

RECOMENDACIÓN 435-7\*

**PREDICCIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO DE LA ONDA IONOSFÉRICA PARA EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 150 Y 1 600 kHz\*\***

(Cuestión 31/6)

(1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990-1992)

El CCIR,

*considerando*

- a) que es necesario suministrar orientaciones a los ingenieros encargados de los planes relativos a los servicios de radiodifusión en las bandas B.km y B.hm (bandas de ondas kilométricas y hectométricas);
- b) que es importante determinar la distancia geográfica mínima entre las estaciones que trabajan en los mismos canales o en canales adyacentes, a fin de evitar las interferencias originadas por la propagación ionosférica a larga distancia;
- c) que el método expuesto a continuación está basado en los análisis estadísticos de mediciones de la intensidad de campo efectuadas en 266 trayectos distribuidos en el mundo entero y completados por los resultados de análisis correspondientes a regiones geográficas para las cuales no se dispone de datos sobre trayectos individuales,

*recomienda*

que se adopte el método que figura a continuación, teniendo en cuenta en particular las reservas formuladas sobre su precisión cuando se aplica en algunas regiones indicadas en el anexo 1.

## 1. Introducción

Este método permite predecir valores de la intensidad de campo nocturna de la onda ionosférica para una o más antenas verticales que radien una potencia determinada, medida a nivel del suelo con una antena de cuadro cuyo plano vertical coincide con el del círculo máximo que contiene la dirección del transmisor. El método se aplica a trayectos comprendidos entre 50 y 12 000 km de longitud en las B.km y B.hm.

Las figs. 1, 2 y 3 constituyen una parte esencial del método de predicción. Para mayor comodidad se han incluido mapas geomagnéticos en las figs. 11, 12 y 16. Las figs. 4 a 10, 13 a 15, 17 y el apéndice 1 contienen información adicional que permite simplificar la aplicación de este método.

## 2. Valor mediano anual de la intensidad de campo nocturna

La intensidad de campo prevista de la onda ionosférica viene dada por la expresión:

$$E = V + E_0 - L_t = V + G_S - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_t \quad (1)$$

siendo:

$E$ : valor mediano anual de las intensidades de campo medianas semihorarias (dB( $\mu$ V/m)), para una fuerza cimomotriz del transmisor dada,  $V$ , y a una hora dada,  $t$ , contada a partir de la puesta o salida del Sol, según convenga

$E_0$ : valor mediano anual de las intensidades de campo medianas semihorarias (dB( $\mu$ V/m)), para una fuerza cimomotriz del transmisor de 300 V y a la hora de referencia definida en el § 2.1

$V$ : fuerza cimomotriz del transmisor, en dB por encima de una fuerza cimomotriz de referencia de 300 V (véase el § 2.2)

\* La Administración de la República Popular de China se reserva su opinión sobre esta Recomendación.

\*\* En la Secretaría del CCIR se dispone de un programa informático relacionado con el procedimiento de predicción descrito en la presente Recomendación; para mayores detalles, véase la Resolución 63.

$G_S$ : corrección de ganancia debida a la proximidad del mar, en dB (véase el § 2.3)

$L_p$ : pérdida adicional por acoplamiento de polarización en dB (véase el § 2.4)

$A = 106,6 - 2 \text{ sen } \Phi$ , donde  $\Phi$  es el ángulo definido por la ecuación (12)

$p$ : distancia real del trayecto de propagación, en km (véase el § 2.5)

$k_R$ : factor de pérdida, que incluye los efectos de la absorción ionosférica de enfoque y de la pérdida en los terminales y entre saltos en los trayectos de varios saltos (véase el § 2.6)

$L_t$ : factor de pérdida horaria en dB (véase el § 2.7).

Para facilitar los cálculos, la fig. 4 da el valor de  $A - 20 \log p$  para  $\Phi = 40^\circ$ , en función de la distancia  $d$  medida sobre la superficie del suelo, mientras que las figs. 5 a 10 dan  $E_0$  en función de la distancia  $d$  medida sobre el suelo, para distintos valores de frecuencias y latitudes geomagnéticas cuando los valores de  $G_S$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos iguales a cero; donde  $R$  es igual al número internacional relativo de manchas solares, suavizado para 12 meses.

### 2.1 Hora de referencia

Como hora de referencia se toma la de la puesta del Sol en un punto S de la superficie de la Tierra, más seis horas. En los trayectos inferiores a 2 000 km, S es el punto medio del trayecto. En los trayectos más largos, S se encuentra a 750 km del terminal donde el Sol se pone más tarde, medidos a lo largo del trayecto de círculo máximo.

### 2.2 Fuerza cimomotriz

La fuerza cimomotriz del transmisor  $V$  (dB(300 V)) viene dada por la expresión:

$$V = P + G_V + G_H \quad (2)$$

siendo:

$P$ : potencia radiada, (dB(1 kW))

$G_V$ : factor de ganancia de la antena transmisora (dB) debido a la directividad vertical, dado en la fig. 1

$G_H$ : factor de ganancia de la antena transmisora (dB) debido a la directividad horizontal. En las antenas directivas,  $G_H$  es función del acimut. En las antenas omnidireccionales  $G_H = 0$ .

### 2.3 Ganancia debida a la proximidad del mar

$G_S$  es la ganancia adicional de la señal cuando uno o ambos terminales están situados cerca del mar, pero no se aplica a propagación sobre agua dulce. Para un solo terminal,  $G_S$  viene dada por:

$$G_S = G_0 - c_1 - c_2 \quad \text{cuando} \quad (c_1 + c_2) < G_0 \quad (3)$$

$$G_S = 0 \quad \text{cuando} \quad (c_1 + c_2) \geq G_0 \quad (4)$$

siendo:

$G_0$ : ganancia debida a la proximidad del mar cuando el terminal está en la costa y el mar no está obstruido por otras tierras (dB),

$c_1$ : corrección para tener en cuenta la distancia entre el terminal y el mar,

$c_2$ : corrección para tener en cuenta la anchura de uno o más pasajes de mar, o la presencia de islas.

Si ambos terminales están cerca del mar,  $G_S$  es la suma de los valores calculados para cada terminal individualmente.

$G_0$  viene expresada en la fig. 2 como una función de  $d$  para las B.km y B.hm. En la B.hm,  $G_0 = 10$  dB cuando  $d > 6 500$  km, y en la B.km  $G_0 = 4,1$  dB cuando  $d > 5 000$  km.

La corrección  $c_1$  viene expresada por:

$$c_1 = \frac{s_1}{r_1} G_0 \quad (5)$$

siendo:

$s_1$  : distancia del terminal al mar, medida a lo largo del trayecto de círculo máximo (km),

$$r_1 = 10^3 G_0^2 / Q_1 f \quad (\text{km})$$

$f$ : frecuencia (kHz)

$Q_1 = 0,30$  en la B.km y 1,4 en la B.hm.

La corrección  $c_2$  viene expresada por:

$$c_2 = \alpha G_0 \left( 1 - \frac{s_2}{r_2} \right) \quad \text{cuando} \quad s_2 < r_2 \quad (6)$$

$$c_2 = 0 \quad \text{cuando} \quad s_2 \geq r_2 \quad (7)$$

siendo:

$s_2$ : distancia del terminal a la próxima sección de tierra, medida a lo largo del trayecto de círculo máximo (km)

$$r_2 = 10^3 G_0^2 / Q_2 f \quad (\text{km})$$

$Q_2 = 0,25$  en la B.km y 1,2 en la B.hm

$\alpha$  : proporción de tierra en la sección  $r_2$  y  $s_2$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ).

Si se utiliza un computador, pero no se dispone de un banco de datos relativos al terreno que permite calcular  $\alpha$ , se tomará para  $\alpha$  el valor 0,5, lo que supone hacer iguales las proporciones de tierra y mar en la sección de trayecto comprendida entre  $r_2$  y  $s_2$ .

Para facilitar el cálculo, la fig. 14a da el valor  $r_1$ , la mayor distancia a partir del mar para la que tiene que calcularse la ganancia debida a la proximidad del mar, y la fig. 14b da el valor de  $r_2$ , la mayor distancia a la siguiente sección de tierra para la que se precisa la corrección  $c_2$ , para varias frecuencias.

#### 2.4 Pérdida por acoplamiento de polarización

$L_p$  es la pérdida adicional por acoplamiento de polarización (dB). En la B.km,  $L_p = 0$ . En la B.hm  $L_p$  para cada terminal viene dado por las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} \text{si } I \leq 45^\circ: & \quad L_p = 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2 \quad \text{dB} \\ \text{si } I > 45^\circ: & \quad L_p = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

donde  $I$  es la inclinación magnética, N o S, en grados en el terminal, y  $\theta$  es el acimut del trayecto medido en grados con relación a la dirección magnética Este-Oeste, de tal forma que  $|\theta| \leq 90^\circ$ .  $L_p$  debe evaluarse por separado para los dos terminales, dado que  $\theta$  e  $I$  pueden tomar valores diferentes; a continuación se suman los dos valores de  $L_p$ . Para determinar  $\theta$  e  $I$  deben usarse los valores más precisos disponibles de la inclinación y de la declinación magnéticas que se indican en las figs. 11 y 12.

La fig. 13 muestra los valores de  $L_p$  calculados por medio de la ecuación (8).

### 2.5 *Distancia real del trayecto de propagación, $p$*

Para trayectos superiores a 1 000 km,  $p$  (km) es aproximadamente igual a la distancia medida sobre el suelo,  $d$  (km), entre el transmisor y el receptor. Para trayectos más cortos:

$$p = (d^2 + 40\,000)^{1/2} \quad (9)$$

La ecuación (9) puede utilizarse en trayectos de cualquier longitud con un error despreciable. Conviene utilizarla siempre que las distancias consideradas comprendan las distancias menores y mayores a los 1 000 km para evitar discontinuidades en la intensidad de campo en función de la distancia.

### 2.6 *Factor de pérdida*

El factor de pérdida  $k_R$  viene dado por la expresión:

$$k_R = k + 10^{-2} b R \quad (10)$$

siendo  $R$  la media móvil del número relativo internacional de manchas solares correspondiente a doce meses. En la banda de ondas kilométricas, el factor de actividad solar  $b = 0$ . En la banda de ondas hectométricas,  $b = 4$  para los trayectos de América del Norte, 1 para Europa y Australia y 0 en cualquier otra parte. Para trayectos en los que los terminales se encuentran en diferentes regiones se utiliza el valor promedio de  $b$ .

El factor básico de pérdida  $k$  viene dado por la expresión:

$$k = 3,2 + 0,19 f^{0,4} \text{tg}^2(\Phi + 3) \quad (11)$$

donde  $f$ : frecuencia (kHz) y  $\Phi$  es la latitud geomagnética (dipolo centrado). Si  $\Phi$  es superior a  $60^\circ$ , la ecuación (11) se calcula para  $\Phi = 60^\circ$ . Si  $\Phi$  es inferior a  $-60^\circ$ , la ecuación (11) se calcula para  $\Phi = 60^\circ$ . La fig. 15 muestra valores de  $k$  calculados a partir de la ecuación (11), según lo expuesto.

