



UNIDAD N°: 1

RADIOPROPAGACIÓN

2.8 Propagación por difracción



OBJETIVOS

- Caracterizar la propagación difracción

2.8 Propagación por difracción



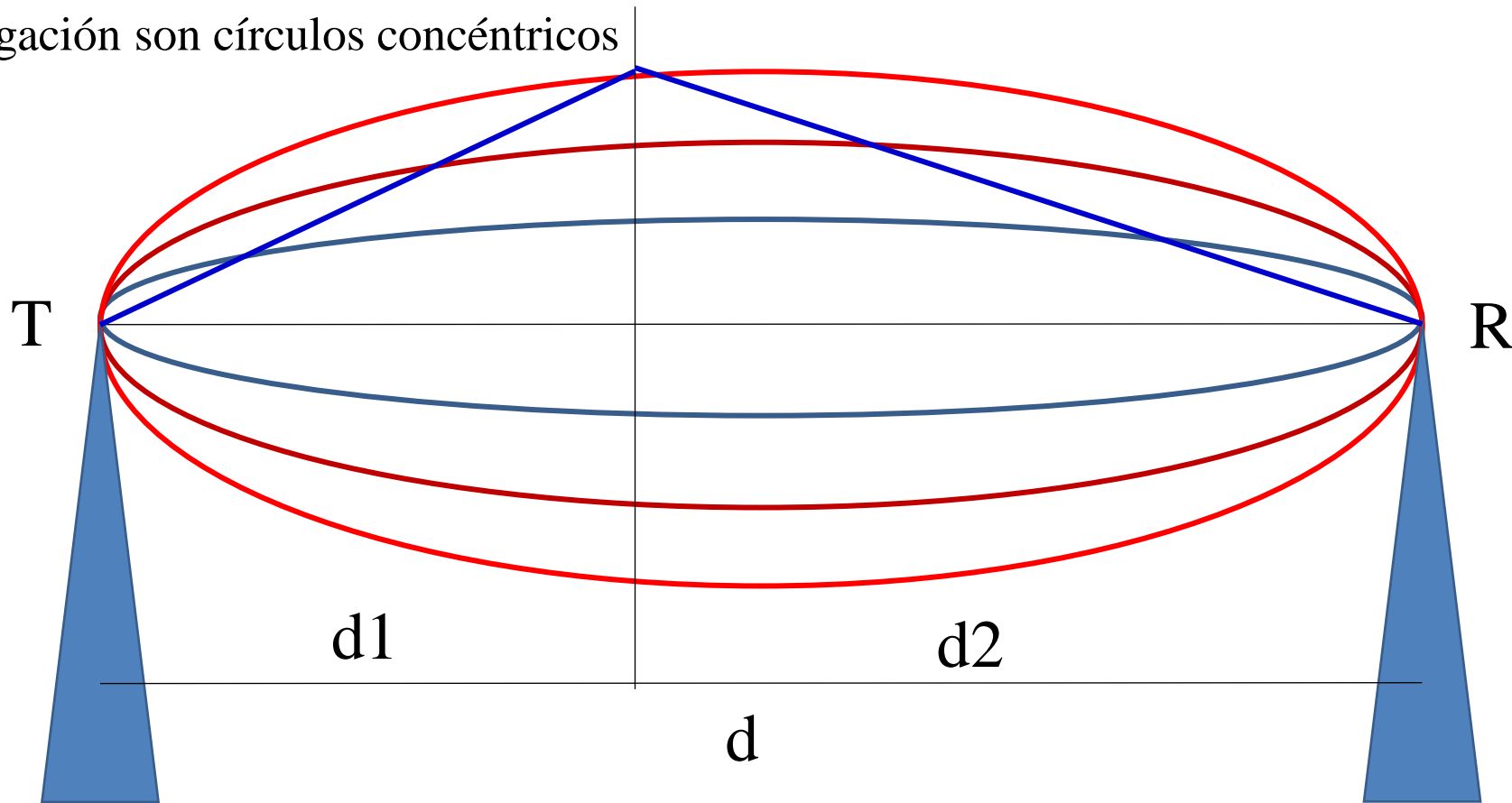
2.8.1 Zonas de Fresnel

Si se considera el trayecto radioeléctrico entre T y R, en espacio libre, el campo en R es e_o . e_o es la suma de las contribuciones de campos producidas por anillos de radio $R_1, R_2, \dots, R_{n-1}, R_n$ dispuestos en planos ortogonales a TR, ubicados a distancias d_1 y d_2 de T y R respectivamente. Cada anillo define y delimita una zona Fresnel.

