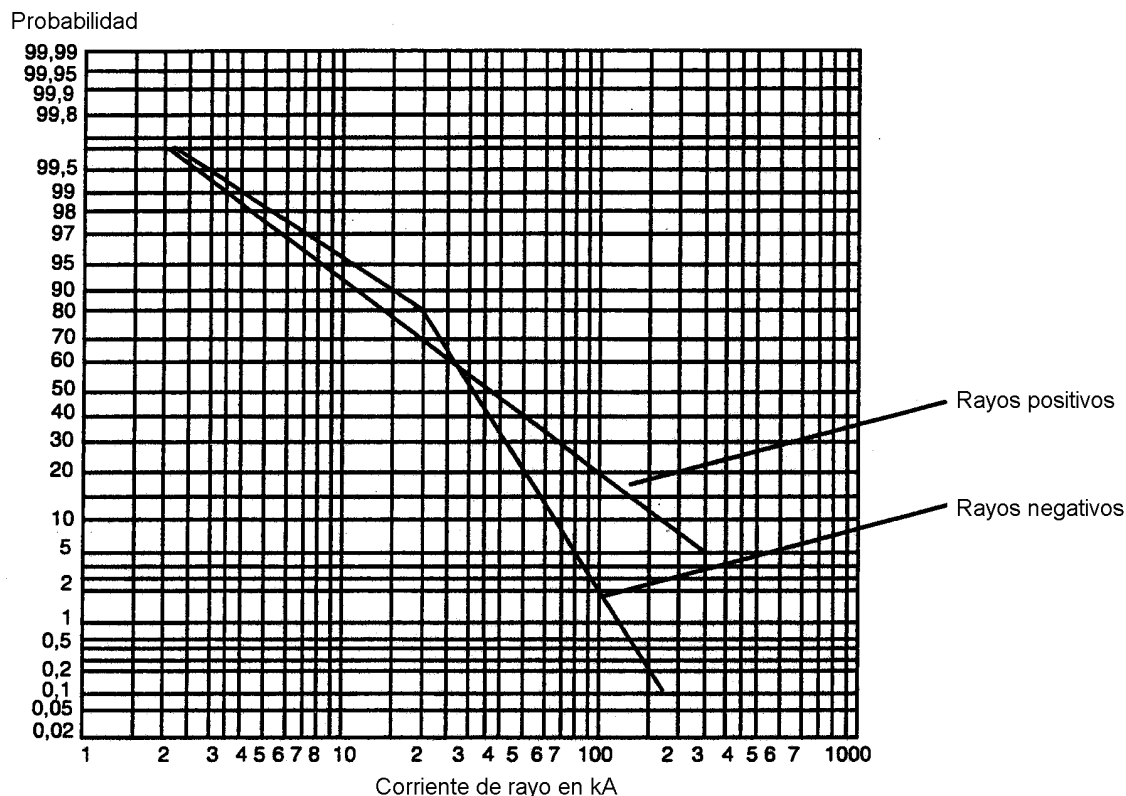
Se dispone de muy pocos datos sobre el número anual de rayos que se pueden producir en un punto particular. No obstante, el mapa cerámico de la figura 2 [2] indica el nivel de actividad y la probabilidad de encontrar campos magnéticos más altos.



**Fig. 2 – Mapa del número anual de días de tormenta en el mundo**

NOTA – Este mapa se basa en la información suministrada por la Organización Meteorológica Mundial para el año 1955.





**Fig. 3 – Frecuencia acumulada de la corriente de rayo – fuente Norma CEI 61024-1-1**

Los valores de referencia siguientes correspondientes a la frecuencia acumulada de la corriente de rayo provienen de la figura 3:

	Rayo negativo	Rayo positivo
5%	80 kA	250 kA
50%	33 kA	35 kA
95%	7 kA	5 kA

El rayo crea un impulso de campo magnético con un tiempo de subida de alrededor de 1 μs y una duración de alrededor de 100 μs entre el valor de cresta y la mitad de este valor.

Resultando que el campo magnético puede calcularse por la relación siguiente:

$$H_{\text{cresta}} = \frac{1}{2\pi d}$$

por ejemplo, con  $I = 200 \text{ kA}$  y  $d = 1 \text{ km}$ :  $H = 32 \text{ A/m}$  y  $B = 40 \mu \text{ T}$

## 5 ENTORNOS DE REDES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA. CAMPOS MAGNÉTICOS A FRECUENCIA INDUSTRIAL

Los valores de los campos magnéticos en el entorno de las redes de alimentación eléctrica dependen de la corriente de carga en el momento de la medición, de la tensión de red que determina las distancias de aislamiento entre los conductores de las líneas aéreas y tierra, así como de la profundidad y de la fabricación de los cables subterráneos. Siempre que sea posible, los valores indicados en este capítulo se refieren a la tensión de red y en las condiciones de carga máxima o bien se expresan por kiloamperios, kA, de corriente del conductor.

### 5.1 Líneas aéreas

Los campos magnéticos producidos por una corriente que fluye a través de las líneas aéreas de distribución dependen principalmente de la amplitud de la corriente, de la configuración eléctrica de las fases y de la configuración física de los conductores. La tensión con la que se explota la línea eléctrica es un parámetro importante porque determina la altura de los conductores con relación al suelo así como la distancia entre conductores de fase y con relación a la armadura metálica puesta a tierra del poste.

Existe en el mundo tal diversidad de tensiones en las redes, capacidades nominales de corriente para conductores y normas de fabricación que no se puede suministrar valores del campo magnético para cada tipo de instalación. No obstante, puede basarse en valores de campos magnéticos de instalaciones típicas dados a continuación para extrapolar los valores de campos magnéticos inducidos por instalaciones particulares.

Para obtener valores detallados de inducción magnética, es conveniente tomar en cuenta las características de las diferentes líneas como la configuración de los conductores, la altura por encima del suelo y la corriente de las líneas. Puede aplicarse la fórmula aproximada siguiente:

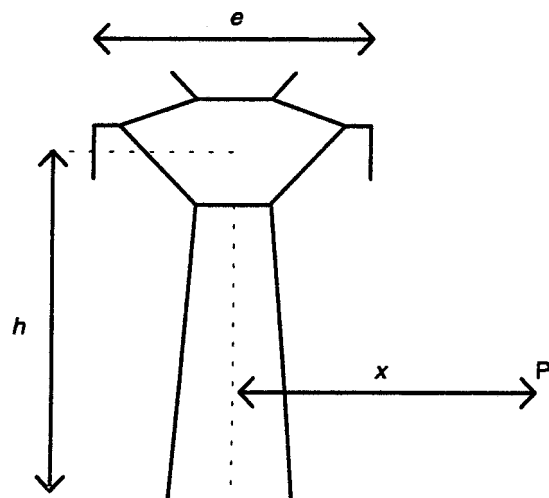
$$H = 140 \frac{e}{h^2 + x^2} \text{ en A/m para 1 kA}$$

donde

$e$  es la distancia entre los conductores externos;

$h$  es la altura por encima del suelo;

$x$  es la distancia entre el conductor central y el punto P considerado.



**5.1.1 Líneas trifásicas de corriente alterna.** La inducción magnética creada por una línea eléctrica que es proporcional a la corriente que atraviesa la línea, se puede calcular fácilmente para diferentes valores de esta corriente. En condiciones normales de explotación, la corriente máxima de las líneas puede tomarse como:

– líneas de baja tensión	0,4 kA
– líneas de media tensión	0,6 kA
– líneas de 110 kV y 220 kV	1,0 kA
– líneas de 380 kV	2,0 kA
– líneas de 750 kV	3,0 kA

Si es necesario, se pueden obtener eventualmente valores de corriente más precisos de los distribuidores de electricidad y de las sociedades de ferrocarriles. No obstante, en condiciones de falta tales como cortocircuitos monofásicos o bifásicos, los campos magnéticos de los tres conductores no están equilibrados y el campo magnético resultante puede multiplicarse por un factor de 20. Se puede esperar con esto que estas condiciones sólo duren algunos segundos en redes de baja y media tensión y menos de 0,2 segundos en redes de alta tensión.

La figura 4, en su lado izquierdo, muestra el perfil envolvente de la inducción magnética máxima por kA de corriente de línea, en el caso de líneas de transporte de alta tensión trifásicas de circuito simple, en el centro del tramo, a una distancia  $x$  del centro del sistema de conductores y a una altura de 1 m por encima del suelo según los datos de VDE [3].

La figura 4, en el lado derecho, muestra el perfil envolvente de la inducción magnética por kA de corriente de línea, en el caso de líneas de distribución de media y baja tensión trifásicas explotadas respectivamente a 20 kV y 0,4 kV, a una distancia  $x$  del centro del sistema de conductores, en el centro del tramo y a una altura de 1 m por encima del suelo según los datos de VDE[3].

Se puede observar que las curvas de los perfiles:

- son más bajas para tensiones de explotación más altas debido a la altura más elevada de los conductores por encima del suelo,
- y se extienden para tensiones de explotación más altas debido al aumento de la distancia entre los conductores.

La inducción magnética real depende del valor de la corriente de línea. Remitiéndose a los perfiles de la figura 4 y a las corrientes de línea máxima indicados más arriba, los valores máximos de inducción magnética se mencionan en la tabla 1; indican una gama de 3  $\mu$ T a 44  $\mu$ T.

El perfil de la inducción magnética depende igualmente de la configuración de la línea. La figura 5 [4] presenta ejemplos prácticos de construcciones típicas de líneas de alta tensión con los niveles de campo magnético correspondientes (con una oscilación del máximo valor).

