

RECOMENDACIÓN UIT-R P.370-7*

**CURVAS DE PROPAGACIÓN EN ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS
PARA LA GAMA DE FRECUENCIAS COMPRENDIDAS
ENTRE 30 Y 1 000 MHz****Servicios de radiodifusión**

(Cuestión UIT-R 203/3)

(1951-1953-1956-1959-1963-1966-1974-1978-1982-1986-1994-1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) la necesidad de facilitar directrices a los ingenieros encargados de la planificación del servicio de radiodifusión en la bandas de ondas métricas y decimétricas para todas las condiciones climáticas;
- b) la importancia de determinar la distancia geográfica mínima entre las estaciones que trabajan en canales que utilizan las mismas frecuencias o en canales adyacentes, a fin de evitar la interferencia intolerable ocasionada por una propagación troposférica a gran distancia;
- c) que las curvas que figuran en el Anexo 1 se basan en el análisis estadístico de un número considerable de datos experimentales,

observando

- a) que la Recomendación UIT-R P.528 proporciona directrices sobre la predicción de la pérdida de trayecto de punto a zona para el servicio móvil aeronáutico en la gama de frecuencias 125 MHz a 30 GHz y para distancias de hasta 1 800 km;
- b) que la Recomendación UIT-R P.529 proporciona directrices sobre la predicción de la intensidad de campo de punto a zona para el servicio móvil terrestre en las bandas de frecuencias de VHF y UHF;
- c) que la Recomendación UIT-R P.452 proporciona directrices para la evaluación detallada de la interferencia en microondas entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,7 GHz;
- d) que la Recomendación UIT-R P.617 proporciona directrices sobre la predicción de la pérdida del trayecto punto a punto en sistemas de radioenlaces transhorizonte en frecuencias superiores a 30 MHz y distancias entre 100 y 1 000 km,

recomienda

1 que se adopten las curvas y procedimientos indicados en los Anexos 1 y 2 para la predicción de la intensidad de campo en el servicio de radiodifusión en la gama de frecuencias 30 a 1 000 MHz y a distancias de hasta 1 000 km, en las siguientes condiciones:

- 1.1** se han ajustado los valores de la intensidad de campo para que correspondan a una potencia de 1 kW radiada por un dipolo de media onda;
- 1.2** las curvas se basan en datos de mediciones que corresponden principalmente a zonas de climas templados que incluyen mares «fríos» y «cálidos», por ejemplo, el Mar del Norte y el Mar Mediterráneo. Los extensos estudios efectuados revelan que las condiciones de propagación en ciertas zonas de superrefractividad lindantes con mares «calientes» son sustancialmente diferentes;
- 1.3** la altura de la antena transmisora se define por la altura de esta antena sobre el nivel medio del terreno entre las distancias de 3 y de 15 km a partir del transmisor, en dirección del receptor;
- 1.4** la altura de la antena receptora se define por la altitud sobre el terreno local;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 10 y 11 de Radiocomunicaciones.

1.5 para definir el grado de irregularidad del terreno se utiliza el parámetro Δh (véase la Recomendación UIT-R P.310); para los servicios de radiodifusión, se aplica a las distancias comprendidas entre 10 km y 50 km desde el transmisor (véase la Fig. 6);

1.6 en el Anexo 2 se indican métodos para determinar intensidades de campo en trayectos mixtos terrestres-marítimos;

1.7 la intensidad de campo depende de la altura de la antena receptora, así como de la naturaleza de su entorno inmediato. En el § 1.10 se incluyen datos relativos a la ganancia de altura de la antena;

1.8 se debe tener en cuenta la atenuación debida a zonas forestales y a la vegetación (véase la Recomendación UIT-R P.833);

1.9 se puede obtener una mayor exactitud de las intensidades de campo previstas teniendo en cuenta el terreno en el punto de recepción, por medio de un ángulo de despejamiento del terreno. El método se describe en el § 1.4. En las regiones onduladas y montañosas también hay que tener en cuenta el efecto de la dispersión debida al terreno.

ANEXO 1

1 Introducción

1.1 Las curvas de propagación representan valores de intensidades de campo en ondas métricas y decimétricas, en función de varios parámetros; algunas curvas se refieren a trayectos terrestres y otras a trayectos marítimos. Las curvas de los trayectos terrestres se prepararon sobre la base de datos obtenidos principalmente en climas templados, como los que se dan en Europa y en América del Norte. Las curvas de los trayectos marítimos se prepararon sobre la base de datos obtenidos principalmente en las regiones del Mediterráneo y del Mar del Norte.

1.2 Las curvas de propagación representan los valores de las intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones (dentro de un área de aproximadamente 200 m \times 200 m) para distintos porcentajes de tiempo. Corresponden a diferentes alturas de antenas transmisoras y a la altura de una antena receptora de 10 m. Las curvas de los trayectos terrestres se refieren a un valor de $\Delta h = 50$ m que se aplica generalmente a un terreno medianamente ondulado como el que suele encontrarse en Europa y en América del Norte.

1.3 En las curvas de las Figs. 1a a 4c, 9 a 11 y 13 a 16b se indican las alturas efectivas de antenas transmisoras entre 37,5 m y 1 200 m siendo cada valor de «altura efectiva» el doble del valor anterior. Para diferentes valores de altura efectiva se utiliza una interpolación lineal entre las dos curvas que corresponden a las alturas efectivas inmediatamente superior e inferior al valor verdadero.

1.3.1 Para una altura efectiva de antena transmisora, h_1 , comprendida entre 0 y 37,5 m, la intensidad de campo a una distancia x del transmisor se considera que es la misma dada por la curva de 37,5 m para una distancia de $(x + 25 - 4,1 \sqrt{h_1})$ km. Este procedimiento es válido para distancias superiores a la del horizonte radioeléctrico dada por la expresión $(4,1 \sqrt{h_1})$ km. Los valores de intensidad de campo para distancias más pequeñas se obtienen:

- calculando la diferencia entre la intensidad de campo a la distancia del horizonte radioeléctrico para la altura h_1 (por el procedimiento indicado) y el valor dado por la curva de 37,5 m para esa misma distancia;
- sustrayendo el valor absoluto de la diferencia así obtenida del valor de intensidad de campo dado por la curva de 37,5 m para la distancia real considerada.

Las fórmulas correspondientes, en las que $E(x, h_1)$ es la intensidad de campo (dB(μ V/m)) para una distancia x (km) y una altura efectiva de la antena transmisora h_1 (m), son las siguientes:

$$E(x, h_1) = E\left[\left(x + 25 - 4,1 \sqrt{h_1}\right), 37,5\right] \text{ para } x \geq 4,1 \sqrt{h_1} \quad (1a)$$

$$E(x, h_1) = E(x, 37,5) - E\left(4,1 \sqrt{h_1}, 37,5\right) + E(25, 37,5) \quad \text{para } x < 4,1 \sqrt{h_1} \quad (1b)$$

1.3.2 Para una altura efectiva de la antena transmisora h_1 , superior a 1 200 m, el valor de la intensidad de campo a una distancia x del transmisor se considera que es el mismo dado por la curva de 1 200 m para una distancia de $(x + 142 - 4,1 \sqrt{h_1})$ km. Este procedimiento es válido para distancias superiores a la del horizonte radioeléctrico dada por la expresión $(4,1 \sqrt{h_1})$ km. Los valores de intensidad de campo para distancias más pequeñas se obtienen:

- calculando la diferencia entre el valor de la intensidad de campo a la distancia del horizonte radioeléctrico para la altura h_1 (por el procedimiento indicado) y el valor dado por la curva de 1 200 m para esa distancia;
- añadiendo el valor absoluto de la diferencia así obtenida al valor de intensidad de campo dado por la curva de 1 200 m para la distancia real considerada.

Las fórmulas correspondientes son las siguientes:

$$E(x, h_1) = E\left[\left(x + 142 - 4,1 \sqrt{h_1}\right), 1200\right] \quad \text{para } x \geq 4,1 \sqrt{h_1} \quad (2a)$$

$$E(x, h_1) = E(x, 1200) - E\left(4,1 \sqrt{h_1}, 1200\right) + E(142, 1200) \quad \text{para } x < 4,1 \sqrt{h_1} \quad (2b)$$

Este procedimiento está sujeto a la limitación de que el valor obtenido no debe rebasar el valor en el espacio libre.

1.3.3 Para tener en cuenta los casos en que la altura efectiva de la antena transmisora, como se define en el § 1.3 del *recomienda*, es negativa, se puede emplear un término de corrección basado en el concepto del ángulo de despejamiento del terreno (véase el § 1.4).

En el caso en que se disponga de una base de datos del terreno, se debe calcular el ángulo de despejamiento del terreno desde el transmisor para cada caso en que la altura efectiva de la antena transmisora sea negativa. El factor de corrección pertinente se puede obtener entonces de la Fig. 17.

En el caso en que no se disponga de una base de datos del terreno, se puede obtener un factor de corrección aproximado utilizando la referida altura efectiva negativa de la antena para establecer un ángulo de despejamiento efectivo como se indica más adelante.

El ángulo de despejamiento efectivo asociado a un transmisor cuya altura efectiva sea h m (siendo h negativa) se puede calcular como arco tangente ($h/9000$). Es decir, la Tierra se considera aproximadamente como una cuña irregular para una distancia comprendida entre 3 y 15 km (la gama especificada para calcular la altura efectiva de la antena) del transmisor, con su valor medio en 9 km, como se indica en la Fig. 18. Esta es aproximadamente la condición de pérdida mínima.

La definición del ángulo de despejamiento indicado en el párrafo anterior da un valor negativo que se puede aplicar a las curvas de la Fig. 17 para obtener un término de corrección. Cuando este último es negativo, se utiliza para reducir el valor de la intensidad de campo a cualquier distancia determinada por las Figs. 1a a 4c, 9 a 11 y 13 a 16b para una altura efectiva de transmisión de cero metros obtenida mediante el procedimiento de extrapolación indicado en el § 1.3.1. Cabe señalar que en la Fig. 17 se tiene en cuenta una altura de antena receptora de +10 m y un valor positivo para el término de corrección corresponde al valor cero del ángulo de despejamiento.

1.4 Si se ha de predecir con mayor precisión la intensidad de campo en condiciones de recepción en zonas específicas, por ejemplo en una zona de recepción pequeña, se puede efectuar una corrección basada en el «ángulo de despejamiento del terreno». Este ángulo, θ , debe ser representativo de los ángulos de la zona de recepción, medidos entre la horizontal en la antena receptora y la línea rasante a todos los obstáculos en una distancia de 16 km en la dirección del transmisor. El ejemplo de la Fig. 19 indica también el convenio de signos, el cual es negativo si la línea hacia los obstáculos está por encima de la horizontal.

En la Fig. 17 se indican los factores de corrección apropiados, obtenidos a partir de los ángulos de despejamiento del terreno.

Estos factores se deben aplicar a los resultados de las Figs. 1a a 4c, 9 a 11 o 13 a 16b para el 50% de las ubicaciones.

Cuando se dispone de la información pertinente sobre el ángulo de despejamiento del terreno, se debe emplear la Fig. 17 (o las ecuaciones equivalentes) en lugar de la corrección Δh (véanse los § 2.1 y 3.1).

Las correcciones para los ángulos de despejamiento del terreno que se encuentran fuera de la gama -20° a $0,8^\circ$, no se indican en la Fig. 17 debido al pequeño número de trayectos que caen fuera la misma. Sin embargo, esas correcciones pueden obtenerse, si es preciso, por extrapolación lineal de las curvas de la Fig. 17 y limitando los valores de 30 dB para ondas métricas y 40 dB para ondas decimétricas a $1,5^\circ$ y -32 dB para ondas métricas y -34 dB para ondas decimétricas a -40° , a condición de que no se rebase la intensidad de campo en el espacio libre.

Las curvas de corrección del ángulo de despejamiento del terreno de la Fig. 17 se pueden expresar de la forma siguiente:

Para ondas métricas, la ecuación (véase la Nota 1) es:

$$\text{Corrección} = 8,1 - \left[6,9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right) \right] \quad (3)$$

siendo:

$$v = -\theta \sqrt{(4000 \times 95) / 300} \quad \theta \text{ rad}$$

Para ondas decimétricas, la ecuación (véase la Nota 1) es la siguiente:

$$\text{Corrección} = 14,9 - \left[6,9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right) \right] \quad (4)$$

siendo:

$$v = -\theta \sqrt{(4000 \times 650) / 300} \quad \theta \text{ rad}$$

NOTA 1 – Estas ecuaciones no se han simplificado con el objeto de hacer más obvios los términos utilizados en su deducción (véase la Recomendación UIT-R P.526).

1.5 En las Figs. 5 y 12 se presentan las curvas de distribución de probabilidad para porcentajes de ubicaciones distintos del 50%. En el Apéndice 1 aparece más información sobre la variabilidad del área afectada.

1.6 Podrá determinarse la intensidad de campo sobre trayectos mixtos según los métodos descritos en el Anexo 2.

1.7 Dado que la mayor parte de las mediciones se hicieron a distancias inferiores a 500 km, los resultados correspondientes a estas curvas son menos fiables más allá de esa distancia. Las porciones de esas curvas representadas mediante trazos discontinuos se obtuvieron por extrapolación y constituyen sólo una orientación general para valores probables de intensidad de campo.

1.8 Todas estas curvas se basan en valores a largo plazo (varios años) y pueden considerarse representativas de las condiciones climáticas medias que imperan en todas las regiones templadas. Ha de advertirse, sin embargo, que tratándose de periodos breves (algunas horas, por ejemplo, y hasta unos pocos días), pueden haber intensidades de campo muy superiores a las indicadas en dichas curvas, particularmente en el caso de terrenos relativamente llanos.

1.9 Sabido es que la intensidad de campo mediana varía según la región climatológica; los datos compilados en Estados Unidos de América y en Europa occidental, en condiciones climatológicas muy diversas, demuestran la posibilidad de establecer una correlación entre el valor mediano de las intensidades de campo observadas y el gradiente del índice de refracción en el primer kilómetro de atmósfera sobre el nivel del suelo. Si ΔN se define como $(n_s - n_1) \times 10^6$, siendo n_s , el índice de refracción en la superficie del suelo y n_1 el de la refracción a 1 km de altura, para una atmósfera normal, tendremos $\Delta N \approx 40$; las curvas 50% de las Fig. 1a y 1b se aplican a este caso. Si el valor medio de ΔN en una región dada es muy diferente de 40, para obtener el valor mediano de las intensidades de campo correspondientes a distancias mayores que el horizonte, hay que aplicar a las curvas un factor de corrección de $0,5(\Delta N - 40)$ dB. Si se desconoce ΔN pero se poseen datos que permiten calcular el valor medio de N_s , siendo $N_s = (n_s - 1) \times 10^6$, se puede, por lo menos para las regiones templadas, aplicar otro factor de corrección, que es de $0,2(N_s - 310)$ dB. Aun cuando hasta la fecha sólo se han establecido estos factores de corrección para las zonas geográficas anteriormente indicadas, pueden servir de indicación para correcciones que sea necesario efectuar en otras zonas distintas. Se desconoce hasta qué punto es correcto aplicar correcciones análogas a las curvas de intensidad de campo excedidas durante el 1% y el 10% del tiempo. Sin embargo, se cree que habrá de efectuarse una corrección importante de los valores excedidos durante el 1% y el 10% del tiempo en las regiones en que predomina la supererogación durante una parte apreciable del tiempo.

1.10 Una variación en la altura de la antena receptora (h_2) entre 1,5 y 40 m puede producir una modificación de la intensidad de campo, relativa al valor a 10 m, que para antenas directivas viene dada por:

$$\text{Ganancia debida a la altura (dB)} = \frac{c}{6} \cdot 20 \log_{10} (h_2 / 10) \quad (5)$$

donde c se obtiene del Cuadro 1.