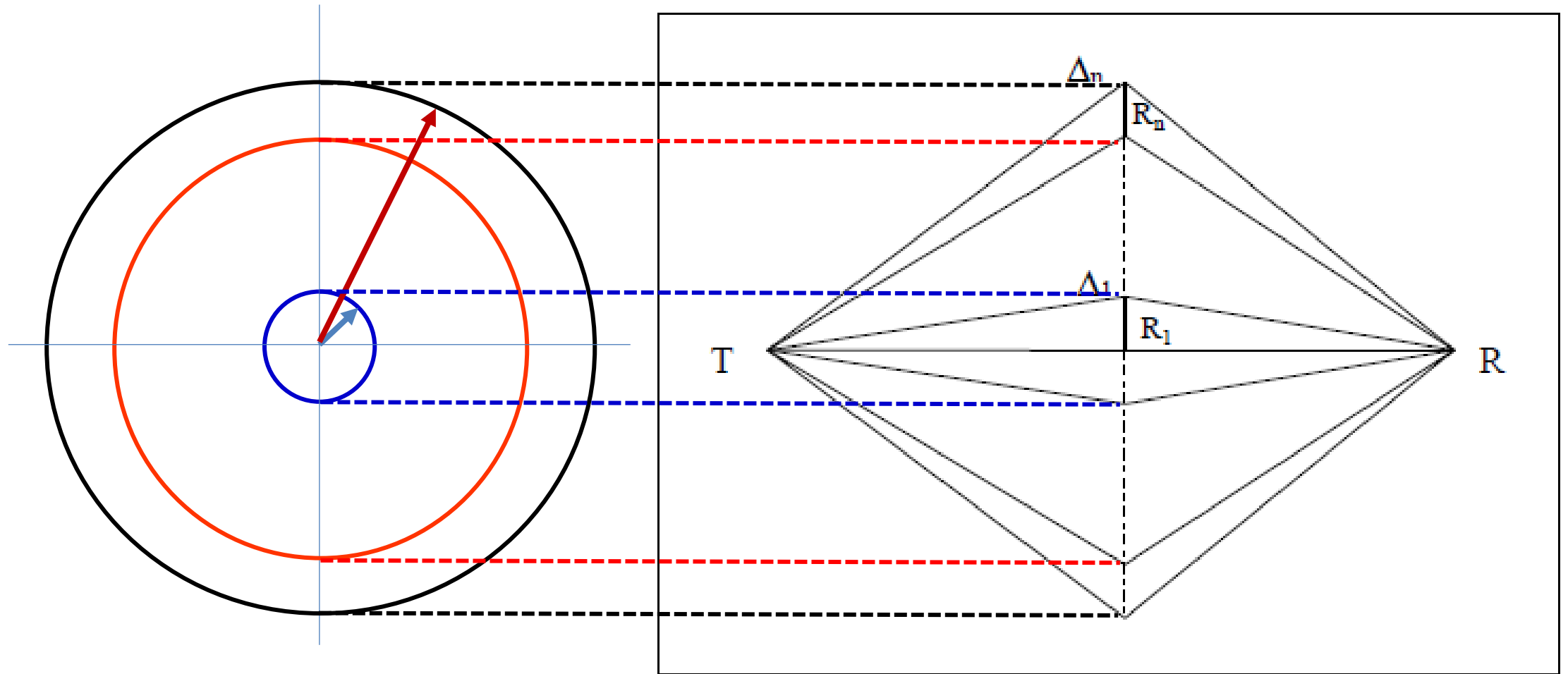
2.8 Propagación por difracción



Las zonas Fresnel son elipsoides concéntricos formados por la revolución de la figura anterior alrededor del eje TR, las secciones de los elipsoides normales al trayecto de propagación son círculos concéntricos



2.8 Propagación por difracción





2.8 Propagación por difracción

En los radios de los anillos se cumple:

$$T\Delta_n R - TR = n \lambda / 2$$

$$T\Delta_n = [(R_n)^2 + (d_n)^2]^{1/2} = d_1 (1 + (R_n/d_1)^2)^{1/2} = d_1 (1 + 1/2 (R_n/d_1)^2)$$

$$\Delta_n R = [(R_n)^2 + (d_n)^2]^{1/2} = d_2 (1 + (R_n/d_2)^2)^{1/2} = d_2 (1 + 1/2 (R_n/d_2)^2)$$

$$T\Delta_n R - TR = d_1 (1 + 1/2 (R_n/d_1)^2) + d_2 (1 + 1/2 (R_n/d_2)^2) - d_1 - d_2 = n \lambda / 2$$

$$(d_1/2) (R_n/d_1)^2 + (d_2/2) (R_n/d_2)^2 = n \lambda / 2 \Rightarrow R_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d}}$$

En unidades prácticas:

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{f d}}$$

R_n (m)
d_1, d_2, d (km)
f (MHz)

2.8 Propagación por difracción



Si se analiza el campo e recibido en R cuando se suprimen algunas zonas Fresnel mediante un diafragma de radio r , ubicado a d_1 km. del transmisor, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. El campo oscila alrededor de su valor en espacio libre e_0 (0 dB)
2. Cuando $r = 0,577 R_1$ $e = e_0$
3. Para $r = R_1$ ganancia de 6 dB $e = 2e_0$
4. En algunos casos aunque haya visibilidad $e = 0$ (atenuación ∞)

Las conclusiones 3 y 4 se producen al sumarse componentes en fase u oposición de fase.