Para las líneas de 765 kV y 400 kV las tres fases tienen una configuración típica en capa y las líneas de 132 kV y 220 kV tienen una configuración típica en triángulo. Esta última configuración conduce a valores de campo magnético mucho más bajos.

La figura 6 [3] muestra la relación entre la inducción magnética y la altura con relación al suelo, en el centro del tramo de las líneas que corresponden a la figura 4. Se puede deducir la inducción magnética a alturas por encima del suelo que excedan de 1 m por aplicación de los valores mencionados en la figura 4.

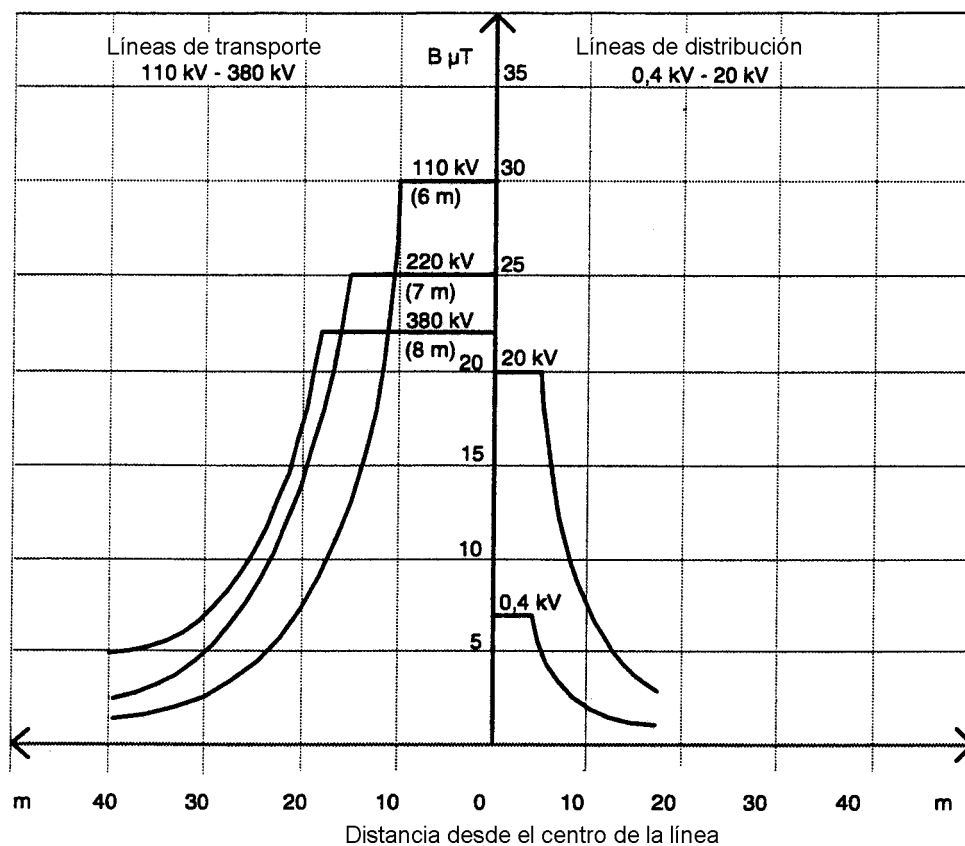


Fig. 4 – Perfil envolvente de la inducción magnética máxima de líneas aéreas de circuito simple y con configuración en capa medidas horizontalmente desde el centro de la línea a 1 m por encima del suelo y a la distancia de aislamiento mínima en el centro del tramo

Tabla 1  
Valores de inducción magnética máxima generada por líneas eléctricas

Tensión de la línea kV	Inducción máxima por kA B μT	Corriente máxima kA	Inducción magnética máxima real B μT
380	22	2	44
220	25	1	25
110	30	1	30
20	20	0,6	12
0,4	7	0,4	3

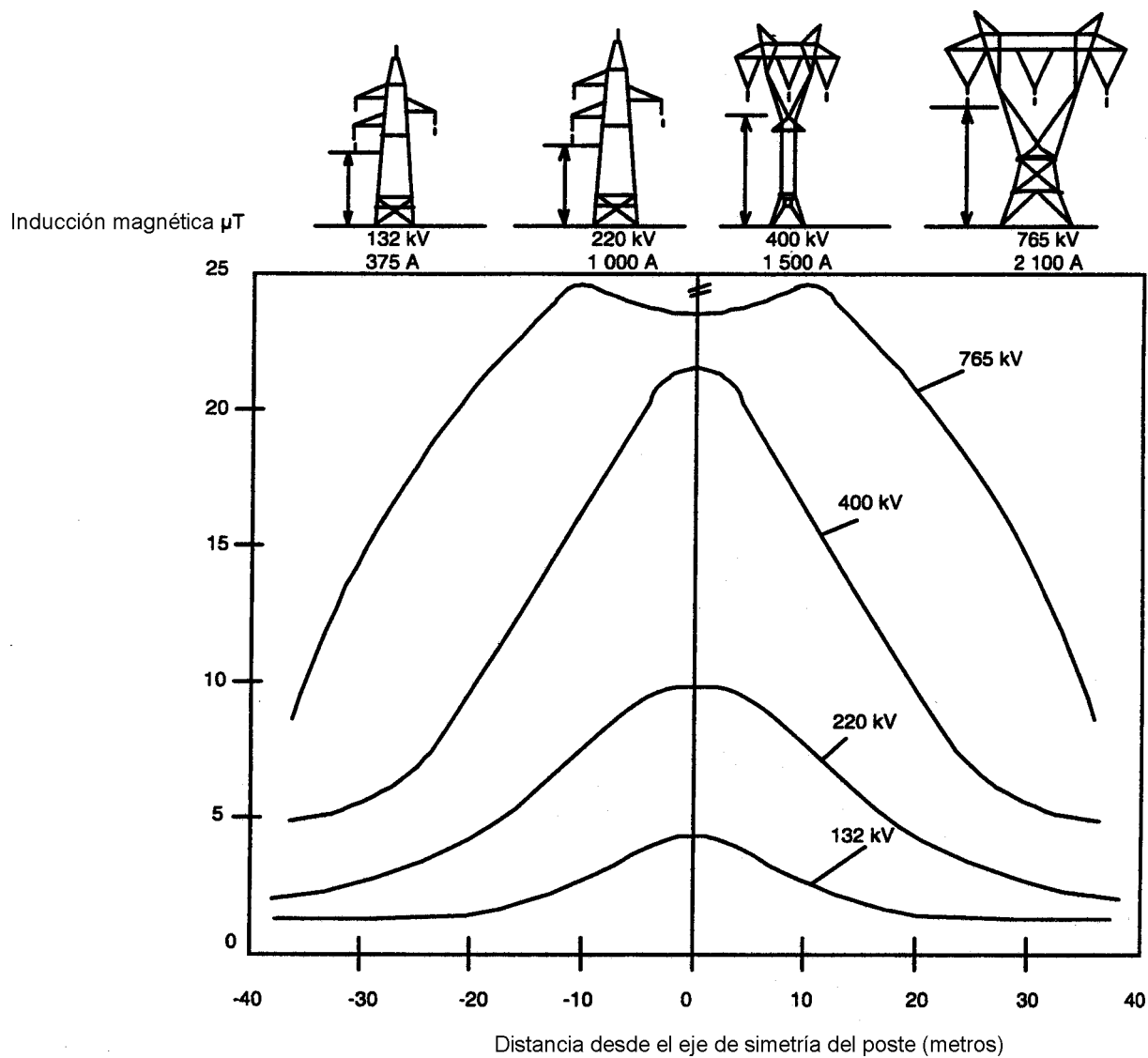
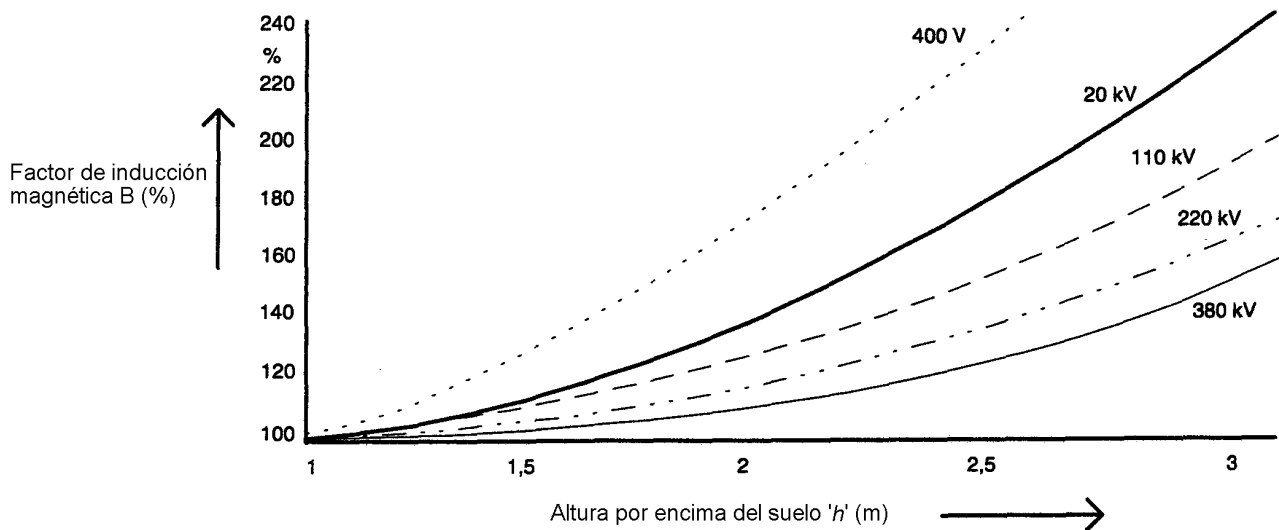
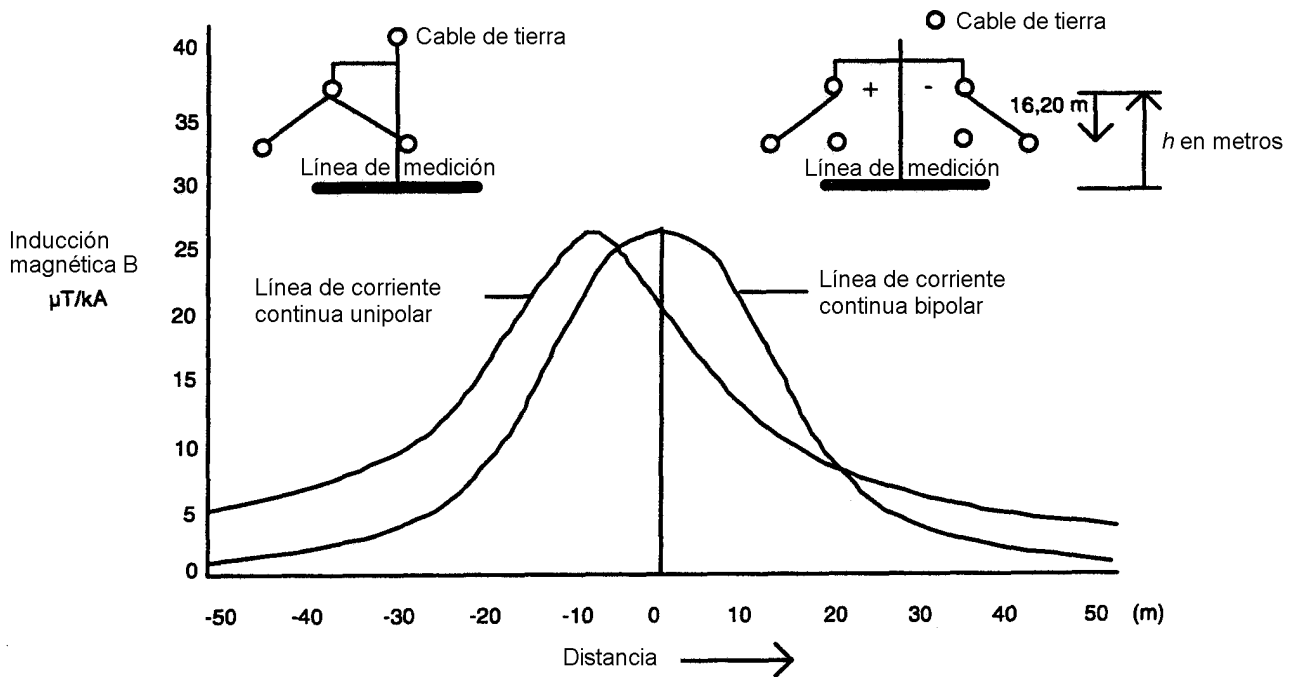