CUADRO 1

Factores típicos de ganancia debida a la altura, c

| Zona | Ondas métricas (dB) | Ondas decimétricas (dB) |
|-----------|---------------------|-------------------------|
| Rural | 4 | 4 |
| Suburbana | 5 | 6 |
| Urbana | 6 | 8 |

Cuando se utilizan antenas no directivas en zonas no rurales, las ganancias de antena podrían ser inferiores a las indicadas en el Cuadro 1.

2 Ondas métricas (VHF)

2.1 Las curvas de las Figs. 1a, 2a, 3a y 4a representan valores de intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones dentro de un área de aproximadamente $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ y durante el 50%, el 10%, el 5% y el 1% del tiempo, para trayectos terrestres donde un valor de $\Delta h = 50 \text{ m}$ se considera representativo. Para un valor diferente de Δh , debe aplicarse una corrección a las curvas conforme se muestra en la Fig. 7. Para porcentajes de ubicaciones distintas del 50%, pueden obtenerse correcciones mediante la curva de distribución de la Fig. 5.

En el caso de sistemas digitales de banda ancha con una anchura de banda de 1,5 MHz como mínimo, se debe utilizar la línea de trazos discontinuos de la Fig. 5. Esto se debe al hecho de que dichos sistemas están menos sujetos a la variación con las ubicaciones dependientes de la frecuencia que los sistemas analógicos para los cuales se emplea la línea de trazo continuo de la Fig. 5.

2.2 Las curvas de las Figs. 1b, 2b, 2c, 3b, 3c, 4b y 4c representan los valores de intensidad de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones durante el 50%, el 10%, el 5% y el 1% del tiempo, cuando se trata de trayectos marítimos sobre mares fríos y mares cálidos, cuyas características (climáticas) se aproximan a las zonas que se observan en el Mar del Norte y en el Mar Mediterráneo, respectivamente.

2.3 En las zonas sujetas a fenómenos de supererogación intensa se deberán tener en cuenta las informaciones contenidas en el § 1.9.

2.4 La ionosfera puede influir (principalmente mediante los efectos debidos a la ionización de la capa E esporádica) sobre la propagación en la parte inferior de la banda de ondas métricas, en particular para las frecuencias por debajo de 90 MHz aproximadamente. En algunas circunstancias, este modo de propagación puede influir en la intensidad de campo, excedida durante pequeños porcentajes de tiempo, a distancias de más de unos 500 km, e incluso durante porcentajes de tiempo más altos en las proximidades del ecuador magnético. Sin embargo, generalmente pueden ignorarse estos efectos ionosféricos en la mayor parte de las aplicaciones a que se refiere esta Recomendación; basándose en este supuesto, se han preparado las curvas de propagación de este Anexo. A fin de comprobar la validez de dicho supuesto, véase la Recomendación UIT-R P.534.

3 Ondas decimétricas (UHF)

3.1 Las curvas de las Figs. 9, 10 y 11 representan valores de las intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones dentro de un área de aproximadamente $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ y durante el 50%, el 10% y el 1% del tiempo en trayectos terrestres donde un valor de $\Delta h = 50 \text{ m}$ se considera representativo. Para diferentes valores de Δh , debe aplicarse una corrección a las curvas conforme se muestra en la Fig. 8. Los factores de corrección para porcentajes de ubicaciones distintos del 50% pueden obtenerse mediante las curvas de distribución de la Fig. 12.

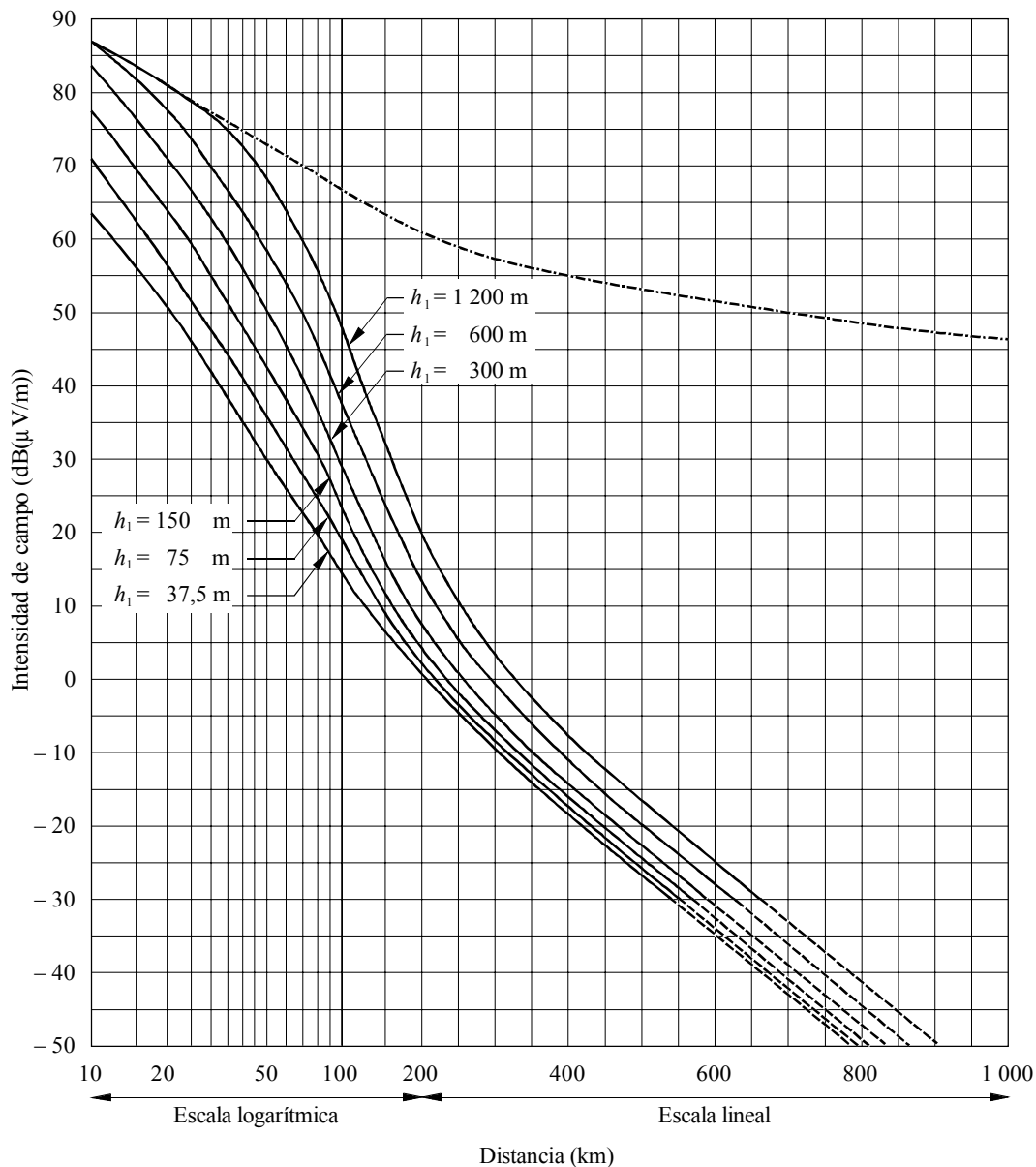
En el caso de sistemas digitales de banda ancha con una anchura de banda de 1.5 MHz como mínimo, se debe utilizar la línea de trazos discontinuos de la Fig. 12. Esto se debe al hecho de que dichos sistemas están menos sujetos a la variación con las ubicaciones dependientes de la frecuencia que los sistemas analógicos para los cuales se emplea la línea de trazo continuo de la Fig. 12.

NOTA 1 – Este resultado se ha deducido de los estudios efectuados por debajo de 250 MHz y en 1 500 MHz, que han arrojado resultados similares.

3.2 Las curvas de las Figs. 13, 14a, 14b, 15a, 15b, 16a y 16b representan valores de las intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones y durante el 50%, el 10%, el 5% y el 1% del tiempo, en trayectos marítimos sobre mares fríos y mares cálidos, cuyas características climáticas se aproximan a las zonas que se observan en el Mar del Norte y en el Mar Mediterráneo, respectivamente.

3.3 En las zonas sujetas a fenómenos de supererogación intensa se deberán tener en cuenta las informaciones contenidas en el § 1.9.

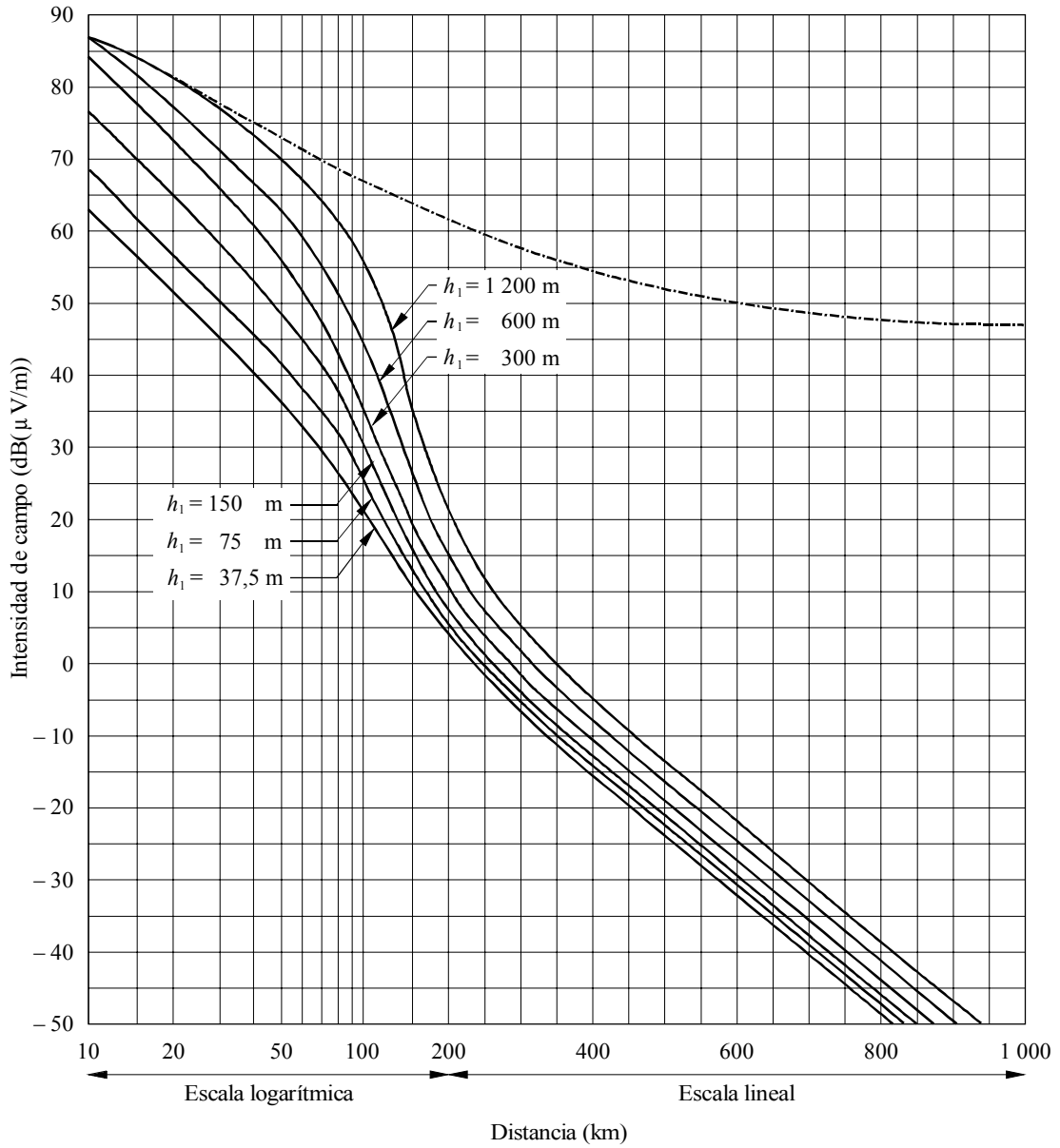
FIGURA 1a

Intensidad de campo (dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); tierra; 50% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre
(cielo despejado)

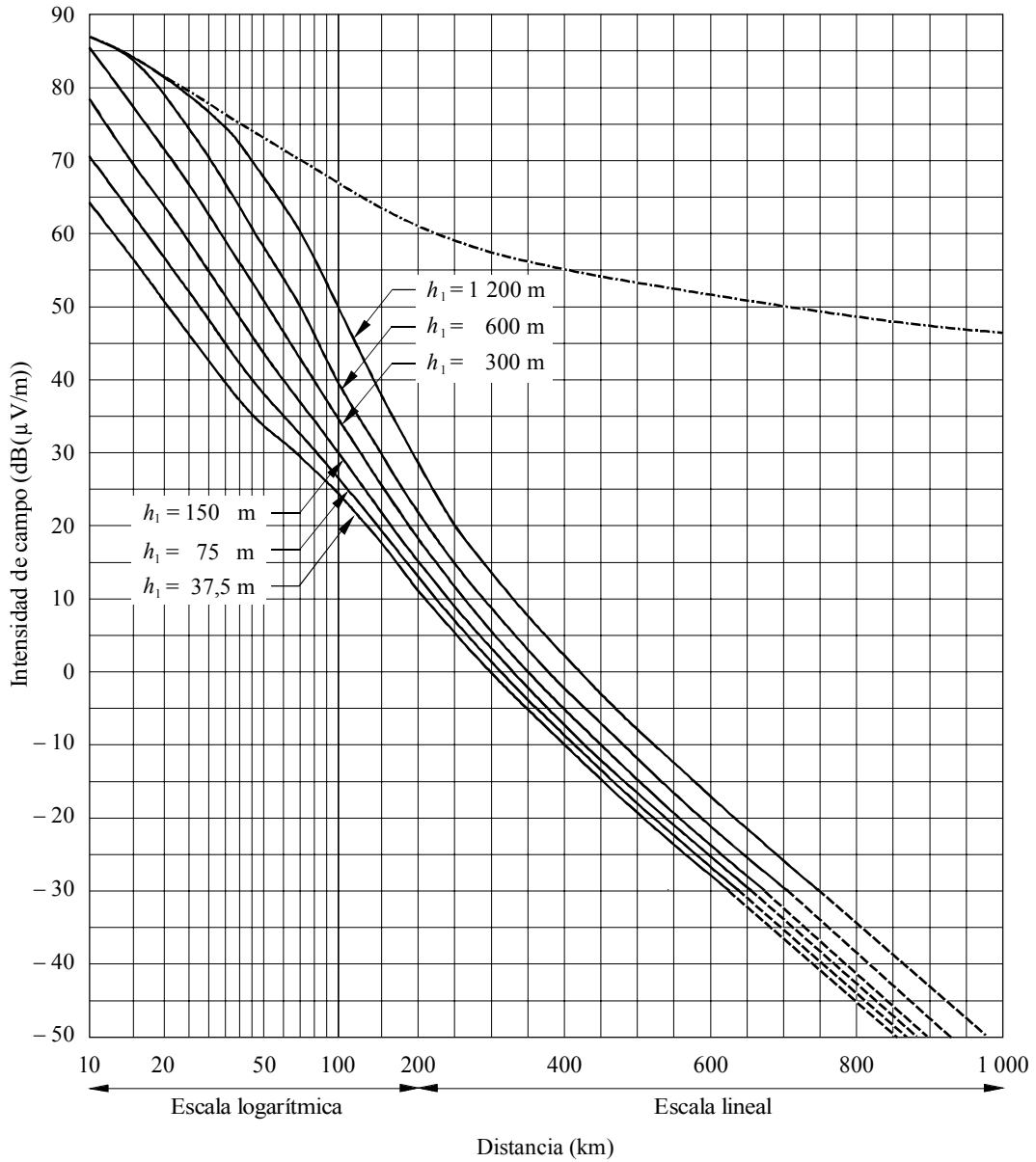
FIGURA 1b
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar; 50% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