Para trayectos inferiores a 3 000 km:

$$\Phi = 0,5 (\Phi_T + \Phi_R) \quad (12)$$

donde  $\Phi_T$  y  $\Phi_R$  son respectivamente las latitudes geomagnéticas del transmisor y del receptor, determinadas suponiendo un modelo de campo magnético terrestre equivalente al producido por un dipolo colocado en el centro de la Tierra y cuyo polo Norte tiene las coordenadas geográficas  $78,5^\circ$  N y  $69^\circ$  W. La ecuación para evaluar  $\Phi_T$  y  $\Phi_R$  se halla en la fig. 16, siendo  $\Phi_T$  y  $\Phi_R$  positivos para el hemisferio Norte y negativos para el hemisferio Sur. Los trayectos superiores a 3 000 km se dividen en dos secciones iguales que se consideran separadamente. El valor de  $\Phi$  para cada semitrayecto se obtiene tomando el promedio de las latitudes geomagnéticas correspondientes a un terminal y a un punto medio del trayecto total, suponiéndose que la latitud geomagnética correspondiente al punto medio del trayecto total es la media de  $\Phi_T$  y  $\Phi_R$ . En consecuencia:

$$\Phi = (3\Phi_T + \Phi_R) / 4 \quad \text{para la primera mitad del trayecto} \quad (13)$$

$$\Phi = (\Phi_T + 3\Phi_R) / 4 \quad \text{para la segunda mitad} \quad (14)$$

A continuación se promedian los valores de  $k$  calculados a partir de la ecuación (11) para cada uno de los semitrayectos y se llevan a la ecuación (10).

### 2.7 *Factor de pérdida horaria*

El factor de pérdida horaria,  $L_t$  (dB) viene dado en la fig. 3. El tiempo,  $t$ , representa el número de horas después del ocaso o antes del alba, según proceda. Estos valores se toman a nivel del suelo, en el punto medio del trayecto, cuando  $d < 2\,000$  km, y en el caso de trayectos más largos, a 750 km del terminal en que más tarde se ponga

el sol o antes salga. Los valores más grandes del factor de pérdida horaria cerca de mediodía no están definidos (fig. 3). Para las horas que caen dentro de ese periodo se utiliza un valor límite de 30 dB. El factor de pérdida horaria no debe calcularse para trayectos de latitud elevada y para periodos estacionales en los que no se aprecia la salida y la puesta del sol.

El § 1 del apéndice 1 contiene ecuaciones que son generalmente equivalentes a estas curvas con precisión de unos 0,5 dB. La fig. 3 representa la variación diurna anual media.

En la fig. 17 se indican las horas del ocaso y del alba para varias latitudes geográficas y meses. El § 2 del apéndice 1 contiene ecuaciones equivalentes a estas curvas de alba y ocaso.

### **3. Variaciones de un día a otro y durante periodos cortos de tiempo de la intensidad de campo nocturna**

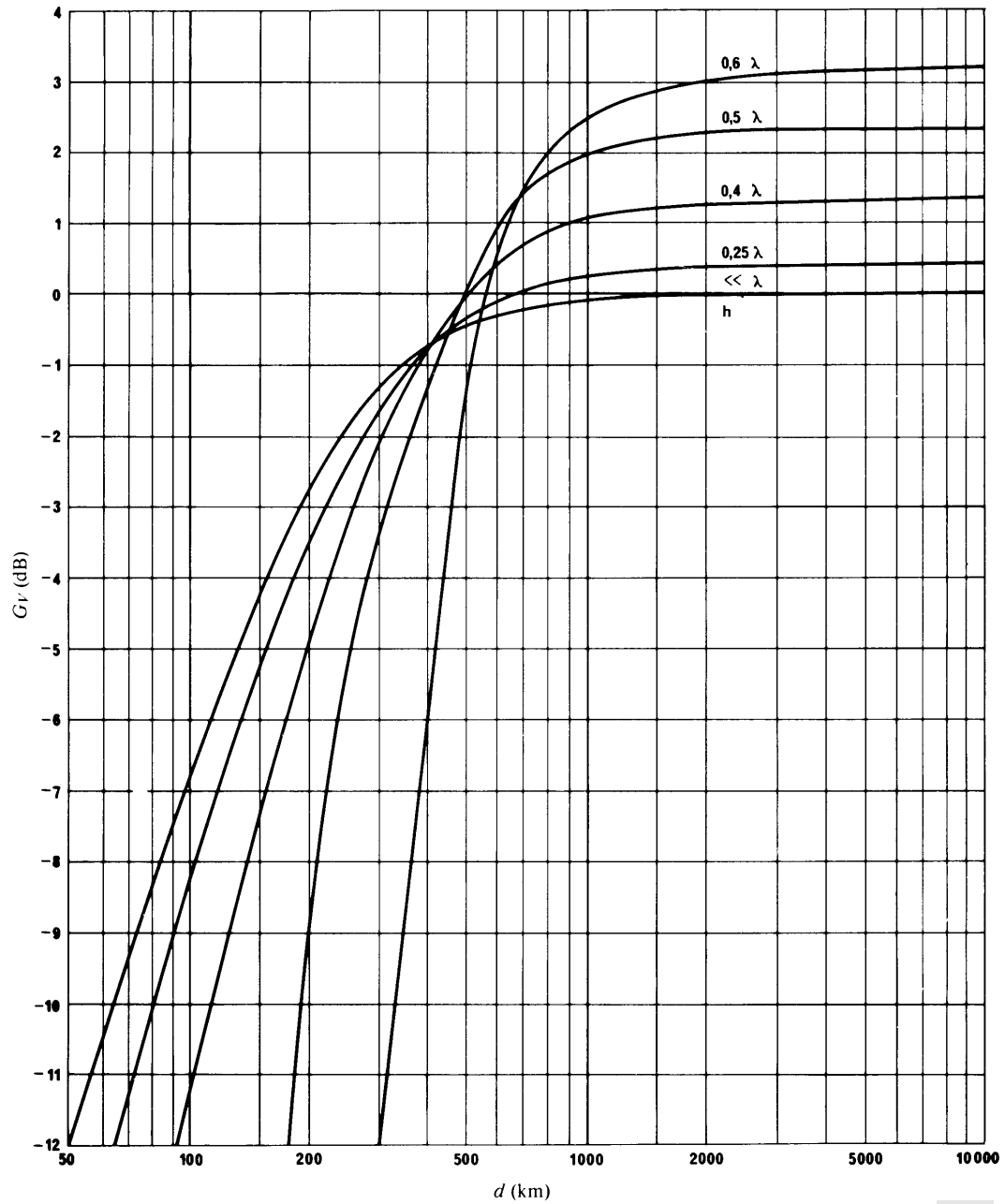
La intensidad de campo excedida durante el 10% del tiempo total en una serie de noches, en el curso de una estación dada, durante cortos periodos de tiempo centrados en una hora determinada, es:

6,5 dB mayor en la B.km,

8 dB mayor en la B.hm,

que el valor de  $E_0$  dado en el § 2.

FIGURA 1  
Factor de ganancia de la antena transmisora en el caso de un solo monopolo ( $G_V$ )  
sobre una tierra perfecta

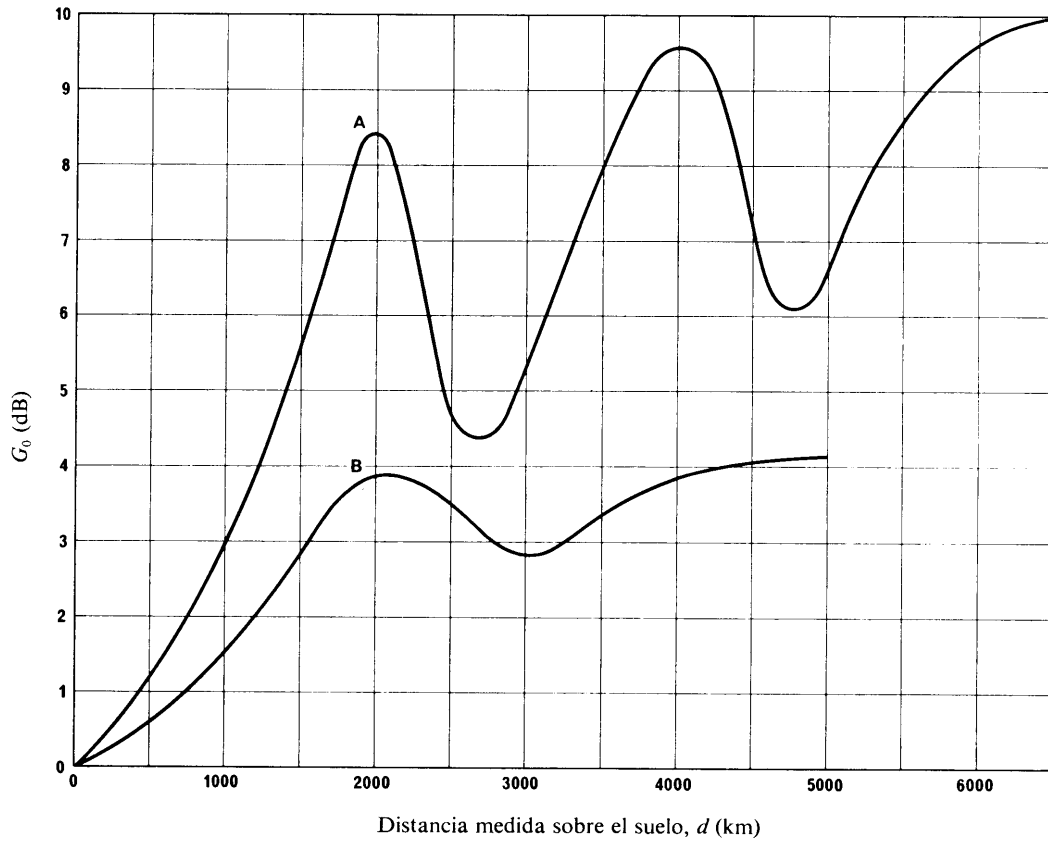


$h$ : Altura de la antena

D01-sc

FIGURA 2

Ganancia debida a la proximidad del mar ( $G_0$ ) para un solo terminal situado en la costa