Fig. 5 – Valores de inducción magnética de líneas de alta tensión en condiciones de carga media a 1 m por encima del suelo



**Fig. 6 – Relación entre la inducción magnética y la altura por encima del suelo hasta la distancia mínima autorizada para líneas trifásicas de 400 V a 380 kV y cables conductores de ferrocarriles de 20 kV**  
 El valor de la inducción magnética se da en porcentaje con relación a la inducción magnética máxima en un punto situado a 1 m por encima del suelo en el centro del tramo  
 Esta relación sólo es válida para configuraciones en capa de los conductores de fase

**5.1.2 Líneas de alta tensión de corriente continua.** Las figuras 7 [3] y la tabla 2 presentan los valores de inducción magnética características de líneas aéreas de alta tensión típicas de corriente continua. La figura 6 [3] presenta los factores de multiplicación en porcentaje para puntos de referencia situados a una altura de  $h$  m por encima del suelo. Todas las características de las líneas de corriente continua se utilizan de la misma manera que en el caso de las líneas de corriente alterna.



**Fig. 7 – Curva de la inducción magnética máxima por kA de corriente de carga cerca de una línea aérea de alta tensión de corriente continua explotada con una tensión de + 450 kV o de ± 450 kV en un punto situado a 1 m por encima del suelo**

**Tabla 2**  
**Inducción magnética en  $\mu\text{T}$  por kA de corriente de carga para líneas aéreas de alta tensión para diferentes tensiones de explotación y de alturas de poste**

Tensión kV	Altura m	Línea monopolar			Línea bipolar		
		Máxima	Distancia -10 m	Distancia -20 m	Máxima	Distancia $\pm 10$ m	Distancia $\pm 20$ m
250	23	31	25	13	31	15	5
450	30	25	23	14	25	19	8
600	30	21	21	10	21	18	9

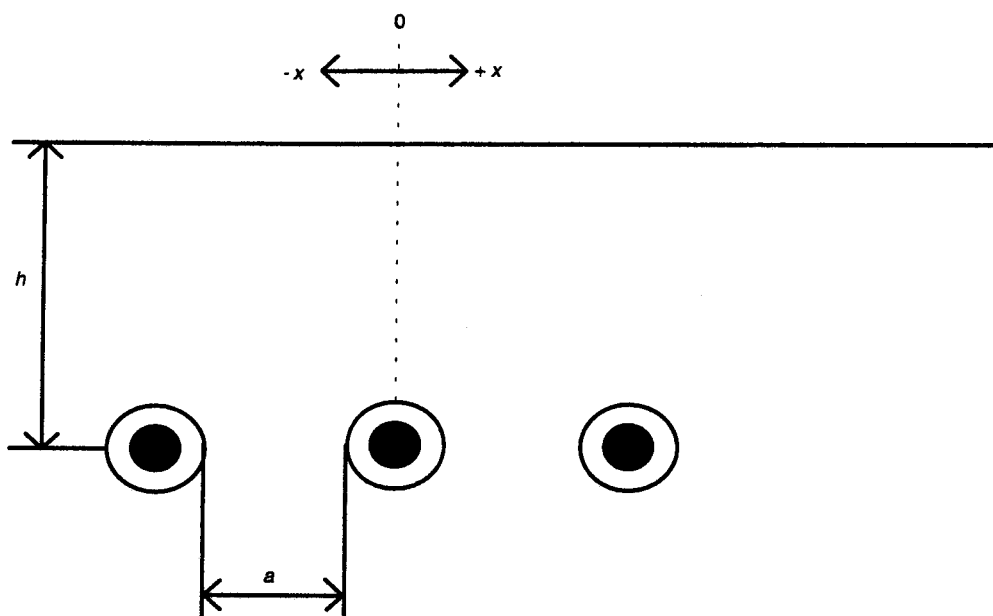
**5.2 Cables subterráneos**

**5.2.1 Cables de un conductor.** La tabla 3 presenta valores típicos de inducción magnética para entornos de redes de alimentación equipadas de sistemas de cables de un conductor.

**Tabla 3**  
**Valores típicos de inducción magnética en  $\mu\text{T}$  en un entorno de sistemas de alimentación de cables de un conductor**

Red de alimentación	Distancia horizontal desde la instalación			
	0 m	10 m	20 m	30 m
Alimentación de viviendas a 240/415 V	1,3	0,3	Inferior a 0,1 $\mu\text{T}$	
Red de distribución de 66 kV	2,1	0,7	0,3	0,1
Cable de 220 kV	15,0	0,6	0,2	Inferior a 0,1
Línea aérea de 220 kV de dos circuitos	5,0	1,2	0,2	Inferior a 0,1

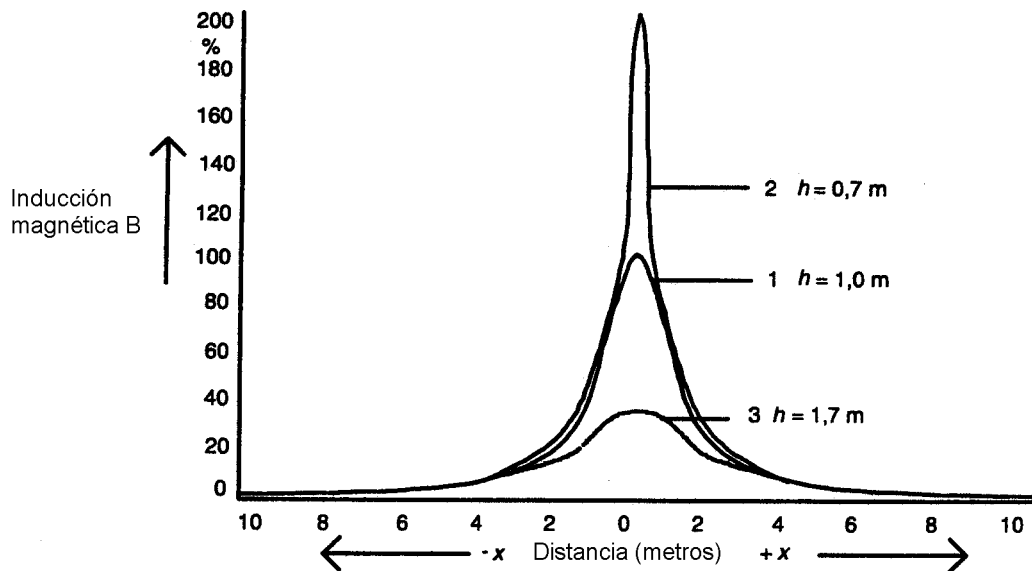
En el caso de la configuración en capa de la figura 8, de diferentes profundidades ( $h$ ) y distancias ( $a$ ) entre los cables, sin tomar en cuenta el efecto de pantalla de las envolturas de los cables, los valores de inducción magnética de la tabla 4 son valores representativos que corresponden a una corriente de explotación de 500 A por fase. Se fija el origen  $x = 0$  m a partir del cual se mide las distancias de los emplazamientos, al nivel del cable del medio.