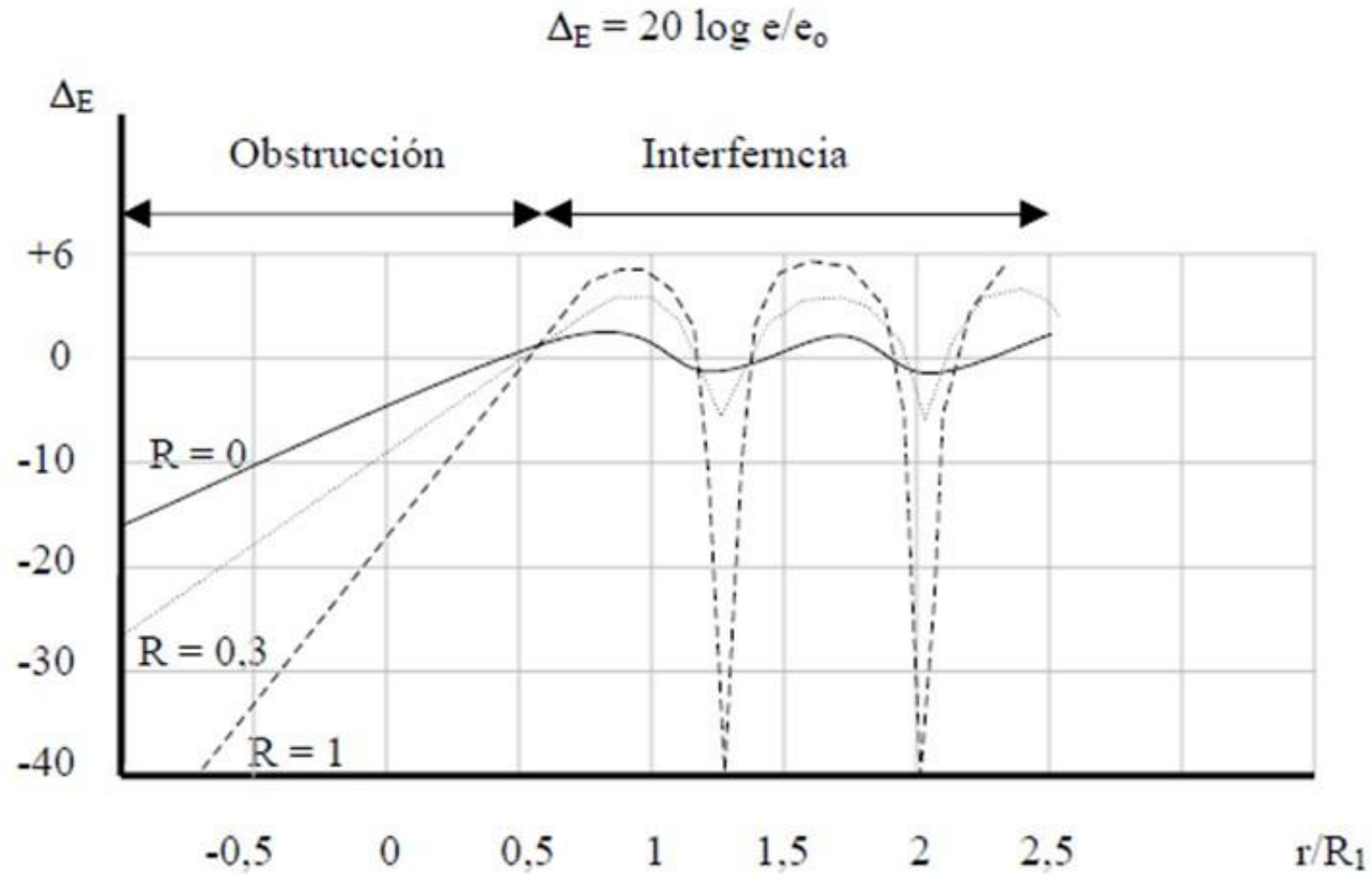
2.8 Propagación por difracción



Puede estudiarse la variación del campo e recibido en R cuando se suprime (por ejemplo mediante un diafragma) la contribución al mismo de diversas zonas de Fresnel, desde un punto determinado situado a la distancia d_i del transmisor.

Si llevamos en ordenadas la atenuación de campo $A_E(\text{dB}) = 20 \log (e_o/e)$ y en abscisas el cociente r/R_i , entre la apertura del diafragma y el radio de la primera zona de Fresnel, se obtienen las siguientes curvas.

2.8 Propagación por difracción



2.9 Propagación por difracción



Se aplican estos principios cuando el trayecto de la onda pasa cerca de obstáculos (protuberancias, edificios, árboles,...)