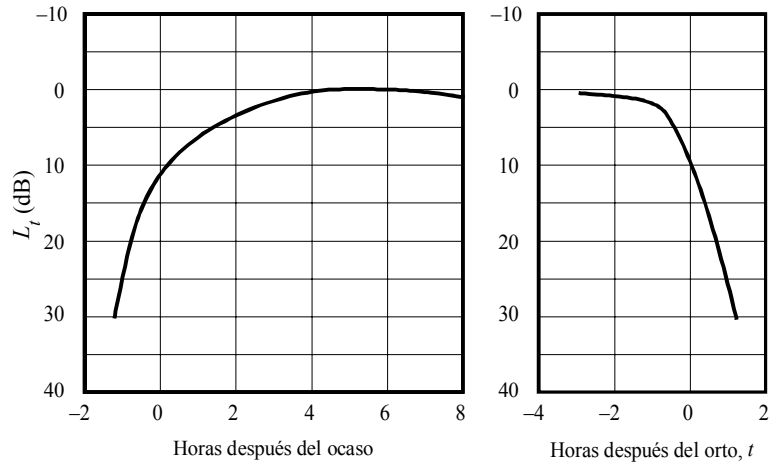


A: Banda B.hm

B: Banda B.km

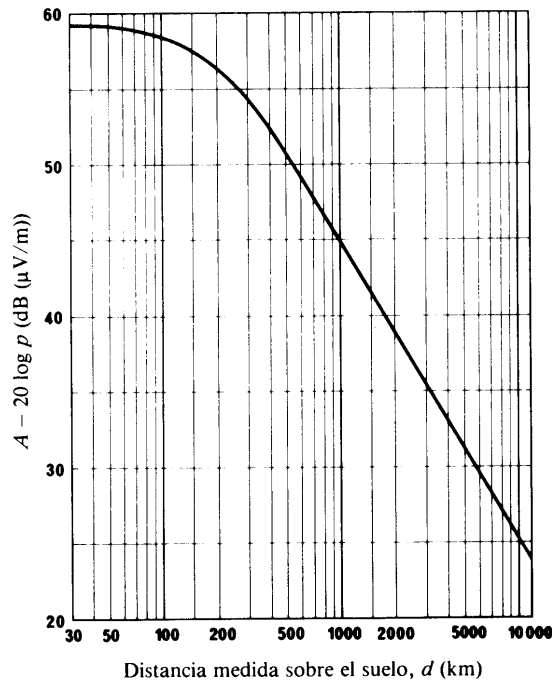
D02-sc

FIGURA 3  
Factor de pérdida horaria ( $L_t$ )



D03

FIGURA 4  
Intensidad de campo básica



Las curvas representan la variación de  $A - 20 \log p$

siendo  $A = 106,6 - 2 \text{ sen } \Phi$

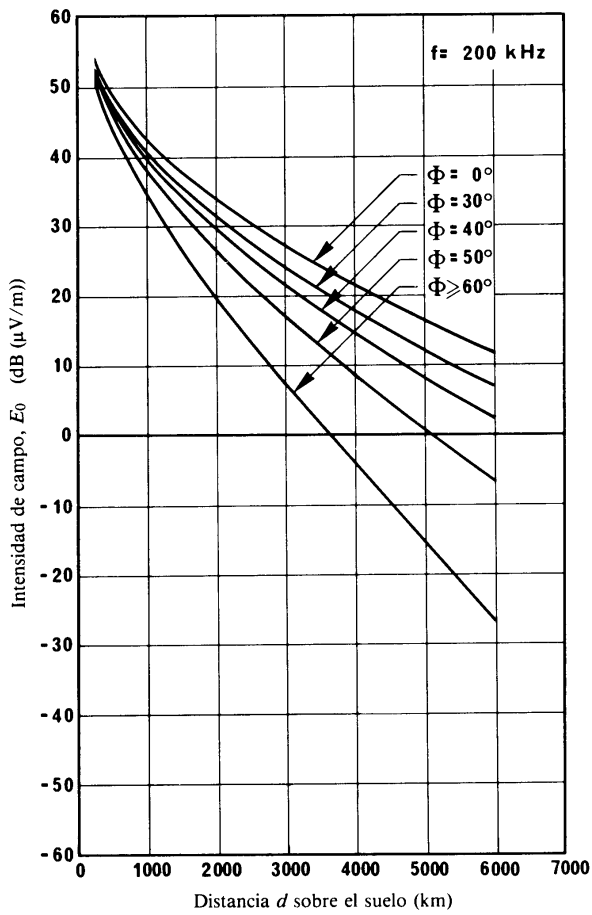
$\Phi = 40^\circ$

$p = (d^2 + 40\,000)^{1/2}$

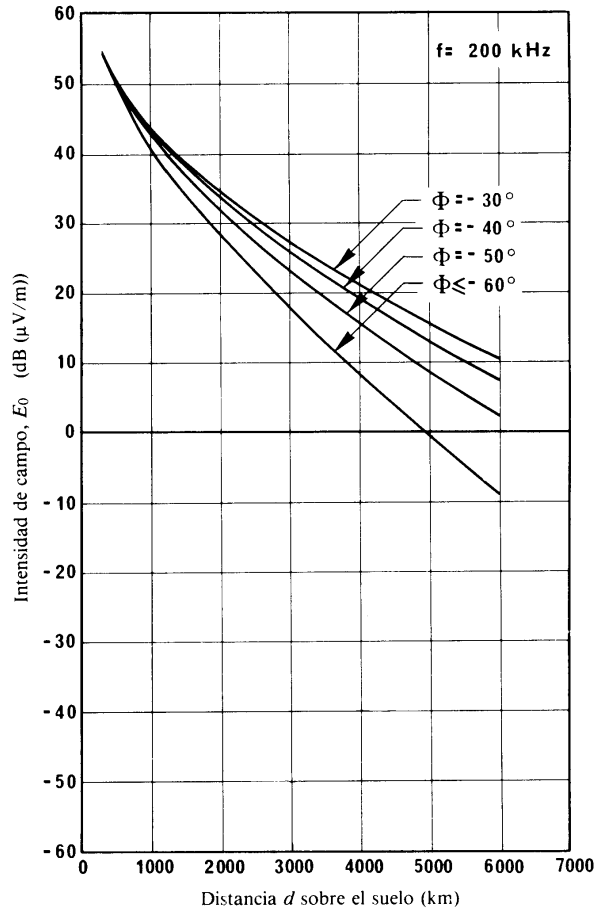
D04-sc



FIGURA 5  
 Curvas que representan  $E_0$  para 200 kHz, cuando  $G_s$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos cero,  
 en latitudes geomagnéticas constantes

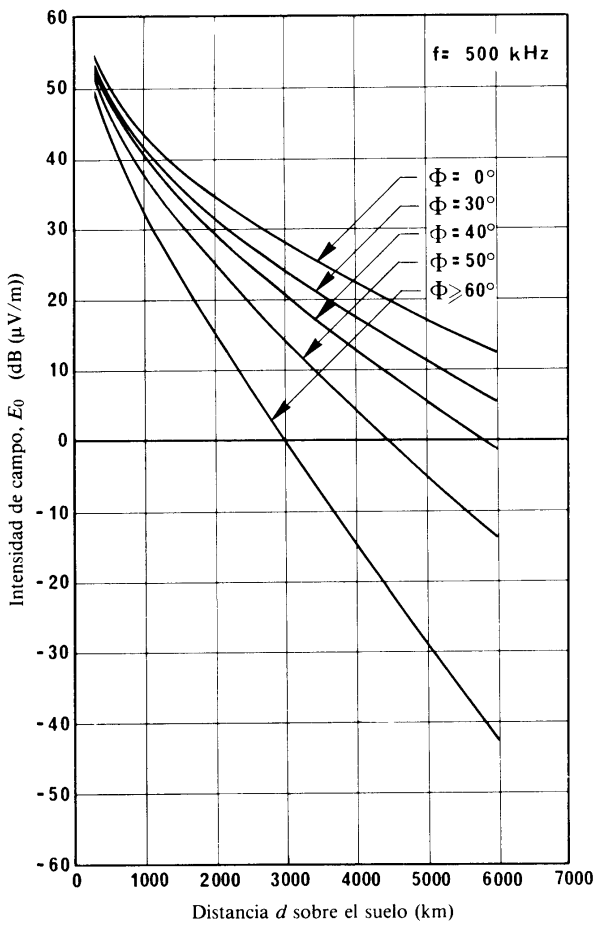


a) Hemisferio Norte  
 ( $\Phi$  positivo)

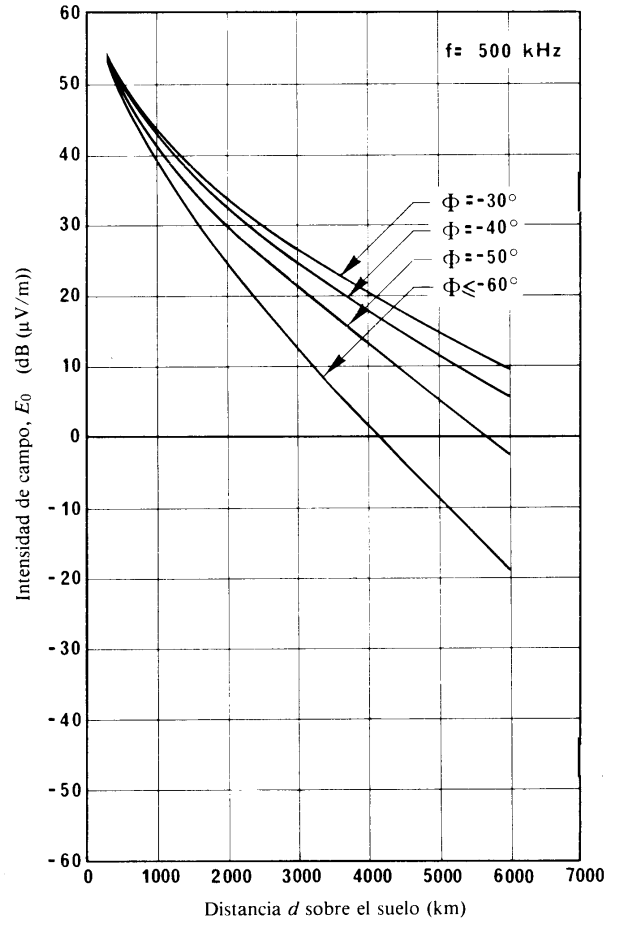


b) Hemisferio Sur  
 ( $\Phi$  negativo)

FIGURA 6  
 Curvas que representan  $E_0$  para 500 kHz, cuando  $G_S$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos cero,  
 en latitudes geomagnéticas constantes