**Fig. 8 – Configuración de cables de un solo conductor puestos en capa**

Se encuentra campos semejantes a los dados en este capítulo cerca de cables de baja tensión con configuración en capa unidos a transformadores de media tensión instalados dentro de los edificios así como cerca de los cables principales de distribución que forman parte de las instalaciones eléctricas de los usuarios.

La curva cualitativa de la figura 9 [3] representa la inducción magnética en el caso de la tabla 4, línea 5 y muestra que se puede atenuar situando los cables a mayor profundidad y reduciendo las distancias entre conductores.



**Fig. 9 – Comparación de valores de inducción magnética de cables de un solo conductor colocados a profundidades de 0,7 m (curva 2), 1,7 m (curva 3), con un cable situado a una profundidad de 1 m (curva 1). Los valores de inducción magnética se expresan en porcentaje del valor máximo correspondiente a la curva 1. La configuración del cable es la mostrada en la figura 9 con las dimensiones correspondientes a las características dadas en la tabla 4, línea 5**

**Tabla 4**

**Inducción magnética de redes de cables trifásicos de un solo conductor por cable con configuración de tipo capa y con corrientes de explotación de 500 A (véase la figura 8)**

Diámetro del cable m	Profundidad h m	Distancia entre los cables de un solo conductor a m	Inducción magnética μT					
			a una distancia +x ó -x desde el centro del cable m					
			0	2	4	6	8	10
0,03 (LV MV)	1	0,02	8,6	1,7	0,5	0,2	0,1	0,09
	0,7	0,02	17,6	1,9	0,5	0,2	0,1	0,09
	1	0,05	13,8	2,8	0,8	0,4	0,2	0,1
	0,7	0,05	28	3,1	0,8	0,4	0,2	0,1
	1*	0,07*	17,2	3,5	1	0,5	0,3	0,2
	0,7	0,07	34,7	3,9	1,1	0,5	0,3	0,2
0,1 (HV)	1,7	0,18	17,5	7,6	2,8	1,3	0,8	0,5
	1	0,18	48,5	10,5	3,1	1,4	0,8	0,5

\* Véase la figura 9.



Se puede deducir proporcionalmente los valores de la inducción magnética para otras corrientes de explotación.

En el caso de haces de cables de un solo conductor y colocados en triángulo, las inducciones magnéticas son casi equivalentes a las de los cables multiconductores trifásicos.

**5.2.2 Cables multiconductores.** Las tablas 5 y 6 [3] dan valores de inducción magnética en el caso de cables trifásicos con neutro que alimentan respectivamente cargas equilibradas y desequilibradas. Una comparación entre estas tablas muestra que, en el caso de una carga equilibrada, el campo magnético es más alto cerca del cable mientras que, en el caso de una carga desequilibrada, es más alto a una distancia más alejada.

**Tabla 5**  
**Inducción magnética de cables multiconductores colocados a profundidades de 0,7 m y 1 m con corrientes de explotación simétricas de 500 A por fase**

Profundidad <i>h</i>  m	Inducción magnética $\mu\text{T}$ a una distancia $+x$ ó $-x$ desde el centro del cable m					
	0	2	4	6	8	10
	1	3,2	0,6	0,19	0,09	0,05
0,7	6,4	0,7	0,2	0,09	0,05	0,04

**Tabla 6**  
**Inducción magnética de cables multiconductores de baja tensión colocados a profundidades de 0,7 m y 1 m con corrientes de fase asimétricas de 500 A, 450 A, 400 A y una corriente de neutro de 90 A**

Profundidad <i>h</i>  m	Inducción magnética $\mu\text{T}$ a una distancia $+x$ o $-x$ desde el centro del cable m					
	0	2	4	6	8	10
	1	2,6	0,66	0,26	0,15	0,10
0,7	5,4	0,75	0,27	0,15	0,11	0,08

En el caso de cables trifásicos de baja tensión, el concatenado del conductor de neutro puede tener por efecto que la suma de las corrientes no sea igual a cero. Eso tiene como consecuencia un desequilibrio de la carga de los cables. La tabla 6 presenta un ejemplo de valores de inducción magnética para cables multiconductores de baja tensión que tiene una carga desequilibrada,

### 5.3 Locales de alta y media tensión de compañías de electricidad

Desde el punto de vista práctico, sólo son significativos los valores máximos del campo magnético dentro de los lugares cerrados o cercados y en lugares adyacentes a sitios cuyo acceso sea público. En zonas de interior, ocupadas regularmente por personal que utiliza equipo de tipo residencial, los valores de los campos magnéticos son por experiencia típicamente inferiores a  $1 \mu\text{T}$ .

La tabla 7 [5] presenta valores de inducción magnética en condiciones de carga normales cerca de los equipos de alta tensión.

**Tabla 7**  
**Valores típicos máximos de inducción magnética al nivel del suelo**  
**en locales de alta tensión de compañías de electricidad**

Emplazamiento		Tensión de la red kV	Inducción magnética máxima $\mu\text{T}$	Inducción magnética en el perímetro de la instalación $\mu\text{T}$
<b>1</b>	<b>Dispositivo principal de la subestación</b>			
(a)	Juego de barras rígido de poca altura equipado de aparatación convencional exterior	500 220 66	20 32 35	5
(b)	Juego de barras tensado en altura y equipado de aparatación convencional exterior	500	16	5
(c)	Juego de barras cerrado equipado de aparatación de aislamiento gaseoso	500	110	5
<b>2</b>	<b>Subestaciones eléctricas</b>			
(a)	Cable de aparatación convencional de la aparatación de la subestación principal exterior	500 220 220	25 60 30	5
(b)	Aparatación de aislamiento gaseoso	220	20	
(c)	Recinto de transformadores	220 500	240 230	10 10
(d)	Local de turbina, de alternador			
	Juego de barras de fases aisladas	14	100	
	Unidad de cuadro	–	60	
	Alternador	–	22	
	Grandes motores	–	88	
(e)	Sala de control		45	
	Sala de reposo		35	
<b>3</b>	<b>Zonas de subestaciones inferiores 66/11 kV</b>			
	Subestación en general		13	
	Transformador		25	
	Parte posterior de la aparatación		35	
<b>4</b>	<b>Instalación específica – Compensador estático de energía reactiva (en el cercado del recinto)</b>		1 000	50
NOTA – Estos valores corresponden a las zonas normales de acceso del personal de la explotación; pueden ser superiores de un orden de magnitud cerca de la instalación y de los conductores.				

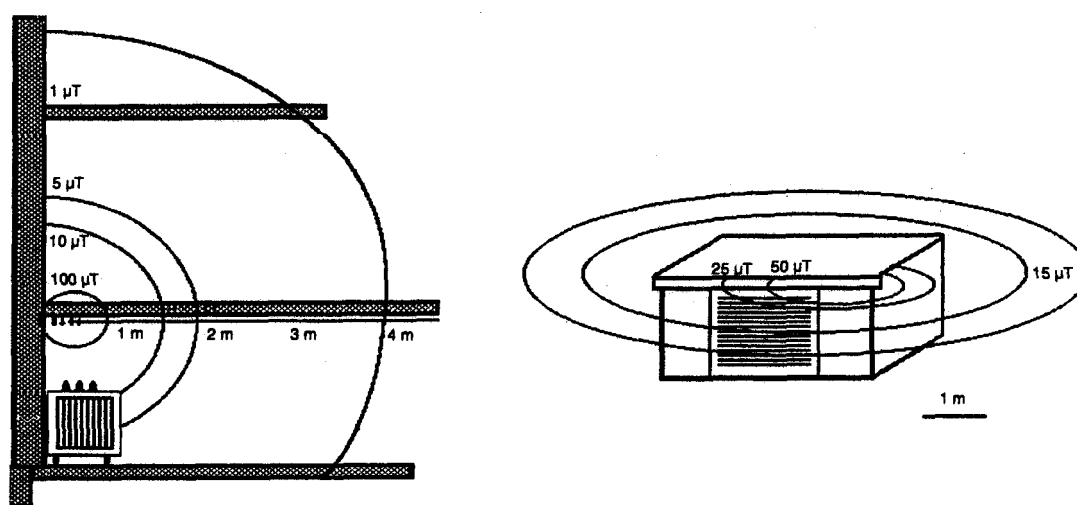
#### 5.4 Locales de baja tensión de compañías de electricidad

Los locales de baja tensión considerados en este capítulo son subestaciones eléctricas que contienen la aparatación de media tensión, transformadores y cuadros de distribución de baja tensión con conexiones de cables. Su superficie en el suelo varía generalmente entre 12 m<sup>2</sup> y 26 m<sup>2</sup> y su altura varía de 3 m a 5 m. Sirven para alimentar a los usuarios de baja tensión y, en el caso de clientes comerciales e industriales importantes, están situados a menudo en sus edificios. Estas subestaciones generan un entorno electromagnético industrial cuya influencia puede extenderse alrededor de 10 m por encima de su recinto físico e influenciar al equipo comercial o residencial. Véase la figura 10.