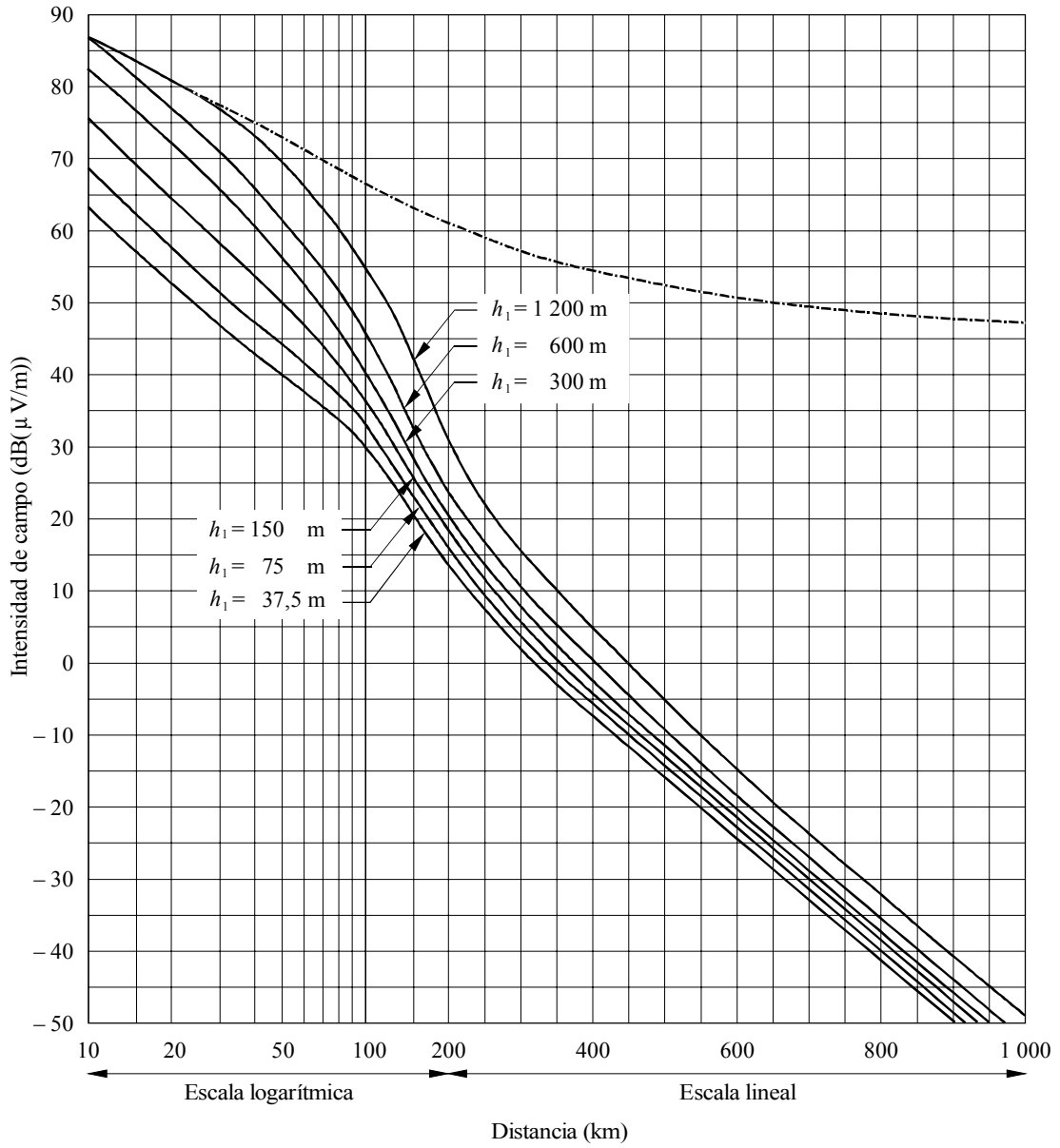
FIGURA 2a
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); tierra; 10% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre

FIGURA 2b
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

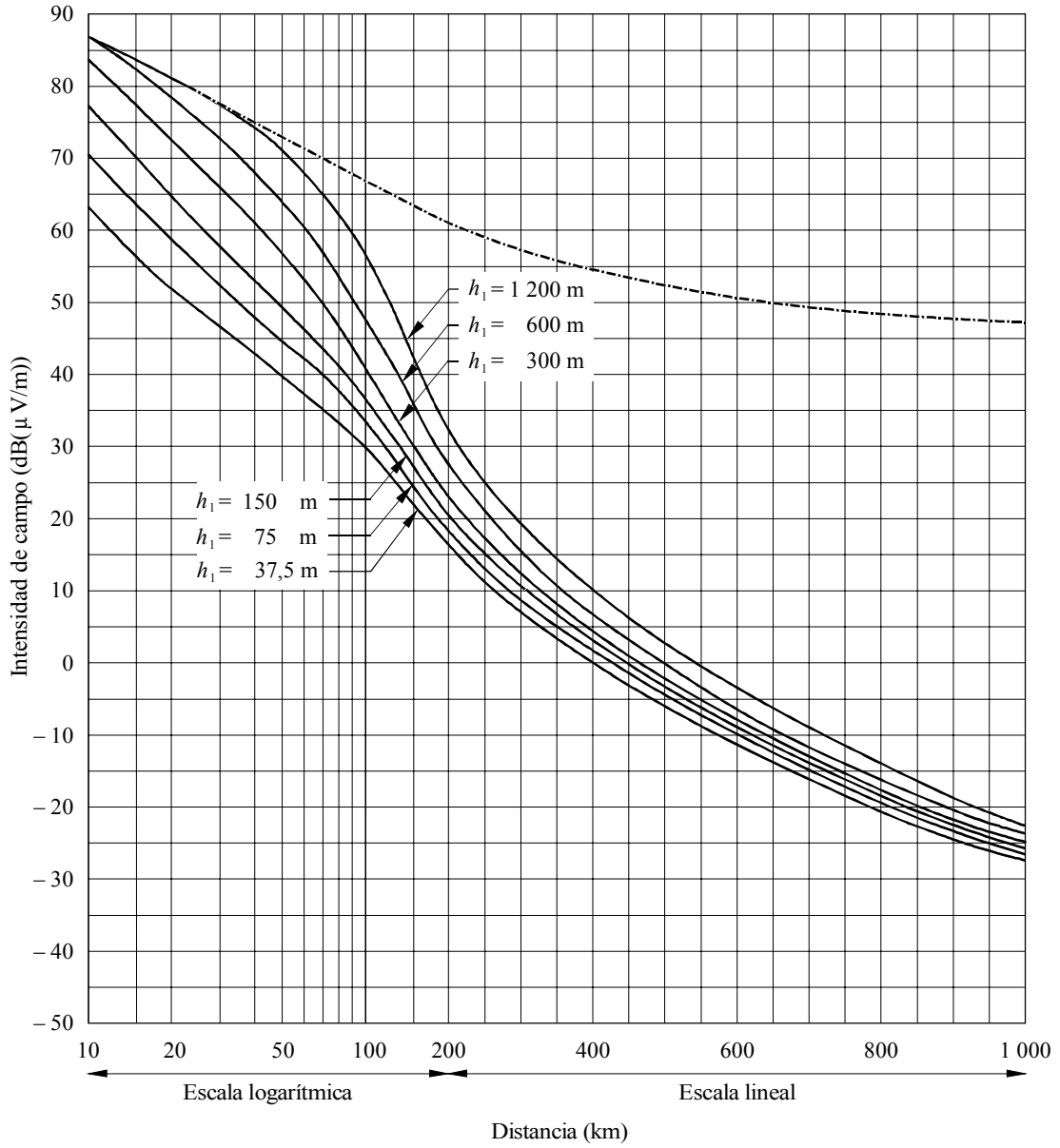


Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar frío; 10% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 2c

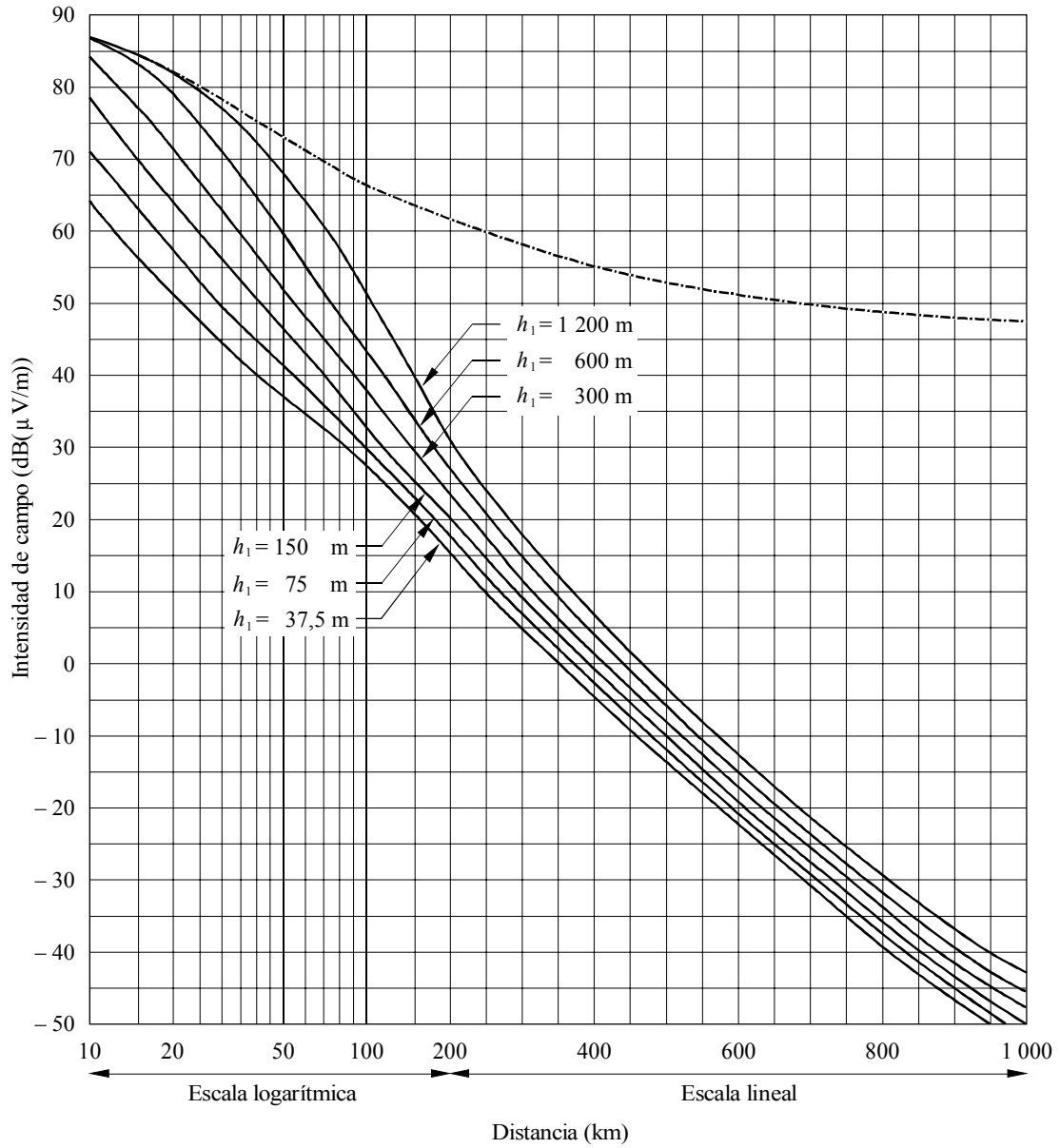
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar cálido; 10% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

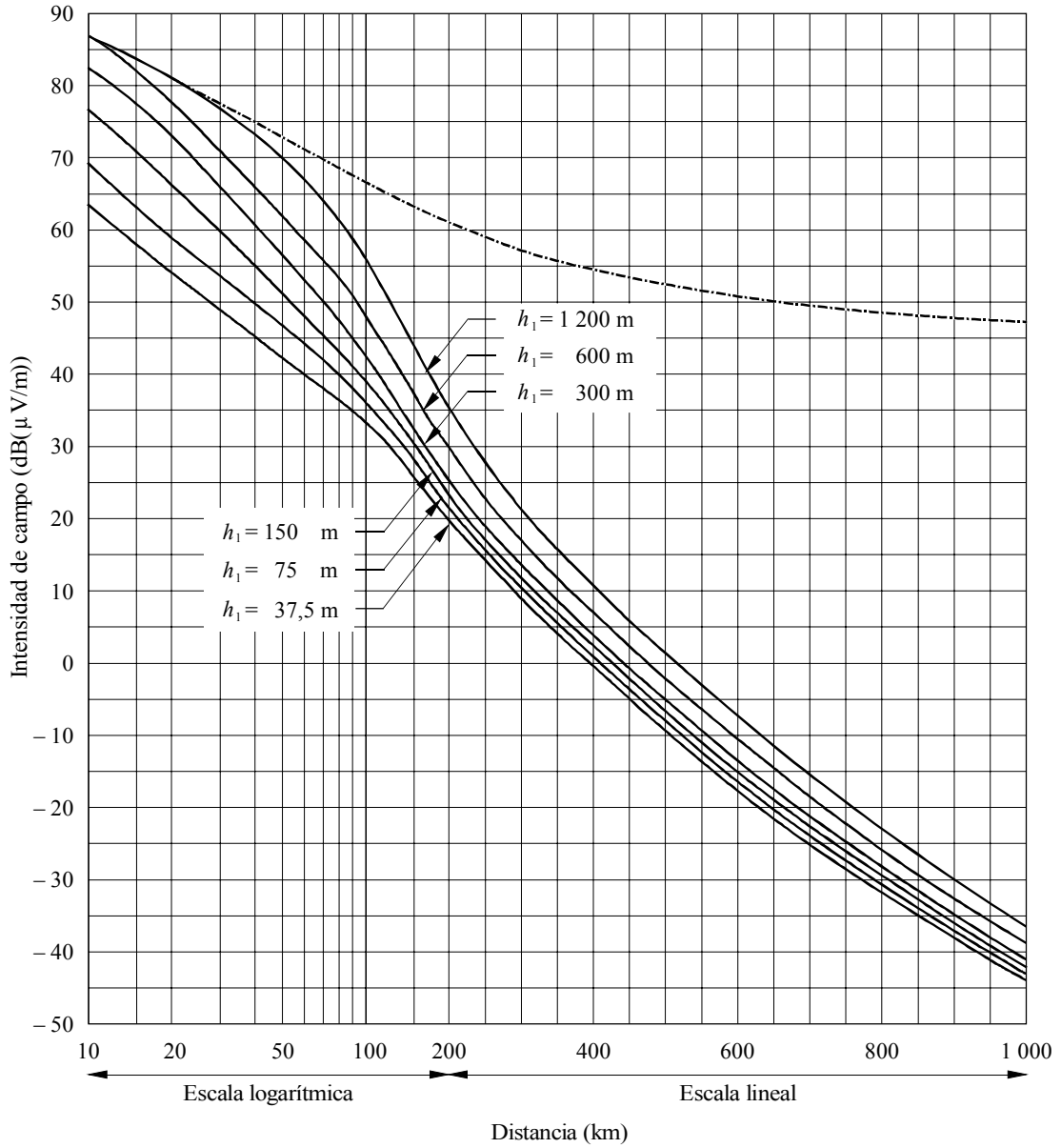
FIGURA 3a
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); tierra: 5% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre

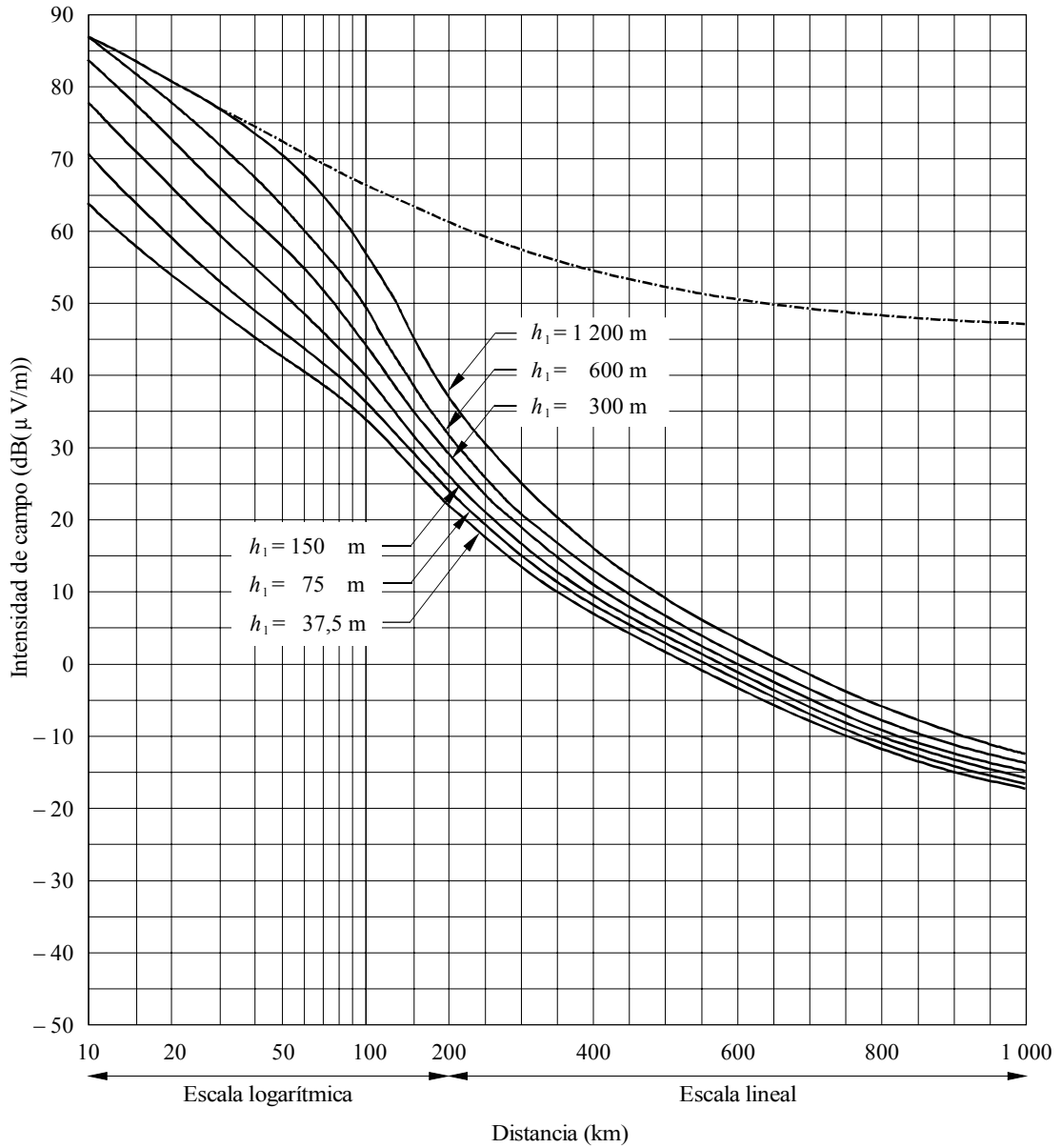
FIGURA 3b
 Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar frío; 5% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 3c
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

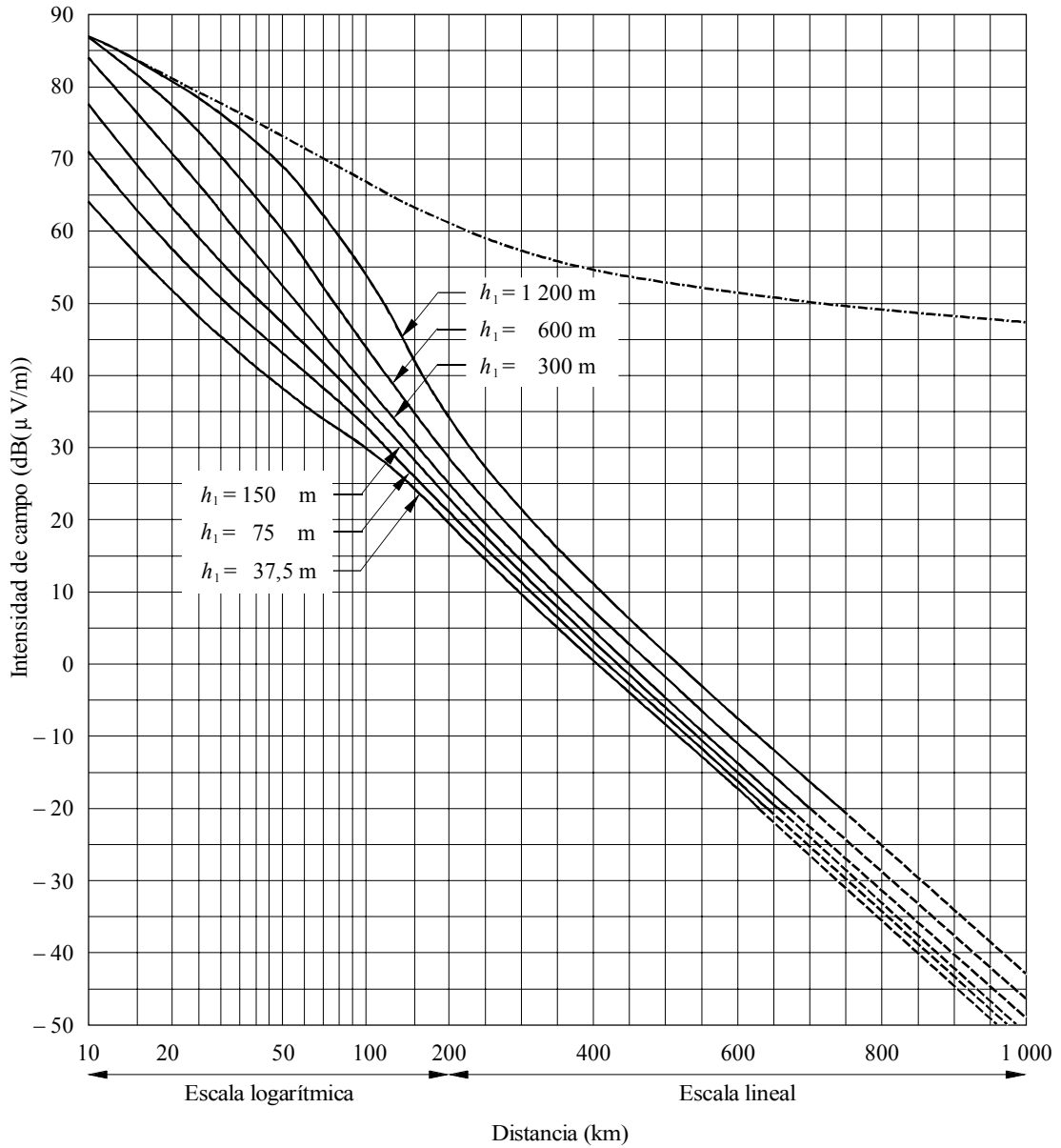


Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar cálido; 5% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 4a

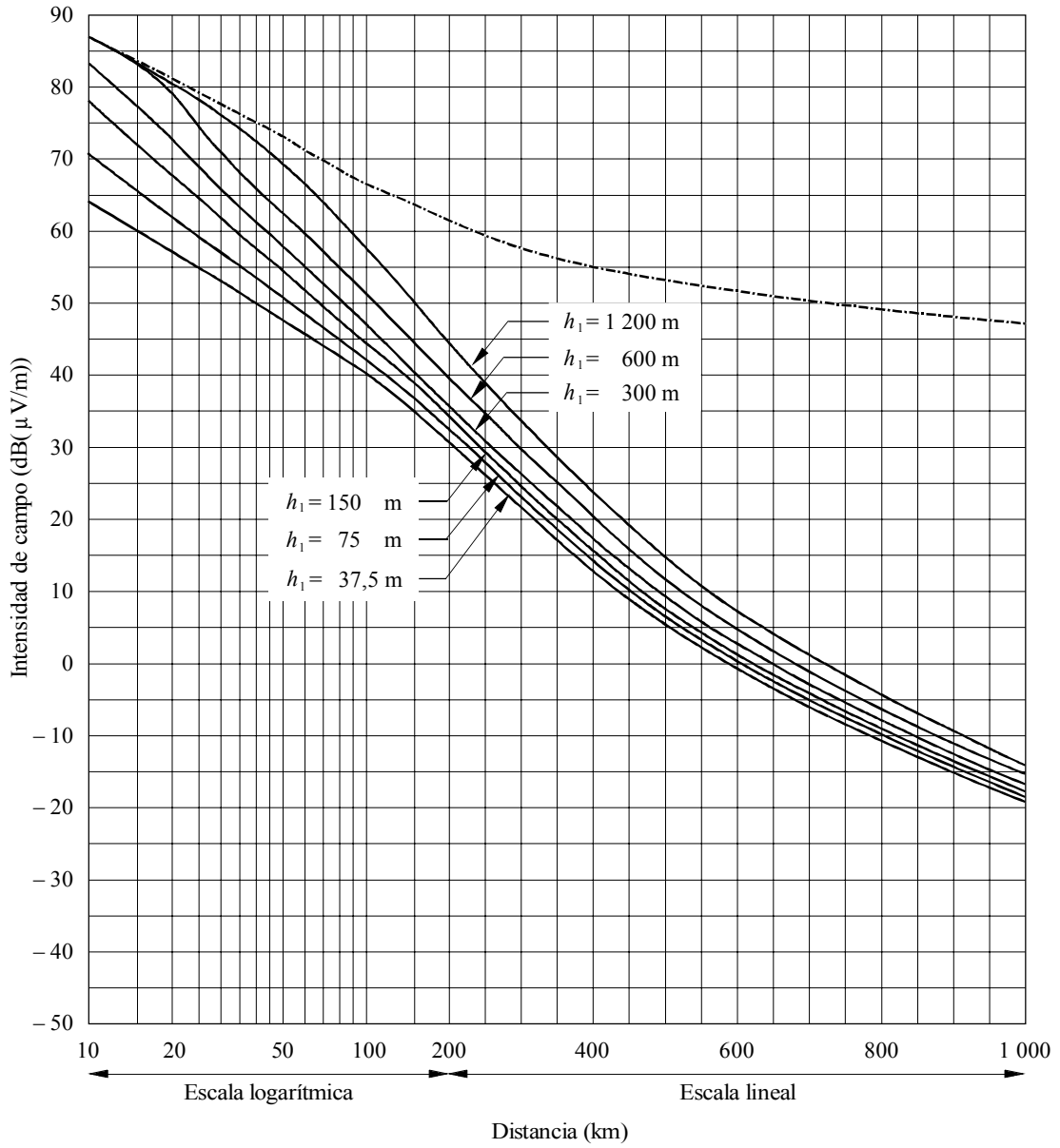
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); tierra; 1% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre

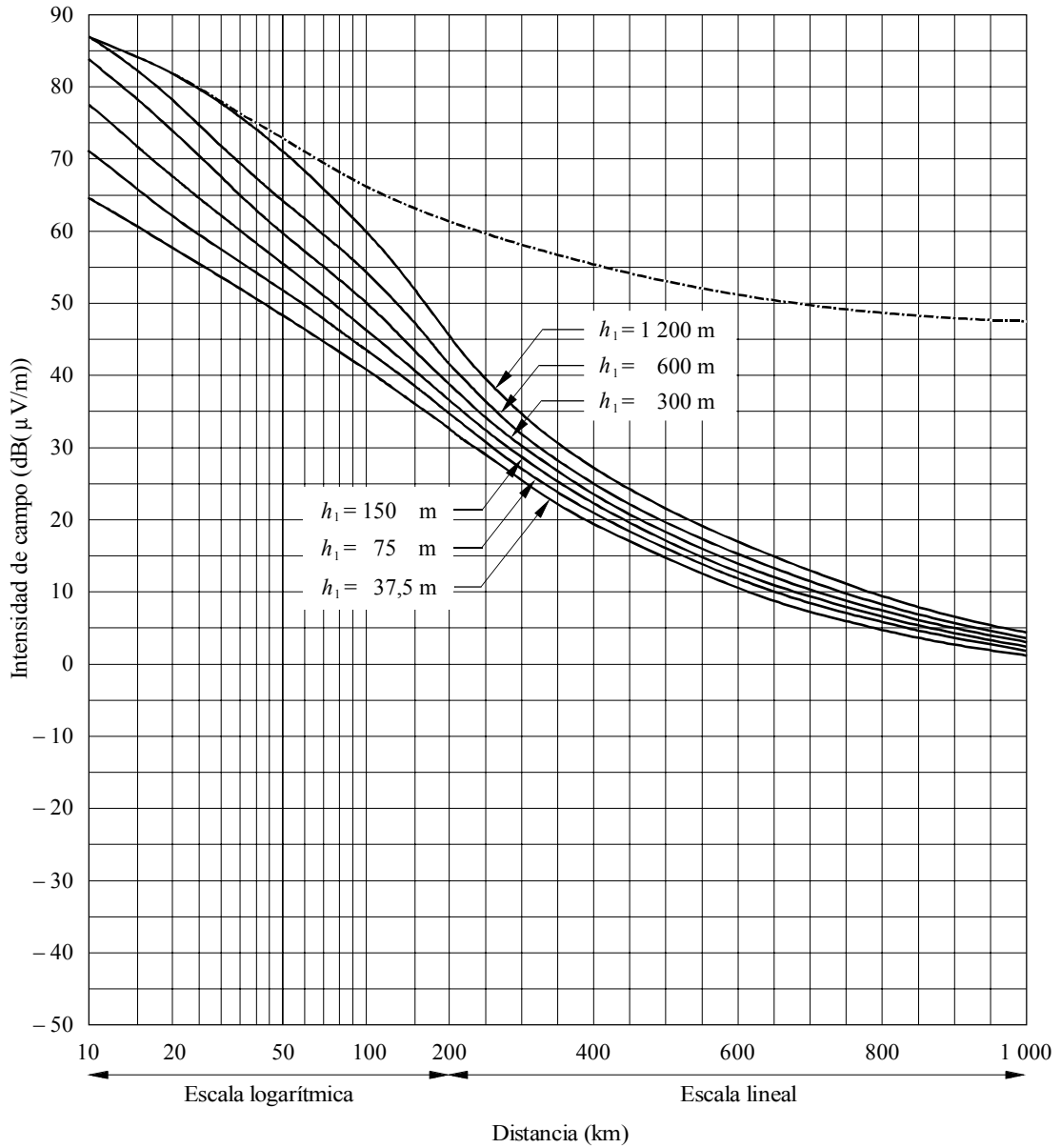
FIGURA 4b
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar frío; 1% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 4c
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar cálido (excluidas las zonas expuestas a superrefracción intensa); 1% del tiempo; 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 5

Relación (dB) entre la intensidad de campo para un porcentaje determinado de emplazamientos de recepción y la intensidad de campo para el 50% de emplazamientos de recepción