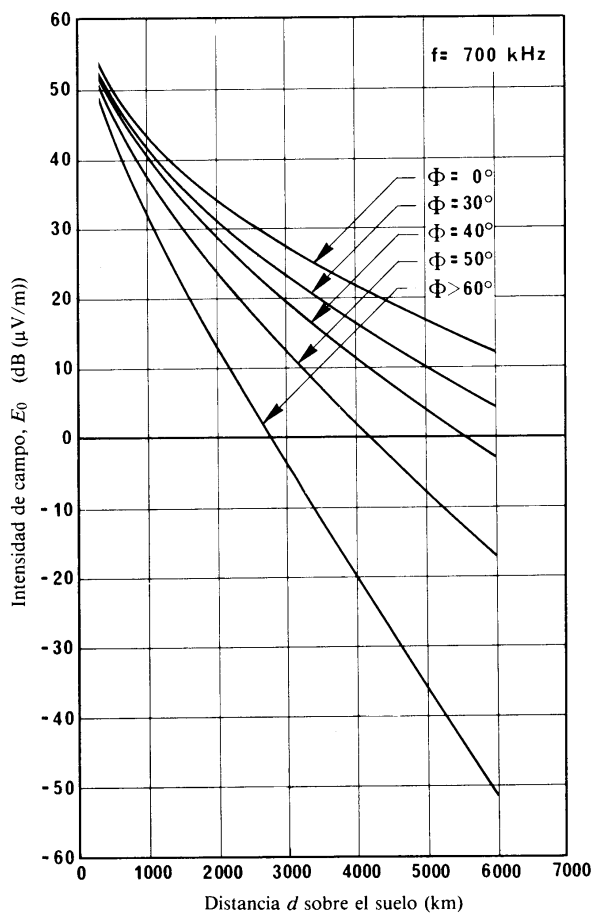
a) Hemisferio Norte  
 ( $\Phi$  positivo)



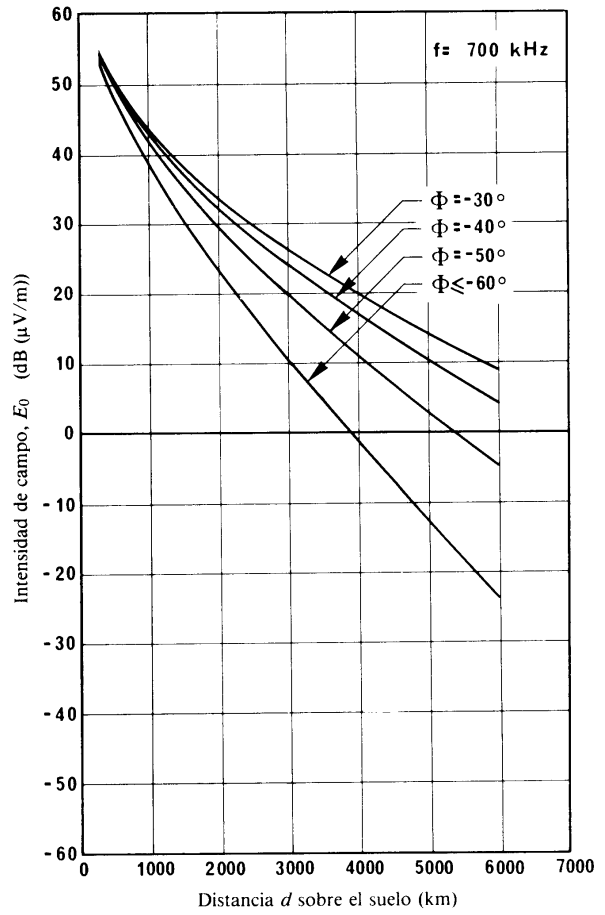
b) Hemisferio Sur  
 ( $\Phi$  negativo)

D06-sc

FIGURA 7  
 Curvas que representan  $E_0$  para 700 kHz, cuando  $G_S$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos cero,  
 en latitudes geomagnéticas constantes



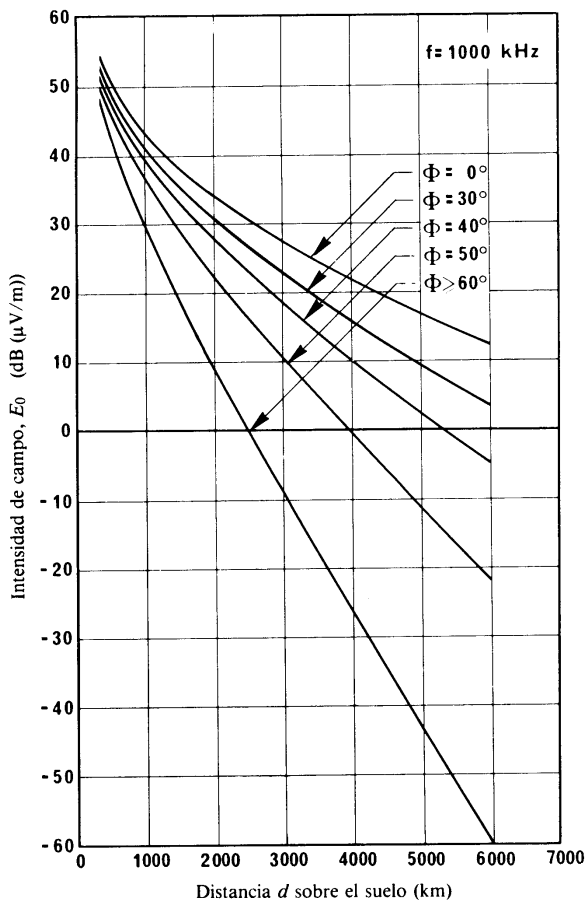
a) Hemisferio Norte  
 ( $\Phi$  positivo)



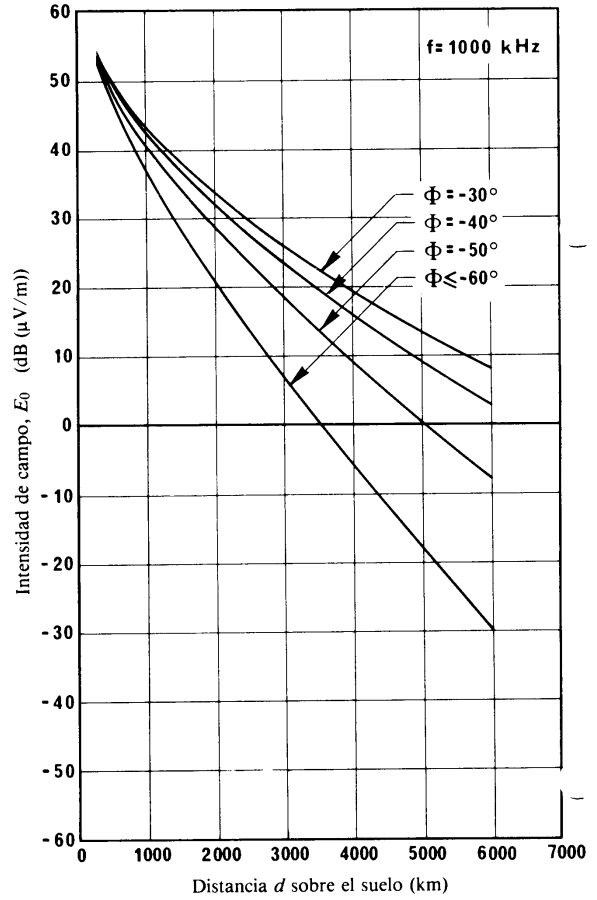
b) Hemisferio Sur  
 ( $\Phi$  negativo)

D07-sc

FIGURA 8  
 Curvas que representan  $E_0$  para 1 000 kHz, cuando  $G_S$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos cero, en latitudes geomagnéticas constantes



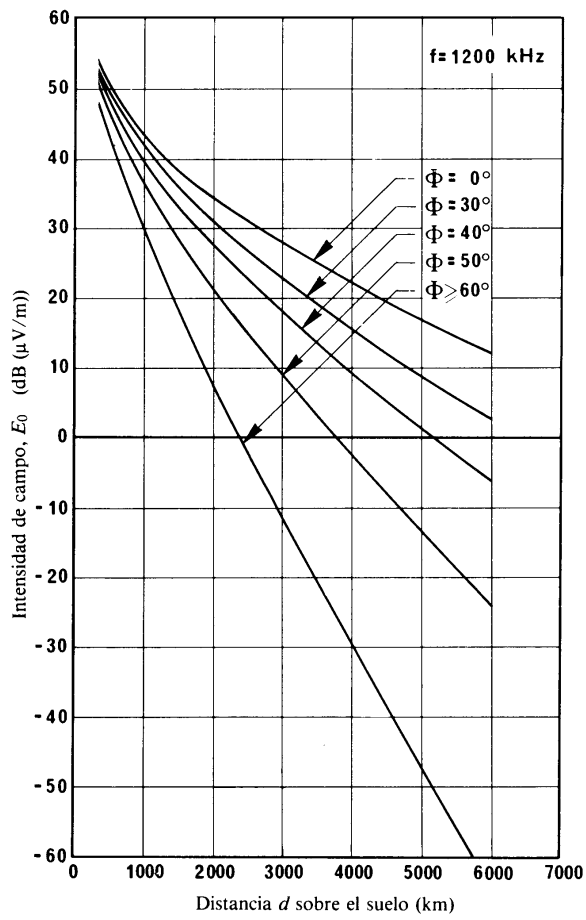
a) Hemisferio Norte  
 ( $\Phi$  positivo)



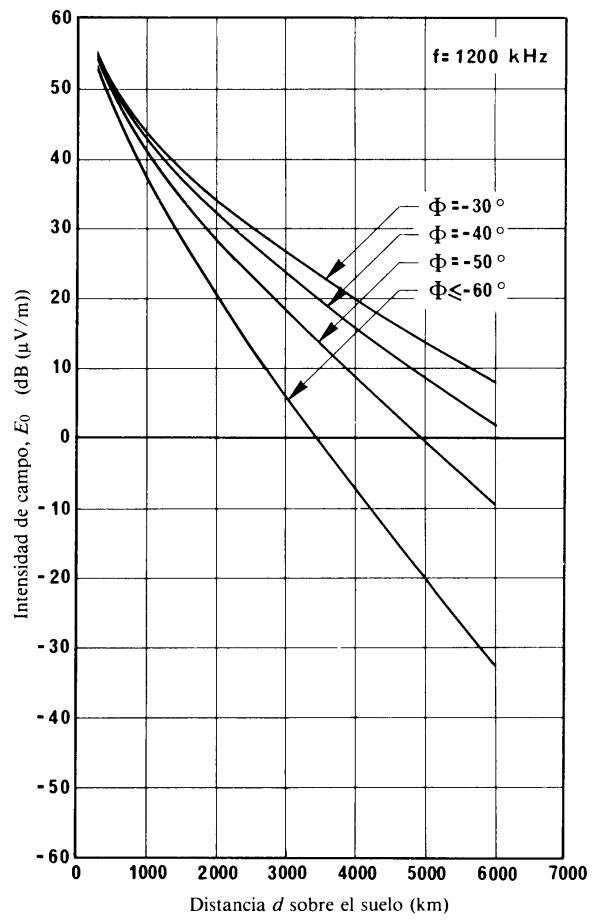
b) Hemisferio Sur  
 ( $\Phi$  negativo)

D08-sc

FIGURA 9  
 Curvas que representan  $E_0$  para 1 200 kHz, cuando  $G_S$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos cero,  
 en latitudes geomagnéticas constantes