Las mediciones efectuadas con la ayuda de bobinas de campo son influenciadas considerablemente por la presencia de corrientes armónicas y es por lo que, para cada emplazamiento, se indica dos valores, uno de 50/60 Hz y otro entre 0 kHz y 2 kHz. La tabla 8 presenta valores máximos característicos del campo magnético para tal entorno.

**Tabla 8**  
**Valores de campo magnético en los locales de instalaciones de baja tensión de compañías de electricidad**

Emplazamiento	Valor del campo magnético A/m	
	50 Hz	0 kHz – 2 kHz
Cerca del equipo de media tensión	50	60
Cerca de las conexiones de un transformador	200	300
Encima de un transformador	15	60
Cerca de cables de baja tensión	20	70
Cerca del techo pero en el exterior	5	30



**Fig. 10 – Distribución del campo magnético correspondiente a una subestación equipada de un transformador MT/BT de 315 kVA**

## 6 ENTORNO DE REDES DE TRACCIÓN

Se puede dividir en general de tracción eléctricas en dos grandes categorías

### a) Redes de baja tensión en corriente continua

La tracción eléctrica se desarrolla con motores de corriente continua que funcionan en la gama de tensión 500 V-3 000 V. La corriente se distribuye por un raíl de alimentación (tercer raíl) o también por un cable aéreo y vuelve en parte por los raíles normales y en parte por tierra. Véase la figura 11 [3]. La red de tracción se alimenta de la red de media tensión por medio de rectificadores trifásicos que generan una tensión de ondulación de frecuencia igual a seis veces la frecuencia de la red.

Los valores del campo magnético para los sistemas de corriente continua con tercer raíl son idénticos a los de redes de tracción aéreas presentados en la figura 11.

### b) Redes de media tensión con corriente alterna

Las tensiones de explotación de estas redes varían de 15 kV a 25 kV y su frecuencia es de 16 2/3 Hz, 50 Hz o 60 Hz. La corriente se distribuye por un cable aéreo con o sin utilización de autotransformadores o de transformadores reguladores que permiten dirigir la corriente de retorno de los raíles hacia el cable de retorno aéreo. Los valores de campo magnético son equivalentes para los dos tipos de alimentación y se presentan gráficamente en la figura 12 [3].

Se debería observar que el campo magnético en un punto particular, sobre o cerca de una vía de ferrocarril eléctrico debe variar enormemente según la posición de la locomotora con relación a los puntos de alimentación eléctrica. Los valores de campo de las figuras 11 y 12 son valores máximos por kA de corriente de tracción. Un aumento del número de vías no aumenta la inducción magnética dado que la dilación del trayecto de la corriente provoca la anulación o reducción de los campos.

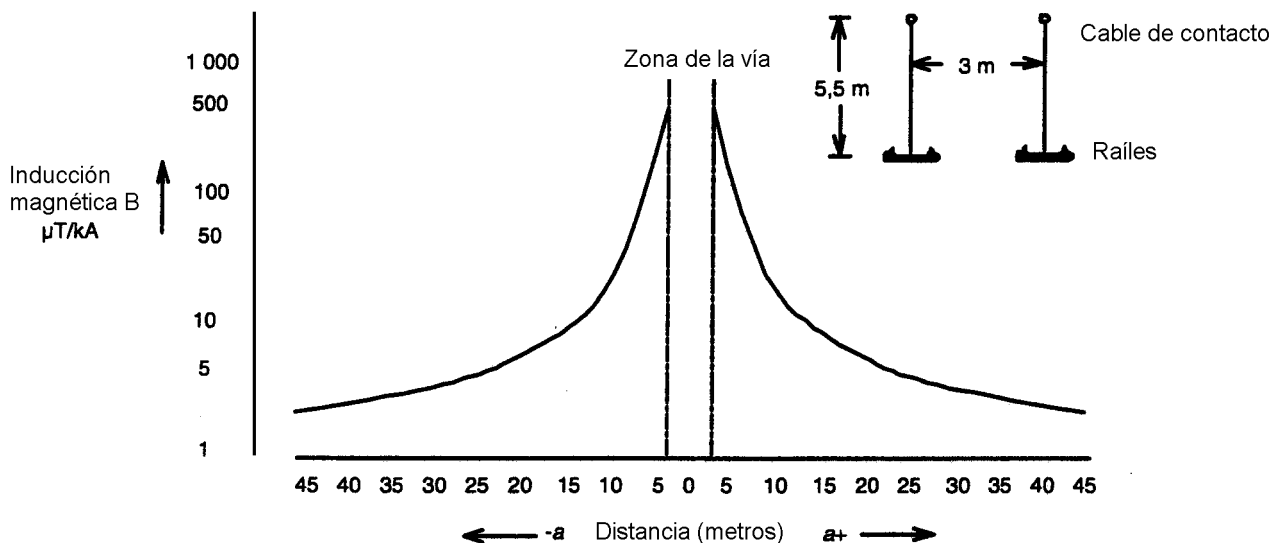
Se puede deducir proporcionalmente los valores de inducción magnética para otros valores de corrientes de tracción. Las corrientes de tracción máxima para un funcionamiento normal son las siguientes:

Redes alternas monofásicas:

- en líneas secundarias de vía única: hasta alrededor de 0,5 kA
- en líneas principales de dos vías: hasta alrededor de 2,0 kA
- en líneas de extrarradio: hasta alrededor de 2,5 kA (línea principal y línea de extrarradio al lado una de otra)

Redes de corriente continua:

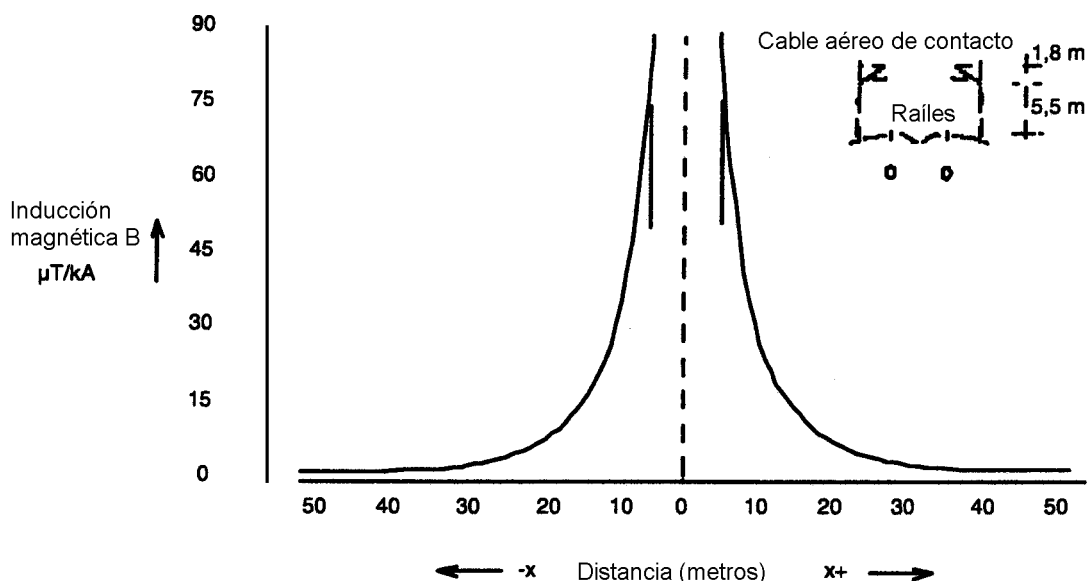
- líneas de tranvía: hasta alrededor de 1 kA
- líneas de metro: hasta alrededor de 4 kA



NOTA - Esta figura supone que el 50% de la corriente de tracción pasa por los raíles.

**Fig. 11 – Curva que muestra la inducción magnética máxima por kA de corriente de tracción cerca de una línea de ferrocarril eléctrico con corriente continua alimentada por un conductor de contacto aéreo**  
**Para  $x=0$ : El conductor de contacto está situado por encima del medio de la vía; el punto situado por encima del nivel del suelo se encuentra en cada caso a una distancia  $x$  y a 1 m por encima de la superficie superior del raíl (fuera de la vía)**

La curva de la inducción magnética en el caso de sistemas de raíl de contacto se sitúa entre la curva que corresponde a 1,0 kA de la figura 11 y la equivalente que corresponde a 0,5 kA, dada la distancia mucho más pequeña entre el raíl de baja tensión y los raíles de retorno.



NOTA – Los valores y la forma de la curva varían en amplitud con el tiempo y dependen de la distancia desde la subestación de alimentación y de la proporción de corriente que pasa por los raíles y por la tierra. En esta figura, la proporción de corriente que pasa por los raíles se estima en el 50% de la corriente de tracción.

**Fig. 12 – Curva que muestra la inducción magnética máxima por kA de corriente de tracción cerca de una línea de ferrocarril eléctrico con corriente alterna (16 2/3 Hz y 50/60 Hz) alimentada por un conductor aéreo.  
Para  $x=0$ : El conductor de contacto está situado por encima del medio de la vía; el punto situado por encima del nivel del suelo se encuentra en cada caso a una distancia  $x$  y a 1 m por encima de la superficie superior del raíl (fuera de la vía)**

## 7 ENTORNO INDUSTRIAL

Los entornos industriales se caracterizan por cargas fluctuantes monofásicas y trifásicas importantes que condicionan fuertemente el entorno del campo magnético. Las instalaciones de cables están normalmente protegidas por una pantalla que puede ser un fleje metálico, un blindaje de hilos o una funda metálica. Existen no obstante instalaciones donde se encuentra juegos de barras abiertas, en particular en fábricas de electrogalvanización. En puentes rodantes pueden utilizarse igualmente conductores de alimentación desnudos.