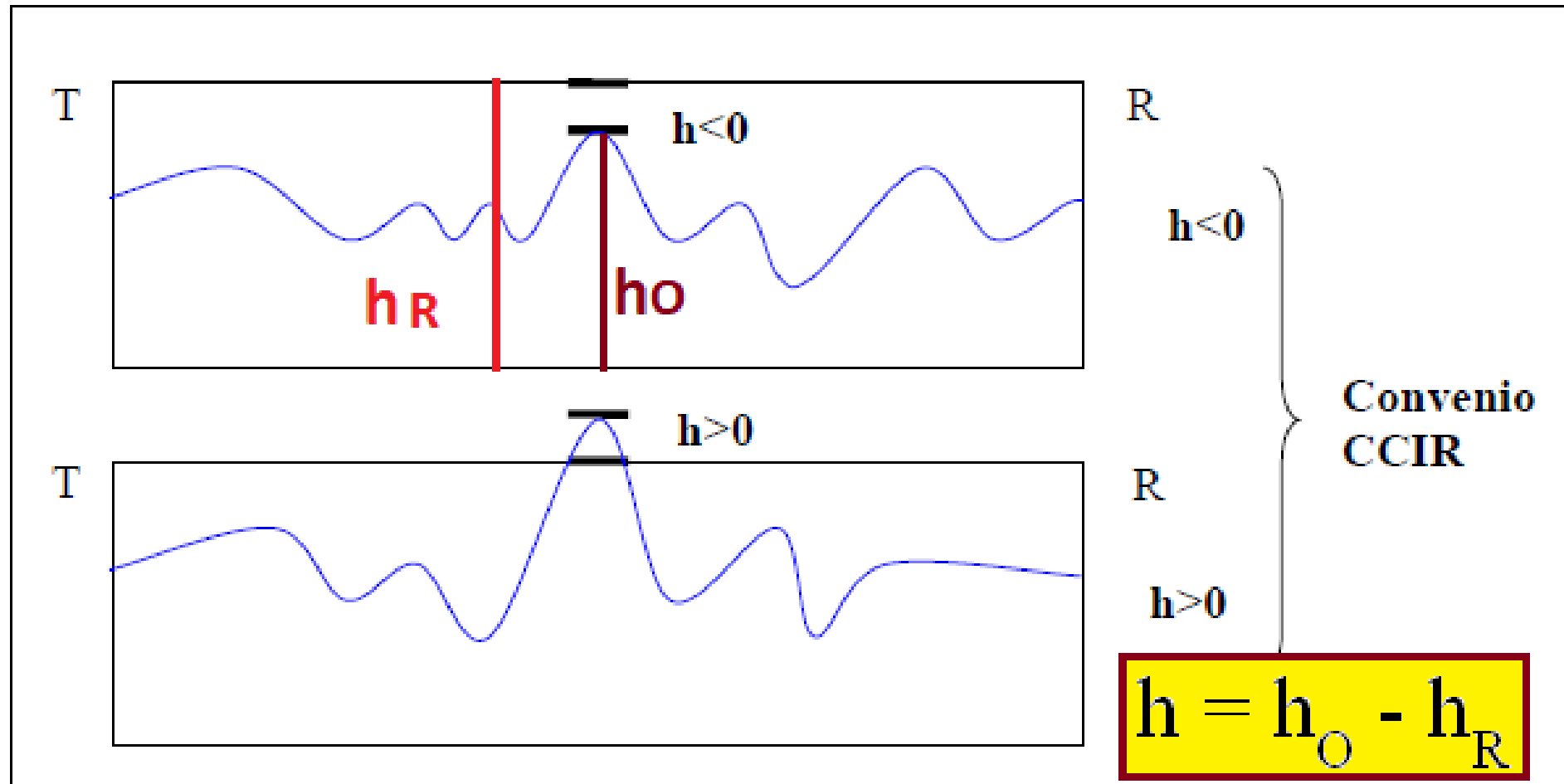
Basta trabajar en el entorno de la 1ª zona Fresnel

$$R_1 = 548 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{fd}}$$

Cuando el rayo pasa cerca de un obstáculo o es interceptado por éste, experimenta una pérdida debida a la difracción. Se denomina despejamiento a la distancia **h** entre el rayo y el obstáculo.

$$h = h_O - h_R$$

2.8 Propagación por difracción



2.8 Propagación por difracción



El CCIR considera despejamiento positivo, $h > 0$ cuando el rayo es interceptado y despejamiento negativo, $h < 0$ cuando el rayo pasa por encima del obstáculo. La zona correspondiente a la propagación por difracción es:

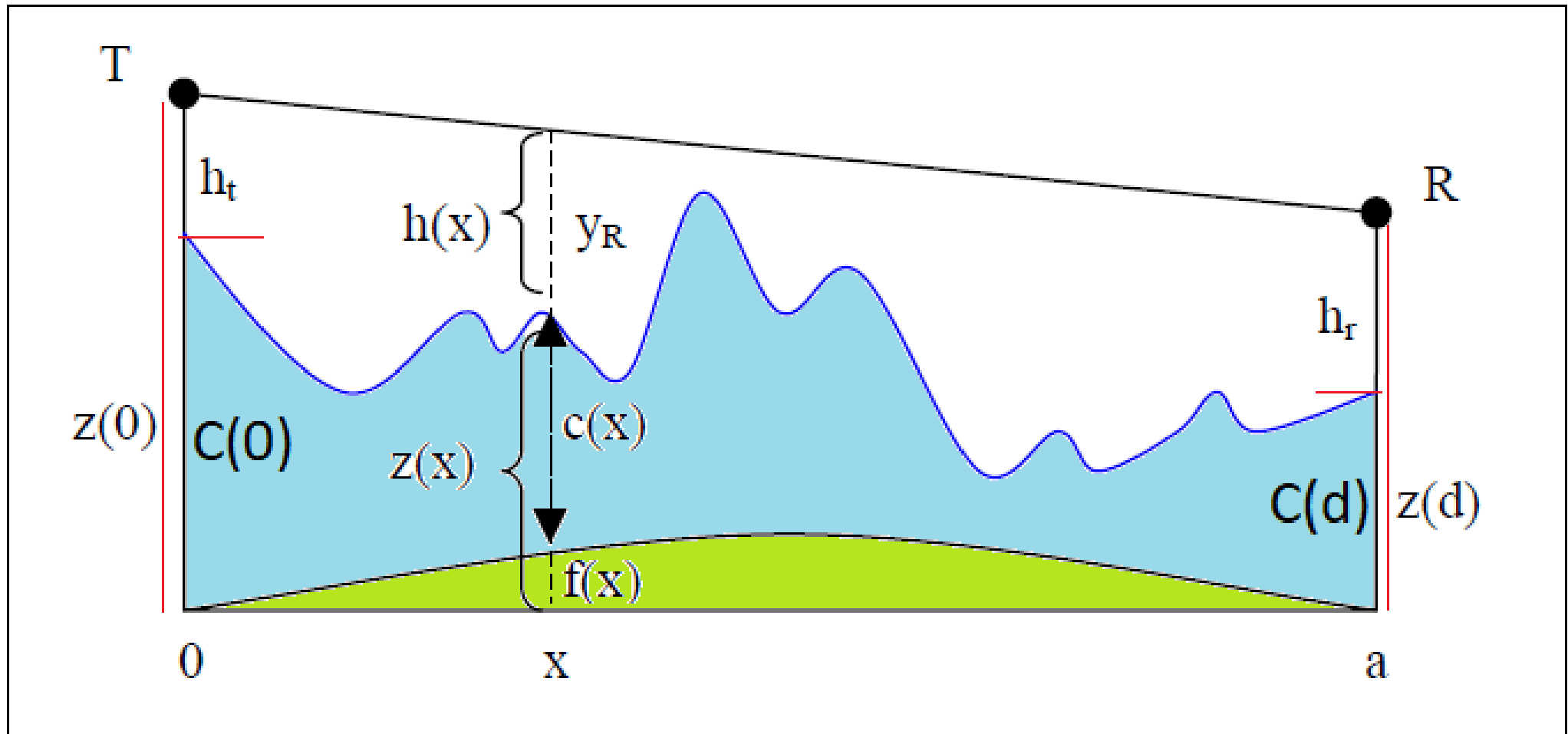
- $-0,6 \leq h/R_1 \leq \infty$

En radioenlaces suele trabajarse con:

- $-0,6 \leq h/R_1 \leq 0,5$

Para evaluar el despejamiento y la consiguiente atenuación por difracción, debe representarse el perfil del terreno sobre una tierra ficticia de radio KR_0 y analizar el número, situación e influencia de los obstáculos.

2.9 Representación de perfiles



2.9 Representación de perfiles



- Protuberancia de la Tierra = $f(x) = 0,07849 \ x(d-x)/k$
- $c(x)$ = cota del terreno
- Altura $z(x) = f(x) + c(x) + h(x)$
- En los extremos $f(x) = 0$
- $z(0) = c(0) + h_t$
- $z(d) = c(d) + h_r$
- $y_R(x)$ ordenada del rayo en el punto x
- Despejamiento = $h(x) = z(x) - y_R(x)$ (Convenio CCIR)

2.9 Representación de perfiles



Al considerar rectilínea la trayectoria del rayo, por suponer tierra ficticia de radio kR_0 , al variar k variará la protuberancia de la tierra y en consecuencia el despejamiento.

$$\Delta h(x) = \Delta f(x) = 0,07849 x(d - x) \left(\frac{1}{k_2} - \frac{1}{k_1} \right)$$

- Si $k_2 < k_1 \Rightarrow \Delta f(x)$ es positivo y $\Delta h(x)$ también, por lo que se reduce el despejamiento
- En el trayecto real este cálculo es muy complicado por lo que se recurre a cartografía digital

2.10 Difracción en Obstáculos



Para evaluar las pérdidas por difracción se idealizan los obstáculos, comparándolos con aristas finas o gruesas.
Se tratan por separado obstáculos aislados y múltiples.

2.10.1 Obstáculos aislados

Modelo aplicable a trayectos con visibilidad directa salvo este obstáculo.

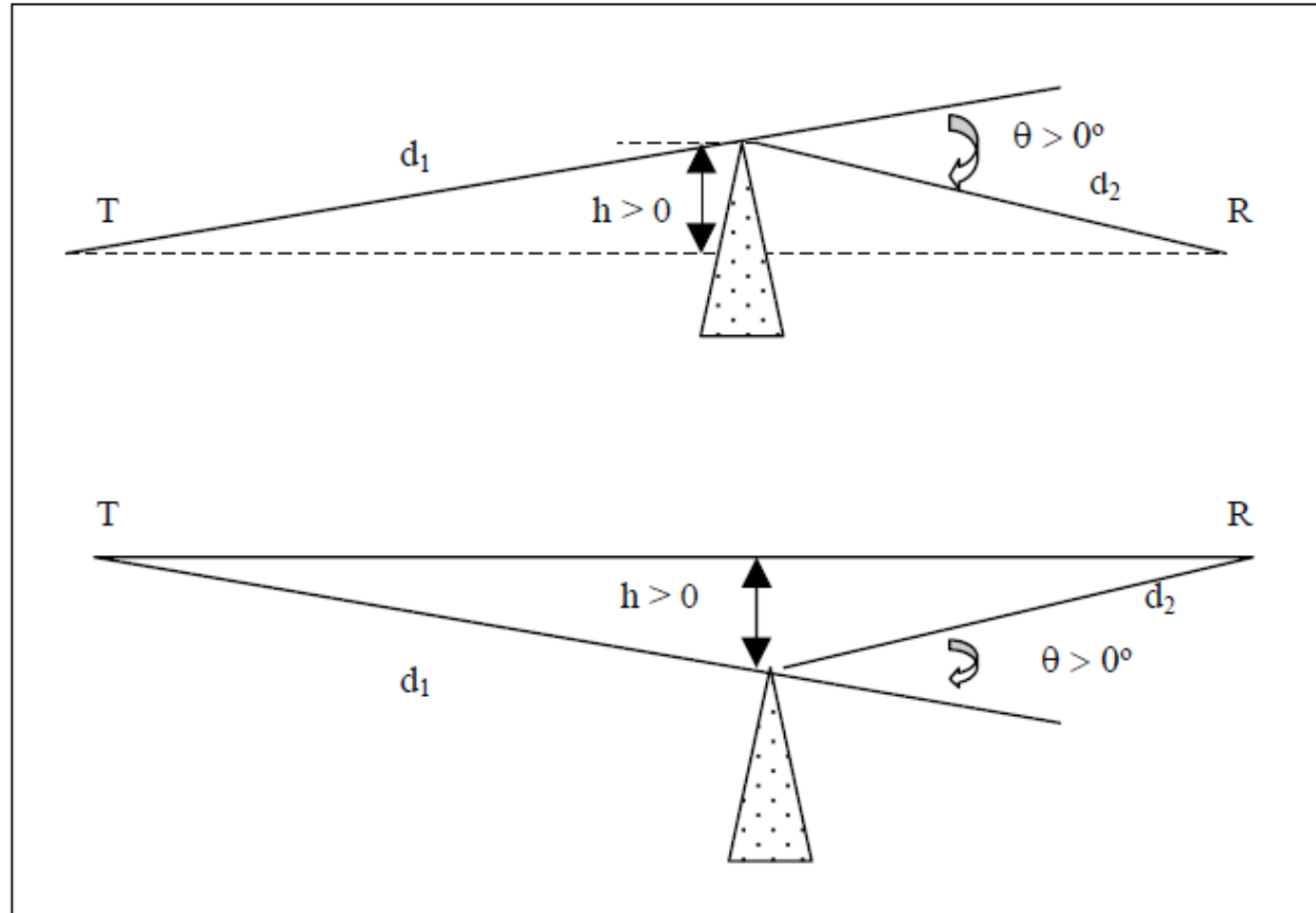
Habrán pérdidas aunque el rayo pase por encima del obstáculo si -
 $0,6R_1 < h < 0$ (despejamiento insuficiente).

El cálculo se hace según la Recomendación CCIR 526, que distingue dos casos de obstáculo aislado: **obstáculo agudo y obstáculo redondeado.**