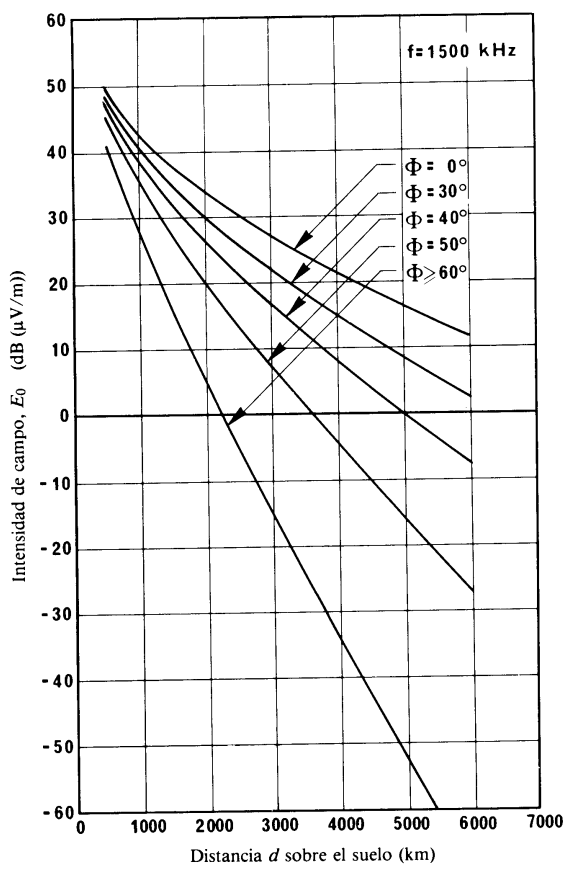
a) Hemisferio Norte  
 ( $\Phi$  positivo)



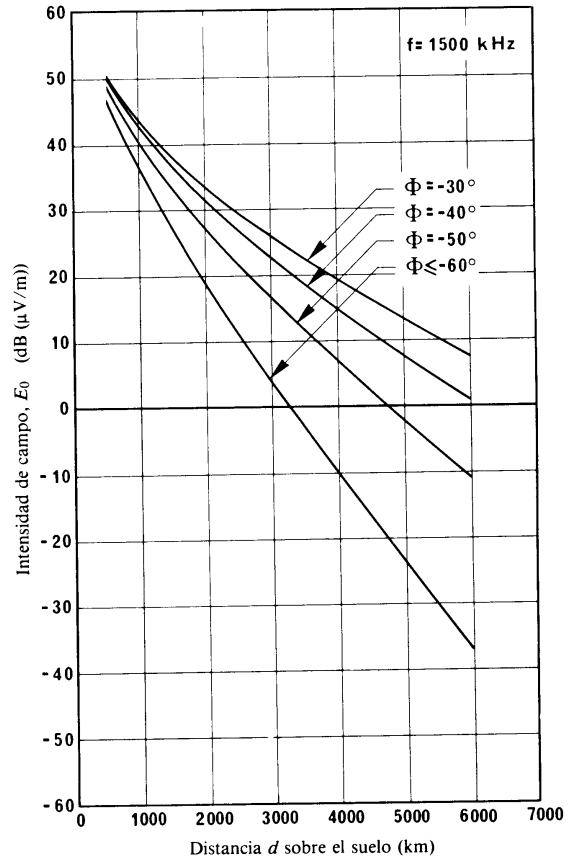
b) Hemisferio Sur  
 ( $\Phi$  negativo)

D09-sc

FIGURA 10  
 Curvas que representan  $E_0$  para 1 500 kHz, cuando  $G_S$ ,  $L_p$  y  $R$  son todos cero,  
 en latitudes geomagnéticas constantes



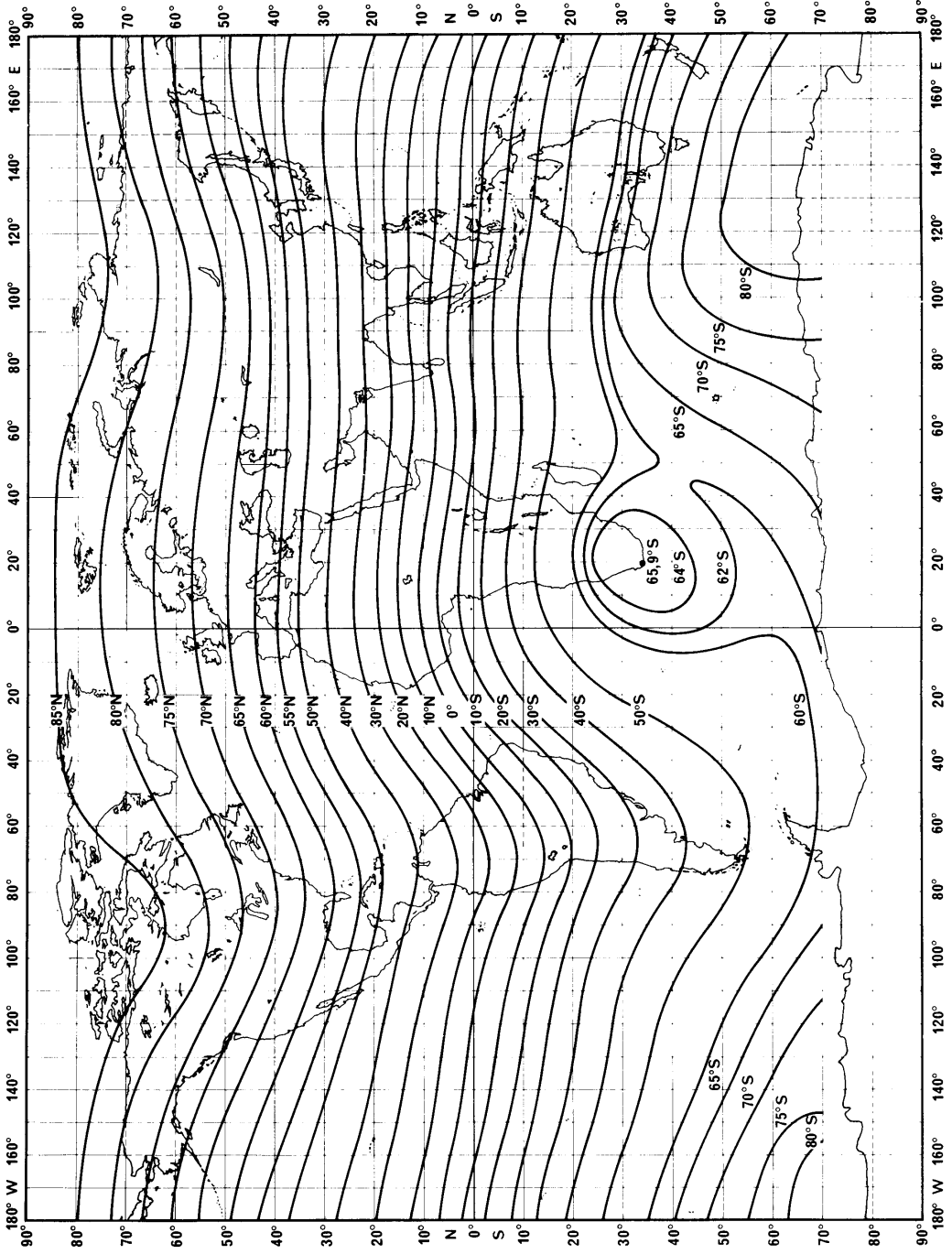
a) Hemisferio Norte  
 ( $\Phi$  positivo)



b) Hemisferio Sur  
 ( $\Phi$  negativo)

D10-sc

FIGURA 11  
Mapa de inclinación magnética (para 1975,0)

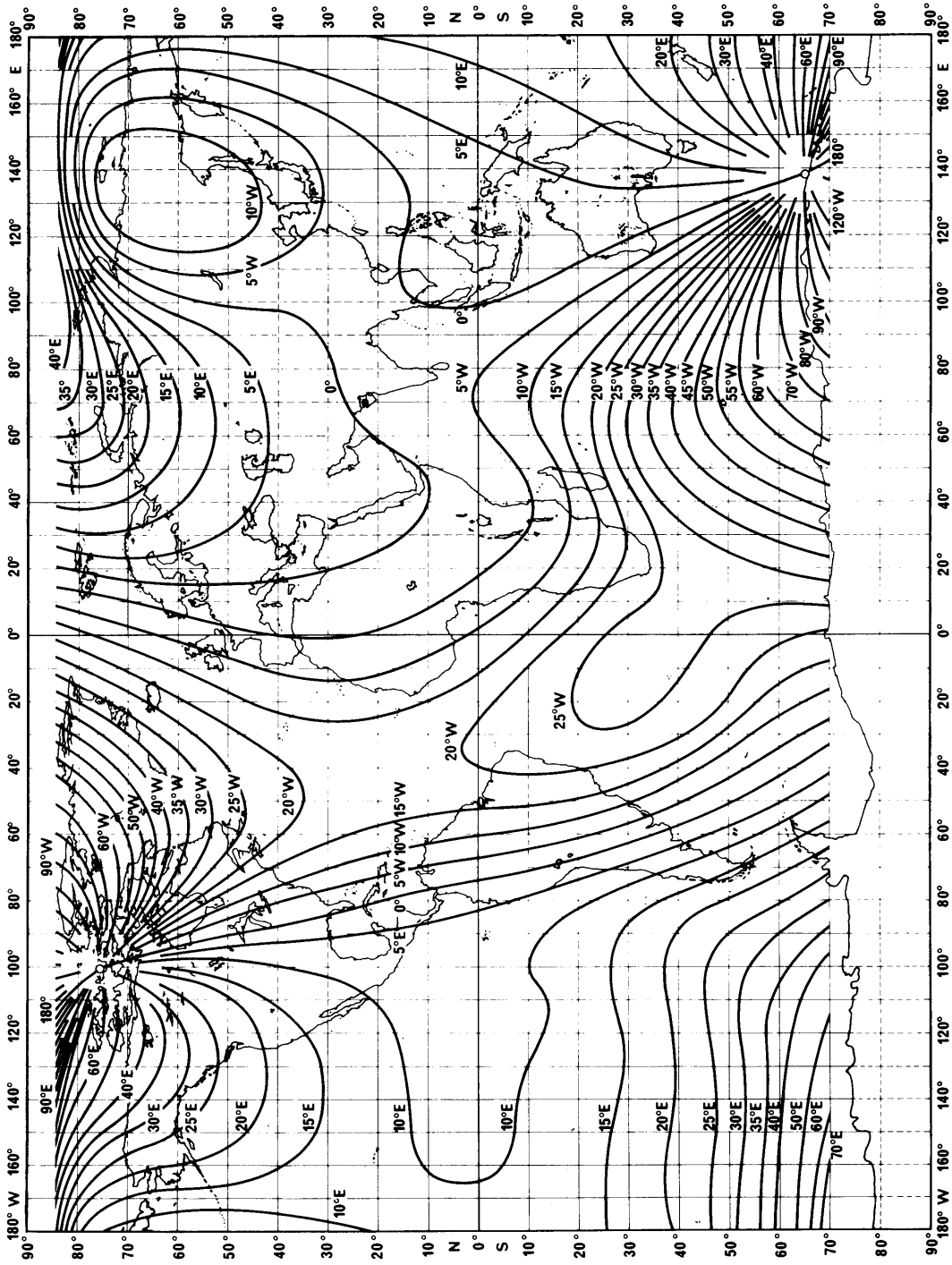


(Se ha obtenido de: Magnetic inclination or dip (epoch 1975.0) Chart No. 30 World U.S. Defense Mapping Agency Hydrographic Center)