La zona de influencia de un campo magnético radiado por un equipo especial depende de la importancia de la corriente consumida y es necesario relacionar los valores del campo magnético con el tamaño del equipo.

A continuación se dan valores del campo magnético obtenidos de mediciones efectuadas sobre el lugar en el equipo industrial.

### 7.1 Equipo de soldadura

El término “soldadura de arco” recoge un gran número de técnicas de soldadura. El método utilizado más corrientemente para la soldadura de objetos pequeños es la soldadura de arco manual que consume corrientes continua o alterna que pueden alcanzar 600 A.

En la soldadura por fusión bajo flujo, se establece un arco eléctrico entre un electrodo desnudo continuo y la pieza a soldar. Se recubre el cordón de soldadura de un polvo que envuelve totalmente el arco y la fusión no siendo visibles durante el procedimiento. Este tipo de soldadura utiliza corrientes relativamente altas (hasta 1 100 A).

Una forma especial de soldadura por resistencia se llama soldadura por centelleo y se utiliza para soldar placas, perfiles y chapas. Este tipo de soldadura utiliza casi siempre corrientes alternas que van hasta 100 kA.

La soldadura por puntos y la soldadura continua se basan en el mismo principio que la soldadura por centelleo y se realizan sin aditivos.

La afinación por escoria electroconductora es un tipo de soldadura automática de lingote diseñada en principio para soldar piezas muy gruesas. El equipo que utiliza corriente continua es mucho más frecuente que el equipo que utiliza corriente alterna.

El equipo de soldadura corresponde normalmente a entornos industriales severos. La tabla 9 [8] da gamas de valores representativos del campo magnético para diferentes procedimientos de soldadura.

**Tabla 9**  
**Soldadura eléctrica**

<b>Fuente del campo magnético</b>	<b>Corriente kA</b>	<b>Frecuencia Hz</b>	<b>Distancia de la fuente m</b>	<b>Escala de valores del campo magnético <math>\mu\text{T}</math></b>
Soldadura por arco manual	0,24-0,43	0,50	0-0,8	100-5 000
Soldadura por fusión en flujo	0,65-1,05	0,50	0,1-0,5	500-2 500
Soldadura por centelleo	0,13-50	50	0,2-3,0	100-3 000
Soldadura por puntos	15-106	50	0,2-1,0	200-10 000
Soldadura continua	12	50	0,4-0,5	3 500-4 000
Soldadura por escoria electroconductora	1,6-1,7	50	0,2-0,9	400-1 300

NOTA – Las mediciones del campo magnético incluyen la frecuencia fundamental y las frecuencias armónicas en la gama de 0 kHz – 10 kHz.

## 7.2 Horno de acero

En un horno de arco, el calor se produce por arcos establecidos entre un electrodo y el metal en fusión.

Se utiliza hornos de cuchara para el afinado. Se obtiene un acero de alta calidad gracias a una combinación de agitación por inducción, calentamiento por arco y desgasificación por aspiración.

En un horno de inducción, el calor se produce por una corriente alterna que genera corrientes de Foucault en el metal en fusión. Existen dos tipos de hornos de inducción que funcionan con la frecuencia de la red (50/60 Hz) y con alta frecuencia (600 Hz) respectivamente. El horno de canal es igualmente otro tipo de horno de inducción.

Se construye generalmente calentadores de inducción para aplicaciones específicas. Su principio de calentamiento se basa en la utilización de corrientes inducidas. Utilizan frecuencias hasta 10 kHz.

La presencia de frecuencias altas y de campos magnéticos intensos tiene como consecuencia que la energía del campo magnético es alta con relación a otros tipos de hornos. Este tipo de equipo corresponde normalmente a entornos industriales severos. La tabla 10 [8] presenta valores representativos del campo magnético para diferentes tipos de horno.

**Tabla 10**  
**Hornos de acero eléctrico**

Fuente de radiaciones	Corriente kA	Frecuencia Hz	Distancia de la fuente m	Valores típicos del campo magnético μT	Observaciones
Horno de arco	3 × 8 a 3 × 40	50	2,0	100-1 000	Utilizado eventualmente en combinación con un horno de arco
Agitador de inducción	2 × 0,6	10	2,0	200-300	
Horno de cuchara	3 × 13 a 3 × 15	50	0,5-1,0	200-8 000	Utilizado eventualmente en combinación con un horno de arco
Agitador magnético	2 × 0,8	1,6	1,0	100-200	
Horno de inducción	3 × (0,3 a 0,4)	50	0,6-0,9	100-900	
	3 × (0,6 a 1,2)	600	0,8-2,0		
Horno de canal	2 × 1,2 a 2 × 1,5	50	0,6-3,0	100-400	
Horno de afinado por escoria electroconductora	6	50	1,0-4,0	100-400	
Recalentamiento por inducción	1-4	50-10 000	0,1-1,0	900-70 000	

NOTA – Las mediciones del campo magnético incluyen la frecuencia fundamental y las frecuencias armónicas en la gama de 0 kHz – 10 kHz.

### 7.3 Equipo industrial de uso general

La tabla 11 [9] siguiente presenta una lista de equipos que se puede encontrar en todos los entornos industriales así como los valores correspondientes del campo magnético.

**Tabla 11**  
**Inducción magnética medida en el lugar que corresponde a diferentes equipos y máquinas industriales**

Fuentes	Corriente nominal A	Inducción magnética a la corriente nominal μT
Máquinas de soldar convencionales	20-280	5-350
Máquinas de soldar en líneas de producción con diferentes ciclos de funcionamiento (fracciones de segundo en marcha/varios segundos de parada)	7 000-14 500	180-4 100
Tornos	10,0	0,1
Molinos	10,0	0,5
Fresadores	1,4-10,10	2,3-17,3
Cizalladoras	6,6	21,0
Equipo para electroerosión	3,5	1,4
Sierras	2,2	0,2
Compresores	1,4	0,3
Limpiadoras	5,7	~0
Pulidoras	9,0	60,0
Plegadoras	5,2	0,5-5,9

## 8 ENTORNO DE OFICINAS COMERCIALES

Las oficinas pequeñas de un solo piso están sometidas generalmente a campos magnéticos de la misma magnitud que los de entornos residenciales. En el caso de oficinas de varios pisos, se encuentra un ruido de fondo del campo magnético más alto porque las instalaciones eléctricas transportan corrientes importantes y se comportan todavía más como redes de distribución; existe a menudo una componente importante de la corriente armónica de orden 3 en los conductores de neutro. En zonas urbanas, las subestaciones de distribución están situadas a menudo dentro de los locales comerciales y eso tiene como consecuencia crear campos magnéticos muy importantes en oficinas situadas a una distancia de 10 m de una subestación eléctrica; véase el apartado 5.4 y la figura 10. El valor de 1  $\mu\text{T}$  es representativo de la inducción magnética presente en el centro de la oficina y no cerca de equipos eléctricos.

La tabla 12 [9] presenta valores representativos del campo magnético para diversas aplicaciones eléctricas. La tabla 13 [12] completa la tabla 12 “para el entorno residencial”, pero es preciso observar que se ha medido los valores de la inducción magnética cerca del equipo y no en las subestaciones de trabajo.

**Tabla 12**  
**Valores de inducción magnética medidos en la subestación de trabajo de máquinas de oficina típicas**

Fuentes	Gama de valores medidos de inducción magnética $\mu\text{T}$
Máquina de escribir	3,2
Fotocopiadora	1,0-1,2
Terminal de vídeo	1,2-1,4
Ordenador personal	0,2-0,7
Impresoras	0,6-1,4

**Tabla 13**  
**Valores típicos de inducción magnética cerca de un equipo comercial**

Fuente	Intensidad de campo $\mu\text{T}$	Distancia (3 cm excepto indicación en contrario) cm
Monitor VGA nº1	7,0	
Monitores de pantalla verde	4,4	
Monitor VGA nº 2	4,4	
Terminal de vídeo	4,4	
Fax	0,4	
Fotocopiadora nº 1	0,4	
Fotocopiadora nº 2	7,9	9
Lector CD	7,9	
Ventilador	7,0	
Caldera	7,9	
Amplificador de sonido de bucle inductivo (completo)	2,0	
Amplificador de sonido de bucle inductivo (tapa superior levantada)	5,7	
Amplificador de línea 50 W 100 V (en su chasis principal)	7,9	
Alimentación “abierta” que alimenta el equipo anterior	7,9	
Bastidor PA de fábrica	0,8	
Equipo de borrado Eprom	7,9	
Osciloscopio de doble haz nº 1	7,9	10
Osciloscopio de doble haz nº 2	7,9	
Generador de señales sonido nº 1	7,9	
Generador de señales sonido nº 2	5,0	
Generador de radiofrecuencias	7,9	5



## 9 ENTORNO RESIDENCIAL. APARATOS DOMÉSTICOS

### 9.1 Cableado interno de inmuebles residenciales

En general, el cableado interior y el equipo en una habitación no contribuyen de manera importante al ruido de fondo del campo magnético. Sin embargo, en los inmuebles que contienen varios apartamentos, las condiciones pueden ser idénticas a las encontradas en los edificios comerciales de varios pisos o de columnas ascendentes y una subestación eléctrica estando adyacente a las viviendas.

El ruido de fondo del campo magnético dentro de una residencia depende de la proximidad y de la carga de los cables de la red de alimentación y de las líneas aéreas próximas. De manera general, los valores están en la gama de  $0,01 \mu\text{T}$  a  $10 \mu\text{T}$ . En algunas zonas de gran población como en el Japón, se autoriza el paso de líneas aéreas muy cerca de los edificios residenciales de varios pisos y los campos pueden en consecuencia alcanzar  $100 \mu\text{T}$ . Véase la figura 13.