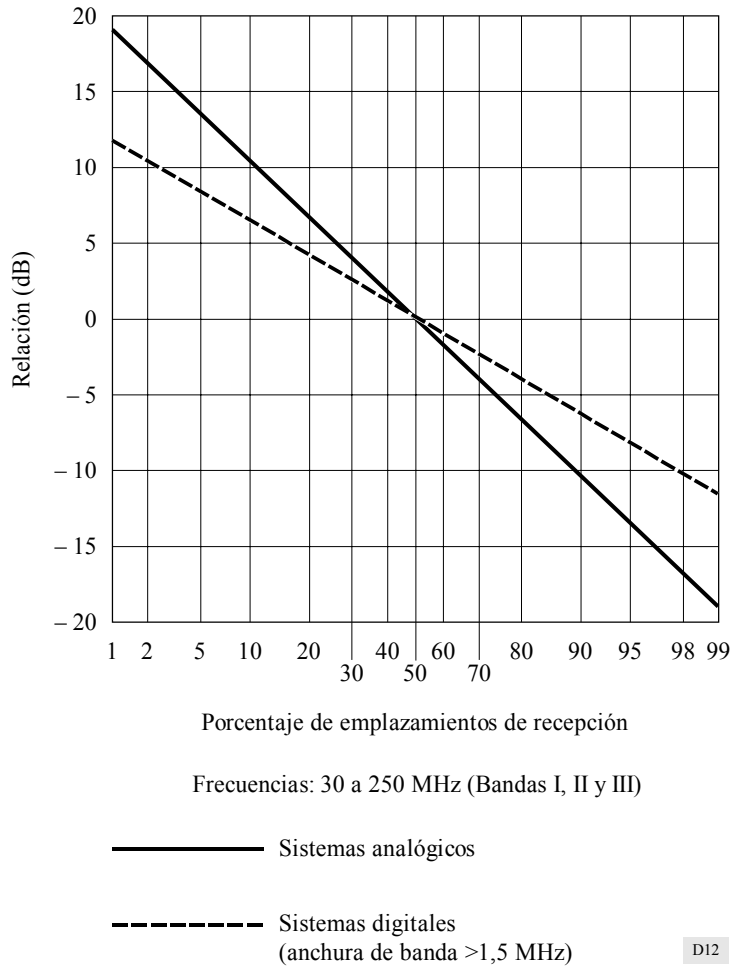


FIGURA 6

Aplicación del parámetro Δh para los servicios de radiodifusión

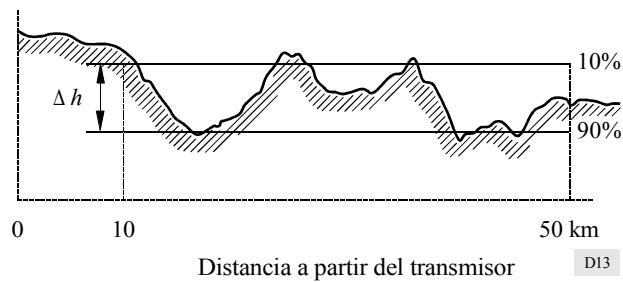
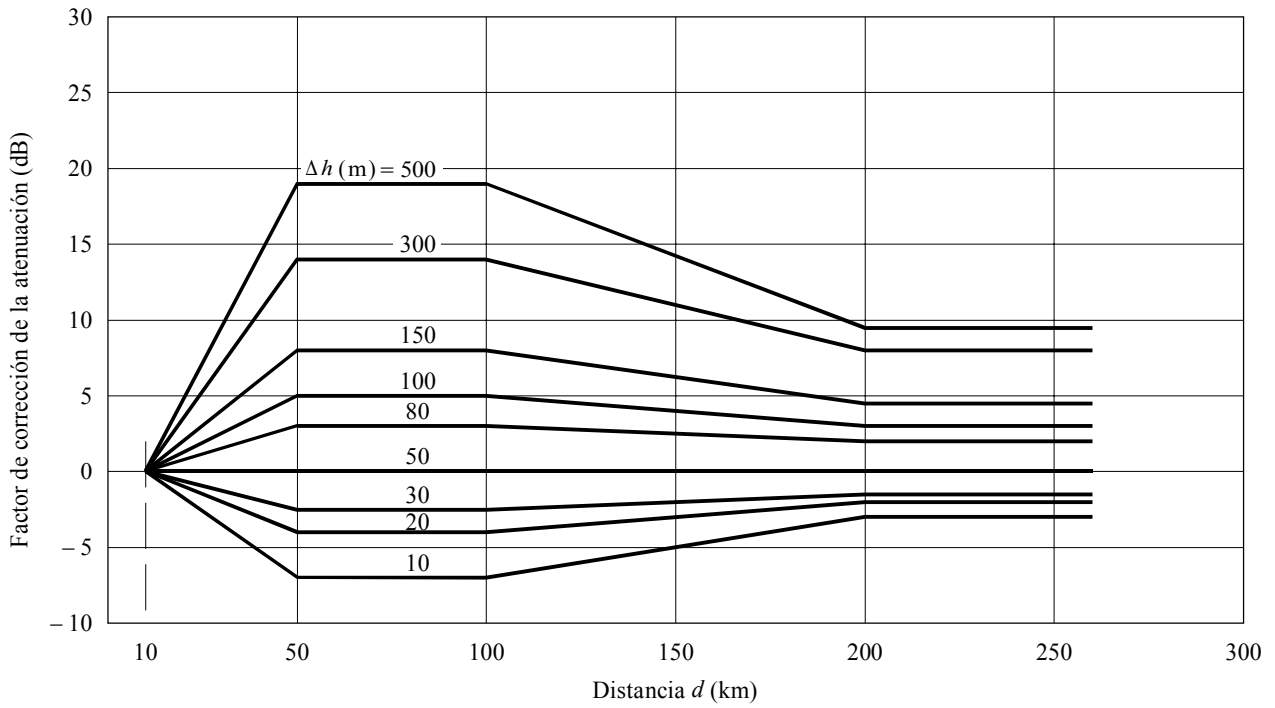


FIGURA 7

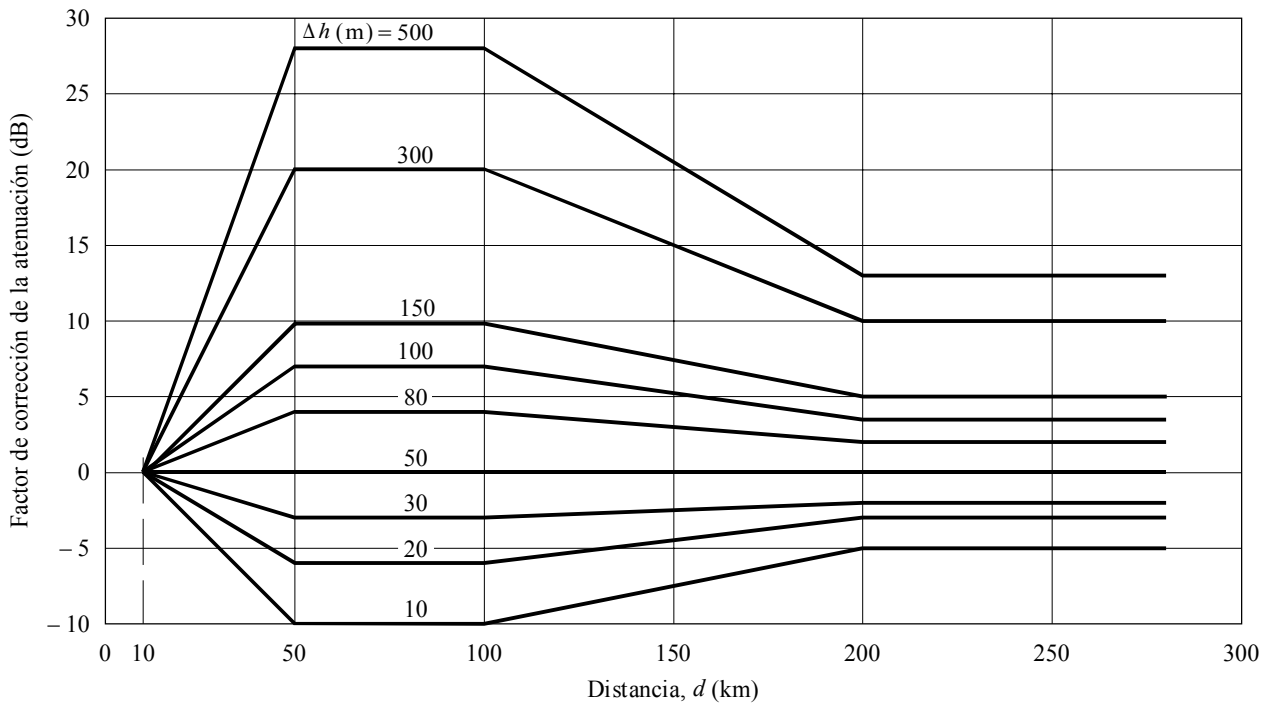
Factor de corrección de la atenuación en función de la distancia d (km) y Δh



D14

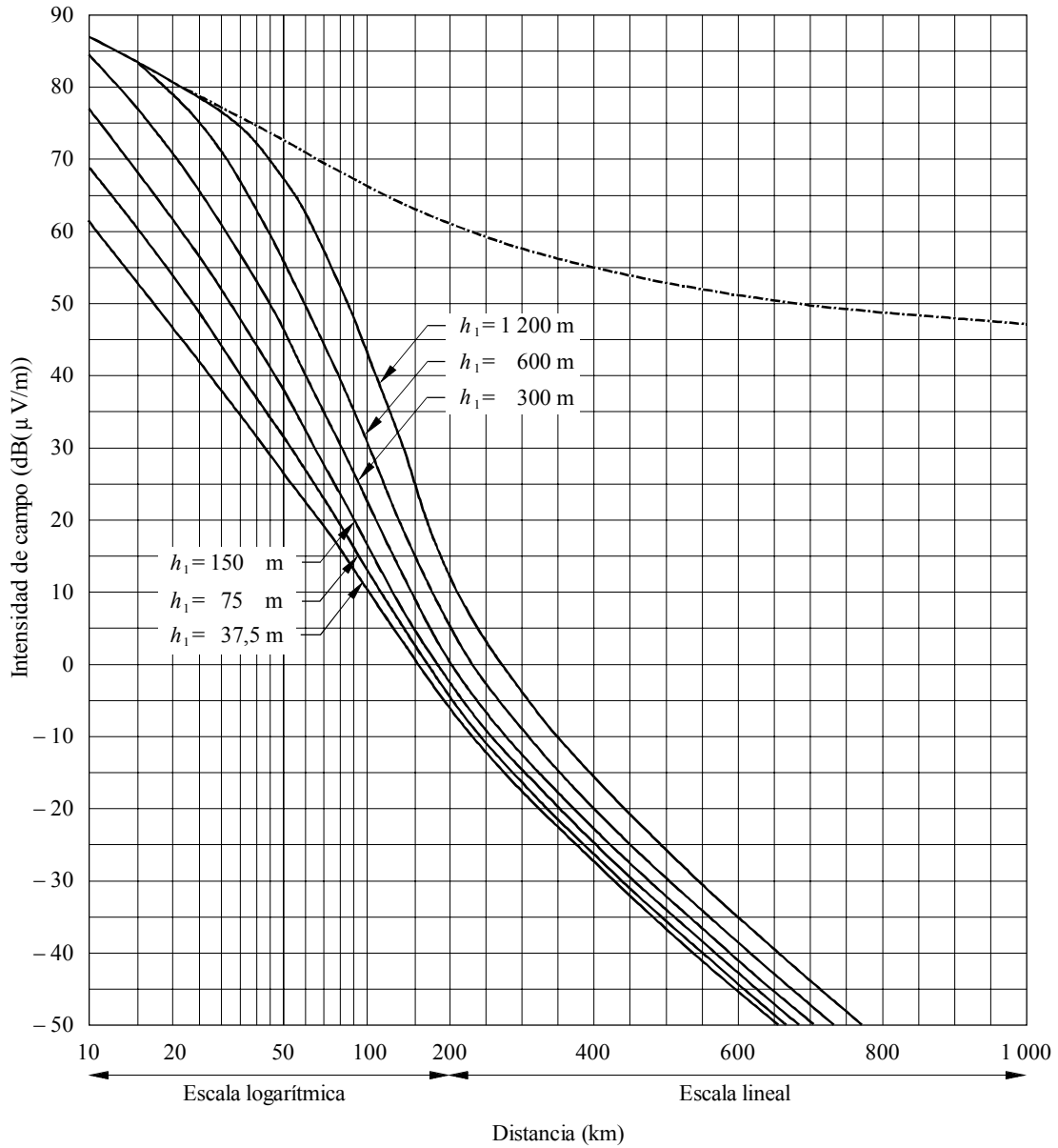
FIGURA 8

Factor de corrección de la atenuación en función de la distancia d (km) y Δh



D15

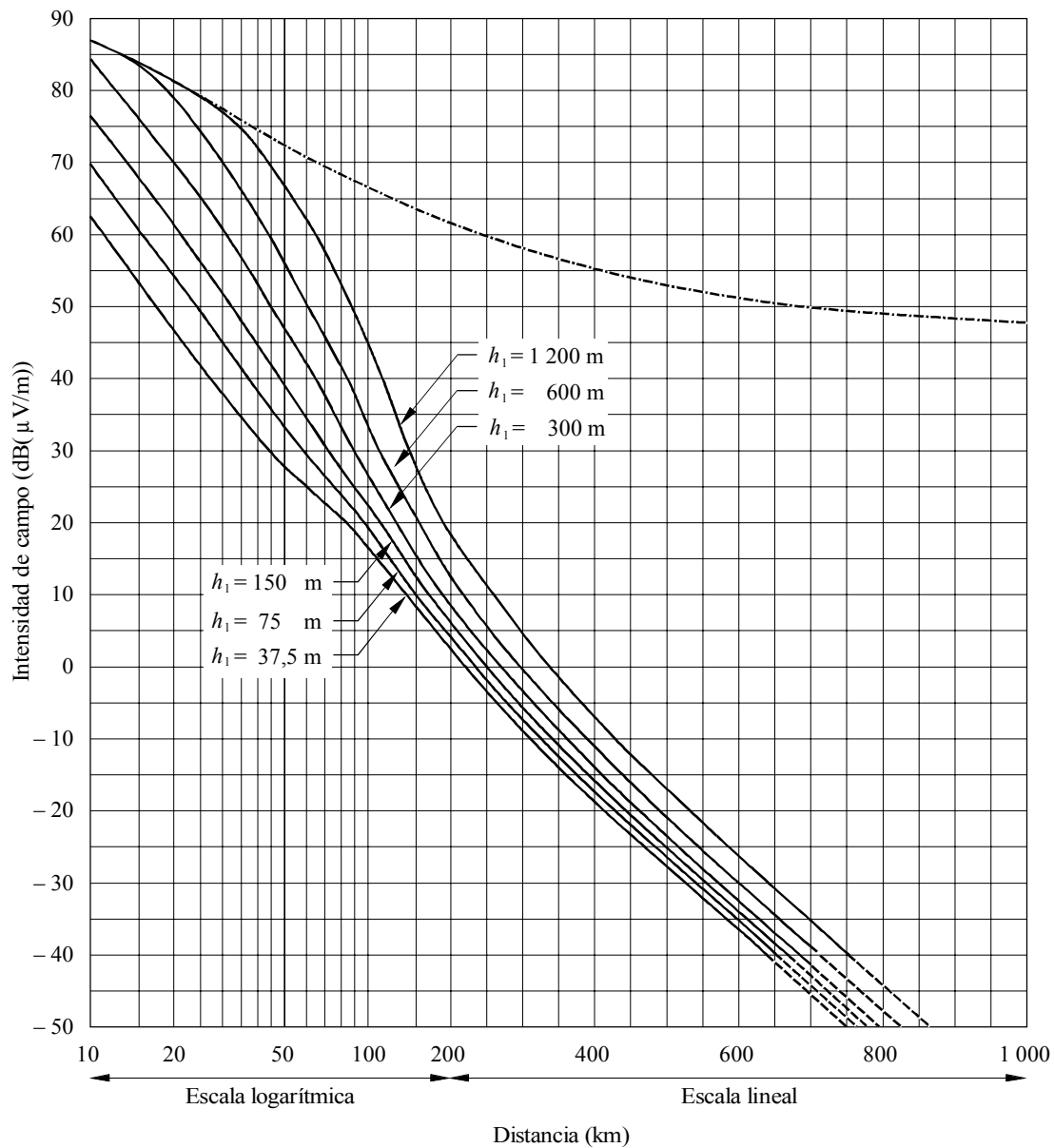
FIGURA 9
 Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); tierra; 50% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre

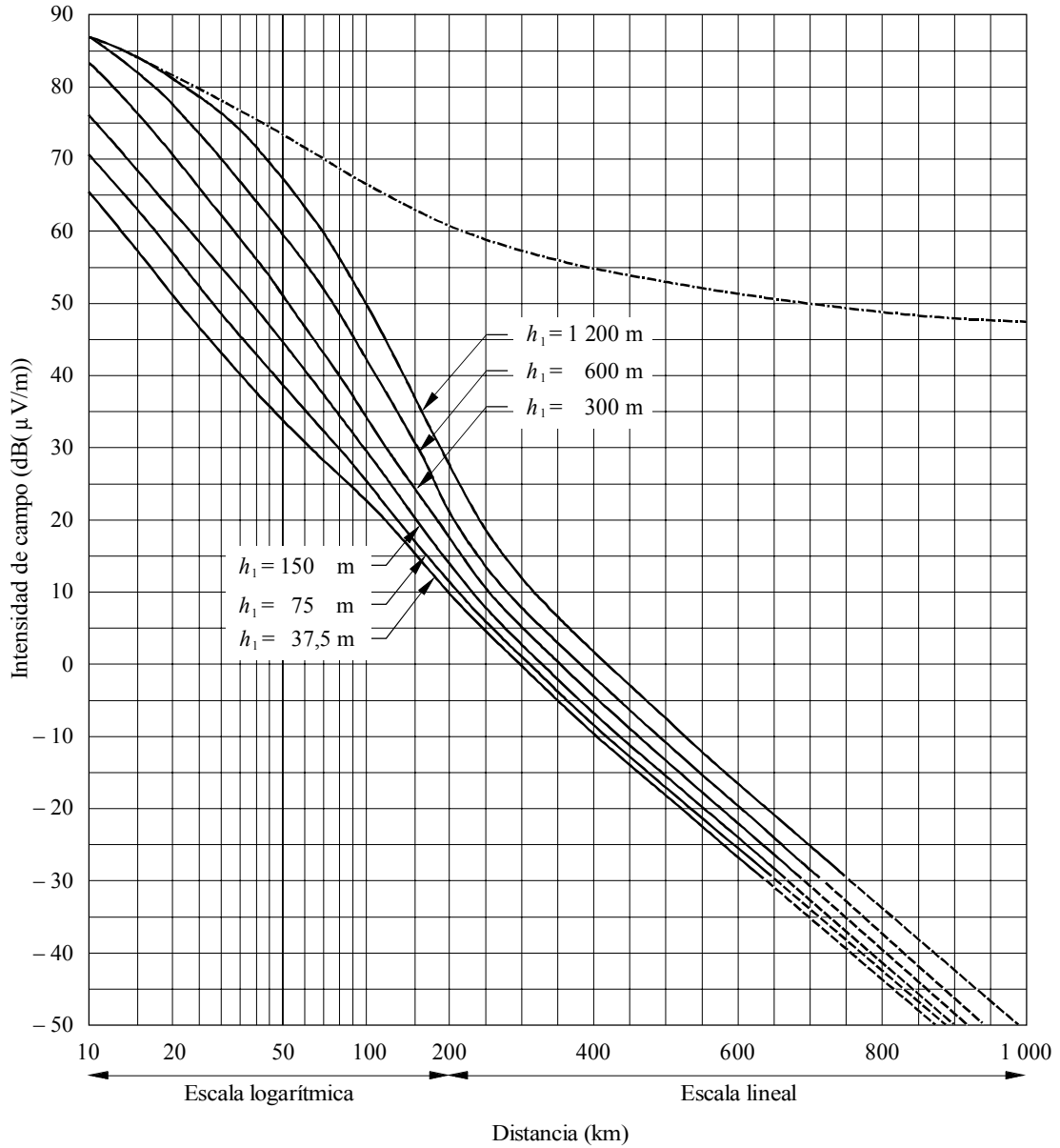
FIGURA 10

Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); tierra; 10% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre

FIGURA 11
 Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

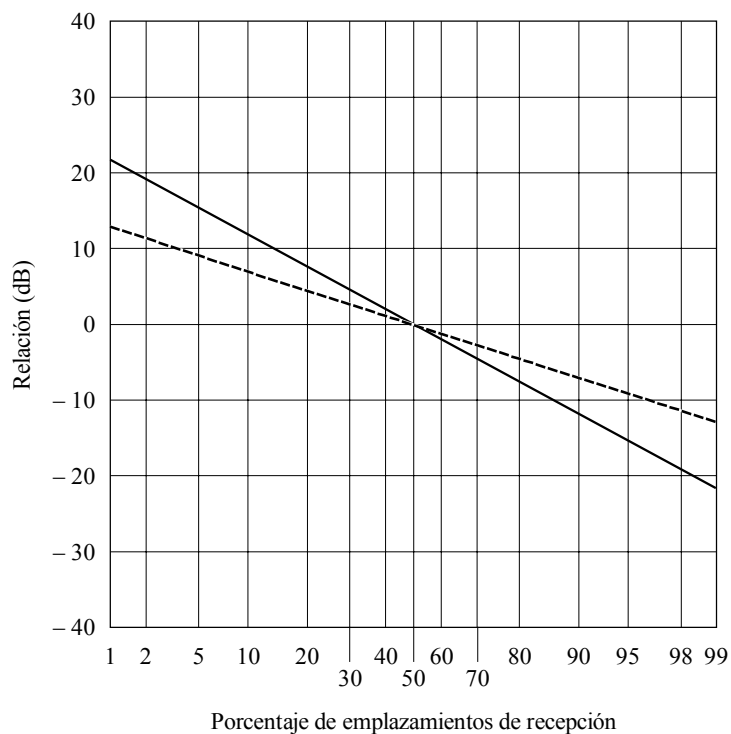


Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); tierra; 1% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m; $\Delta h = 50$ m

----- Espacio libre

FIGURA 12

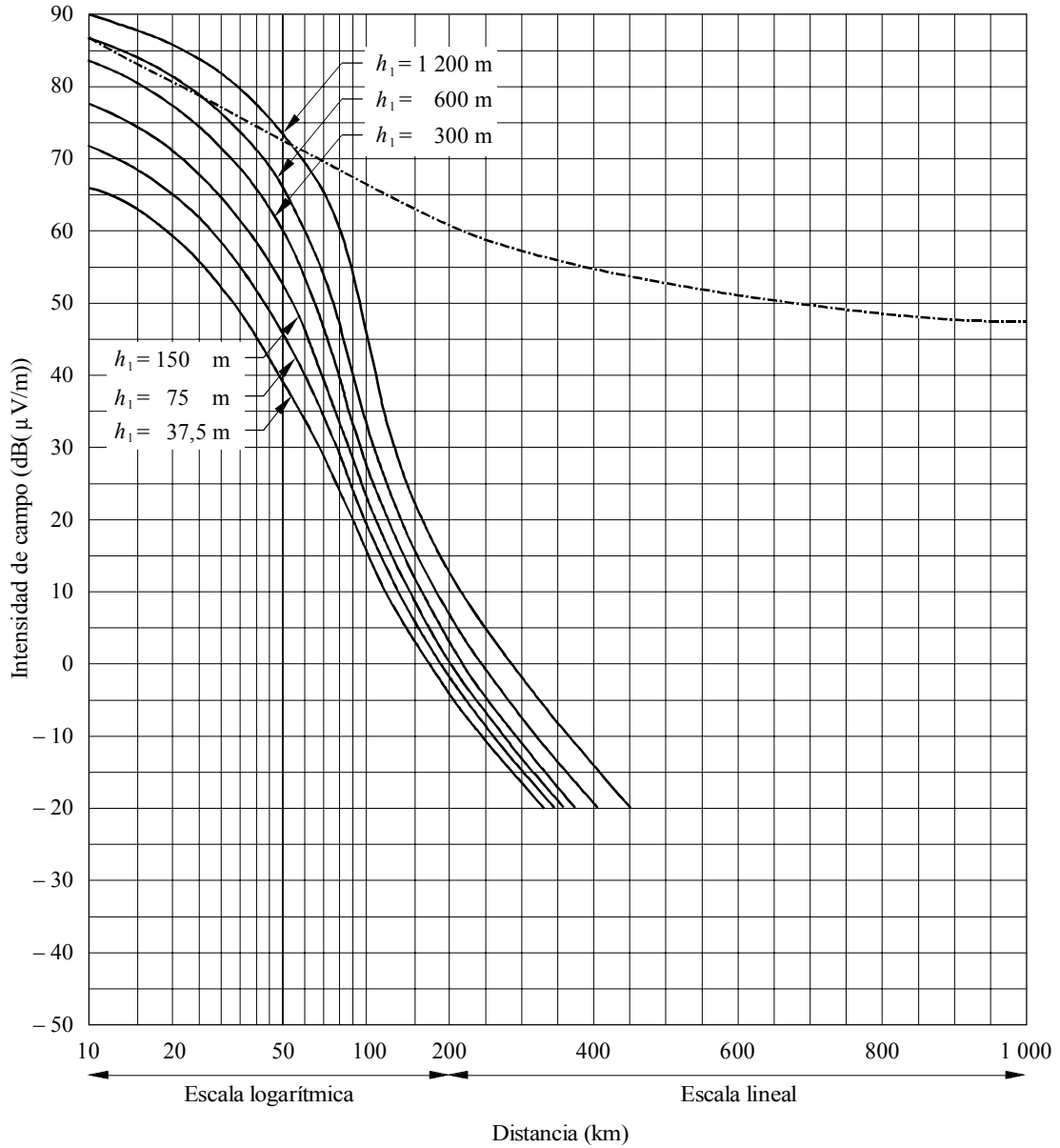
Relación (dB) entre la intensidad de campo para un porcentaje cualquiera de emplazamientos de recepción y la intensidad de campo para el 50% de emplazamientos de recepción



Frecuencias: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V)

— Sistemas analógicos
 - - - - - Sistemas digitales
 (anchura de banda >1,5 MHz)

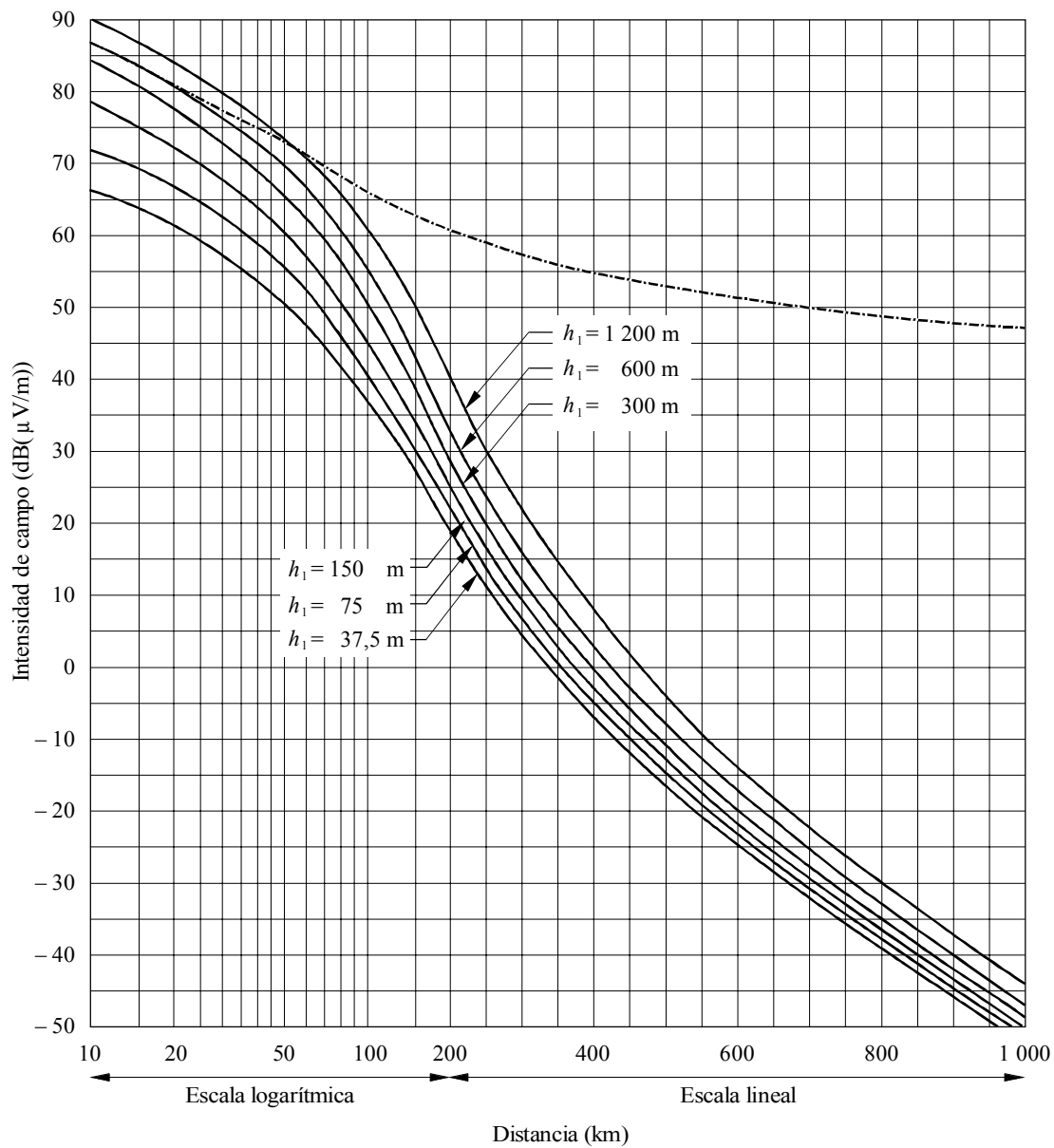
FIGURA 13
 Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar; 50% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 14a

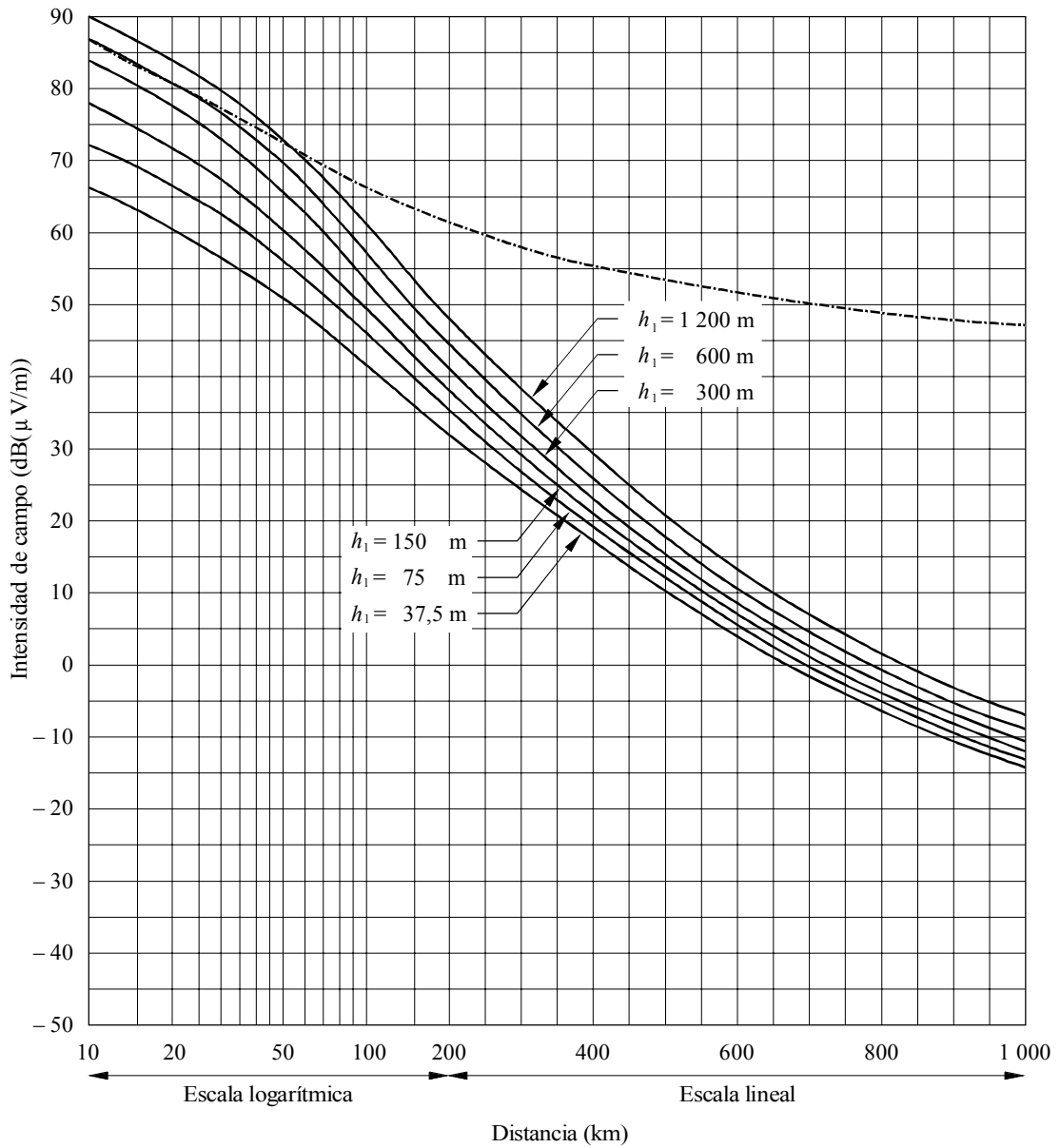
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar frío; 10% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

D21

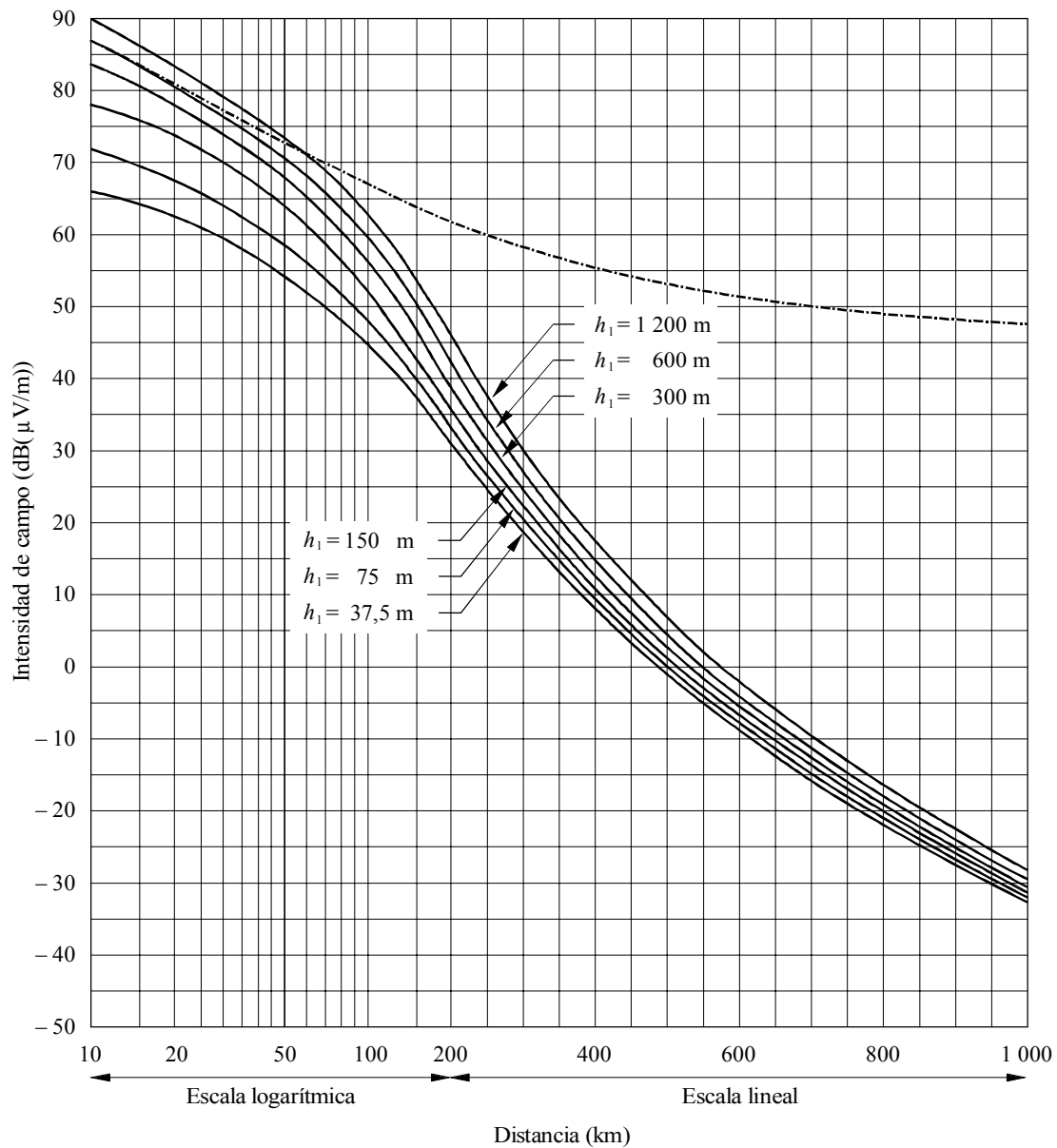
FIGURA 14b
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar cálido; 10% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 15a

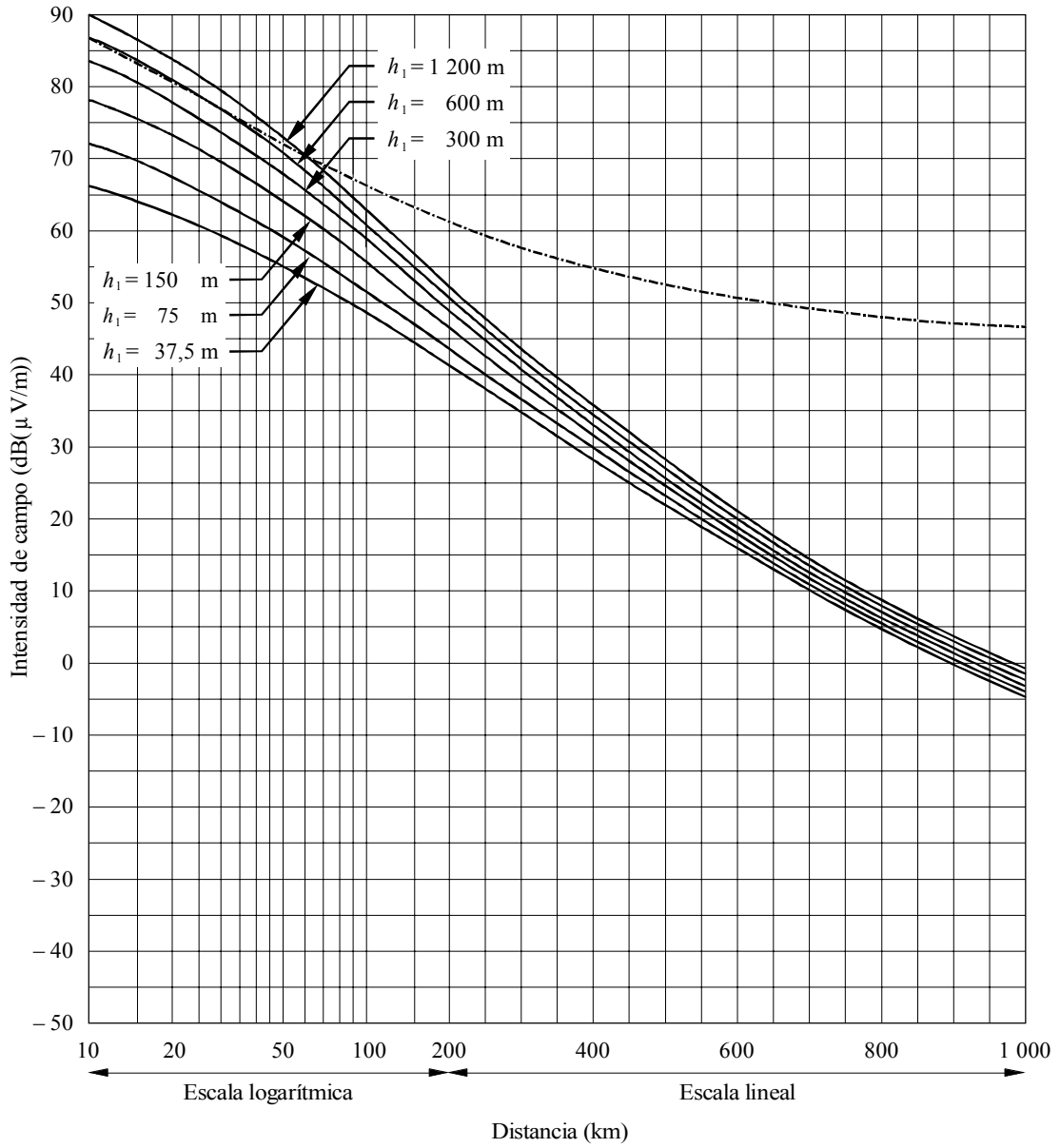
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar frío; 5% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

D23

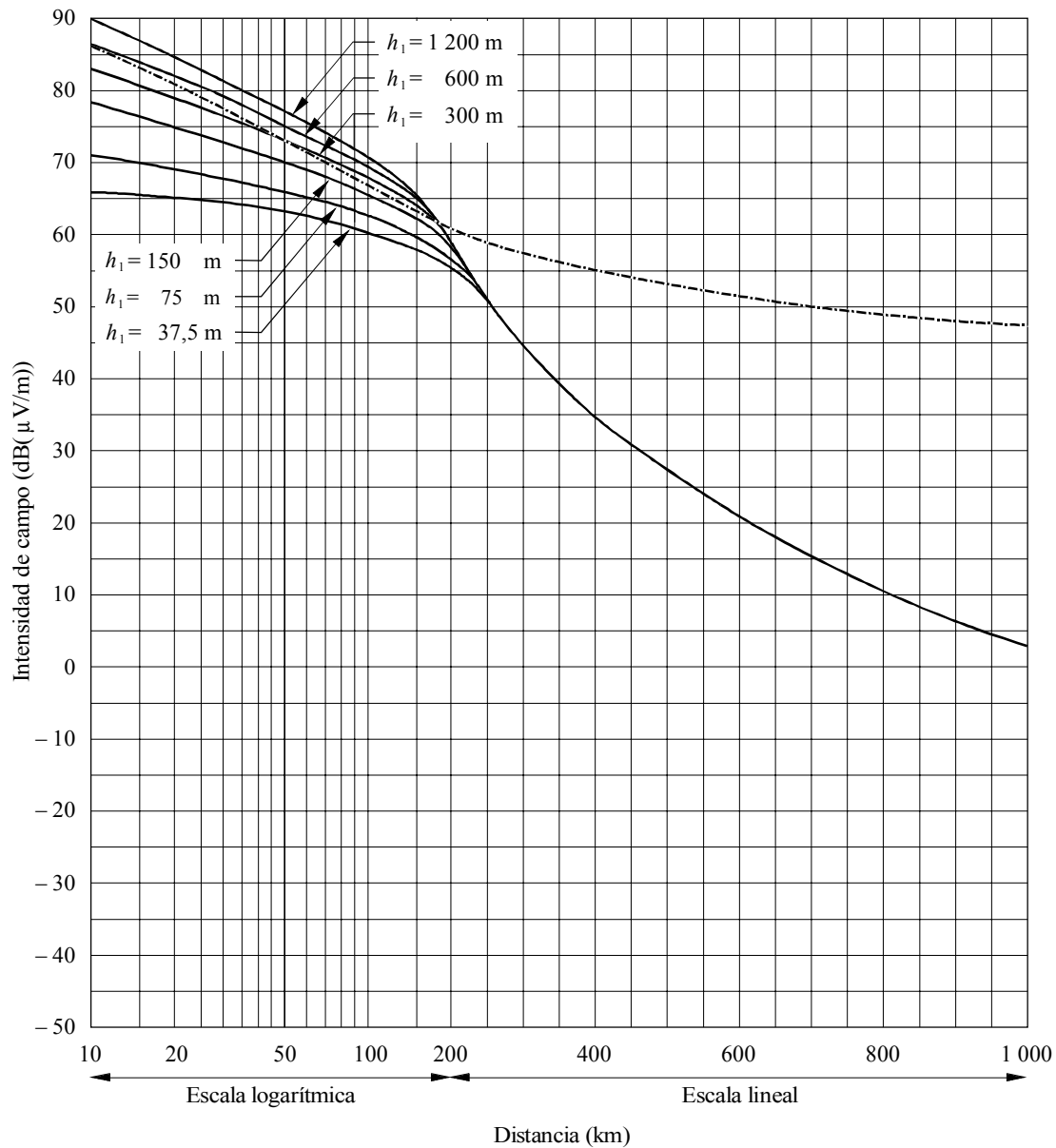
FIGURA 15b
Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar cálido; 5% del tiempo;
 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