DI-1-SC

FIGURA 12

Mapa de declinación magnética (para 1975,0)

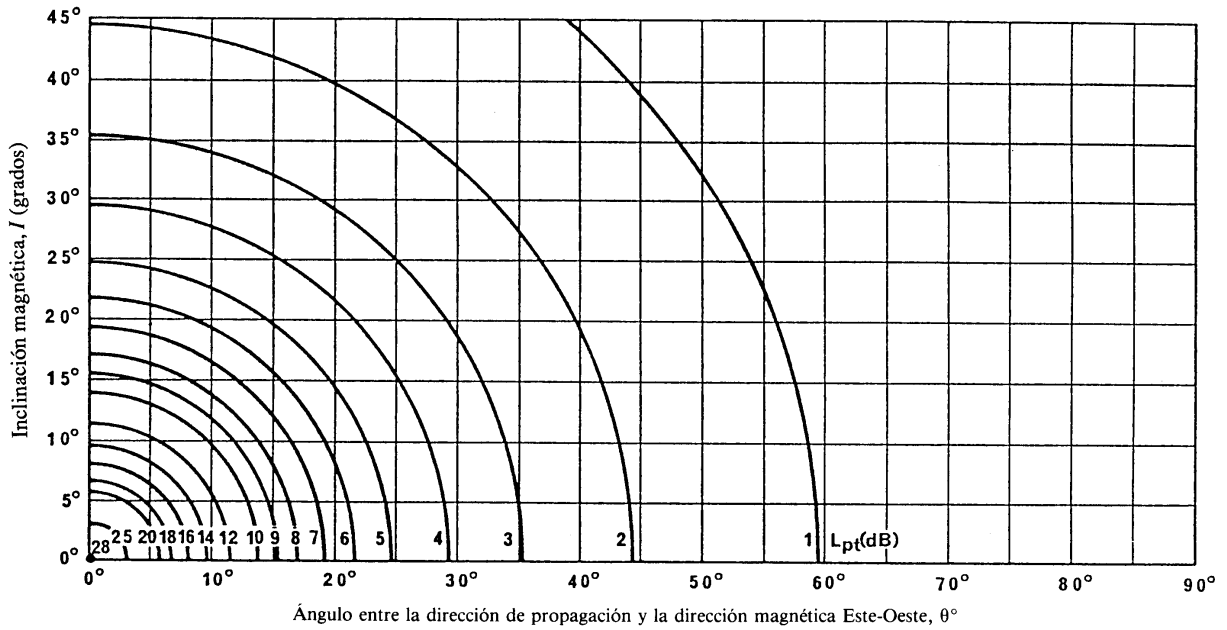


(Se ha obtenido de: Magnetic variation (epoch 1975,0) Chart No. 42 World U.S. Defense Mapping Agency Hydrographic Center)

D12-sc



FIGURA 13  
 Pérdida adicional por acoplamiento de polarización,  $L_p$ , para un solo terminal



Ángulo entre la dirección de propagación y la dirección magnética Este-Oeste,  $\theta^\circ$

$$L_p = 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-\frac{1}{2}} - 2$$

FIGURA 14a  
Valores de  $r_1$  para varias frecuencias

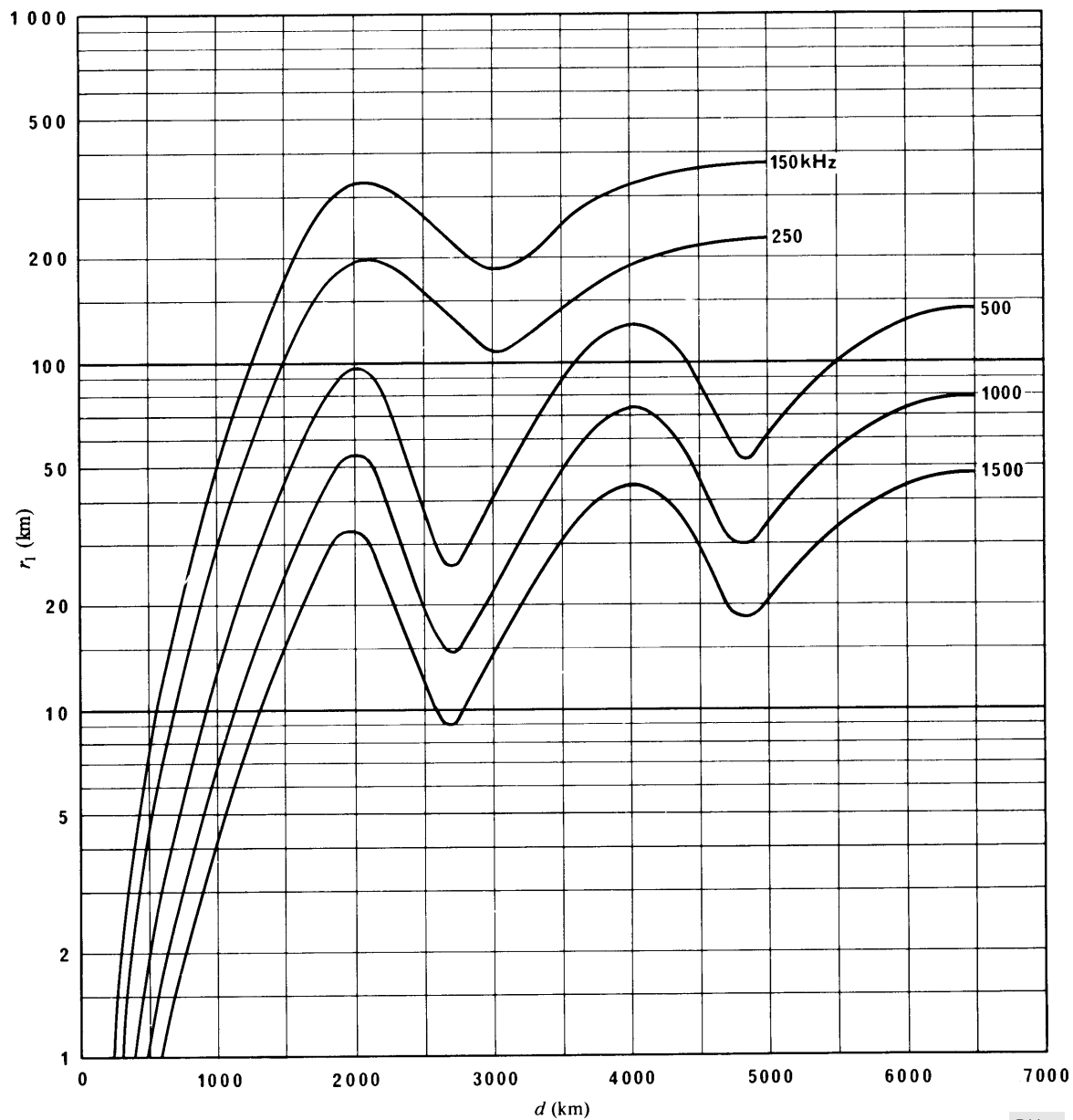


FIGURA 14b  
Valores de  $r_2$  para varias frecuencias

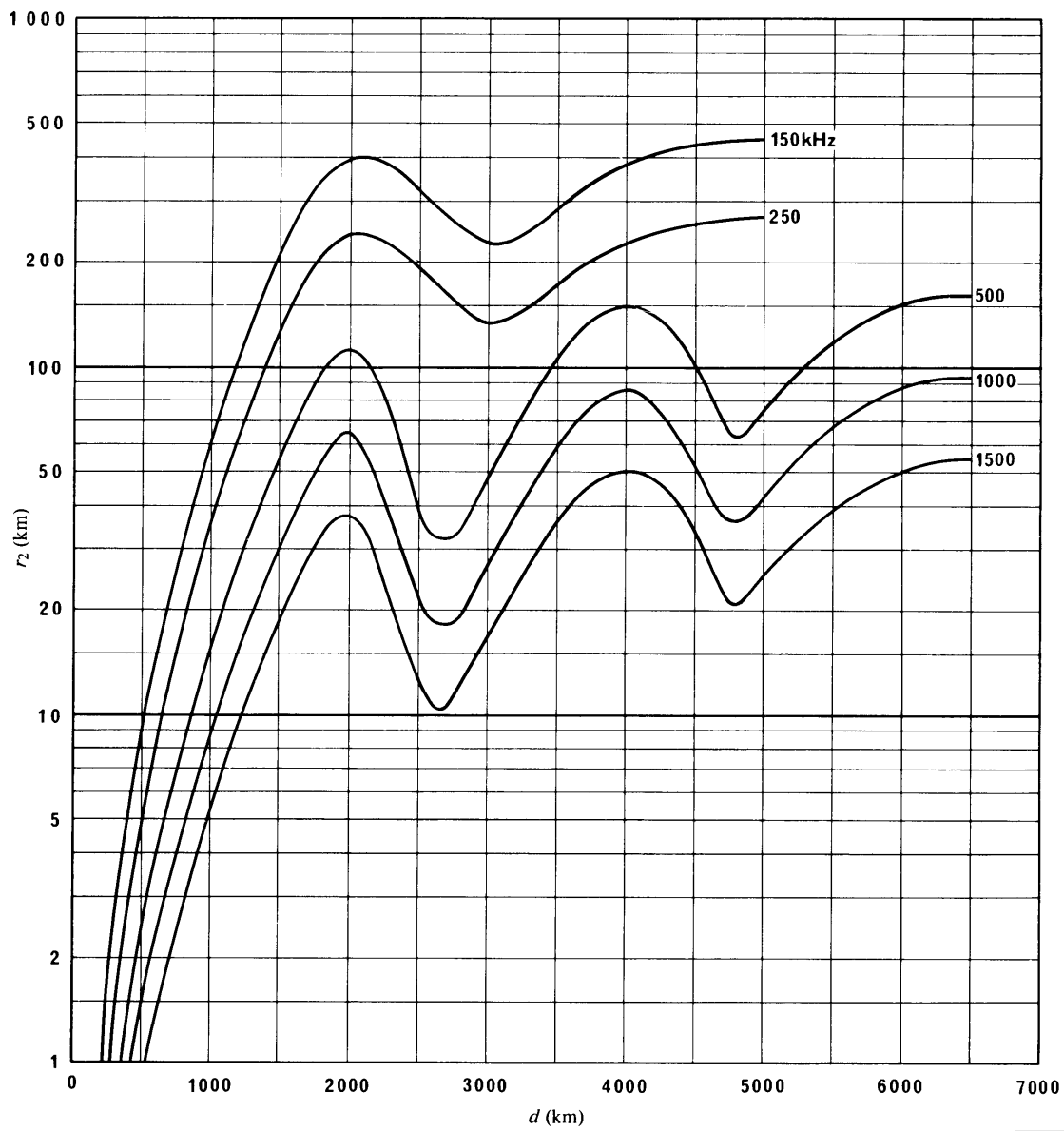
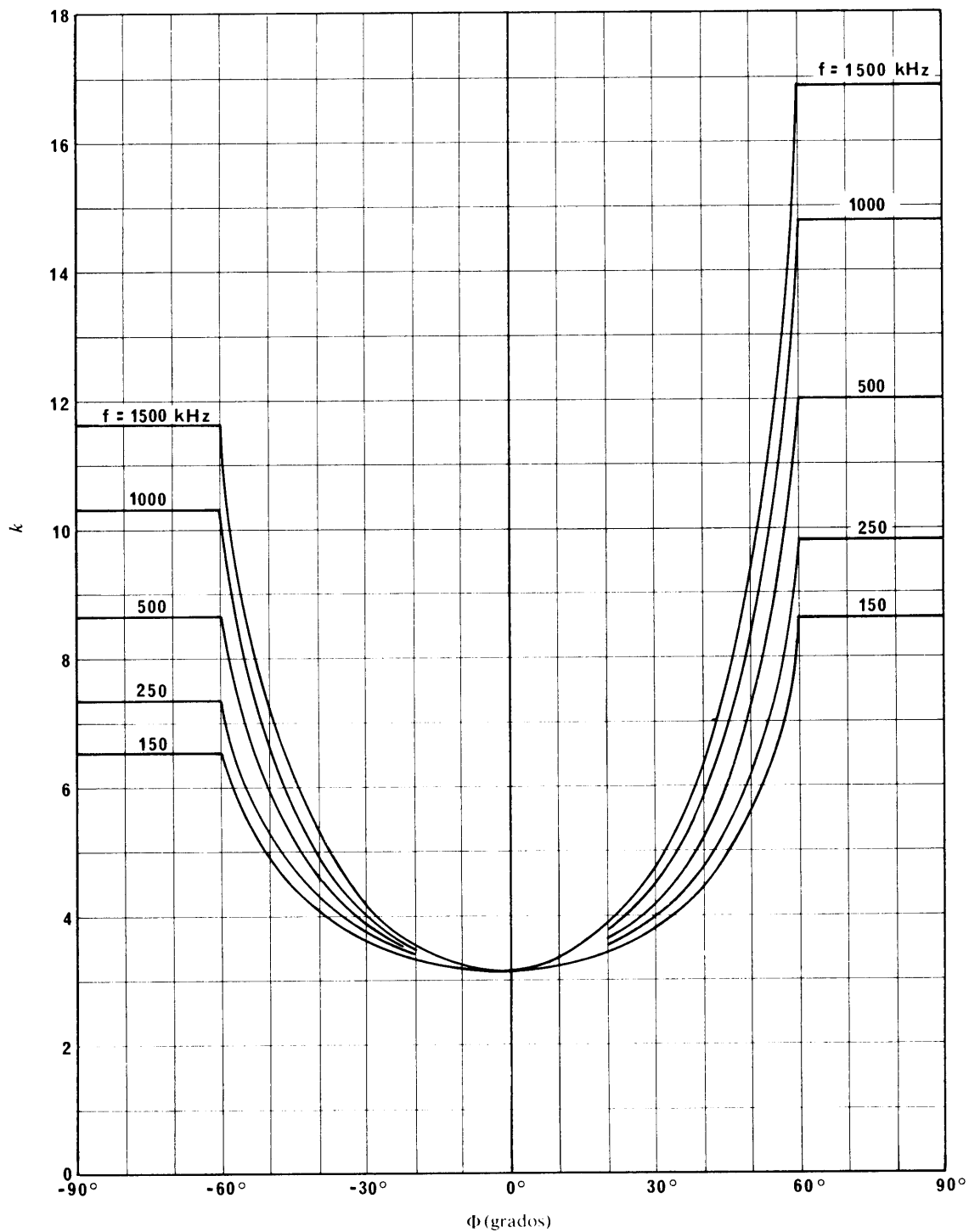


FIGURA 15  
Factor básico de pérdida

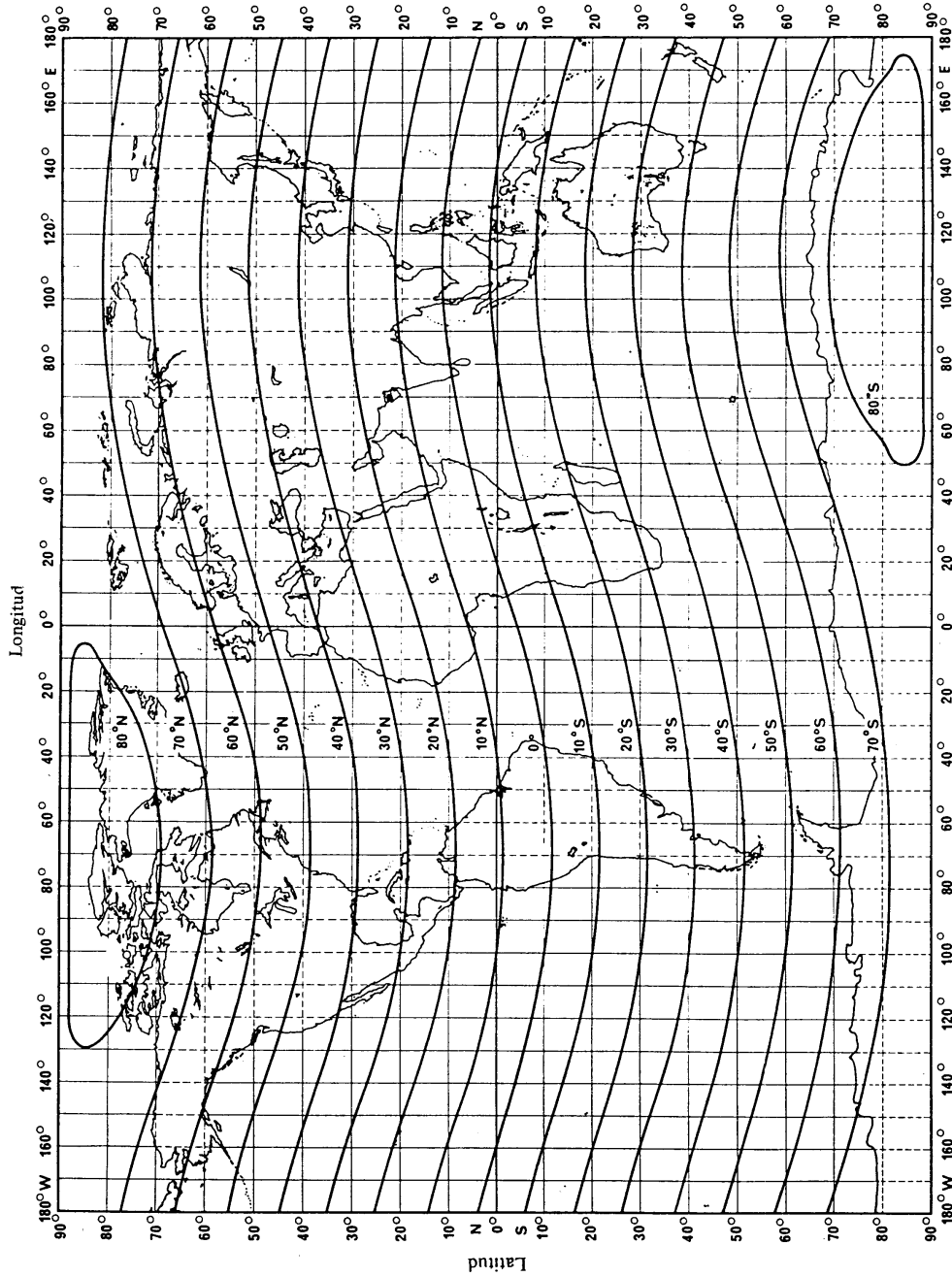


D16-sc

$$k = 3,2 + 0,19 f^{0,4} \operatorname{tg}^2 (\Phi + 3)$$

$$-60^\circ \leq \Phi \leq 60^\circ$$

FIGURA 16  
 Latitudes geomagnéticas



$\Phi = \arcsin [\sin \alpha \cdot \cos 78,5^\circ + \cos \alpha \cdot \cos 78,5^\circ \cdot \cos (69^\circ + \beta)]$

$\Phi$ : latitud geomagnética

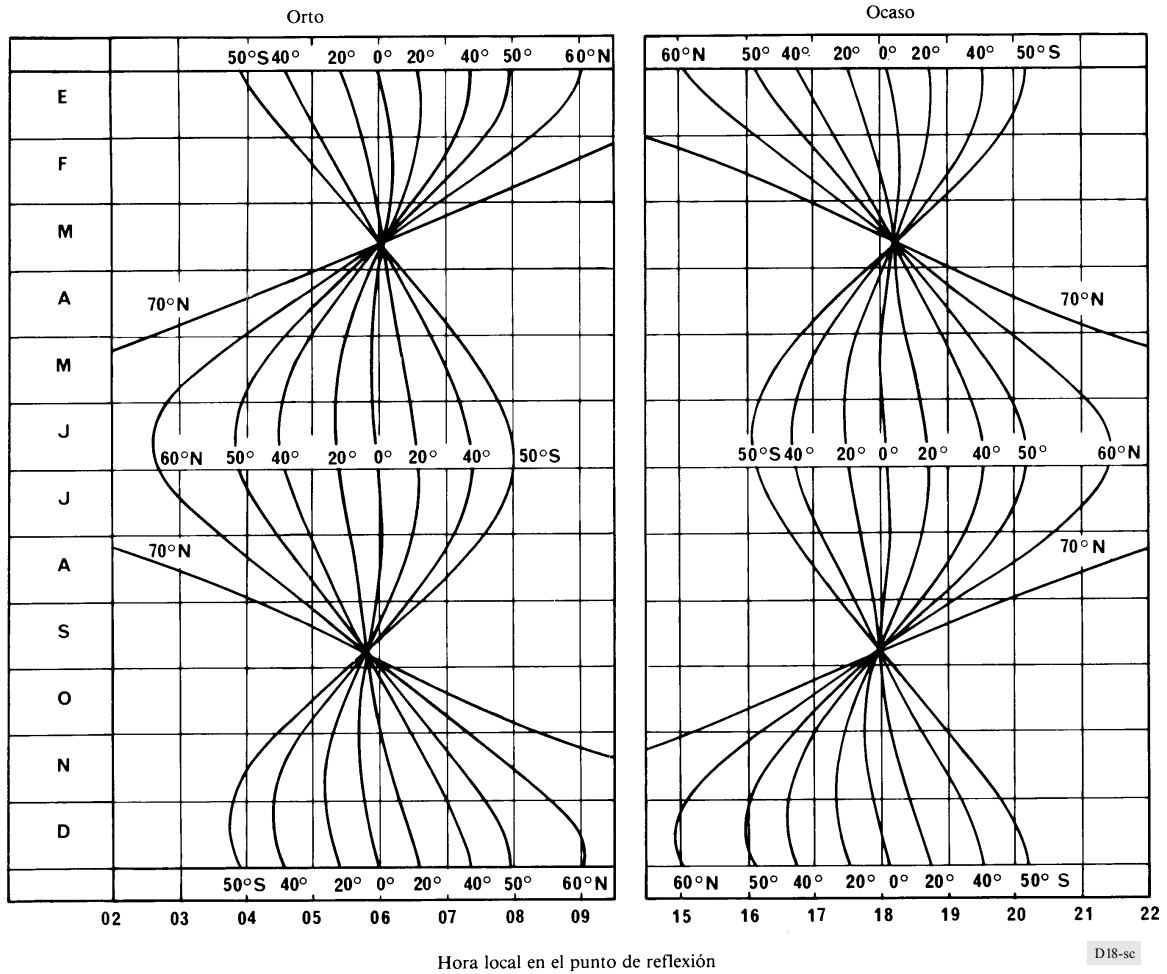
$\alpha$ : latitud geográfica

$\beta$ : longitud geográfica

Las coordenadas Norte y Este se consideran positivas y las coordenadas Sur y Oeste negativas.

D)7-SC

FIGURA 17  
**Horas de salida y puesta del sol (orto y ocaso)**  
**para los distintos meses y para distintas latitudes geográficas**



APÉNDICE 1

Este apéndice contiene ecuaciones que se pueden utilizar en lugar de las figs. 3 y 17 para el factor de pérdida horaria y las horas de salida y puesta del sol, respectivamente. A efectos del presente apéndice se utilizan los siguientes símbolos adicionales:

*Lista de símbolos*

- $\alpha$ : latitud geográfica de un punto del trayecto (grados)
- $\beta$ : longitud geográfica de un punto del trayecto (grados)
- $S$ : hora media local del ocaso o del orto en un punto (horas).

Las coordenadas Norte y Este se consideran positivas, y las coordenadas Sur y Oeste, negativas.

**1. Factor de pérdida horaria,  $L_t$**

Las siguientes ecuaciones se pueden utilizar en lugar de las curvas de la fig. 3, dentro de los límites fijados para  $t$ . Para las horas intermedias (es decir, cerca de medianoche), se toma  $L_t = 0$ .

$$L_t \text{ (ocaso)} = 12,40 - 9,248 t + 2,892 t^2 - 0,3343 t^3 \text{ para } -1 < t \text{ (ocaso)} < 4, \text{ y}$$

$$L_t \text{ (orto)} = 9,6 + 12,2 t + 5,62 t^2 + 0,86 t^3 \text{ para } -3 < t \text{ (orto)} < 1;$$

donde  $t$  es el número de horas con relación al ocaso o al orto en el punto medio del trayecto.

**2. Horas de puesta y de salida del Sol (ocaso y orto)**

Para ubicaciones no polares, es decir, tales que  $|\alpha| < 65^\circ$ , las horas del ocaso y del orto se pueden calcular como sigue, con una precisión de  $\pm 2$  min:

$N$ : día del año (en días); por ejemplo, 1 de enero = 1

$S'$ : hora local aproximada del suceso; por ejemplo, ocaso = 1800 h, orto = 0600 h

$Z$ : distancia cenital del sol (grados); es decir,  $Z = 90,8333^\circ$  ( $90^\circ 50'$ ) para el orto o el ocaso.

*Paso 1:* Se calcula la longitud del observador,  $B$ :

$$B = \beta / 15 \quad \text{h}$$

*Paso 2:* Se calcula la fecha del suceso,  $Y$ :

$$Y = N + (S' - B) / 24 \quad \text{días}$$

*Paso 3:* Se calcula la anomalía media del Sol,  $M$ :

$$M = 0,985600 Y - 3,289 \quad \text{grados}$$

*Paso 4:* Se calcula la longitud del Sol,  $L$ :

$$L = M + 1,916 \text{ sen } M + 0,020 \text{ sen } 2 M + 282,634 \quad \text{grados}$$

Obsérvese que se indica en que cuadrante ocurre  $L$ .

*Paso 5:* Se calcula la ascensión recta del Sol,  $RA$ :

$$\text{tg } RA = 0,91746 \text{ tg } L$$

Obsérvese que  $RA$  debe estar en el mismo cuadrante que  $L$ .

*Paso 6:* Se calcula la declinación, del Sol,  $s$ :

$s$ : declinación del Sol, que viene dada por:

sen  $s = 0,39782$  sen  $L$ , siendo:

$$\cos s = + \sqrt{1 - \text{sen}^2 s}$$

Obsérvese que sen  $s$  puede ser positivo o negativo pero cos  $s$  debe ser siempre positivo.

*Paso 7:* Se calcula la hora solar local,  $H$ :

$$\cos H = x = (\cos Z - \sin s \cdot \sin \alpha) / (\cos s \cdot \cos \alpha)$$

Obsérvese que si  $|x| > 1$ , no hay ocaso u orto.

De  $\cos H$  se obtiene  $H$  en grados; para el orto:  $180 < H < 360$ , para el ocaso:  $0 < H < 180$ .

*Paso 8:* Se calcula la hora media local del suceso,  $S$ :

$$S = H/15 + RA/15 - 0,065710 Y - 6,622$$

Obsérvese que  $S$  viene expresado en horas y deben añadirse o restarse múltiplos de 24 hasta que sea  $0 < S < 24$ .

Obsérvese que  $S$  es la hora local en el punto de que se trate. La hora legal correspondiente es  $S - B + \beta_m/15$  h, donde  $\beta_m$  es la longitud del meridiano de referencia del huso horario deseado (grados), de modo que, por ejemplo, el tiempo universal =  $S - B$ .

## ANEXO 1

### Precisión del método

Como se indicó en el § 1, este método se aplica para trayectos comprendidos entre 50 a 12 000 km de longitud en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas. No obstante, en la banda de ondas kilométricas sólo ha sido comprobado para trayectos de hasta 5 000 km. La exactitud de la predicción varía de una región a otra, y en algunas regiones podría mejorarse introduciendo modificaciones como las que se consideran a continuación.

La asimetría tan evidente del factor de pérdida básica (fig. 15) se podría haber eliminado si se hubiera usado una «latitud geomagnética corregida» en vez de una latitud geomagnética. De todos modos, el método debe utilizarse con cautela para latitudes geomagnéticas superiores a  $60^\circ$ .

Las intensidades de campo medidas en los Estados Unidos de América y Brasil, tienden a ser mayores en frecuencias superiores; la variación de frecuencia calculada en la ecuación (11) indicaría lo contrario. Por esta y otras razones, este método debe utilizarse con carácter provisional en la Región 2.

La ecuación (6) que describe la modificación de  $G_S$  en función de la distancia  $s_2$  a la próxima sección de tierra es teórica y debe considerarse, en consecuencia, provisional en tanto no se disponga de mediciones.

Con este método se predice la intensidad de campo que hay probabilidad de observar si tanto el transmisor como el receptor están situados en terreno de conductividad media, típicamente de 3 a 10 mS/m. En ciertas zonas (véase, por ejemplo, la Recomendación 832, la conductividad del suelo puede bajar hasta 0,5 mS/m o aumentar hasta 40 mS/m. Si la conductividad del suelo es un orden de magnitud inferior a 10 mS/m en uno u otro terminal, la intensidad de campo será hasta 10 dB menor. Si la conductividad del suelo es un orden de magnitud inferior en ambos terminales, la reducción de la intensidad de campo será el doble. El valor de la atenuación depende de la longitud del trayecto, y llega a ser máximo por ondas que se aproximan a la incidencia rasante. El método puede mejorarse haciendo una corrección cuando la conductividad del suelo es sensiblemente distinta de la de un suelo medio, por ejemplo utilizando la información contenida en los Informes 265 y 575.

En este método se parte de la hipótesis de que la reflexión se produce exclusivamente en la capa E o que las reflexiones en esa capa son preponderantes. Sin embargo, si  $f > (foE) \sec i$ , donde foE es la frecuencia crítica de la capa E e  $i$  es el ángulo de incidencia en la capa E, la onda atravesará la capa E y se reflejará en la capa F. Hay probabilidad máxima de que esto suceda en las frecuencias más altas de la B.km a distancias terrestres inferiores a 500 km, especialmente a altas horas de la noche y durante el periodo de mínima actividad solar. El método puede utilizarse de todos los modos, siempre que se calcule  $p$  para reflexión en la capa F a una altura de 220 km y la fuerza cimomotriz  $V$  para el ángulo de elevación correspondiente.



Las mediciones efectuadas en los Estados Unidos de América permiten pensar que es probable que la fig. 3 (factor de pérdida horaria) sea precisa para las frecuencias cercanas a 1 000 kHz en un año de escasa actividad solar. Si la frecuencia se desvía en cualquier dirección desde unos 1 000 kHz, en particular durante las horas de transición, pueden producirse apreciables errores. Estas mediciones sugieren también que la magnitud del efecto de actividad solar dos horas después de la puesta del sol es considerablemente mayor que seis horas después de dicha puesta del sol. Así, en un año de alta actividad solar, la diferencia entre las intensidades de campo registrada seis horas después y dos horas después de la puesta del sol puede ser considerablemente mayor que la que muestra la fig. 3.

Durante la noche, en la B.hm la onda ionosférica que se propaga en latitudes templadas tiene mayor intensidad en primavera y otoño y menor en verano e invierno, siendo el mínimo veraniego el más acentuado. La variación total puede ascender a 15 dB en las frecuencias más bajas de la B.hm, descendiendo hasta unos 3 dB en el borde superior de la banda. En la B.km la variación estacional durante la noche presenta la tendencia opuesta, con un máximo acentuado en verano. La variación estacional es mucho menor en latitudes tropicales.

En la B.km y en Europa, el valor mediano de la intensidad de campo durante el día en invierno es inferior en 10 dB al valor durante la noche de  $E_0$  definido en el § 2. En verano, la intensidad de campo durante el día es inferior en 30 dB a  $E_0$ . La intensidad de campo superada durante el 10% del tiempo total en una serie de días de invierno durante cortos periodos centrados en una hora específica es superior en 5 dB al valor mediano durante el día dado más arriba.

En la B.hm, en Europa, el valor mediano de la intensidad de campo durante el día en invierno es inferior en 25 dB al valor durante la noche de  $E_0$  definido en el § 2. En verano la intensidad de campo durante el día es inferior en unos 60 dB a  $E_0$ .

En primavera y otoño, en Europa, las intensidades de campo durante el día en las B.km y B.hm tienen valores situados entre los valores de verano e invierno.

---