En las zonas urbanas, no es raro que se encuentren subestaciones de distribución dentro de inmuebles de bloques de apartamentos y esta práctica genera a menudo niveles altos de campos magnéticos en los apartamentos situados en un perímetro de 10 m alrededor de la subestación; véase la figura 10.

### 9.2 Aparatos domésticos

Contrariamente a los campos magnéticos provocados por redes de alimentación eléctrica que se atenúan por un factor igual al cuadrado de la distancia de la fuente, los campos magnéticos que tienen su origen en el equipo doméstico se atenúan por un factor igual al cubo de la distancia.

En la tabla 12 [9] así como las tablas 13, 14, 15 [12] se presentan a continuación valores representativos del campo magnético para diferentes aparatos domésticos.

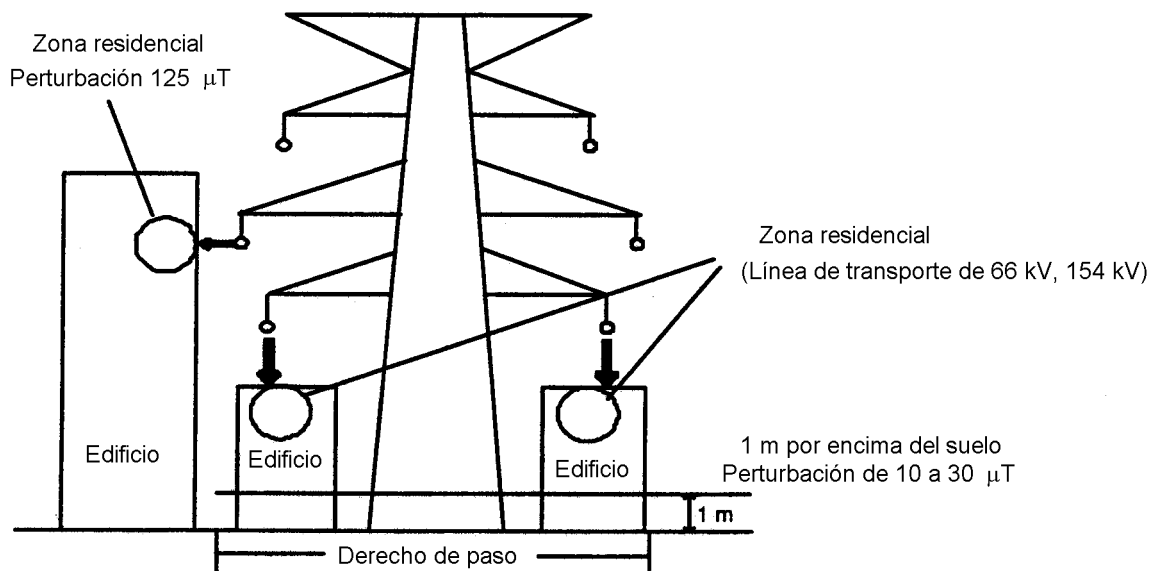


Fig. 13 – Campos magnéticos creados por líneas de alta tensión adyacentes a un inmueble residencial de varios pisos (en Japón, por ejemplo, existen edificios situados por debajo de líneas de transporte de 66 kV y 154 kV)

**Tabla 14**  
**Inducciones magnéticas (gama de valores para tres a cinco modelos) de 60 Hz cerca de diferentes aparatos**

	Inducción magnética a una distancia z $\mu\text{T}$		
	z = 3 cm	z = 30 cm	z = 1 m
Abrelatas	1 000-2 000	3,5-30	0,07-1
Accesorios fluorescentes	15-200	0,2-4	0,01-0,3
Aparatos de calefacción portátiles	10-180	0,15-5	0,01-0,25
Aspiradores	200-800	2-20	0,13-2
Batidoras	60-700	0,6-10	0,02-0,25
Cafeteras	1,8-25	0,08-0,15	0,01
Cazuelas	1,5-8	0,08-0,15	0,01
Cocinas eléctricas (quemadores) (>10 kW)	6-200	0,35-4	0,01-0,1
Frigoríficos	0,5-1,7	0,01-0,25	0,01
Hornos de microondas	75-200	4-8	0,25-0,6
Hornos eléctricos	1-50	0,15-0,5	0,01-0,04
Lámparas de oficina fluorescentes	40-400	0,5-2	0,02-0,25
Lavadoras	0,8-50	0,15-3	0,01-0,15
Lavavajillas	3,5-20	0,6-3	0,07-0,3
Mantas eléctricas	1		
Maquinillas de afeitarse eléctricas	15-1 500	0,08-9	0,01-0,3
Mezcladores	25-130	0,6-2	0,03-0,12
Planchas	8-30	0,12-0,3	0,01-0,025
Recoge basuras	80-250	1-2	0,3-0,1
Secadora	0,3-8	0,08-0,3	0,02-0,06
Secadores de pelo	6-2 000	0,01-7	0,01-0,3
Sierras arqueadas y circulares	250-1 000	1-25	0,01-1
Taladradoras	400-800	2-3,5	0,08-0,2
Televisión	2,5-50	0,04-2	0,01-0,15
Tostador de pan	7-18	0,06-0,7	0,01
Ventiladores y sopladores	2-30	0,03-4	0,01-0,35

**Tabla 15**  
**Valores típicos de campos magnéticos a 60 Hz medidos a diferentes distancias**  
**para varios aparatos domésticos (adaptado de Gauger 1985)**

	Campo magnético $\mu\text{T}$ (mg) [dB ( $\mu\text{A}/\text{m}$ )]		
	3 cm 1,2 pulgadas	30 cm 12 pulgadas	1 m 39 pulgadas
Horno microondas	75-200 (750-2 000) [159,5-168]	4-8 (40-80) [134-140]	0,3-0,8 (3-8) [111,5-120]
Lavadora	0,8-40 (8-400) [120-154]	0,2-3 (2-30) [108-131,5]	0,01-0,2 (0,1-2) [82-108]
Cocina eléctrica	6-200 (60-2 000) [102,5-168]	0,4-4 (4-40) [114-134]	0,01-0,1 (0,1-1) [82-102]
Maquinilla de afeitador eléctrica	15-1 500 (150-15 000) [145,5-185,5]	0,1-9 (1-90) [102-141]	0,04-0,3 (0,4-3) [94-111,5]
Lámpara fluorescente	40-400 (400-4 000) [154-174]	0,5-2 (5-20) [116-128]	0,01-0,3 (0,1-3) [82-111,5]
Secador de pelo	6-2 000 (60-20 000) [102,5-188]	0,1-7 (1-70) [102-139]	0,01-0,3 (0,1-3) [82-111,5]
Televisión	2,5-50 (25-500) [130-156]	0,04-2 (0,4-20) [94-128]	0,01-0,2 (0,1-2) [82-108]

## 10 ENTORNO DE HOSPITALES

### 10.1 Generalidades

Un hospital moderno presenta un entorno electromagnético complejo. Comprende numerosos emisores de gran potencia tales como el equipo de placas de resonancia magnética así como dispositivos sensibles. Además de emisores característicos de entornos residenciales y comerciales, un hospital posee a menudo un equipo de servicio importante tal como las maniobras del control de los motores de los montacargas y de las máquinas de rayos X que producen corrientes con impulsos altos.

### 10.2 Tratamiento de enfermos

Los campos magnéticos más altos se encuentran probablemente cerca del equipo de placas de resonancia magnética. Valores que van hasta 2 T son frecuentes debido a campos intensos emitidos por los sistemas espectroscópicos, la mayor parte de estos campos siendo continuos.

Los dispositivos de consolidación de los huesos que se guardan a menudo en el lugar de una herida durante varias semanas tienen valores de inducción magnética en una gama de 1  $\mu\text{T}$  a 30  $\mu\text{T}$  y de frecuencias de 1 Hz a 75 Hz.