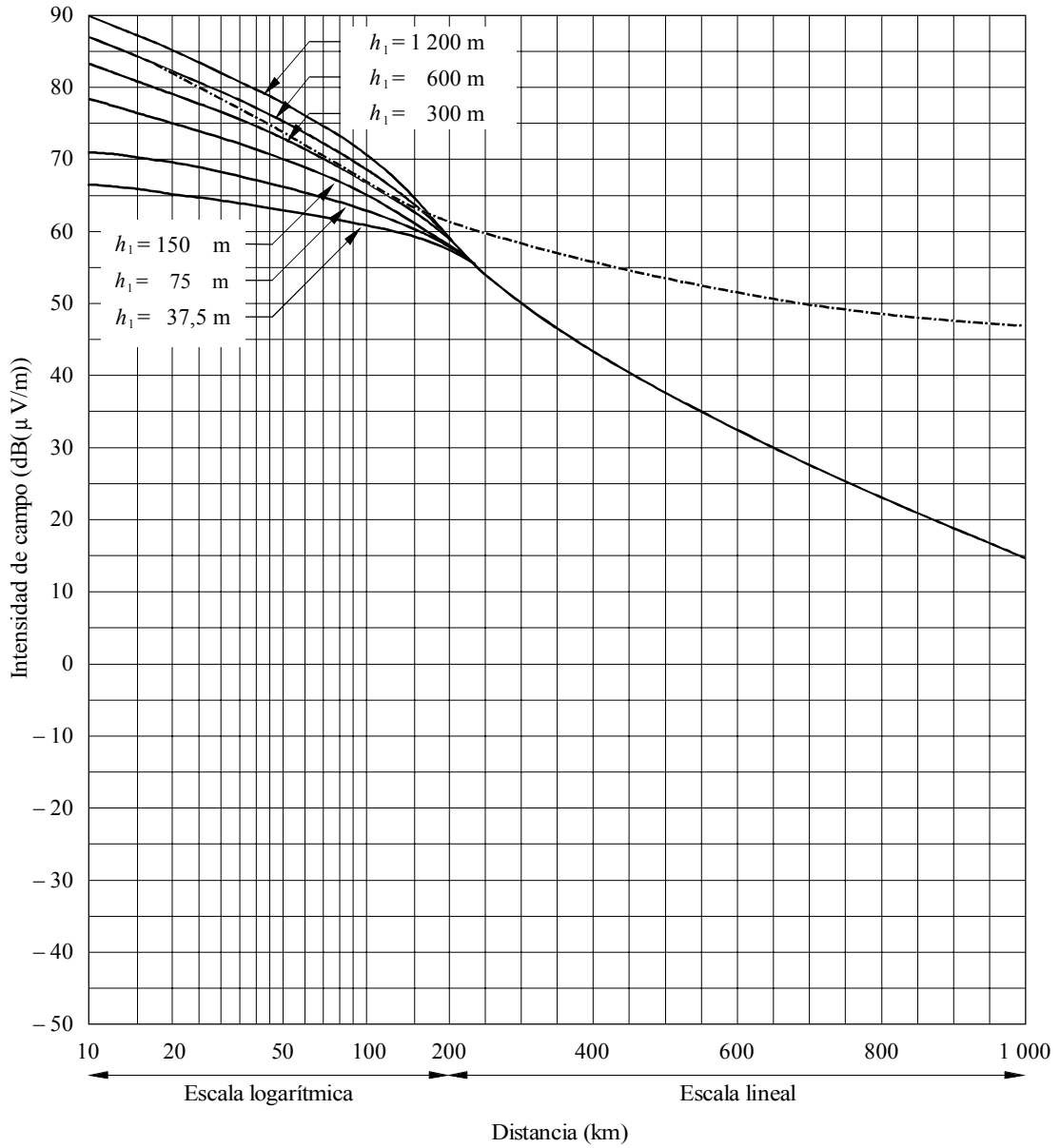
FIGURA 16a

Intensidad de campo ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar frío; 1% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 16b
 Intensidad de campo (dB(μ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

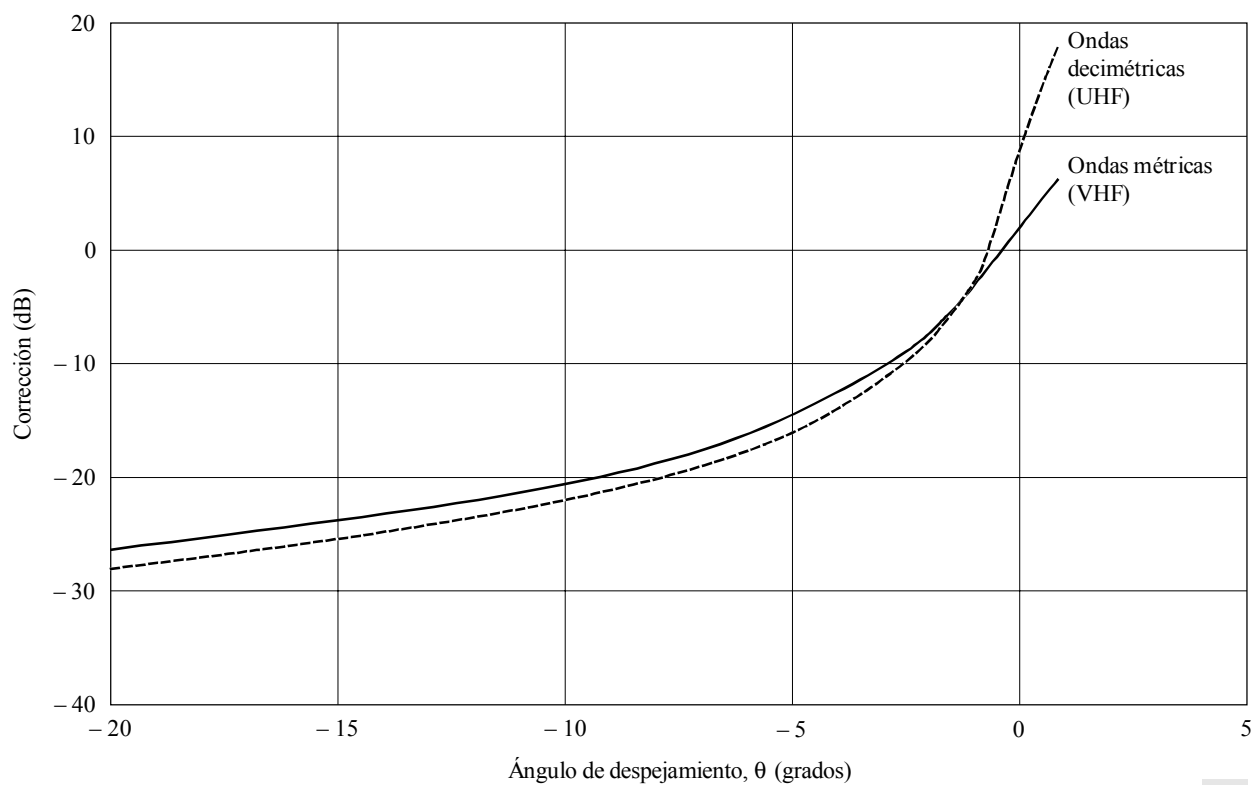


Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); mar cálido (excluidas las zonas expuestas a superrefracción intensa); 1% del tiempo; 50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

----- Espacio libre

FIGURA 17

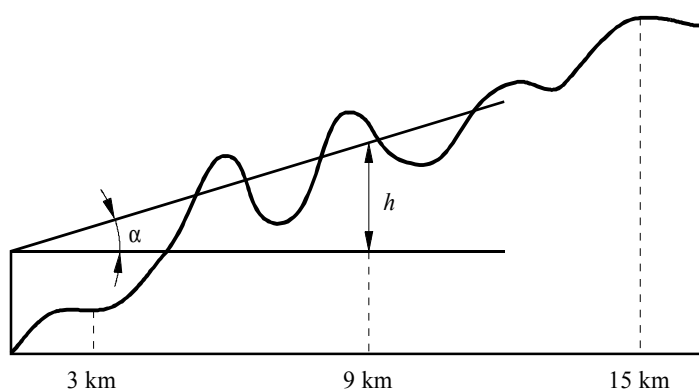
Factor de corrección del ángulo de despejamiento del terreno



D27

FIGURA 18

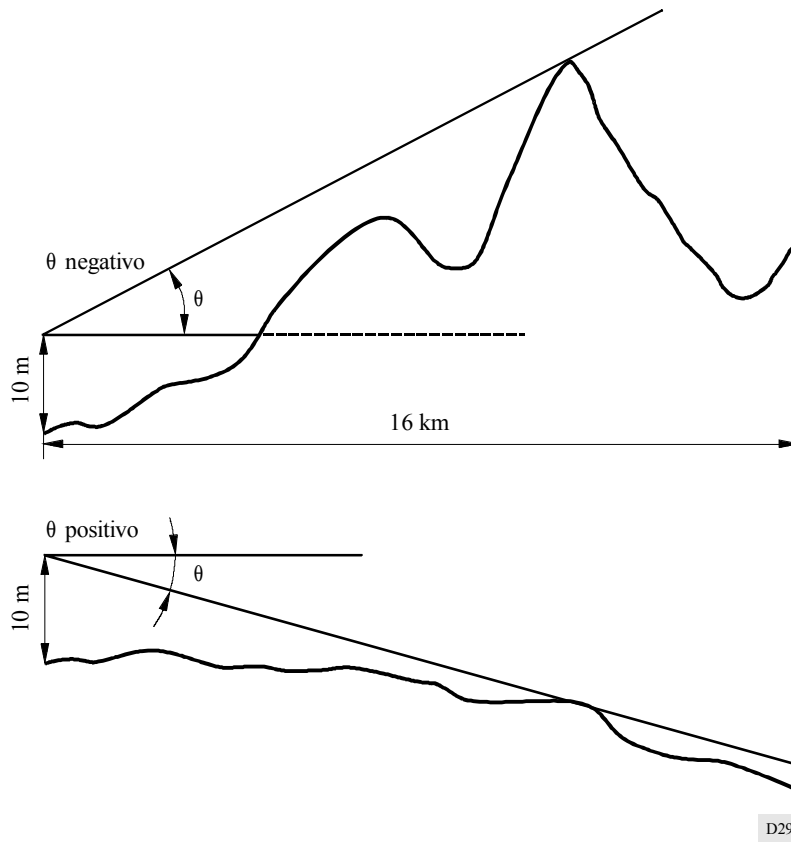
Ángulo de despejamiento efectivo



- α : Ángulo de despejamiento efectivo del terreno
 h : Altura efectiva de antena (negativa) definida en el § 1.3 del *recomienda*

D28

FIGURA 19
Ángulo de despejamiento del terreno



APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Variabilidad del área afectada en la predicción de la cobertura de una zona

Los métodos de predicción de la cobertura de una zona tienen por objeto ofrecer estadísticas de las condiciones de recepción en una zona determinada, más bien que en un punto en particular. La interpretación de dichas estadísticas dependerá del tamaño de la zona considerada.

Cuando un terminal de un trayecto radioeléctrico es estacionario y el otro terminal se mueve, la pérdida del trayecto varía continuamente con la posición, de acuerdo con la totalidad de las influencias que la afectan. Es conveniente clasificar estas influencias en tres categorías principales:

– *Variaciones debidas a la propagación por trayectos múltiples*

Se producirán variaciones de la señal de una escala del orden de una longitud de onda debido a la adición de los fasores de los efectos de trayectos múltiples, como por ejemplo las reflexiones en el suelo, en edificios, etc.

– *Variaciones debidas a la ocupación del suelo en las inmediaciones (morfografía local)*

Se producirán variaciones de la señal debido a las obstrucciones en el suelo en la zona circundante, como por ejemplo edificios, árboles, etc., con escalas del orden del tamaño de esos objetos. La escala de estas variaciones es normalmente bastante mayor que la de las variaciones debidas a la propagación por trayectos múltiples.

– *Variaciones del trayecto*

También se producirán variaciones de la señal debido a los cambios de la geometría del trayecto de propagación completo (por ejemplo, presencia de colinas, etc.). En todos los trayectos, salvo los muy cortos, la escala de estas variaciones será bastante mayor que la de las variaciones debidas a la ocupación del suelo en las inmediaciones.

En la planificación de la cobertura de una zona, la variabilidad del área afectada se refiere normalmente a las estadísticas espaciales de las variaciones debidas a la ocupación del suelo en las inmediaciones, promediando las variaciones debidas a la propagación por trayectos múltiples. Esto representa un resultado útil a escalas sustancialmente mayores que la de las variaciones debidas a la ocupación del suelo y cuando las variaciones del trayecto son insignificantes dentro de esas distancias. Esta condición puede ser inaplicable en una zona en la que la geometría del trayecto varía rápidamente, por ejemplo, en terreno en pendiente.

En ondas métricas y decimétricas se suele indicar la variabilidad del área afectada para un área cuadrada del orden de 100 a 200 m de lado, a veces con el requisito adicional de que el área sea llana. Lo importante es saber si la geometría del trayecto afecta o no en forma decisiva a las variaciones en el área considerada.

ANEXO 2

Cuando los trayectos atraviesan zonas de diferentes características de propagación, se utilizará el siguiente método que tiene en cuenta las características diferentes de las diversas partes del trayecto:

- a) En ondas decimétricas, para porcentajes de tiempo < 10% se utiliza el siguiente procedimiento para calcular la intensidad de campo en trayectos que cruzan un límite entre tierra y mar:

$$E_{m,t} = E_{l,t} + A \left(E_{s,t} - E_{l,t} \right) \quad (6)$$

siendo:

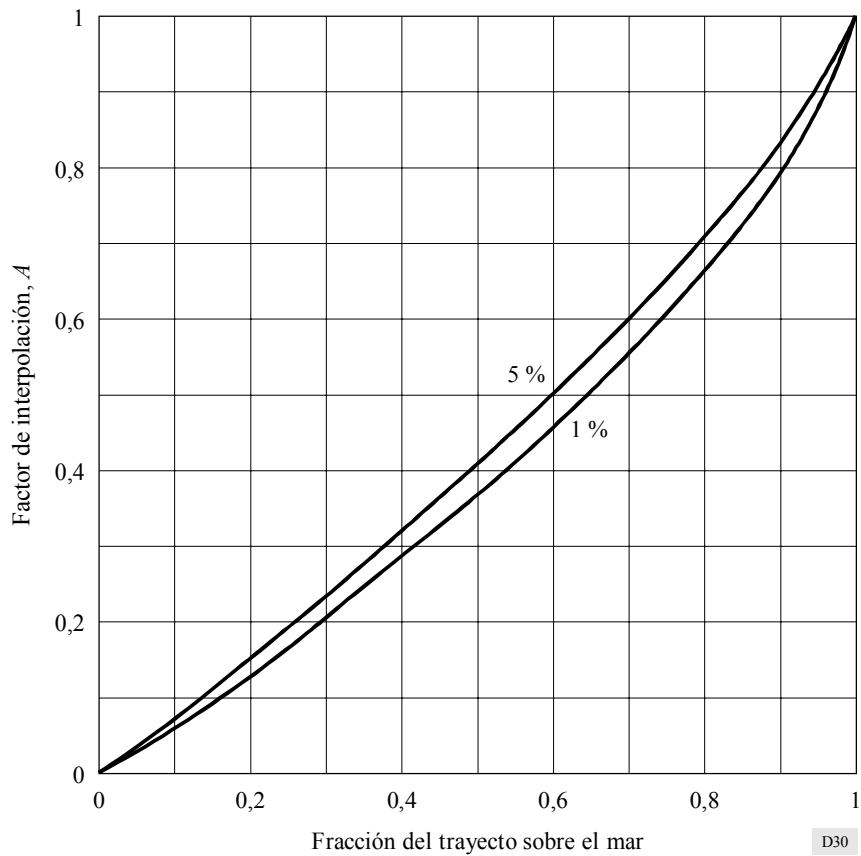
$E_{m,t}$: intensidad de campo para el trayecto mixto durante $t\%$ del tiempo

$E_{l,t}$: intensidad de campo para el trayecto sobre tierra equivalente en longitud al trayecto mixto durante $t\%$ del tiempo

$E_{s,t}$: intensidad de campo para el trayecto sobre mar equivalente en longitud al trayecto mixto para $t\%$ del tiempo

A : factor de interpolación que se determina en la Fig. 20.

FIGURA 20
Interpolación para trayectos mixtos Tierra-mar



En los casos en que el trayecto atraviesa más de dos zonas (de las cuales al menos una es mar), el procedimiento lineal indicado en b) se aplica, primero, a las secciones del trayecto que atraviesan zonas marítimas y, segundo, a las secciones que atraviesan zonas terrestres. A continuación, se combinan los dos valores de intensidad de campo resultantes utilizando el procedimiento no lineal indicado anteriormente. Para todos los otros casos, se aplica el procedimiento indicado en b).

b) En ondas métricas y ondas decimétricas, para porcentajes de tiempo $\geq 10\%$, se utiliza el siguiente procedimiento:

$$\text{Error!} \tag{7}$$

donde:

$E_{m,t}$: intensidad de campo para el trayecto mixto durante el $t\%$ del tiempo

$E_{i,t}$: intensidad de campo para el trayecto en la zona i de longitud equivalente a la del trayecto mixto durante el $t\%$ del tiempo

d_i : longitud del trayecto en la zona i y

d_T : longitud total del trayecto.