2.10 Difracción en Obstáculos



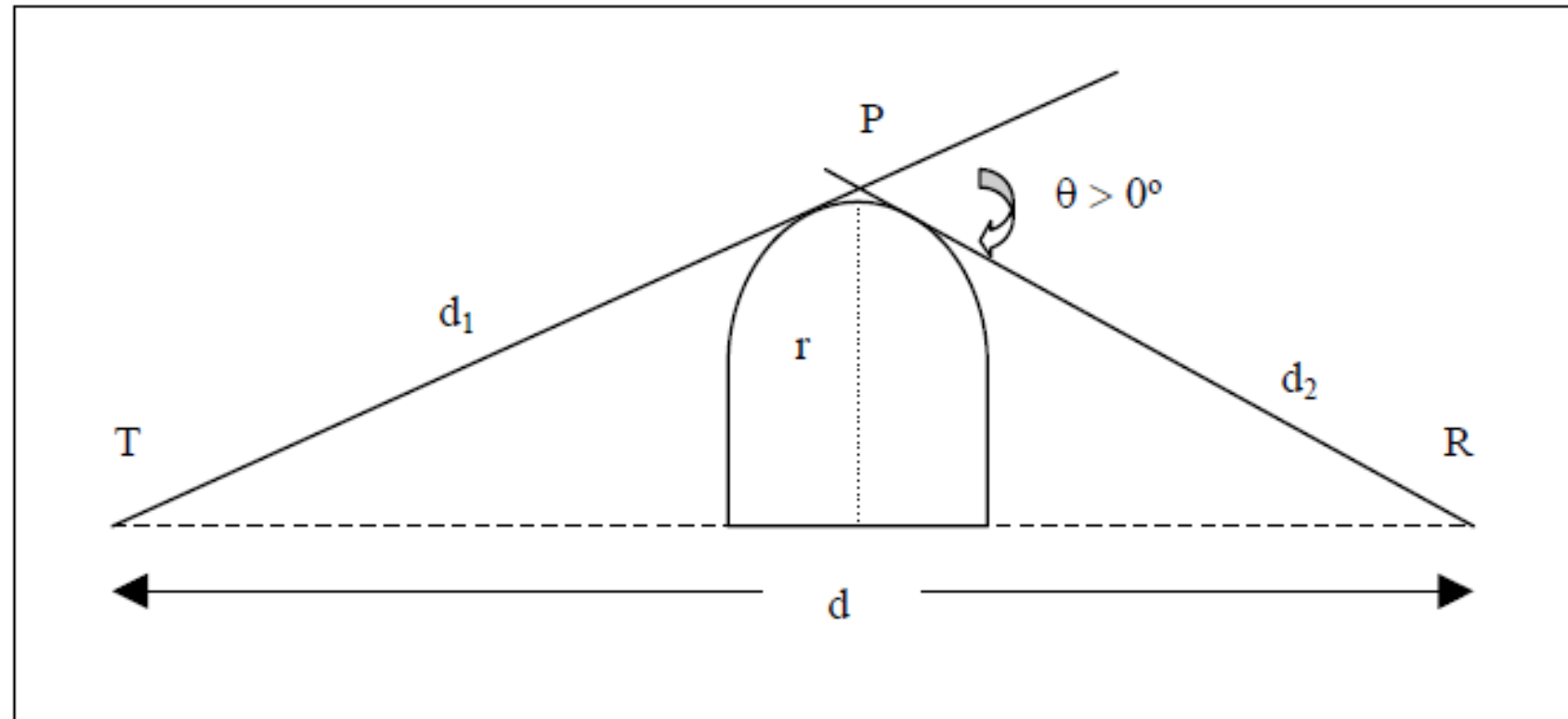
Obstáculo agudo



2.10 Difracción en Obstáculos



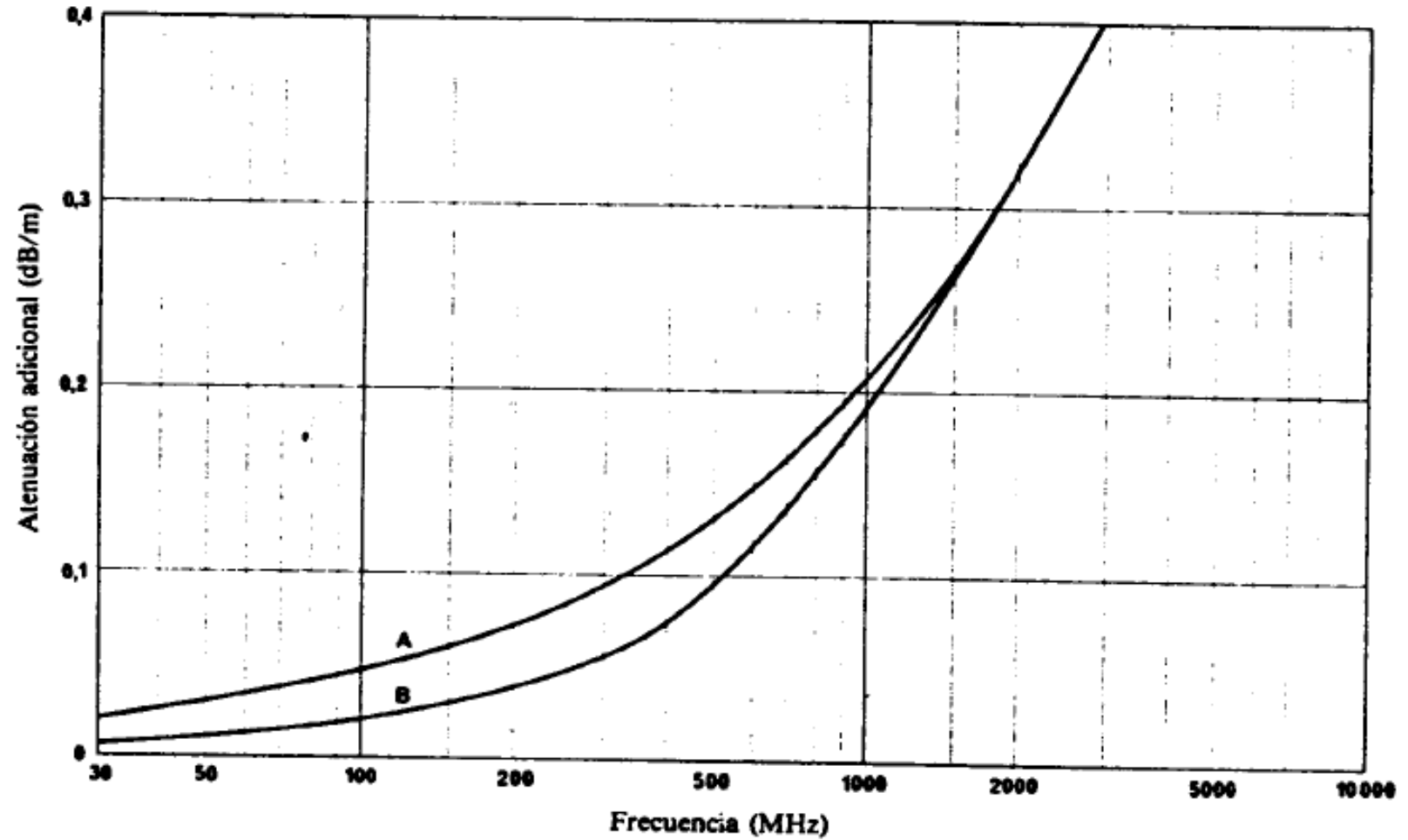
Obstáculo redondeado



2.11 ATENUACION



Atenuación por
vegetación

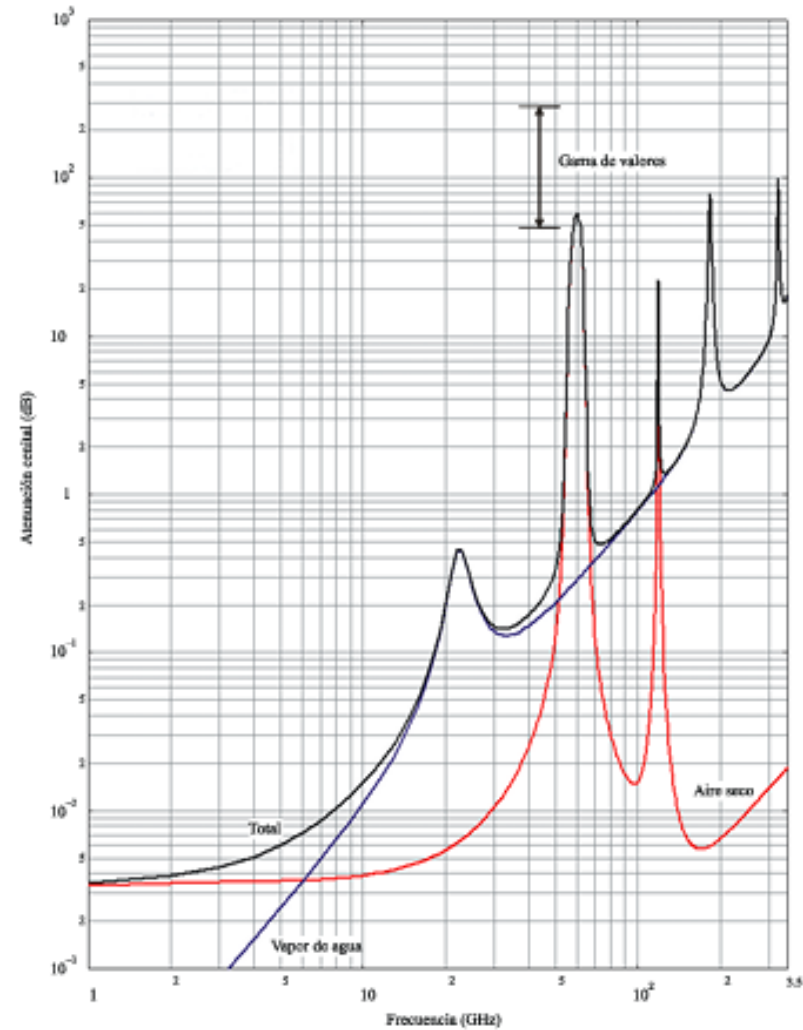


A: Polarización vertical
B: Polarización horizontal

2.11 ATENUACION



Atenuación por gases y vapores atmosféricos



Presión en la superficie: 1 013 hPa
Temperatura en la superficie: 15° C
Densidad de vapor de agua en la superficie: 7,5 g/m³

6676-06



GRACIAS