### **10.3 Zonas de servicios de los hospitales**

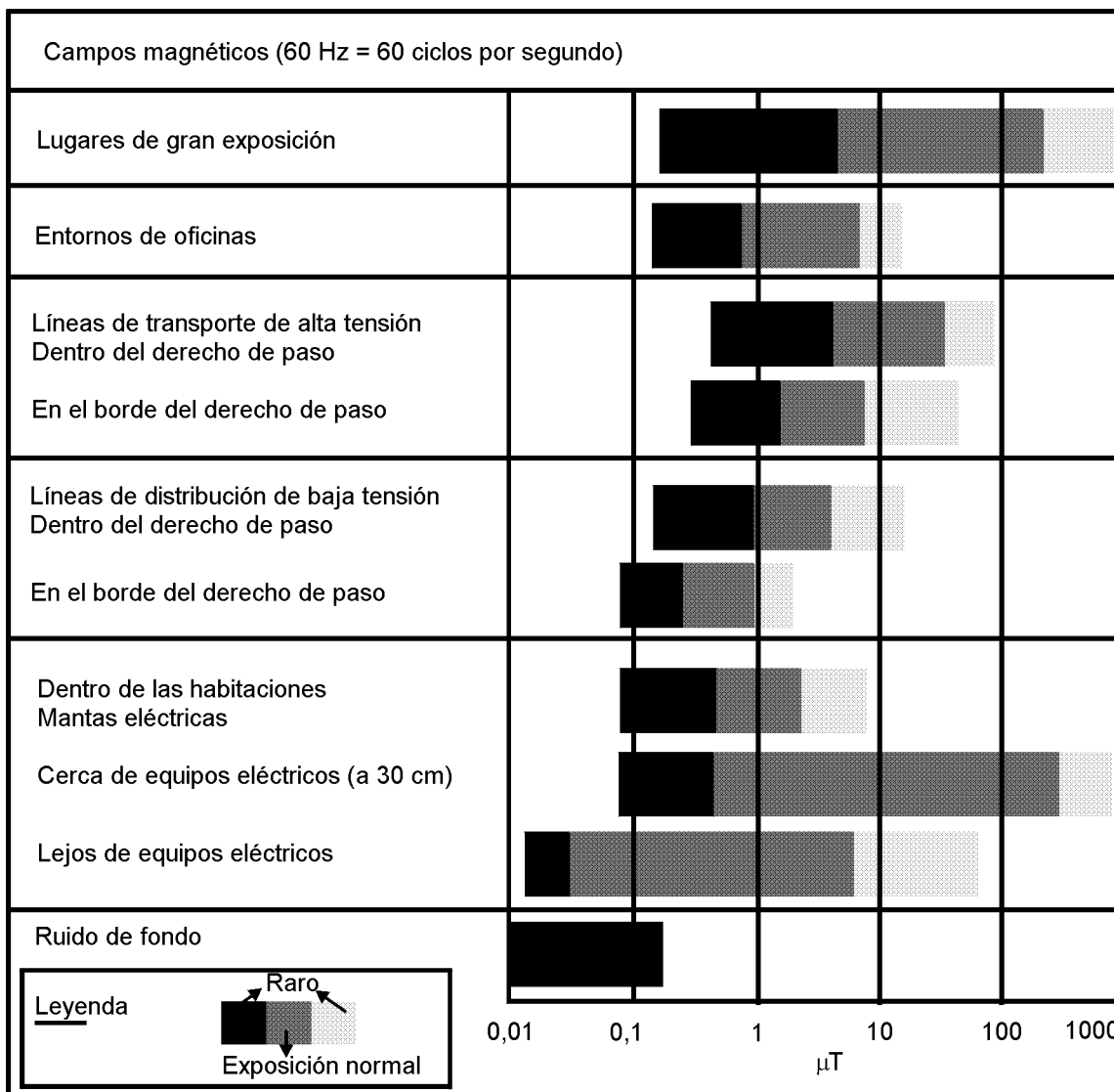
Hay poca información disponible relativa a los niveles de campos magnéticos de baja frecuencia en las zonas de servicio. Las intensidades de campo varían enormemente según el emplazamiento. En una zona normal del hospital, las intensidades de campo en realidad no son más altas que en un entorno residencial. No obstante, el equipo de diagnóstico operatorio del personal puede encontrarse expuesto a campos mucho más altos como se indica anteriormente en el apartado 10.2. La tabla 13 presenta valores medidos sobre equipos tales como osciloscopios utilizados a menudo en las zonas de servicios de los hospitales y en los centros de tratamiento y que están situados cerca de otros equipos eléctricos.

Para la estimación de los efectos eventuales de compatibilidad electromagnética, se deberían tomar valores de inducción magnética máximos que estén próximos a valores que corresponden al entorno industrial, véanse los apartados 7.1, 7.2 y 7.3.

## **11 RESUMEN Y COMPARACIONES DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS GENERADOS POR DIFERENTES FUENTES**

Las figuras 14 [7] y 16 [6] dan una comparación general entre las gamas de valores de inducción magnética que corresponden a las líneas aéreas y las que corresponden a equipos de tipo residencial y los entornos de oficinas. Se puede observar la presencia de un importante calentamiento de los niveles en función de diferentes entornos. Es conveniente, no obstante, resaltar que el equipo de tipo residencial que genera valores altos del campo magnético se utiliza intermitentemente y en general durante un corto período.

La figura 15 [5] da una comparación de las intensidades de campo magnético que corresponde a diferentes tipos de redes de distribución de energía.



**Fig. 14 – Comparación general entre las gamas de valores de inducción magnética de líneas aéreas y las que corresponden a los equipos residenciales y los entornos de oficinas**

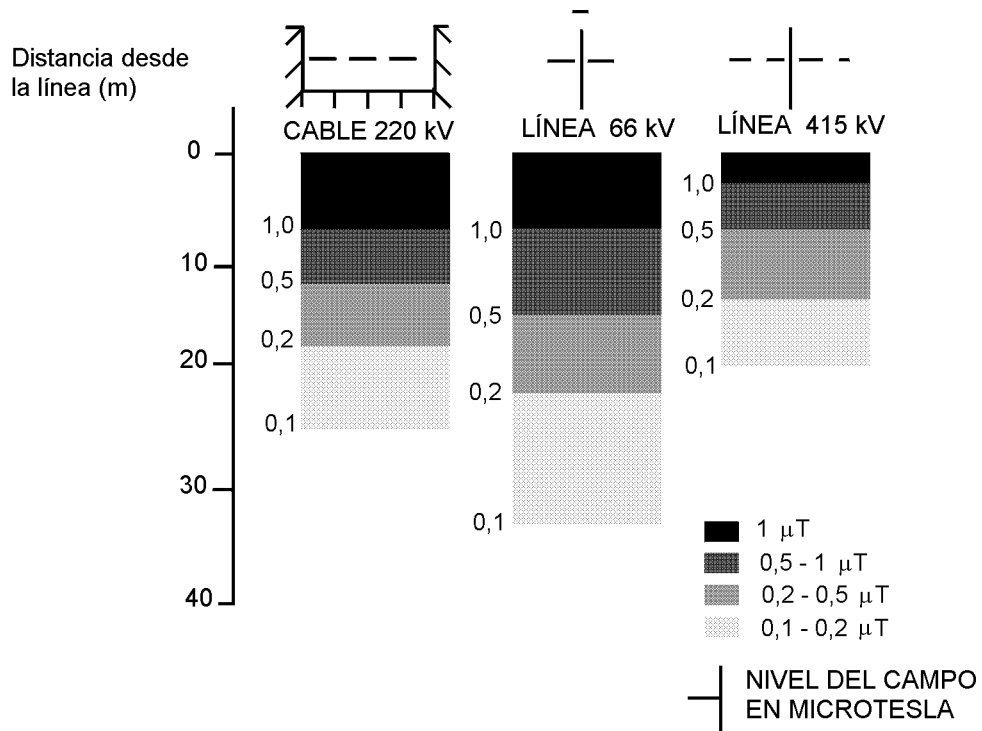


Fig. 15 – Contribuciones representativas de niveles de campo magnético – redes de distribución

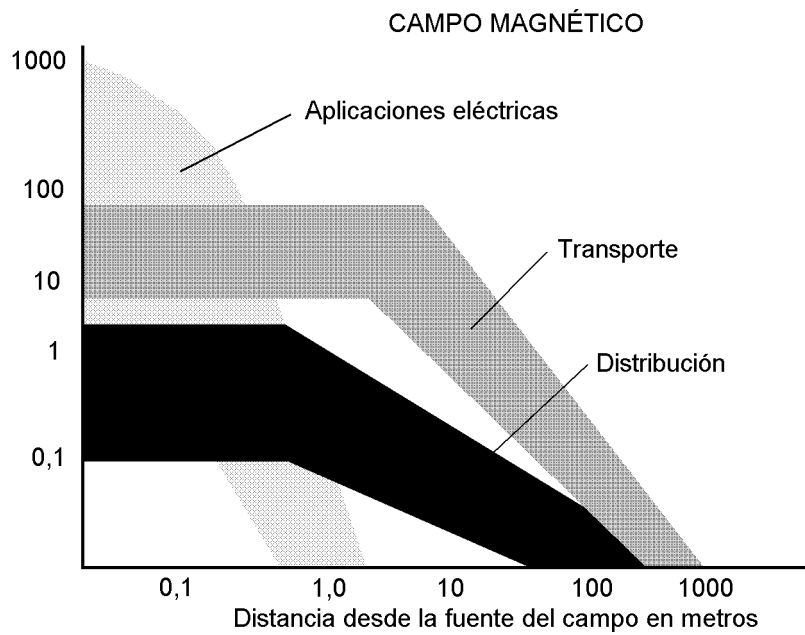


Fig. 16 – Ejemplos prácticos de inducción magnética de líneas de alta tensión (1 m por encima del suelo)

## 12 BIBLIOGRAFÍA

<b>Número de referencia</b>	<b>Título del documento</b>
1	American Geographical Union, 1980
2	World meteorological Organisation, 1955
3	DIN VDE 0228 Part 6, 1991, Beeinflussung von Einrichtungen der Informationstechnik
4	CIGRE publication No. 74, Electric power Transmission and the Environment: Fields, Noise and Interference, 1993.
5	CIGRE Proceedings 1990, 36-103, Magnetic Field Effects in the Victoria Transmission System, A.T. Wilson, P.J. Wallace, D.C. Smith.
6	EMC Symposium Zurich 1993, 5A5, Electrical and Magnetic Fields Around Overhead Transmission Lines, H.J. Haubrich, T. Seitz.
7	West Associates Energy Task Force Project ET-84, 1986.
8	Radio Science Vol. 17, September 1982, ELF Magnet Fields in Electrosteel and Welding Industries, P. Lovsund, P.A. Oberg.
9	CIGRE Proceedings, 1990, 36-107, Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields around Different Industrial and Household Sources, D. Armanini, R. Conti, A. Mantini, P. Nicolini.
10	Millbank Electronics, Report to BSI, EEL 32/-/3, Stray Electromagnetic Field Tests.
11	Health Physics Vol. 51 No. 2, August 1986, Human Exposure to Static and Time-Varying Magnetic Fields, M.A. Stuchly.
12	GAUGER, 1985.

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

**AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO**